

LEHRBUCH  
DER  
MINERALOGIE

VON  
DR. H. ROSE

LEHRER AN DER UNIVERSITÄT ZÜRICH

LEIPZIG, VERLAG VON G. O. F. FISCHER

1877

1877

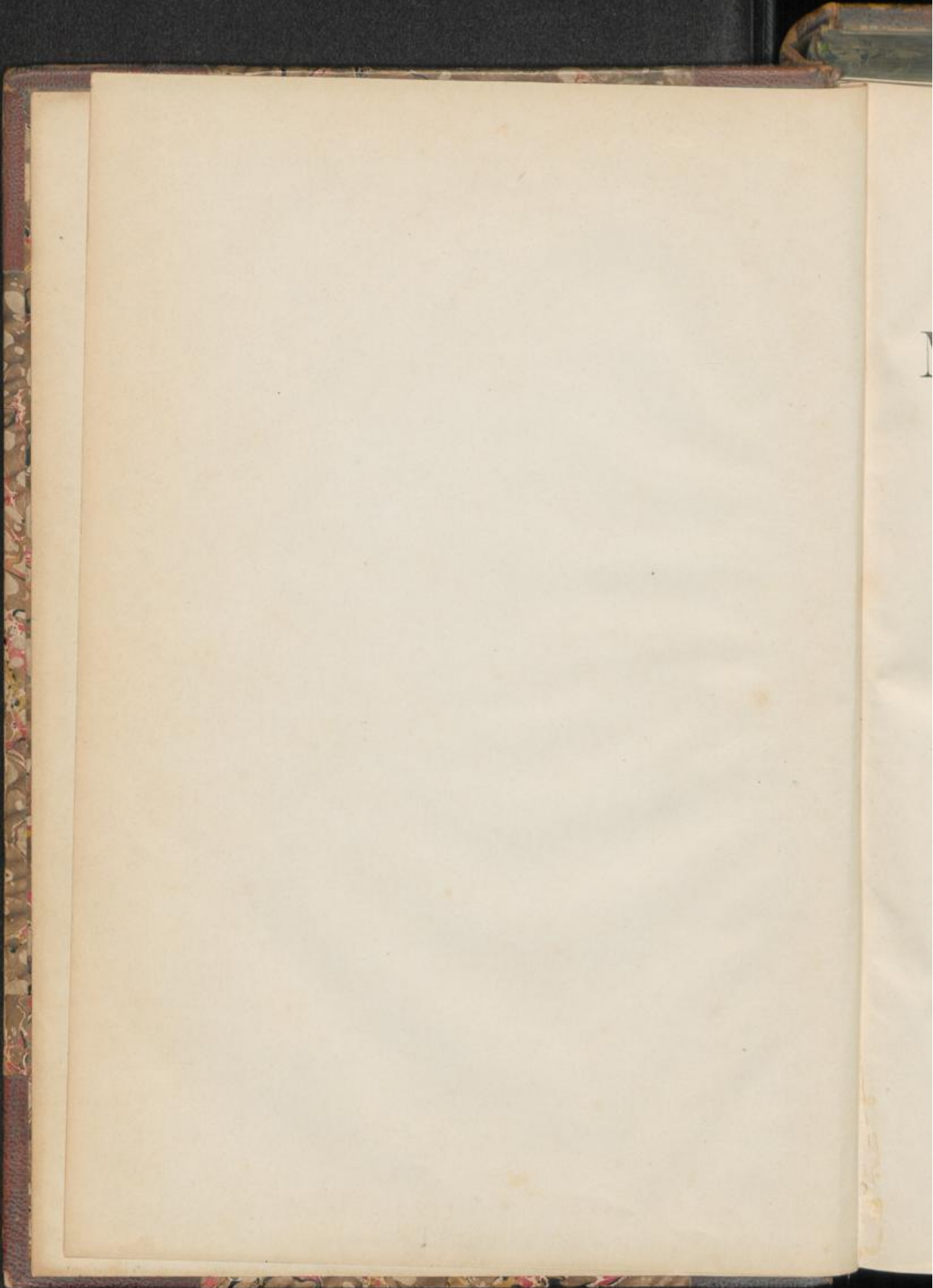
1877

1877

1877

1877

1877



LEHRBUCH  
DER  
MINERALOGIE

VON

DR. GUSTAV TSCHERMAK,

K. K. HOFRATH, O. Ö. PROFESSOR DER MINERALOGIE UND PETROGRAPHIE AN DER WIENER UNIVERSITÄT.

Plurima cum subeant audita aut cognita nobis  
Pauca super referam. Ovid. Metam.

FÜNFTE, VERBESSERTE UND VERMEHRTE AUFLAGE.

MIT 836 ORIGINAL-ABBILDUNGEN UND 2 FARBENDRUCKTAFELN.

Dv 5159<sup>2</sup>  
Dr. Leyden.

WIEN 1897.

ALFRED HÖLDER

K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER

ROTHENTHURMSTRASSE 15.

J. HERBICH  
MINERALOGIE

DR. GUSTAV SCHERMAK

ALLE RECHTE, AUCH DAS DER ÜBERSETZUNG, VORBEHALTEN.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK  
- Med. Naturwiss. Abt. -  
DUISBURG  
V5744

Ch. Reissner & M. Werthner in Wien.



## Vorwort zur ersten Auflage.

Jeder, der in einem wissenschaftlichen Fache als Lehrer zu wirken in der Lage ist, wird in Beziehung auf die Auswahl und die Anordnung sowie auf die Behandlung des Stoffes im Laufe der Jahre zu einem festen Plane gelangen, welcher seinen eigenen Anschauungen und den Bedürfnissen seiner Zuhörer am besten entspricht. Demnach wird ein Lehrbuch, welches diesen Plan zur Darstellung bringt, einen individuellen Charakter zeigen und auch bei vollkommener Richtigkeit des Thatsächlichen den Einfluss des subjectiven Momentes erkennen lassen. Hieraus werden sich auch die Eigenthümlichkeiten des vorliegenden Werkes erklären, welches in erster Linie für meine Zuhörer bestimmt ist.

Was die Materien betrifft, welche hier zusammengefasst sind, wird sich vor Allem darin eine Abweichung von dem Herkommen ergeben, dass im allgemeinen Theile auch die Lehren von dem Auftreten und Zusammenvorkommen, sowie jene von der Bildung und Veränderung der Minerale kurz behandelt sind, Lehren, die sonst in die Geologie verwiesen wurden. Diese Neuerung wird aber von allen denen gebilligt werden, welche die Mineralogie nicht blos für eine Anwendung der Krystallographie, Optik und Stöchiometrie halten, sondern in dieser Wissenschaft die Naturgeschichte der Minerale erblicken. Diese umfasst aber nicht blos das Sein, sondern auch das Werden, nicht blos den augenblicklichen Zustand, sondern alle Zustände der Minerale von ihrer Bildung bis zum Untergange, sie betrachtet die Minerale nicht blos als Objecte der Sammlung, sondern als Bestandtheile der Erdkrinde, welche in örtlichem, stofflichem und zeitlichem Zusammenhange stehen. Es war übrigens eine blosse Inconsequenz, die genannten Lehren dem allgemeinen Theile vorzuenthalten, da man doch nicht umhin konnte, bei den Beschreibungen im speciellen Theile das Vorkommen und die Veränderungen bei den einzelnen Arten zu erwähnen.

Die übrigen Abschnitte folgen der bisherigen Ordnung. Im allgemeinen Theile sind jene Lehren, welche das Verständnis des Folgenden ermöglichen, in der Ausdehnung behandelt, dass einerseits keine besonderen Kenntnisse vorausgesetzt, andererseits Erläuterungen vermieden werden, welche zweckmässigerweise dem Vortrage und der praktischen Anleitung zuzuweisen sind. Dies bezieht sich auf die Projection der Krystalle, Auflösung der Combinationen, Bestimmung der Minerale u. s. w.

Im speciellen Theile wird man bemerken, dass ich nur jene Gattungen und Arten bespreche, welche in mehrfacher Beziehung wichtig sind, und mir

\*

nur dann eine Ausnahme gestatte, wenn es der Zusammenhang erfordert. Am Schlusse ist eine besondere Anführung der Gemengtheile der Meteoriten beigefügt aus dem Grunde, um die Aufmerksamkeit des Anfängers auf dieses Capitel zu lenken, das immer mehr an Wichtigkeit gewinnt.

Bei der Aufnahme der Thatsachen liess ich es nicht an Vorsicht fehlen, daher manche Angaben übergangen, andere erst nach genauer Prüfung benutzt wurden, so dass ein Theil des Angeführten durch eigene Beobachtungen oder Rechnungen controlirt, bisweilen auch ergänzt ist.

In Bezug auf die Anordnung wird man in den äusseren Umrissen eine Aehnlichkeit mit Naumann's Elementen wahrnehmen, da ich es für geboten halte, die logische Durchbildung, welche die grossen Meister unserem Wissenschatze verliehen haben, zu bewahren und nur dort zu reformiren, wo es der wahre Fortschritt des Unterrichtes erfordert. In der Darstellung wähle ich häufig, um die Anschaulichkeit zu erhöhen, die genetische Folge, betrachte also die Erscheinung im Werden, anstatt nur das Ergebnis zu analysiren, und suche überhaupt der inductiven Methode möglichst treu zu bleiben. Dieser gemäss werden überall, wo es thunlich, die Thatsachen zuerst für sich behandelt und erst später unter dem Gesichtspunkte der Theorie vereinigt. Das Fortschreiten vom Einfachen zum Zusammengesetzten erfordert in der Krystallographie eine Anordnung, deren ich mich seit Jahren bediene, die aber Manchem auffallen wird, weil die Reihe der Krystalssysteme mit den triklinen Formen anhebt. Die Macht der Gewohnheit ist vielleicht zu gross, als dass ich schon jetzt auf Nachahmung rechnen dürfte, doch ist es mir nicht zweifelhaft, ob diese Methode sich später Geltung verschaffen werde. In dem Abschnitte über Mineralehemie folgt die Anordnung dem gleichen Principe, die Darstellung ist aber möglichst knapp gehalten, wie dies den Umständen entspricht. In dem systematischen Theile ist gegenüber der früher üblichen Eintheilung nach dem chemischen Principe die Abänderung darin gelegen, dass auf die moderne Classification der Grundstoffe Rücksicht genommen wird. Im optischen Theile wurde auch das gegenwärtig viel umstrittene Capitel der Mimesie kurz besprochen. Das Erscheinen des Werkes in Lieferungen verursachte bezüglich der Beispiele einige unwesentliche Incongruenzen, welche mir der Einsichtige nicht allzuhoeh anrechnen wird.

Am Schlusse der Abschnitte und, wo es unausweichlich ist, im Texte sind Angaben der Literatur beigefügt. Diese haben den Zweck, denjenigen, welche tiefer in das Studium des Faches einzudringen beabsichtigen, die Auffindung aller wichtigen Arbeiten zu ermöglichen, sie verfolgen jedoch ihr Ziel in einer Weise, welche durch die Rücksicht auf die einem Lehrbuche gesteckten Grenzen geboten erscheint. Demnach werden für jene Gebiete, über welche Sammelwerke mit Quellenangaben vorhanden sind, gewöhnlich blos diese bezeichnet, ferner bei der Anführung der Abhandlungen solche bevorzugt, welche ein Verzeichnis der Literatur enthalten.

Bei der Ausstattung des Werkes hat der Herr Verleger nichts gespart, was dem Buche zum Vortheil gereichen könnte. Die Zeichnungen für die Illustrationen wurden von den Herren Prof. Dr. F. Becke in Czernowitz, Dr. M. Schuster und Dr. H. Wichmann in Wien mit der grössten Sorgfalt

ausgeführt, auch wurden von den Herren Bergrath Prof. Pošepny in Píbram und Prof. Rumpf in Graz wichtige Beiträge geliefert. Die Farbentafeln sind von Herrn Dr. M. Schuster in einer bisher unerreichten Vollkommenheit entworfen worden. Bei der Correctur, welche in der ersten Auflage eines solchen Werkes eine schwierige Aufgabe ist, wurde ich von den Herren Prof. Becke und Dr. Schuster auf das Eifrigste unterstützt. Den genannten Herren sage ich hier den gebührenden Dank, ebenso jenen werthen Herren Collegen, welche durch die günstige Aufnahme, die sie den beiden ersten Lieferungen zu Theil werden liessen, die Vollendung des Buches wesentlich gefördert haben.

Wien, im October 1883.

### Vorwort zur zweiten Auflage.

In dieser zweiten Auflage sind die Mängel, welche sich in der ersten herausgestellt hatten, verbessert worden. Für die bezüglichen Mittheilungen und Bemerkungen bin ich vielen verehrten Fachgenossen, besonders aber den Herren F. Becke, A. Frenzel, C. Klein, G. vom Rath, V. v. Zepharovich und F. Zirkel zu vielem Danke verpflichtet, ebenso Herrn M. Schuster für die eifrige Mithilfe, welche mir derselbe bei der Correctur des Textes und der Farbentafeln, ferner bei der Herstellung der neuen Figuren zu Theil werden liess.

Wien, im Jänner 1885.

### Vorwort zur dritten Auflage.

Die beifällige Aufnahme, welche dieses Lehrbuch in den Fachkreisen fand, hatte eine grosse Verbreitung desselben zur Folge, und in verhältnismässig kurzer Zeit machte sich das Bedürfnis einer neuerlichen Herausgabe geltend. Sowohl über den thatsächlichen als den theoretischen Theil des Werkes wurden mir viele zustimmende Urtheile bekannt, mehrere meiner Neuerungen, wie das Voranschicken einer allgemeinen Einleitung in die Krystallographie, die Aufnahme der als Lagerungslehre und als Entwicklungslehre bezeichneten Abschnitte haben in Lehrbüchern, welche mittlerweile erschienen, erfreuliche Nachahmung gefunden. Aus alldem glaube ich schliessen zu dürfen, dass die Auswahl und die Behandlung des Stoffes den heutigen Anforderungen wenigstens annähernd entsprechen und dass eine wesentliche Umgestaltung des Buches nicht erforderlich sei. Die von einer Seite gewünschte Ausdehnung des speciellen Theiles glaubte ich nicht vornehmen zu sollen, weil eine solche den Charakter des Werkes verändern würde.

Bei der Bearbeitung dieser Auflage wurde der Text des allgemeinen Theiles an manchen Stellen verbessert, die Zahl der Figuren wurde vermehrt und der optische Theil durch einige neue farbige Illustrationen vervollkommnet. In beiden Theilen ist, so weit es dem Zwecke des Buches entspricht, auf die



neuen Forschungsergebnisse Rücksicht genommen, wodurch eine geringe Vermehrung des Textes entstand. Auf einige Stellen, welche zu berichtigen waren, machte mich Herr Prof. F. Becke in Czernowitz aufmerksam. Ihm verdanke ich ausserdem die sorgfältigen Zeichnungen für neue Krystallfiguren, Herrn J. Pfund ebenfalls mehrere neue Bilder, Herrn J. Gränzer die Correctur des Textes und der Farbentafeln.

Wien, im Juli 1888.

### Vorwort zur vierten Auflage.

Bei der Herstellung dieser Auflage wurden wiederum viele Verbesserungen und Ergänzungen angebracht, welche durch die Vermehrung der Forschungsergebnisse während der letzten Jahre geboten erschienen. Herrn Prof. A. Arzruni in Aachen und Herrn Prof. F. Becke in Prag verdanke ich die Anregung zu wichtigen Aenderungen, und auf den Rath des Ersteren wurden auch für Gattungen von geringerer Verbreitung die krystallographischen Constanten angeführt. Dankbar erwähne ich die Sorgfalt, welche Herr A. Pelikan der Form des Werkes angedeihen liess. Von demselben wurden die Zeichnungen für mehrere neue Figuren entworfen, die Ausführung der Farbentafeln und die Correctur des Textes geleitet. Bei der letzteren Arbeit wurde derselbe durch die eifrige Mitwirkung des Herrn A. König unterstützt.

Wien, im September 1893.

### Vorwort zur fünften Auflage.

Auch diesmal wurden im allgemeinen Theile des Werkes mehrere Veränderungen vorgenommen und im ganzen dem Fortschritte der Wissenschaft entsprechende Zusätze angebracht. Wichtige Verbesserungen verdanke ich wiederum der Güte des Herrn Prof. Becke, die Correctheit des Textes und die Neugestaltung der Farbentafeln der freundlichen Mühewaltung des Herrn Dr. Pelikan.

Wien, im Jänner 1897.

Der Verfasser.



## Inhalt.

	Seite
<b>Einleitung</b> . . . . .	1
Mineralogie 1. Entwicklung der Wissenschaft 2. Eintheilung 6. Studium der Mineralogie 7. Literatur 7.	
<b>Allgemeiner Theil</b> . . . . .	11
<b>I. Morphologie</b> . . . . .	11
Krystallisirt, krystallinisch 11. Amorph 11. Grösse der Individuen 12. Krystall 12. Bildung der Krystalle 13. Das Wachsen 14.	
Constanz der Winkel 17. Krystallmessung 18. Flächenlage 21. Axen 23. Parameter 24. Flächen- typen 24. Parametergesetz 26. Erklärung 27. Symmetrie 33. Hemiëdrie 36. Tetarto- ëdrie und Hemimorphie 38. Erklärung 40. Bezeichnungsweise 41. Projection 43. Zonenverband 46. Krystallsysteme 48.	
Triklines System 49. Monoklines 51. Rhombisches 53. Tetragonales 56. Hexagonales 61. Tesserales 69.	
Parallele Verwachsung 78. Zwillingskrystalle 79. Zwillinge höheren Grades 91. Mimetische Krystalle 91. Erklärung 94. Verwachsung ungleichartiger Krystalle 96.	
Ausbildungsweise der Krystalle 97. Mikrolithe 101. Mikroskopische Untersuchung 102. Ober- fläche der Krystalle 104. Inneres der Krystalle und Individuen überhaupt 106. Ein- schlüsse 109.	
Krystallgruppe 116. Krystalldruse 116. Formen krystallinischer Minerale 117. Formen der amorphen Minerale 120. Pseudomorphosen 122. Versteinerungen 125.	
<b>II. Mineralphysik</b> . . . . .	125
Elasticität, Cohärenz 126. Spaltbarkeit 131. Druckzwillinge 134. Schlagfiguren 135. Bruch 137. Härte 137. Aetzung 143. Verstäubung 148.	

	Seite
Lichtreflexion 149. Glanz 152. Durchsichtigkeit 153. Lichtbrechung 153. Farbenzerstreuung 159. Absorption 159. Farben 160. Strich 162.	
Interferenz 162. Polarisation 166. Orthoskop 172. Erkennung der Doppelbrechung 174. Auslöschungsrichtungen 175. Erscheinungen dünner Platten 177. Interferenzfiguren 179. Dispersion der optischen Axen 183. Axenwinkelapparat 186. Stauoskop 189. Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung 190. Optische Orientirung 192. Hauptbrechungsquotienten 194. Theoretische Erläuterung 194.	
Pleochroismus 198. Rotationspolarisation 202. Verhalten der einzelnen Krystallsysteme 203. Erscheinungen an Zwillingen und mimetischen Krystallen 207. Doppelbrechung durch Druck und Spannung 209. Anomale Krystalle 210. Durch Textur bedingtes Verhalten 210. Fluorescenz und Phosphorescenz 211.	
Wärmestrahlung 212. Wärmeleitung 212. Wirkungen der Wärme in Krystallen 213. Schmelzen und Verdampfen 216.	
Elektricität 218. Galvanismus 220. Magnetismus 221. Bestimmungen des specifischen Gewichtes 223.	
III. Mineralchemie . . . . .	
	226
Analyse und Synthese 226. Einfache Stoffe 227. Prüfung auf trockenem Wege 228. Auf nassem Wege 231. Erkennung der Bestandtheile in einfachen Fällen 232. Mikrochemische Analyse 235. Gewichtsbestimmung 236. Gesetz der Mischungsgewichte 238. Erklärung 240.	
Moleculargewicht, Atomgewicht 242. Formeln 244. Reaction 245. Wasserstoffverbindungen 246. Chlorverbindungen 247. Sauerstoffverbindungen 248. Schwefelverbindungen 251.	
Salze 251. Chemische Constitution 254. Krystallwasser 255. Molekelverbindungen 257. Berechnung der Formel 258.	
Polymorphie 259. Isomorphie 261. Isomorphe Mischung 265. Darstellung der Verbindungen 269.	
IV. Lagerungslehre . . . . .	
	271
Auftreten der Minerale 271. Verbreitung 272. Paragenesis 273. Succession 273. Vorkommen 274. Gesteine und Lagerstätten 275. Gemengtheile 275.	
Lagerungsformen 276. Spalten und Absonderungen 277. Krusten und Füllungen 279. Imprägnationen 282. Contactbildungen 283. Massengesteine 284. Schichtgesteine 284. Das Wasser 285.	
V. Entwicklungslehre . . . . .	
	288
Methoden 288. Werden und Vergehen 289. Zunahme der Mannigfaltigkeit 289. Bildungsweise 290.	
Erstarrungsproducte 291. Bildungen durch Dämpfe 293. Lösung 294. Niederschlagsbildung 297. Absätze der Quellen 298. Bildungen der Tiefe 299. Producte der Bodenwässer 301. Mineralbildung in Seen 302. Mineralbildungen, veranlasst durch Organismen 303.	
Veränderung der Minerale 305. Zersetzung 306. Aufnahme und Abgabe von Stoffen 307. Austausch 308. Fällung 308.	



Seite	Inhalt.	Seite
	Bedeutung der Pseudomorphosen 309. Eintheilung derselben 310. Bildung der Versteinerungen 312. Umwandlung des Gefüges 312. Umwandlung der Substanz 314. Verwitterung 314. Verdrängung 315. Kreislauf der Stoffe 316.	
	VI. Classification . . . . .	317
	Vergleichung, Unterscheidung 317. Künstliche Systeme 318. Natürliches System 318. Genetische Anordnung 319.	
	Wesentliche Eigenschaften 320. Gattung und Art 320. Classification der Mischungen 322. Gruppierung der Gattungen 322. Ordnungen und Classen 323. Chemische Classification 324. Anordnung im speciellen Theile 325. Charakteristik 327. Nomenclatur 327.	
	<b>Specieller Theil</b> . . . . .	329
	I. Elemente . . . . .	330
	Metalloide 331. Sprödmetalle 336. Schwermetalle 337.	
226	II. Lamprite . . . . .	342
	Kiese 343. Glanze 357. (Schwefelglanze 357. Selenglanze 362. Tellurglanze 363. Anhang 363.) Fahle 363. (Bleispiessglanze 364. Fahlkupfererze 365. Giltigerze 370.) Blenden 374.	
	III. Oxyde . . . . .	379
	Hydroite 379. Leukoxyde 382. (Quarzgruppe 385.) Silboxyde 396. Ocher 403. Erze 404.	
	IV. Spinellide . . . . .	421
	Aluminate 421. Borate 423. (Wasserstofffreie Borate 423. Wasserstoffhaltige Borate 425.)	
	V. Silicoide . . . . .	426
271	Carbonate 426. (Wasserstoffhaltige und basische Carbonate 426. Wasserfreie Carbonate 429. Silicoide 447. (Olivingruppe 448. Pyroxen-Amphibolgruppe 451. Leucitgruppe 463. Werneritgruppe 465. Feldspathgruppe 468. Andalusitgruppe 482. Granatgruppe 486. Epidotgruppe 494.) Hydrosilicate 500. (Zeolithe 500. Galmeigruppe 509. Nontronitgruppe 510. Serpentingruppe 511. Chloritgruppe 516. Glimmergruppe 520. Thongruppe 527.) Titanolith 530.	
	VI. Nitroide . . . . .	532
288	Tantaline 532. Pharmakonite 533. (Antimonate 533. Wasserhaltige Arsenate 533. Wasserfreie Arsenate 535. Arsenite 535. Vanadate 535.) Phosphate 536. (Wasserfreie Phosphate 536. Wasserhaltige Phosphate 541.) Nitrate 543.	
	VII. Gypsoide . . . . .	544
	Sulfate 545. (Wasserfreie Sulfate 545. Wasserhaltige Salinarsulfate 552. Alumosulfate 558. Ferrisulfate 560. Vitriole 560. Basische Kupfer- und Bleisulfate 561.) Chromate 562. Tungsteine 562.	

	Seite
VIII. Halite . . . . .	565
Kerate 565. Halate 566. Fluoride 571.	
IX. Anthracide . . . . .	573
Carbonsalze 573. Harze 574. Kohlen 575. Bitume 579.	
Anhang . . . . .	583
Die Gemengtheile der Meteoriten 583.	

flüss  
 ersch  
 zusa  
 Kalk  
 die  
 stab  
 oft :  
 als a  
 Körp  
 nacl  
  
 The  
 der  
 geg  
 sam  
  
 also  
 sch  
 Min  
 Ges  
 geh  
 Min  
 der  
 der  
  
 häng  
 dem  
 die

## Einleitung.

**I. Mineralogie.** Die Rinde unseres Planeten besteht aus starren und aus flüssigen Massen, welche von einer luftigen Hülle umgeben sind. Jene Massen erscheinen gleichartig wie der Kalkstein oder aus verschiedenartigen Theilen zusammengesetzt wie der Granit. Der Kalkstein besteht bloß aus Körnchen von Kalkspath, der Granit aber aus Körnern von Feldspath, Quarz und Glimmer. Alle die unterscheidbaren Bestandtheile, welche in grösserem oder in kleinerem Maassstabe die Erdrinde zusammensetzen, werden Minerale genannt.<sup>1)</sup> Man pflegt sie oft zu den belebten Wesen, den Organismen, in einen Gegensatz zu stellen und als anorganische Naturkörper zu bezeichnen, doch werden nicht alle anorganischen Körper als Minerale betrachtet, sondern bloß diejenigen, welche ihrer Entstehung nach der Erdrinde zugehören.

Die Wissenschaft von den Mineralen wird Mineralogie genannt. Sie ist ein Theil der Naturgeschichte, welche die Aufgabe hat, eine vollständige Kenntnis der unmittelbaren Naturproducte oder Naturkörper, und zwar sowohl nach ihrem gegenwärtigen Zustande als nach ihrer Entstehung und ihren Veränderungen zu sammeln und in geordneter Weise darzustellen.

Die Mineralogie will demnach in erster Linie die Beschaffenheit der Minerale, also alle an denselben wahrnehmbaren wesentlichen Eigenschaften und Erscheinungen sowie deren Beziehungen, ferner das Auftreten und die Verbreitung der Minerale in geordneter systematischer Form beschreiben, zweitens aber auch die Geschichte derselben, also die Bildung und Veränderung, das Werden und Vergehen dieser Naturkörper zur Darstellung bringen. Ihr Ziel ist die Kenntnis der Minerale im Einzelnen und im Zusammenhange, und zwar sowohl im Zustande der Beharrung als der Veränderung, also die Kenntnis des Seins und Werdens der unterscheidbaren Bestandtheile der Erdrinde. Sie geht so wie die übrigen

<sup>1)</sup> Mineralis, e, von mina, gegrabener Gang, Stollen, das wieder mit minari zusammenhängt, welches gehen machen, in Bewegung setzen, führen, aber auch gehen bedeutet, und mit dem ital. menare und dem franz. mener übereinkommt (Mith. von Prof. K. Schenk). Ich ziehe die Pluralform Minerale der früher gebräuchlichen Mineralien vor.

Zweige der Naturgeschichte der Geologie voraus, welche den Bestand und die Geschichte der Erdrinde im Ganzen erforscht.

In neuerer Zeit ist der Vorschlag gemacht worden, das Gebiet der Mineralogie zu erweitern und in der neuen Doctrin, welche als Anorganographie zu bezeichnen wäre, nicht bloß die Minerale, sondern auch alle übrigen leblosen Naturproducte abzuhandeln. Die vielen im Gebiete der Chemie neu entdeckten Verbindungen sind in der That auch Naturproducte und ihre Kenntnis ist in krystallographischer und in chemischer Beziehung so wichtig wie die der Minerale. Ihre Entstehungsweise ist aber eine ganz andere als die der Minerale, und es erscheint daher dem Ziele der Naturgeschichte nicht entsprechend, in dieselbe ein so heterogenes Gebiet, welches in der systematischen Chemie seinen Platz findet, aufzunehmen.

**2. Entwicklung der Wissenschaft.** Schon in den frühesten Epochen der Cultur ist die Bildung und die Veränderung der Erde Gegenstand des Nachdenkens gewesen, und geologische Speculationen machten sich in mannigfacher Form geltend. Die Kenntnis der einzelnen in der Erdrinde auftretenden Körper war hingegen zu jener Zeit noch eine sehr geringe. Nur das Gold und die Minerale, welche als Edelsteine im Verkehr der Menschen eine Rolle spielten, werden schon in den älteren Schriften genannt. Von Aristoteles und seinem Schüler Theophrast wissen wir, dass dieselben auch über andere Minerale Nachrichten einzogen und niederschrieben. Plinius der Aeltere, welcher im Jahre 79 n. Chr. bei einem Ausbruch des Vesuv das Leben verlor, sammelte alle ihm zugänglichen Berichte über Steine und gab unvollkommene Beschreibungen, die meistens nicht zu bestimmen erlauben, welche Minerale unter den angegebenen Namen zu verstehen seien. Nach der Zerstörung der griechischen und römischen Cultur waren es die Araber, welche die Naturwissenschaften pflegten. Der arabische Arzt Avicenna (980—1036) unterschied bereits Steine, brennbare Minerale, Salze und Metalle.

Als nach langem Schlummer der Sinn für Wissenschaft sich in Europa wieder zu regen begann, war es der Bergbau in Deutschland, welcher den Anstoß zur Betrachtung des Mineralreiches gab. Georg Agricola, Arzt zu Joachimsthal und Chemnitz (1494—1555), schrieb in seinem Werke: *De natura fossilium* 1546 nieder, was er aus den Schriften der Alten und von den Bergleuten der Umgebung gelernt und was er selbst beobachtet hatte. Die hier vorkommenden Namen Quarz, Kies, Spath u. s. w. sind echt bergmännische, die Beschreibungen haben aber schon einen wissenschaftlichen Charakter, da die Merkmale, welche die Härte, Spaltbarkeit, die Form, der Glanz der Minerale darbieten, bereits angewendet werden. Das Aufblühen der Künste und die Wiedererweckung der Wissenschaften im sechzehnten Jahrhundert treffen aber keineswegs mit grossen Leistungen auf unserem Gebiete zusammen, da sich der Sinn für Naturbetrachtung begreiflicherweise zuerst den Bewegungen am Sternenhimmel zuwandte, aber das folgende Jahrhundert zählt schon wichtige Entdeckungen, wie jene der doppelten Strahlenbrechung im Kalkspath durch Erasmus Bartholin 1670, ferner die fast zur selben Zeit erfolgte Wahrnehmung

der Beständigkeit der Kantenwinkel an Krystallen durch Steno, und die vielen Entdeckungen Boyle's in dem Bereiche der Mineralchemie, welche alle in der Gründung einer Wissenschaft der Steinwelt zusammenwirkten. Doch gelang es erst dem achtzehnten Jahrhundert, einen Einblick in das Wesen dieses Gebietes zu eröffnen.

Der berühmte schwedische Naturforscher Linné (1707—1778) war zwar bei seinem Versuche, die Minerale ähnlich wie die Organismen nach ihrer äusseren Form zu classificiren, nicht glücklich, aber unter seinen Landsleuten erstanden eifrige Mineralogen, wie Cronstedt (1722—1765), welche, durch die Erfahrungen bei den Hüttenprocessen und durch eigene Versuche geleitet, auf das chemische Verhalten der Minerale ihr Augenmerk richteten und die Minerale nach den Hauptbestandtheilen anordneten. Die Regelmässigkeit, welche durch die Gestalt der Krystalle dargeboten wird und welche früher nur nebenher beachtet wurde, veranlasste Romé de l'Isle im Jahre 1783, die Beschreibung und Abbildung der von ihm wahrgenommenen Formen herauszugeben. Das Gesetz aber zu erkennen, welches die mannigfachen Krystallgestalten desselben Minerals beherrscht, war dem Abbé Hauy (1743—1822) in Paris vorbehalten. Vor diesem hatte zwar schon der Chemiker Torbern Bergman gezeigt, dass man die Formen des vielgestaltigen Kalkspathes durch Aufschiebung von Rhomboëdern erhalten könne. Hauy kam aber unabhängig von Bergman zu der gleichen Vorstellung und fand nicht nur beim Kalkspath, sondern ganz allgemein bei den Mineralen das Gesetz ausgesprochen, dass die Krystalle desselben Minerals nur solche Gestalten zeigen, welche sich aus gleichgrossen und gleichgeformten Theilehen aufbauen lassen. Die Gestalt der letzteren wurde die Grundform genannt. Mittels dieses Gesetzes konnten von jetzt an die Winkel der Krystalle vorausberechnet werden. Hauy zeigte aber auch die praktische Seite seiner Entdeckung. Durch Bestimmung der Grundform vermochte er viele Minerale zu unterscheiden, welche bisher zusammengeworfen worden waren. Die gleichzeitigen Analysen eines Klaproth, Vauquelin u. A. bestätigten die Verschiedenheit der durch die Form getrennten Minerale. Die Abhängigkeit der Krystallgestalt von der chemischen Zusammensetzung trat jetzt allmählig hervor, das Mineralsystem erhielt eine neue Gestalt. Auch die Kenntnis der physikalischen Verhältnisse der Minerale wurde durch Hauy's Forschungen eröffnet.

Zu gleicher Zeit wirkte in Deutschland A. S. Werner (1750—1817) auf der Bergschule zu Freiberg in einer anderen Richtung, indem er die Unterscheidung der Minerale durch einfache äussere Kennzeichen lehrte und durch seine anziehende Vortragsweise, welche Schüler aus allen Erdtheilen versammelte, das Interesse für diese Wissenschaft in weite Kreise verbreitete. Sein System, welches die Arbeiten der schwedischen Mineralogen wahrnimmt, ist auf chemischer Grundlage basirt. Christian Samuel Weiss in Berlin (1780—1856) gewann der krystallographischen Richtung in Deutschland viele Anhänger, indem er die Methode Hauy's durch Einführung der Krystallaxen verbesserte, ferner die Zonenlehre begründete und viele Anwendungen derselben entdeckte. F. Mohs (1773—1839, anfangs in Freiberg, zuletzt in Wien) theilt mit dem Vorigen den Ruhm, die Krystallographie im geometrischen Sinne umgestaltet zu haben. Er

zeigte sich im Uebrigen als eifriger Schüler Werner's durch den Versuch, eine Eintheilung der Minerale ausschliesslich auf die äusseren Kennzeichen derselben zu gründen. Seine Methode, welche von ihm die naturhistorische genannt wurde, weicht aber von jener durch Haüy und Werner eingeführten darin ab, dass sie die Bedeutung der chemischen Zusammensetzung der Minerale nicht anerkennt. Sie wurde von dem ausgezeichneten schwedischen Chemiker Berzelius nachdrücklich bekämpft, jedoch verfiel dieser in den entgegengesetzten Fehler, indem er die Mineralogie als einen Theil der Chemie erklärte.

Nun trennen sich die Richtungen in der Mineralogie mehr und mehr, da von den Forschern die einen auf dem Wege der Geometrie und der Physik in das Gebiet eintreten, die anderen durch die Chemie dahin geleitet werden, und da bei der Zunahme des Forschungsgebietes eine Theilung der Arbeit nöthig wird. Die chemische Richtung, von Berzelius, der eine grosse Anzahl der Mineralkörper nach neuen und genaueren Methoden analysirte, in ausserordentlicher Weise ausgebildet, führte zur Entdeckung der Isomorphie, als Mitscherlich zeigte, dass häufig Körper von verschiedener chemischer Zusammensetzung die gleiche oder eine ähnliche Krystallform darbieten. Die Methoden der Analyse erlangten durch Chemiker, wie Heinrich Rose und R. Bunsen, eine ungeahnte Schärfe. Zahlreiche Untersuchungen von Stromeyer, Plattner, Damour, v. Kobell, Scheerer, Rammelsberg und vielen Anderen führten zur genauen Kenntniss der Zusammensetzung sowohl der bekannten als zahlreicher neuer Minerale. Die Resultate zeigten, dass viele Minerale einfache chemische Verbindungen sind, während andere, und zwar oft sehr verbreitete Minerale, wie z. B. Feldspathe, Augite, durch Zusammenkrystallisiren mehrerer chemischer Verbindungen gebildet werden. Diese Mischung bei Erhaltung einer bestimmten Krystallform wurde später als die wichtigste Erscheinung erkannt, welche über den Aufbau der Krystalle aus den kleinsten Theilchen Aufschluss geben kann. Die neuere Atomistik, welche sich in der Chemie Geltung verschaffte, wirkte auch auf die mineralogische Forschung, indem sie sowohl die chemische Beschaffenheit als auch die physikalischen Eigenschaften und die Form der Minerale als Wirkungen derselben Ursache betrachten lehrte.

Jene von Haüy begründete Anschauung, welche den Aufbau der Krystalle zugleich als einen mechanischen Vorgang betrachtet, wurde von Bravais in Paris und von Frankenheim in Breslau wieder aufgenommen, welche aus der Form und der Spaltbarkeit auf die Regelmässigkeit des inneren Gefüges der Krystalle schlossen, die aber jetzt aus schwebenden Theilchen aufgebaut gedacht werden. Sohncke und Mallard bildeten die Theorie des Krystallbaues weiter und der erstere gelangte zu einer Erklärung der Symmetrie der Krystallformen, deren Gesetz Hessel im Jahre 1830 und später Gadolin auf geometrischem Wege gefunden hatten.

Die angewandte Krystallographie verfolgte inzwischen den Weg, welcher ihr durch die Arbeiten eines Naumann, Miller u. A. gebahnt wurde. Der Erstere gab der krystallographischen Methode durch Anwendung der analytischen Geometrie eine grosse Eleganz und vermochte durch seine einfache Darstellungsweise das Verständnis der schwierigen Disciplin allgemein zu verbreiten, während Quenstedt

die Methode von S. C. Weiss weiter ausbildete und in letzter Zeit Liebisch eine consequente Darstellung der krystallographischen Lehren gab. Die Anwendung der rechnenden Krystallographie, wie sie von G. Rose, G. vom Rath erfolgreich gehandhabt wurde, führte zur genauen Kenntniss der Formen sehr vieler Minerale. Die abstracte geometrische Wissenschaft erhielt aber erst wieder, man möchte sagen, Fleisch und Blut, als der Zusammenhang zwischen der Form und den physikalischen Eigenschaften klargestellt, als namentlich die Gesetze der Lichterscheinungen in den Krystallen vollkommen erkannt waren. Dieselben wurden von Brewster, Biot, Senarmont an den einzelnen Mineralien verfolgt, und es wurde die Handhabung der optischen Untersuchung durch Haidinger, Kobell, Grailich weiter ausgebildet, endlich von Deseloizeaux die consequente optische Prüfung der durchsichtigen Minerale ausgeführt. Nach solchen Vorarbeiten unternahm es P. Groth, die Methoden der Untersuchung allgemein zugänglich zu machen, ferner eine einheitliche Darstellung der Form und der physikalischen Eigenschaften der krystallisirten Körper zu geben. Bald wurden die optischen Methoden Gemeingut der Mineralogen, welche nun im Stande waren, dieselben für Unterscheidung aller durchsichtigen Minerale zu benützen und durch genaue Prüfung der Krystalle den feineren Bau derselben zu erkennen, welcher sich öfters fast ebenso zart und verwickelt erwies wie jener der Organismen.

In gleicher Zeit war die mikroskopische Untersuchung durch D. Brewster, Gustav Rose, Sorby, Zirkel in Aufnahme gekommen, und erwarb sich diese Richtung bald viele Freunde. Durch den Eifer des letzteren Forschers wurde die Mineralogie um ein bedeutendes Gebiet vergrössert. Das Gefüge der krystallisirten Minerale, ihre Verbindung und ihr gegenseitiges Verhalten wurde genauer bekannt, besonders aber wurde die Kenntniss von der Verbreitung der einzelnen Minerale völlig umgestaltet, als nunmehr auch solche Minerale, die früher nur an einzelnen Punkten gefunden waren, als häufige Bestandtheile der Erdrinde erkannt wurden. Es ist begreiflich, dass diese Richtung, welche eine feinere Anatomie der Minerale und ihrer Gemenge begründet, in fortwährender Erweiterung ihrer Methode begriffen ist, welche durch Prüfung und kritische Sichtung, wie sie von Rosenbusch u. A. gepflegt wird, immer mehr an Sicherheit gewinnt.

Die Gesteinlehre, welche durch Werner begründet worden, erhielt in solcher Weise einen grösseren Umfang, aber auch die Kenntniss von dem Auftreten und dem Zusammenvorkommen der Minerale im Allgemeinen und insbesondere auf den Erzlagertstätten wurde durch die Arbeiten von Breithaupt, B. Cotta, F. Sandberger und vielen Anderen bedeutend erweitert.

Die Systematik verlor in der neueren Zeit einigermassen an Interesse, da weder die einseitige physikalische noch die extreme chemische Richtung zu einem befriedigenden Resultate geführt hatte. Breithaupt folgte den Spuren von Werner und Mohs. G. Rose unternahm eine Gruppierung nach krystallographischem und chemischem Princip zugleich. Naumann versuchte eine Eintheilung, welche beiden Forderungen in consequenter Weise gerecht werden wollte. J. Dana gab eine Classification auf Grundlage der chemischen Zusammensetzung allein. Die Mehrzahl der Mineralogen sah jedoch ihre Hauptaufgabe nicht in der Aufstellung von Systemen, sondern war bemüht, die Summe der exacten Beobach-

eine  
elben  
wurde,  
dass  
kennt.  
nach-  
ndem

r, da  
ik in  
und  
wird.  
neral-  
licher  
rlich  
g die  
alyse  
ahnte  
nour,  
nauen  
neuer  
Ver-  
wie  
ischer  
nnten  
über  
kann.  
auch  
enheit  
Wir-

ystalle  
Paris  
Form  
ystalle  
erden.  
d der  
deren  
Wege

er ihr  
Erstere  
metrie  
se das  
stedt

tungen zu vermehren und das Wesen der Mineralkörper durch allseitige Prüfung aufzuklären. Viele emsige Forscher haben durch ihre zahlreichen Entdeckungen den Schatz des Wissens in diesem Gebiete ungemein bereichert, so dass die Gattungen in ihrem Zusammenhange immer deutlicher hervortraten und die Grundlagen eines natürlichen Systems geschaffen wurden.

Die Naturgeschichte der Minerale im engeren Sinne oder die Lehre von der Bildung und Veränderung der Naturkörper als Bestandtheile der Erdrinde konnte zufolge der Schwierigkeiten, welche der Beobachtung und dem Experimente entgegenstehen, mit den Fortschritten auf den Nachbargebieten nicht immer gleichen Schritt halten. G. Bischof (1792—1870) war der Erste, welcher die Entwicklungsgeschichte der Minerale als einen wichtigen Zweig der Naturkenntnis hervorhob, und der durch eigene Arbeiten sowie durch Vergleichung fremder Beobachtungen das beständige Werden und Vergehen im Bereiche der Erdrinde beleuchtete. Haidinger unternahm es, einige dieser Vorgänge auf einfache Principien zurückzuführen. J. R. Blum und J. Roth förderten die Einsicht durch Zusammenstellung der Beobachtungen. Senarmont, Daubrée betraten mit Erfolg den synthetischen Weg, indem sie die künstliche Darstellung von Mineralen unter Verhältnissen, welche den in der Natur herrschenden ähnlich sind, ausführten. Lemberg verband letztere Methode mit der früher befolgten analytischen, um Veränderungen der Minerale nachzuahmen. In der letzten Zeit verfolgt die Forschung einerseits die zuletzt bezeichneten Wege, anderseits aber sammelt sie durch die mikroskopische Beobachtung der in den Gesteinen erkennbaren Zersetzungen und Umwandlungen ein reiches Material, das in Verbindung mit den geologischen Thatsachen jene Erscheinungen aufzuklären bestimmt ist, welche man als das Leben des Erdkörpers bezeichnen könnte.

**3. Eintheilung.** Die Mineralogie als Doctrin wird in zwei Theilen abgehandelt, in einem allgemeinen und einem speciellen. Die allgemeine Mineralogie umfasst die Lehre von jenen Erscheinungen, welche an allen oder an einer grösseren Zahl von Mineralen auftreten, ferner die Darlegung der Beziehungen, welche sich im Ganzen herausstellen. Die specielle Mineralogie behandelt die einzelnen Mineralgattungen im Besonderen und in systematischer Folge.

In der allgemeinen Mineralogie bezieht sich ein Theil auf die Form der Minerale, ist also Morphologie, welche in Krystallographie oder Lehre von den regelmässigen Formen und in Structurlehre zerfällt, die sich mit den Aggregationsformen der Mineralindividuen beschäftigt. Ein zweiter Theil ist die Mineralphysik, welche die physikalischen Erscheinungen behandelt, ein dritter die Mineralchemie, welche die stoffliche Zusammensetzung der Minerale zum Gegenstande hat, der vierte die Lagerungslehre, welche das Auftreten und die Vergesellschaftung der Minerale betrachtet, der fernere die Entwicklungsgeschichte, welche die Bildung und die Veränderung der Minerale erörtert, und der sechste die Classification der Minerale, welcher die Principien der systematischen Eintheilung entwickelt.

In allen diesen Abtheilungen werden Eigenschaften, Beziehungen und Veränderungen der Minerale abgehandelt, und insofern ist der allgemeine Theil eine Physiologie der Minerale. Zugleich aber werden für die einzelnen Eigenschaften,



welche zur Unterscheidung der Minerale dienen, die üblichen Bezeichnungen oder Kunstausdrücke (Termini) angeführt und insofern ist hier auch die Terminologie enthalten. In früherer Zeit, da man die Aufgabe der Naturgeschichte darauf beschränkt glaubte, dass sie bloß die Begriffe der Naturkörper zu entwickeln und zu ordnen, also bloß die Naturdinge kunstgerecht zu beschreiben habe, war der allgemeine Theil bloß Terminologie, wogegen die Physiologie eine untergeordnete Rolle spielte. Gegenwärtig ist das Verhältnis umgekehrt.

In der speciellen Mineralogie werden die Begriffe der einzelnen Mineralgattungen in systematischer Folge entwickelt. Dieser Theil, die Physiographie, gibt also die Beschreibungen der Mineralgattungen und ordnet dieselben nach bestimmten Principien, ausserdem aber erörtert er im Besonderen die Beziehungen, die Bildungsweise und die Veränderungen sowie das Vorkommen und die Verbreitung der Minerale. Von der technischen Verwendung, welche Gegenstand der Lithurgik ist, sowie von der commerciellen Bedeutung einzelner Minerale wird in wissenschaftlichen Darstellungen gewöhnlich nur das Wichtigste angeführt.

**4. Studium der Mineralogie.** Das Studium unserer Wissenschaft setzt heutzutage einige elementare Kenntnisse voraus. Eine Einsicht in die Formverhältnisse wird nur derjenige gewinnen, welcher sich die elementaren Lehren der Geometrie eigen gemacht hat. Selbstständige Beobachtungen und Berechnungen auf dem Gebiete der Krystallographie beruhen auf der Anwendung der einfachsten Sätze der analytischen Geometrie und der sphärischen Trigonometrie. Die richtige Beurtheilung der physikalischen Erscheinungen der Substanzverhältnisse, der Bildung und Veränderung der Minerale setzt die Kenntnis der Anfangsgründe aus der Physik und Chemie voraus, namentlich solche aus der Optik und der Mineralchemie. Ein eingehendes Studium der Mineralogie erfordert aber eine länger dauernde praktische Handhabung der chemischen Mineralanalyse, ein Umstand, der öfters übersehen wird und welcher deshalb an dieser Stelle besonders hervorgehoben werden muss. Dass neben den Studien in der Sammlung und im Laboratorium die Beobachtung in der Natur eifrig gepflegt werden muss, bedarf wohl keiner besonderen Ausführung.

Wegen der nothwendigen Vorbereitung in den Hilfswissenschaften könnte die Erwerbung eines gründlichen mineralogischen Wissens ziemlich schwierig erscheinen, doch wirken heutzutage zwei Umstände zusammen, um das Studium zu erleichtern und den Weg der Forschung zu ebnen. Erstens vereinfacht sich die Methode des Unterrichtes, welcher stets den Zusammenhang der Erscheinungen betont, fortwährend, und zweitens führen die mineralogischen Institute und Laboratorien, deren Gründung den letzten Jahren angehört, den Anfänger auf bedeutend abgekürztem Wege zur selbstständigen Beobachtung und zur geeigneten Anstellung der Versuche. Die günstigen Folgen sind schon jetzt erkennbar. Die Theilnahme an der mineralogischen Wissenschaft ist merklich gestiegen und der Kreis der eifrigen Forscher in erfreulicher Zunahme begriffen.

**5. Literatur.** Von den Sammelwerken und Zeitschriften, welche für die Mineralogie von Wichtigkeit sind, mögen hier einige besonders angeführt werden.

## Lehr- und Handbücher:

- Handbuch der Mineralogie von C. A. S. Hoffmann, fortgesetzt von A. Breithaupt. 4 Bände. Freiburg 1811—1817.
- Hauy. Traité de Minéralogie, sec. édit. 4 vol. nebst Atlas. Paris 1822.
- Beudant. Traité de Minéralogie, sec. édit. Paris 1830—1832.
- Mohs. Leichtfassliche Anfangsgründe der Naturgeschichte des Mineralreichs. 2. Aufl. Wien 1836—1839.
- Breithaupt. Vollständiges Handbuch der Mineralogie. Dresden 1836—1847.
- Hausmann. Handbuch der Mineralogie. 3 Thle. Göttingen 1828—1847.
- Haidinger. Handbuch der bestimmenden Mineralogie. 2. Ausgabe. Wien 1851.
- Phillips. Elementary introduction in Mineralogy. New edition by Brooke and Miller. London 1852.
- Dufrénoy. Traité de Minéralogie, sec. éd. Paris 1856—1859.
- Naumann. Elemente der Mineralogie. 12. Aufl. bearb. von Zirkel. Leipzig 1885.
- Quenstedt. Handbuch der Mineralogie. 3. Aufl. Tübingen 1877.
- Descloizeaux. Manuel de Minéralogie. Tome I. Paris 1862. Tome II, 1. 1874.
- Dana J. System of Mineralogy. 6. ed. by E. S. Dana. New-York 1892.
- E. Textbook of Mineralogy. 2. Aufl. New-York 1883.
- Bauer M. Lehrbuch der Mineralogie. Berlin 1886.
- Hintze C. Handbuch der Mineralogie. Leipzig 1889. (Im Erscheinen.)

## Werke über Krystallographie und Krystalphysik:

- Naumann. Lehrbuch der reinen und angewandten Krystallographie. 2 Bde. Leipzig 1829—1830.
- Kupffer. Handbuch der rechnenden Krystallographie. Petersburg 1831.
- Miller. Treatise on Crystallography. Cambridge 1839.
- Rammelsberg. Lehrbuch der Krystallkunde. Berlin 1852.
- Naumann. Elemente der theoretischen Krystallographie. Leipzig 1856.
- Miller. Lehrbuch der Krystallographie, übersetzt und erweitert von J. Grailich. Wien 1856.
- Karsten H. Lehrbuch der Krystallographie. Leipzig 1861.
- Kopp. Einleitung in die Krystallographie. 2. Aufl. Braunschweig 1862.
- v. Lang. Lehrbuch der Krystallographie. Wien 1866.
- Schrauf. Lehrbuch der physikalischen Mineralogie. 2 Bde. Wien 1866 u. 1868.
- Bravais. Études cristallographiques. Paris 1866.
- Quenstedt. Grundriss der bestimmenden und rechnenden Krystallographie. Tübingen 1873.
- Rose G. Elemente der Krystallographie. 3. Aufl. Berlin 1873. Zweiter Band von Sadebeck 1876. Dritter Band von Websky 1887.
- Groth. Physikalische Krystallographie. 3. Aufl. Leipzig 1895.
- Klein C. Einleitung in die Krystalloberechnung. Stuttgart 1876.
- Mallard. Traité de Cristallographie. Bd. I. Paris 1879. Bd. II. 1884.
- Sohneke. Entwicklung einer Theorie der Krystalstructure. Leipzig 1879.
- Liebisch. Geometrische Krystallographie. Leipzig 1881.
- Physikalische Krystallographie. Leipzig 1891.
- Schönflies. Krystalssysteme und Krystalstructure. Leipzig 1891.
- Hecht. Anleitung zur Krystalloberechnung. Leipzig 1893.

## Ueber die mikroskopische Beschaffenheit der Minerale handeln:

- Rosenbusch. Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigsten Mineralien. 3. Aufl. Stuttgart 1892.
- Zirkel. Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine. Leipzig 1873.
- Lehrbuch der Petrographie. 3 Bde. Leipzig 1893—1894.
- Fouqué et Michel Lévy. Minéralogie micrographique. Paris 1879.
- Cohen. Sammlung von Mikrophotographien zur Veranschaulichung der mikroskopischen Structure von Mineralien und Gesteinen. 80 Tafeln. 2. Aufl. Stuttgart 1884.
- Lévy A. Michel et A. Laeroix. Les minéraux des roches. Paris 1888.

Die chemische Zusammensetzung und chemische Prüfung der Minerale wird in folgenden Werken erörtert:

Rose H. Handbuch der analytischen Chemie. Herausgegeben von R. Finkener. 2. Bde. 1867 bis 1871.

Wöhler. Die Mineralanalyse. 2. Aufl. Göttingen 1862.

Plattner. Die Probirkunst mit dem Löthrohre. 5. Aufl. von Th. Richter. Leipzig 1877.

Fresenius. Anleitung zur qualitativen Analyse. 16. Aufl. 1894.

— Anleitung zur quantitativen Analyse. 6. Aufl. 2 Bde. Braunschweig 1873—1887.

Rammelsberg. Handbuch der Mineralchemie. 2. Aufl. Leipzig 1875. Nachtrag 1886.

Zur Bestimmung der Minerale sind zu empfehlen:

v. Kobell. Tafeln zur Bestimmung der Mineralien. 13. Aufl. von Oebbeke. München 1894.

Fuchs. Anleitung zum Bestimmen der Mineralien. 3. Aufl. von A. Streng. Giessen 1890.

Hirschwald. Anleitung zur systematischen Löthrohranalyse. Leipzig 1891.

Brush. Manuel of determinative Mineralogy. New-York 1875.

Die Bildung, Umwandlung und künstliche Darstellung der Minerale haben folgende Werke zum Gegenstande:

Bischof G. Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. 2. Aufl. Bonn 1863—1866.

Volger. Studien zur Entwicklungsgeschichte der Mineralien. Zürich 1854.

Blum. Die Pseudomorphosen des Mineralreiches. Stuttgart 1843 und die Nachträge 1847, 1852, 1863, 1879.

Roth. Allgemeine chemische Geologie. 3 Bde. Berlin 1879—1890.

Fuchs. Ueber die künstlich dargestellten Mineralien. Harlem 1872.

Daubrée. Synthetische Studien zur Experimentalgeologie. Deutsch von Gurlt. Braunschweig 1880.

Fouqué et Lévy. Synthèse des minéraux et des roches. Paris 1882.

Bourgeois. Reproduction artificielle des minéraux. In der Encyclopédie chimique von Frémy. 1884.

Dölter C. Allgemeine chemische Mineralogie. Leipzig 1890.

Meunier S. Les methodes de synthèse en minéralogie. Paris 1891.

Das Zusammenvorkommen der Minerale behandeln die Werke:

Breithaupt. Die Paragenesis der Mineralien. Freiberg 1849.

v. Cotta. Die Lehre von den Erzlagerstätten. Freiburg 1859—1861.

v. Groddeck. Die Lehre von den Lagerstätten der Erze. Leipzig 1879.

Ausserdem die Lehrbücher der Petrographie und die im Anfange des speciellen Theiles angeführten topographischen Sammelwerke.

Zusammenstellungen, Berichte etc. finden sich in:

Groth. Tabellarische Uebersicht der einfachen Mineralien, nach ihren krystallographisch-chemischen Beziehungen geordnet. 3. Aufl. Braunschweig 1889.

— Die Mineraliensammlung der Universität Strassburg. Strassburg 1878.

Hessenberg. Mineralogische Notizen. 11 Hefte. 1856—1873.

v. Kokscharow. Materialien zur Mineralogie Russlands. Bd. 1—10.

Kennigott. Uebersicht der Resultate mineralogischer Forschungen. 13 Bde. 1844—1865.

Jahresberichte der Chemie und verwandter Wissenschaften. 1849—1886.

Zeitschriften, welche häufig oder vorzugsweise mineralogische Abhandlungen enthalten, sind:

Annalen der Physik und Chemie, herausgegeben von Poggendorff. Leipzig von 1824 bis 1877, seither von Wiedemann.

Bände.

-1839.

1852.

-1830.

6.

1876.

leln:

Auf.

ructur

- Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Petrefactenkunde, von Leonhard und Geinitz. Stuttgart seit 1833. Seit 1879 von Benecke, Klein und Rosenbusch, gegenwärtig von Bauer, Dames und Liebisch.
- Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. Berlin seit 1849.
- Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenschaften. Wien seit 1848.
- Mineralogische Mittheilungen, gesammelt von G. Tschermak. Wien 1871—1877. Neue Serie als Mineralog. und petrographische Mittheilungen seit 1878. Gegenwärtig redigirt von F. Becke.
- The mineralogical Magazine and Journal of the Mineralogical Society. London seit 1876.
- Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie, herausg. von P. Groth. Leipzig seit 1877.
- Bulletin de la société minéralogique de France. Paris seit 1878.
- Sansoni F. Giornale di Mineralogia, Cristallografia e Petrografia. Milano. (Seit 1890.)

#### Ueber Geschichte der Mineralogie handeln:

- Whewell. Geschichte der inductiven Wissenschaften. Deutsch von J. Littrow. Stuttgart 1839.
- Marx. Geschichte der Krystallkunde. Karlsruhe und Baden 1825.
- Lenz. Mineralogie der alten Griechen und Römer. Gotha 1861.
- v. Kobell. Geschichte der Mineralogie von 1650—1865. München 1865.

bestel  
Indiv  
selber  
Gleich  
komm  
eine  
oder  
zufäll  
Die  
Kryst  
Calci  
der  
Körn  
gelar  
Indiv  
ist a

kryst  
zähl  
sind.  
Hoh  
Krys  
der  
Min

erse  
erke

## Allgemeiner Theil.

### I. Morphologie.

**6. Krystallisirt und krystallinisch.** Die meisten Minerale sind starr und bestehen aus einem oder aus mehreren einheitlichen Körpern, welche man oft als Individuen bezeichnet. Diese sind gleichartig (homogen), indem alle Theile derselben von gleicher Beschaffenheit befunden werden und Unterbrechungen der Gleichartigkeit nur dort eintreten, wo zufällig fremde Körper eingelagert vorkommen. Die Individuen haben entweder einen bestimmten inneren Bau sowie eine damit zusammenhängende bestimmte ebenflächige Gestalt und heissen Krystalle, oder sie besitzen zwar den bestimmten inneren Bau, zeigen aber äusserlich blos zufällige, unregelmässige Formen und werden krystallinische Individuen genannt. Die meisten Minerale sind also entweder krystallisirt, sie zeigen ausgebildete Krystalle, oder sie sind krystallinisch. Die oft vorkommenden Krystalle von Quarz, Calcit, Pyrit sind Beispiele frei ausgebildeter Individuen, der körnige Kalkstein, der faserige Gyps zeigen dagegen Individuen mit den zufälligen Formen von Körnern und Fasern, welche durch gegenseitige Behinderung zu solcher Gestalt gelangt sind. Der Unterschied zwischen einem Krystall und einem krystallinischen Individuum desselben Minerals ist demnach ein blos äusserlicher, der innere Bau ist aber bei beiden derselbe.

Die Gesteinsmassen, welche die Erdrinde zusammensetzen, sind grossentheils krystallinisch oder sie bestehen aus krystallinischen Fragmenten. Manche enthalten zahllose kleine oder auch grössere Krystalle, von welchen die ersteren häufiger sind, aber erst bei der mikroskopischen Betrachtung wahrgenommen werden. In Hohlräumen und in Spalten der Gesteine finden sich zuweilen deutliche und schöne Krystalle, welche an den Wänden haften. Solange man also mit freiem Auge in der Natur beobachtet, wird man selten Krystalle, dagegen häufig krystallinische Minerale wahrnehmen.

**7. Amorph.** Es gibt auch einige starre Minerale, welche nicht individualisirt erscheinen, und welche allen ihren Eigenschaften zufolge keinen regelmässigen Bau erkennen lassen. Sie kommen darin mit den flüssigen Mineralen überein und werden

wie diese als amorph oder gestaltlos bezeichnet. Ein Beispiel eines starren amorphen Körpers ist der Opal, der flüssige Zustand wird vor allem durch das Wasser dargestellt. Zwischen dem eigentlich flüssigen und dem starren Zustande liegt der zähflüssige, wie er am Bergtheer beobachtet wird, der milchige bis breiartige, aus welchem der amorphe Magnesit hervorgeht, der schleimige und gallertartige, mit welchem die Bildung des Opals beginnt. Man kennt eine Anzahl von derlei Körpern, welche in der ursprünglichen Flüssigkeit nicht aufgelöst, sondern wie der Leim bloß fein vertheilt waren. Sie werden seit Graham als Colloide bezeichnet zum Unterschiede von den Krystalloiden, welche in vollkommener Lösung enthalten sind und beim Verdunsten der Flüssigkeit sich krystallinisch abscheiden. Amorphe Minerale, die aus einem gallertartigen Zustande hervorgegangen sind, werden nach Breithaupt porodine Körper genannt. Andere bilden sich durch Erstarrung aus einem heissen Schmelzfluss, wie das Glas, und werden hyaline Minerale genannt. Ein Beispiel ist der Obsidian.

**8. Grösse der Individuen.** Die Grösse der Individuen schwankt ungemein, und zwar oft bei demselben Mineral. Ein Quarzindividuum, ob nun krystallisirt oder als Körnchen, kann von solcher Kleinheit gefunden werden, dass es nur bei starker Vergrößerung durch das Mikroskop wahrnehmbar wird. Andererseits gibt es Quarzkrystalle von Meterlänge und darüber. Feldspathindividuen sind gar häufig von mikroskopischer Kleinheit, doch kommen zuweilen solche von vielen Metern im Durchmesser vor. In der Grösse liegt sonach kein Merkmal, doch lässt sich im Allgemeinen sagen, dass nur bei den häufig vorkommenden Mineralen Individuen von bedeutenden Dimensionen vorkommen, und dass bei den übrigen erfahrungsmässig manche stets nur sehr kleine Krystalle oder überhaupt Individuen bilden.

**9. Krystall.** Die Krystalle sind von ebenen Flächen begrenzte starre Körper, welche durch ein gleichartig fortdauerndes Wachsthum entstehen. Ihre äussere Form ist daher das unmittelbare Ergebnis des regelmässigen Baues und beide stehen im nothwendigen Zusammenhange. An den fertigen Krystallen erkennt man diesen Zusammenhang am leichtesten durch die Spaltbarkeit, welche vielen Krystallen eigen ist. Diese haben die Eigenschaft, sich beim Spalten in bestimmten Richtungen nach ebenen Flächen zertheilen zu lassen, welche dieselbe Lage haben wie die Krystallflächen. Die äussere ebenflächige Begrenzung des Krystalls erscheint daher nur als eine Wiederholung des inneren Gefüges.

Krystalle kommen aber nicht bloß im Bereiche der Minerale, sondern auch unter allen anderen Gebilden vor, welche nicht organisirt sind. Die Krystalle des Zuckers, des Weinstein liefern Beispiele dafür. Die Lehre von den Krystallen ist daher nicht bloß der Mineralogie eigen, sondern sie bezieht sich auf alle krystallisirten Naturkörper, mögen diese in der Erdrinde vorkommen oder Producte der Laboratorien, der Industrie darbieten oder zufällig im Bereiche menschlicher Wirksamkeit oder auch in Organismen entstanden sein.

Der Inbegriff aller Kenntnisse von den Krystallen lässt sich als Krystallkunde bezeichnen, während man gewohnt ist, die Lehre von der Form dieser Bildungen als Krystallographie zu bezeichnen und jenen Theil, welcher sich mit

den Gesetzen der Krystallbildung beschäftigt, als Krystallonomie hervorzuheben. Die Krystallkunde würde ausser der Krystallographie auch die Lehre von den physikalischen Eigenschaften und deren Beziehungen zu der chemischen Zusammensetzung der Krystalle umfassen.

Die Krystalle zeigen auf den Flächen fast immer eine gröbere oder feinere Zeichnung, welche gleichfalls mit dem inneren Baue übereinstimmt und ein wesentliches Merkmal der Aechtheit der Flächen darbietet. Durch Spaltung erhält man aus Krystallen oder Individuen leicht ebenflächige Stücke, welche alle übrigen Eigenschaften der Krystalle mit Ausnahme der natürlichen, d. i. ursprünglichen Begrenzung haben. So kann man aus den Individuen von Calcit oder von Steinsalz leicht Spaltungskörper erhalten, welche Krystallen derselben Minerale täuschend ähnlich sind. Der Geübte vermag aber an dem Charakter der Flächen solche Körper leicht von Krystallen zu unterscheiden. Noch leichter gelingt dies bei Nachahmungen von Krystallen, z. B. aus Glas, ebenso bei Mineralen, an welchen ebene Flächen künstlich angeschliffen wurden.

Oft beobachtet man wahre Krystallformen, welche aber nicht das unmittelbare Ergebnis des Wachsthumms sind. Dieser Fall tritt ein, wenn der ursprünglich gebildete Krystall nachträglich eine Veränderung erfährt, welche entweder bloß seinen inneren Bau umgestaltet oder welche zugleich seine Substanz betrifft. Derlei veränderte Körper, an welchen die Substanz oder der innere Bau oder beides nicht mehr im Einklang mit der äusseren Form stehen, werden Pseudomorphosen genannt und werden begreiflicherweise nicht zu den Krystallen gerechnet.

**10. Bildung der Krystalle.** Die Krystalle bilden sich beim Uebergange der entsprechenden Substanzen aus einem beweglichen in den starren Zustand. Die beweglichen Zustände sind der gas- oder dampfförmige und der flüssige Zustand. Aus dem Wasserdampf entsteht bei der Abkühlung Schnee, welcher letztere aus kleinen Eiskrystallen zusammengesetzt ist. Geschmolzenes Wismut gibt beim Erstarren Wismutkrystalle. In den meisten Fällen bilden sich die Krystalle aus Lösungen, worin ein flüssiger Körper, das Lösungsmittel, einen oder mehrere andere Körper unter bestimmten Umständen in Lösung erhält. Jedes Lösungsmittel vermag bei einer bestimmten Temperatur bloß eine bestimmte Menge einer Substanz in Lösung zu erhalten. Die Lösung heisst sodann bezüglich dieser Substanz gesättigt. Die meisten Lösungsmittel vermögen bei höherer Temperatur mehr von einem Körper aufzulösen als bei niedriger Temperatur, die Krystallbildung erfolgt sodann bei der Abnahme der Temperatur. Eine Lösung von Salpeter in Wasser, welche bei 30° C. gesättigt ist, wird beim Abkühlen auf 20° Krystalle absetzen. Auch durch Verminderung des Lösungsmittels müssen sich Krystalle bilden. Eine gesättigte Lösung von Alaun in Wasser liefert beim Verdampfen des Wassers Alaunkrystalle. Oft entstehen Krystalle in Lösungen durch das Zusammentreffen von Stoffen, deren jeder für sich unter den gleichen Umständen keine Krystalle absetzt. Eine ungesättigte Lösung von Bittersalz, welche mit einer ungesättigten Lösung von Chlorcalcium zusammentrifft, gibt Krystalle von Gyps. In diesem Falle ist aber eine chemische Veränderung die Ursache der Krystall-

bildung, indem ein neuer Körper entsteht, welchen die Flüssigkeit nicht in solcher Menge aufgelöst zu erhalten vermag. Durch die letzte Art der Bildung lassen sich viele Krystalle darstellen, welche sonst nur als Minerale in den Spalten und Hohlräumen zu finden sind, wie z. B. Krystalle von Baryt, von Weissbleierz.

Die Krystalle bilden sich in der Natur entweder schwebend, wenn sie während ihrer Entstehung von einem beweglichen Medium getragen werden, welches ihnen zugleich den Zufluss von Stoff beim Wachsen gestattet, oder sie bilden sich sitzend, wofern sie einerseits auf einer starren Unterlage ruhen, auf der anderen Seite aber sich nach dem Raum hin ausbilden, welcher mit dem beweglichen Medium erfüllt ist.

Beispiele schwebend gebildeter Krystalle sind der Schnee, welcher in der Luft krystallisiert, die Krystalle von Pyrit, welche sich im Thon bilden. Beim Fortwachsen kommen derlei Krystalle bisweilen zur gegenseitigen Berührung oder sie sinken zu Boden, worauf sie ihre frühere Ausbildung meistens wieder verlieren. Beispiele sitzend gebildeter Krystalle sind die Bergkrystalle und Adularkrystalle auf Spalten im Gneiss, die Calcitkrystalle auf Klüften im Kalkstein oder Sandstein. Die sitzenden Krystalle (aufgewachsenen Krystalle) sind also in den Spalten der Gesteine zu Hause, die schwebend gebildeten sind mitten im Stein eingeschlossen anzutreffen.

Aufgewachsene Krystalle erhält man leicht, wofern eine Lösung in einer Schale dem Verdunsten ausgesetzt wird. Um schwebend gebildete zu erhalten, kann man die Lösung mit einem gelatinösen Körper wie Leim in solcher Menge versetzen, dass die entstandenen Krystalle nicht zu Boden sinken. Krystalle werden sich auch rundum ausbilden, wenn man sie an einem Haar oder feinen Draht befestigt in die Lösung hängt. Man vermag nach erlangter Uebung auf solche Weise ungemein schöne und vollkommene Krystalle darzustellen und Krystallsammlungen anzulegen, welche oft dasjenige weit überholen, was uns die Natur bietet. Freilich gelingt es nur bei jenen Körpern leicht, welche sich in grösseren Mengen in Wasser lösen, so dass man mit gesättigten wässerigen Lösungen operirt. Dagegen ist es bei vielen anderen Substanzen, die als Minerale vorkommen, ungemein schwierig, sie als Krystalle künstlich zu erhalten, in vielen Fällen ist es überhaupt nicht geglückt. Wir sehen hier einen ähnlichen Fall wie bei dem Gärtner, welcher im Freien blos eine bestimmte Zahl von Gewächsen zu ziehen vermag, deren Fortkommen das Klima gestattet, und welcher auch im geschützten Raume wieder nur eine beschränkte Zahl zur Entwicklung zu bringen im Stande ist. Innerhalb dieser Grenzen aber bringt er oft Erscheinungen hervor, welche über das durch die freie Natur Gebotene hinausgehen.

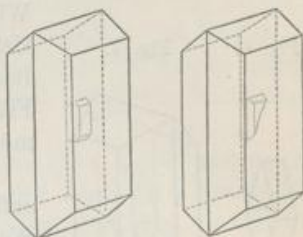
**II. Das Wachsen.** Die Krystalle sind häufig schon im ersten Augenblicke, da wir sie wahrnehmen, so beschaffen wie später, da sie an Umfang schon bedeutend zugenommen haben. Das Wachsen besteht hier blos in einer gleichförmigen Anlagerung des Stoffes, welcher aus dem beweglichen Zustande in den starren übergeht. Diese Gleichförmigkeit ist der Aufbau ganz gleichartiger Schichten, denn der grosse Krystall hat seine Flächen parallel jenen, welche der



kleine junge Krystall zeigte, und hat ebenso scharfe Kanten und Ecken wie dieser, Fig. 1. Nimmt man aus einem Krystall ein beliebiges Theilchen heraus und lässt dasselbe wachsen, so wächst es zu einem vollständigen Krystall heran, und jener Splitter liegt darin ebenso orientirt, wie er im alten Krystall orientirt war, Fig. 2.

Fig. 1.

Fig. 2.



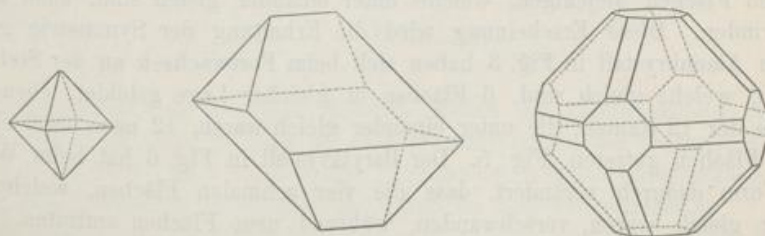
Demnach hat jedes Theilchen des Krystalls die Eigenschaft, andere Theilehen anzuziehen und in regelmässiger Weise anzulagern. Jedes Theilchen oder Partikelchen ist ebenso formbildend wie das andere, alle Theilehen eines Krystalls sind in Bezug auf Formbildung gleich. Sie müssen also, wofern ihnen schon für sich eine Form zukommt, alle die gleiche Form haben. Sie müssen aber auch gleiche Grösse besitzen, denn wären sie an Grösse ungleich, so könnten sie nicht Schichten von gleichförmiger Dicke bilden. Ausserdem aber müssen sie sich beim Wachsen alle einander parallel anordnen, sonst könnte ein Fragment eines Krystalls beim Fortwachsen bloß eine zufällige Gestalt erlangen, nicht aber die Form des ursprünglichen Krystalls wieder herstellen.

Beim Wachsen ereignen sich oft Umgestaltungen der früheren Krystallform. Die erste Art der Veränderung beruht darauf, dass die Krystalle auf einer Fläche die Schichten rascher auflagern als auf einer anderen. Lässt man Alaunkrystalle von der Form in Fig. 3 fortwachsen, so ereignet es sich öfter, dass dieselben später die Gestalt in Fig. 4 darbieten. An diesen grösseren Krystallen erscheinen

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.



demnach die Flächen in gleicher Lage und Anzahl wieder, aber sie sind durch den Ansatz der Schichten parallel zu ihrer früheren Lage nach aussen verschoben, und zwar in ungleichem Maasse. Die neue Form erscheint verzerrt.

Eine zweite Art der Veränderung, die beim Wachsen oft eintritt, besteht darin, dass entweder Flächen auftreten, die früher in dieser Lage nicht vorhanden waren, oder dass umgekehrt früher vorhandene Flächen allmählig verschwinden. Dadurch geschehen bisweilen Formveränderungen, die zu einer ganz neuen Gestalt führen. So bemerkt man unter Umständen an Alaunkrystallen, welche die Form eines regelmässigen Oktaeders haben, wie in Fig. 3, beim Fortwachsen die allmähliche Abstumpfung der Ecken und Kanten durch neue Flächen, Fig. 5.

ht in  
ildung  
den  
von

in sie  
erden,  
ler sie  
auf  
dem

in der

Beim  
g oder  
lieren.  
ystalle  
Sand-  
Spalt-  
Stein

einer  
halten,  
Menge  
werden

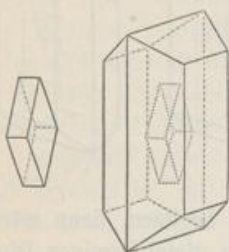
Draht  
solche  
krystall-  
Natur  
sseren  
perirt.  
mmen,  
len ist

ziehen  
ützten  
Stande  
welche

blicke,  
on be-  
gleich-  
in den  
artiger  
he der

Barytkrystalle haben öfters in der ersten Zeit die Form von rhombischen Tafeln, Fig. 6, wachsen aber später zu säulenartigen Krystallen aus. An grösseren Barytkrystallen sieht man zuweilen die Form des ersteren Krystalls im Innern ganz deutlich, Fig. 7. Zwei Flächen des kleinen Krystalls zeigen sich in paralleler

Fig. 6. Fig. 7.



Wiederholung an dem grösser gewordenen Krystall, im Uebrigen aber sind neue Flächen hinzugekommen. Diese Beobachtungen zeigen, dass ausser den beobachteten Flächen an den Krystallen auch noch andere Flächen möglich sind.

Wenn beim Wachsen der Krystalle neue Flächen auftreten, so geschieht dieses im Allgemeinen in der Weise, dass die ursprünglich vorhandenen und die neu hinzukommenden Flächen durch den Parallelismus ihrer Kanten verbunden erscheinen. Die Oktaëderfläche in Fig. 5 bildet mit dem neu entstandenen achtseitigen wie auch mit den rechteckigen Flächen parallele Kanten, und die beiden letzteren sind wiederum durch parallele Kanten verbunden. Auch an den Barytkrystallen wird dies erkennbar, wenn die neuen Flächen zahlreicher sind als in Fig. 7. Da man sich nun jeden flächenreicheren Krystall durch das Wachsen eines einfach geformten entstanden denken kann, so ergibt sich, dass an jedem flächenreicheren Krystall die Flächen durch Kantenparallelismus verbunden sind, ob dies nun sogleich erkennbar ist oder nicht. Ausserdem zeigt sich beim Wachsen, dass die ursprünglich vorhandenen Kanten oder Ecken, welche ihrer Lage und Beschaffenheit nach einander gleich sind, durch die hinzukommenden Flächen auch in gleicher Weise verändert werden, ferner wird beim Verschwinden der Flächen die Regel befolgt, dass von den früher vorhandenen Flächen diejenigen, welche unter einander gleich sind, auch zugleich verschwinden. Diese Erscheinung wird die Erhaltung der Symmetrie genannt. An dem Alaunkrystall in Fig. 3 haben sich beim Fortwachsen an der Stelle aller 6 Ecken, welche gleich sind, 6 Flächen in gleicher Lage gebildet, ebenso sind an Stelle der 12 Kanten, die unter einander gleich waren, 12 neue unter einander gleiche Flächen getreten, Fig. 5. Der Barytkrystall in Fig. 6 hat beim Wachsen seine Form dadurch verändert, dass die vier schmalen Flächen, welche unter einander gleich waren, verschwanden, während neue Flächen auftraten, welche gegen die gleichen Ecken auch gleich gelagert sind, Fig. 7.

Man erkennt also durch die Betrachtung der Wachsthumerscheinungen, dass bei dem Wachsen der Krystalle bald eine parallele Verschiebung der Flächen gegen aussen stattfindet, bald eine Vermehrung oder Verminderung der Flächenzahl, aber unter Beibehaltung der früheren Regelmässigkeit der Form eintritt, und man wird ausserdem zu dem Schlusse geführt, dass die Lage der früheren und der neuen Flächen einen gesetzmässigen Zusammenhang darbietet.

Lit. Frankenheim, Pogg. Ann. Bd. 111, pag. 1. C. v. Hauer, Verhandl. d. geol. Reichsanstalt 1877, pag. 45, 57, 75, 90, 162, 269. 1878, p. 185, 315. 1880, p. 20, 181. Scacchi, Pogg. Ann. Bd. 109, p. 365. Knop, Molecularconst. u. Wachsthum d. Krystalle 1867. O. Lehmann, Die Krystallanalyse, Leipzig 1891.

Wachs  
grösse  
seitige  
Miner  
welch  
finden  
krysta  
bezeic

treffer  
s und  
Diese  
des K  
sich  
v und  
Fläch  
wenig  
Fläch

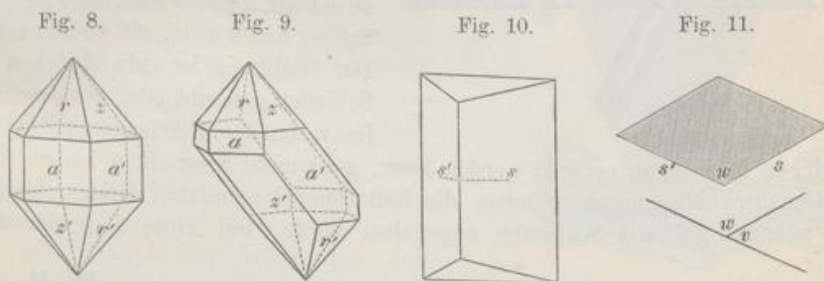
imme  
wink  
solch

Rede  
das  
am 1

weit  
bilde  
Grös  
hing  
sind,  
oder  
r

**12. Constanz der Winkel.** Die Wahrnehmungen bei der Bildung und dem Wachsen der Krystalle zeigen, dass die einmal gebildeten Flächen bei der Vergrösserung zwar verschiedene Gestalt annehmen können, dass aber ihre gegenseitige Lage dieselbe bleibt. Demgemäss sind auch die Krystalle desselben Minerals oft verschieden gestaltet, aber es gelingt sehr häufig, an den Formen, welche im ersten Augenblicke sehr ungleich aussehen, Flächen und Kanten zu finden, welche die gleiche Lage haben. In den Figuren 8 und 9, welche Quarzkrystalle vorstellen, sind die Flächen gleicher Lage mit denselben Buchstaben bezeichnet.

Die gegenseitige Lage zweier Flächen, welche in einer Kante zusammenstreffen, bestimmt sich dadurch, dass in einem Punkte der Kante zwei Senkrechte  $s$  und  $s'$  errichtet werden, deren jede in einer der Flächen liegt, Fig. 10 und 11. Diese beiden Linien bilden den Flächenwinkel, und zwar gegen das Innere des Krystalls den Winkel  $w$ . Durch Verlängerung einer der beiden Linien ergibt sich der Aussenwinkel  $v$ . Dieser zum vorigen addirt, gibt  $180^\circ$ , die beiden Winkel  $v$  und  $w$  sind supplementär. Der Aussenwinkel  $v$  ist für die Abweichung zweier Flächen charakteristisch, da er klein ist, wenn die beiden Flächen am Krystall wenig abweichen, also die Kante stumpf ist, und da er Null wird, wofern beide Flächen in dieselbe Ebene fallen.



An den Krystallen desselben Minerals geben die gleichliegenden Flächen immer denselben Winkel. So sind an allen Quarzkrystallen die äusseren Flächenwinkel  $r : z = 46^\circ 16'$  und  $r : a = 38^\circ 13'$ . Inwiefern kleine Abweichungen von solcher Constanz stattfinden können, wird sich im Späteren ergeben.

Die Lehre von der Beständigkeit der Flächenwinkel, von welcher hier die Rede ist, wurde, wie schon erwähnt, bereits von Steno aus Beobachtungen über das Wachsen von Krystallen verschiedener Salze und durch die Wahrnehmungen am Bergkrystall (Quarz) abgeleitet.

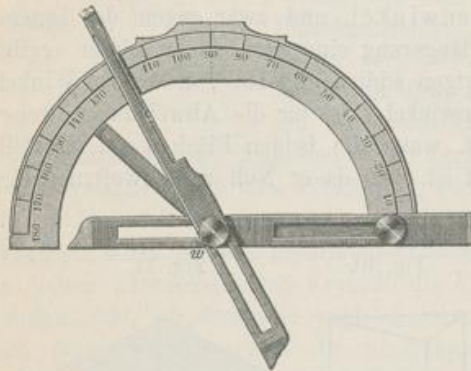
Krystallformen, deren Flächen so entwickelt sind, dass sie ungefähr gleichweit von dem Mittelpunkte des Krystalls abstehen, heissen ebenmässig ausgebildete. An diesen sind oft mehrere Flächen von gleicher Form und gleicher Grösse, wodurch die Regelmässigkeit der ganzen Gestalt augenfällig wird. Wenn hingegen die Flächen der Krystalle von dem Mittelpunkte sehr ungleich entfernt sind, so verschwindet jene Gleichheit und Regelmässigkeit, und man hat verzogene oder verzerrte Formen vor sich. Fig. 8 stellt eine ebenmässig ausgebildete, Fig. 9

Tschermak, Mineralogie. 5. Auflage.

eine verzerrte Form des Quarzes dar. Um die Gesetzmässigkeit der Gestaltung auch bei verzerrten Formen leichter zu erkennen, denkt man sich die Flächen, bei denen dies erforderlich, parallel zu ihrer ursprünglichen Lage verschoben, bis die Forderung der Ebenmässigkeit erfüllt ist. Die in der Natur vorkommenden Krystallformen werden in solcher Weise idealisirt. Bei dem Unterricht geht man immer von derlei idealen Formen aus. Die Zeichnungen, welche Krystalle darstellen, sowie die Krystallmodelle stellen daher in der Regel idealisirte Formen dar.

**13. Krystallmessung.** Die Neigung zweier Krystallflächen gegen einander wird durch Anwendung von Instrumenten bestimmt, welche Goniometer genannt werden.

Fig. 12.



Bei der Anwendung hat man darauf zu achten, dass die Ebene der Schienen auf der Kante senkrecht stehen müsse. Der Halbkreis ist entweder von den Schienen getrennt oder mit denselben fest verbunden. Die Genauigkeit, welche bei solchen Messungen erreicht werden kann, geht nicht über einen halben Grad.

Genauere Messungen erlauben die Reflexions-Goniometer, deren einfachste Form zuerst 1809 von Wollaston angegeben wurde. Bei Anwendung derselben

Fig. 13.

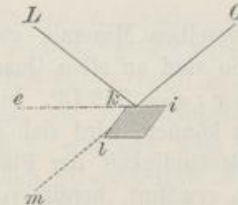
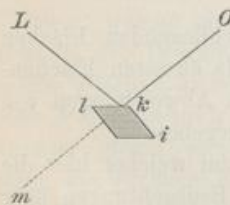
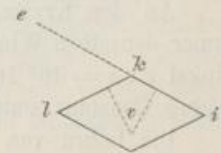


Fig. 14.



wird die Spiegelung der Krystallflächen benützt, indem zuerst auf der einen, dann auf der anderen Fläche dieselbe Reflexion eingeleitet und nachher die hiezu nöthig gewesene Drehung des Krystalls an einem getheilten Vollkreis abgelesen wird. Wenn der Krystall, Fig. 13, zuerst mit der einen Fläche  $kl$  spiegelt, so wird der von  $L$  kommende Lichtstrahl von dieser Fläche nach dem Auge  $O$  reflectirt. Wird hierauf der Krystall um die Kante  $k$  so weit gedreht, bis der Lichtstrahl von der Fläche  $ik$  reflectirt wird und denselben Weg nach  $O$  nimmt, wie vorher, so ist der Krystall um den Winkel  $e$  gedreht worden, und dieser Winkel wird an dem Instrumente abgelesen.

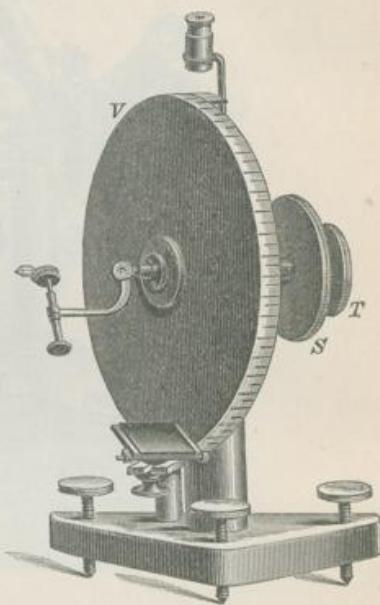
Während nun  $ikl$  der innere Winkel ist, wie er allenfalls durch das Hand-Goniometer bestimmt würde, ist der hier gemessene Winkel  $ekl$  der äussere Winkel. Mittels des Reflexions-Goniometers erhält man demnach immer den Aussenwinkel.

Wenn man von dem Inneren des Krystalles her senkrechte Linien auf die beiden Flächen  $lk$  und  $ik$  fällt, so schliessen diese beiden Linien einen Winkel  $v$  ein, welcher dem Winkel  $ekl$  gleich ist, Fig. 14. Der durch Reflexion erhaltene Winkel ist daher zugleich der Normalenwinkel der gemessenen Kante.

Damit der Lichtstrahl beide Male denselben Weg nehme, wird nicht nur der gespiegelte Gegenstand oder die gespiegelte Lichtflamme  $L$  unverändert bleiben, sondern auch das Auge bei  $O$  am selben Orte verharren müssen. Um letzteres zu erreichen, wird man von vornherein in der Richtung des reflectirten Strahles bei  $m$  eine Marke anbringen, so dass das Auge bei der ersten und bei der zweiten Beobachtung sowohl die Marke  $m$  als auch den reflectirten Strahl in derselben Richtung sieht, also Reflexbild und Marke einander deckend erblickt. Anstatt der Lichtflamme kann man auch einen passenden Gegenstand zur Reflexion benutzen. Anstatt also im Dunkeln zu arbeiten, kann man auch im vollen Tageslichte messen. In jedem Falle muss darauf geachtet werden, dass die Entfernung des benutzten Objectes nicht zu gering sei, weil sonst die Richtung des auf die Krystallfläche einfallenden Strahles bei der ersten und zweiten Beobachtung nicht die gleiche ist, woraus ein merklicher Fehler entsteht. Hat der Krystall sehr glatte Flächen, so kann man ein fernes Object, wie z. B. eine Thurmspitze, als Signal verwenden, bei minder guten Flächen begnügt man sich damit, auf die Grenzen der Fensterbalken etc. einzustellen.

An dem Wollaston'schen Goniometer, Fig. 15, hat man eine sehr einfache mit freier Hand stellbare Vorrichtung, um den daran geklebten Krystall so zu drehen und zu verschieben, dass die zu messende Kante möglichst genau in die Verlängerung der Drehungsaxe des Instrumentes fällt. Häufig dient ein kleiner Spiegel mit eingerissenen Linien als Marke und zugleich als Visur, um die Einstellung des Krystalles zu erleichtern. In den gegenwärtig gebrauchten verbesserten Instrumenten Fig. 16 und 17 geht das einfallende Licht durch ein Fernrohr (Einlass-F.), in welchem ein Fadenkreuz oder Spalt angebracht ist, und auch das reflectirte Licht bewegt sich durch ein mit Fadenkreuz versehenes Fernrohr (Ocularfernrohr), so dass diese Fernrohre den Gang des Lichtes vorschreiben, also

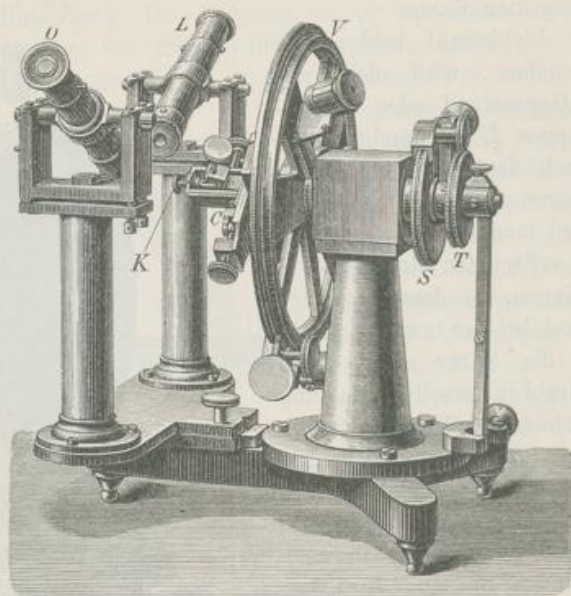
Fig. 15.



die Marke wegfällt. Instrumente mit Fernrohren wurden zuerst von Mitscherlich und von Babinet angegeben.

An diesen ist der Vollkreis oder Limbus *V* etwas grösser und mit einer feinen Theilung versehen, ferner mit einer Handhabe *S* verbunden, mittels welcher er gedreht werden kann. Bei der Drehung nimmt er auch die durch ihn gesteckte Axe mit, so dass sich die Axe mit ihm gleichzeitig dreht. Letztere ist

Fig. 16.



aber auch mittels der Handhabe oder Scheibe *T* für sich und unabhängig vom Limbus drehbar.

Wie schon aus dem früheren ersichtlich ist, muss die Ebene, in welcher sich der einfallende und reflectirte Lichtstrahl bewegt, dem Limbus parallel sein, demnach ist die durch die Fernrohre *L* und *O* gedachte Ebene parallel mit der Limbusebene. Die zu messende Kante des Krystalls muss zur Limbusebene senkrecht sein. Dies zu erreichen, benutzt man den Apparat bei *J*, welcher dazu dient, den bei *K* aufgeklebten Krystall zu justiren. Die Kante muss ferner in der Verlängerung der Axe liegen. Die hiezu nöthige Schiebung erlaubt der Schlitten-Apparat bei *C*, welcher dazu dient, den Krystall zu centriren.

Gegenwärtig sind zweierlei Reflexions-Goniometer im Gebrauche, nämlich solche mit verticalem Limbus, wie in Fig. 16, und solche mit horizontalem Limbus, Fig. 17. Die Genauigkeit, welche bei der Messung erreicht werden kann, geht bis in die Secunden, wofern das Instrument vorher sorgfältig geprüft worden. Die Reflexion der Krystallflächen ist aber selten eine so vollkommene, dass die Erreichung jener Grenze möglich wäre, und man begnügt sich daher gerne mit einer Genauigkeit, die bis auf eine Minute geht. Zur Messung nimmt

man k  
grosse  
wird  
resulta  
hat m  
Werke  
zumeis  
Bd. IV

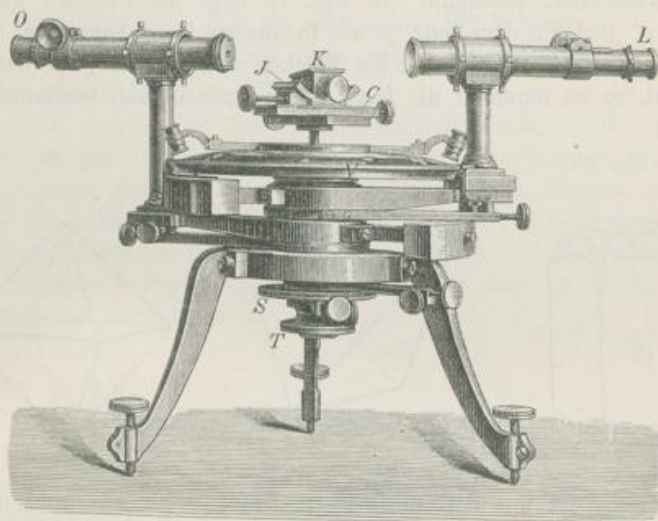
der K  
skope  
Resul  
aus d  
nur s

zusam  
flächi  
Fläch  
aus  
ausge

bilden  
sind  
Zone  
unmi

man kleine Krystalle, weil diese im Allgemeinen glattere Flächen haben, als die grossen, und leichter zu behandeln sind. Die Messungen werden wiederholt und wird das arithmetische Mittel mehrerer gleich sorgfältiger Messungen als Endresultat benutzt. Um die Theorie des Instrumentes vollständig kennen zu lernen, hat man in den Lehrbüchern der Krystallographie und in den anfangs citirten Werken von Kupffer und Naumann nachzusehen und bezüglich der gegenwärtig zumeist angewandten Goniometer den Aufsatz Websky's i. d. Zeitsch. f. Kryst. Bd. IV, pag. 545, nachzulesen.

Fig. 17.



Anstatt die Flächenwinkel zu messen, kann man auch die ebenen Winkel der Kanten bestimmen. Dies wird bei Krystallen, welche bloß unter dem Mikroskope wahrgenommen werden, besonders zu empfehlen sein, obgleich die erhaltenen Resultate immer nur einen geringeren Grad von Genauigkeit haben können. Auch aus der Länge der Kanten lässt sich die Neigung der Flächen ableiten, doch ist nur selten hievon Gebrauch gemacht worden.

**14. Flächenlage.** Die Flächen der Krystalle treffen in Kanten und Ecken zusammen, die Kanten sind zweiflächig, die Ecken können drei- oder mehrflächig sein. An einem vollständig ausgebildeten Krystall steht die Anzahl der Flächen  $F$ , der Ecken  $E$  und der Kanten  $K$  in einem Zusammenhange, welcher aus der Stereometrie bekannt ist und durch die Gleichung  $F + E = K + 2$  ausgedrückt wird.

Der Inbegriff jener Flächen einer Krystallform, welche parallele Kanten bilden, heisst eine Zone. Die Flächen derselben Zone, die tautozonalen Flächen sind alle einer Linie parallel, welche innerhalb des Krystalls gedacht wird und Zonenaxe heisst. Man kann eine Zone durch den Parallelismus der Kanten unmittelbar erkennen oder mittels des Reflexions-Goniometers nachweisen, weil,

nachdem zwei Flächen richtig eingestellt sind, alle übrigen Flächen der Zone beim Drehen der Axe Spiegelbilder geben.

Da zwei Flächen, welche sich schneiden, die Lage einer Kante angeben, so ist eine Zone ihrer Lage nach bestimmt, sobald zwei Flächen derselben angegeben werden, die nicht parallel sind. In Fig. 18 bilden die Flächen  $a, a', a''$  eine Zone, ferner die Flächen  $a, p, c$  eine andere Zone. Man sagt,  $p$  liegt in der Zone  $a c$  oder  $a$  liege in der Zone  $p c$  oder  $c$  liege in der Zone  $a p$ .

Wenn eine Fläche gleichzeitig in zwei bekannten Zonen liegt, also dort, wo zwei bekannte Zonen einander durchschneiden, so ist dadurch die Lage jener Fläche mit Sicherheit bestimmt. In Fig. 18 liegt die Fläche  $r$  gleichzeitig in der Zone  $p a'$  und in der Zone  $p' a$ . In dieser Lage kann nur eine einzige Fläche vorkommen. Sind demnach die Flächen  $a, a'$ , ferner  $p, p'$  bezüglich ihrer Lage bekannt, so ist nunmehr die Lage von  $r$  unzweifelhaft bestimmt.

Fig. 18.

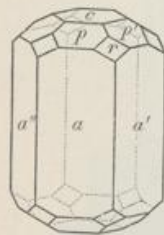


Fig. 19.

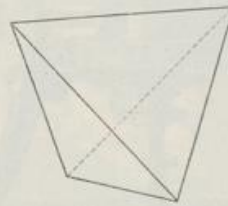
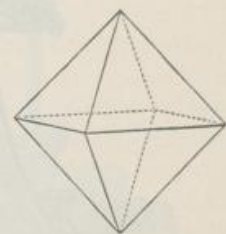


Fig. 20.



Die Fläche  $r$  ist mit den übrigen im Zonenverbände und die letzteren sind miteinander durch Zonen verbunden. Aus den Beobachtungen über das Wachsen der Krystalle [II] folgte schon, dass an allen Krystallen die Flächen im Zonenverbände liegen, ob dies nun unmittelbar ersichtlich ist oder nicht.

Eine wichtige Eigenschaft, wodurch sich die Krystalle vor allem aus der Reihe der beliebig gedachten stereometrischen Körper hervorheben, ist der Flächenparallelismus. An der Mehrzahl der Krystallformen beobachtet man das Auftreten paralleler Flächen, indem zu jeder Fläche auf der entgegengesetzten Seite des Krystalles eine zur vorigen parallele Fläche vorhanden ist. Fläche und Gegenfläche bilden ein Flächenpaar. Demnach bestehen die meisten Krystallformen aus Flächenpaaren. Fig. 18 und alle bisher angeführten Krystallfiguren sind Beispiele dafür.

Es gibt auch Krystallformen mit unpaaren Flächen, wie jene in Fig. 19, aber auch diese stehen mit den parallelfächigen im Zusammenhange. Denkt man sich an einer solchen Form zu jeder vorhandenen Fläche auf der entgegengesetzten Seite eine parallele, so entsteht eine neue Form, welche nicht nur möglich ist, sondern in der Natur wirklich vorkommt. Denkt man sich an der Form in Fig. 19 die parallelen Flächen hinzu, so erhält man die Form in Fig. 20, welche in der Natur häufiger ist als die vorige.



**15. Axen.** Die gegenseitige Lage der Flächen an einem Krystall kann auf die einfachste Weise geschildert werden, wenn man auf den Krystall eine Methode anwendet, welche der analytischen Geometrie entnommen ist. Dieser gemäss wählt man drei Krystallflächen aus, welche so liegen, dass sie entweder direct oder nach ihrer Vergrösserung ein Eck bilden, und bezieht auf diese Flächen alle übrigen in folgender Weise: Parallel zu jenen Flächen werden durch das Innere des Krystalls hindurch drei Ebenen gedacht, welche sich in drei Linien, den Axen schneiden. Letztere gehen alle durch einen gemeinschaftlichen Durchschnittspunkt. Man gibt nun bei jeder Fläche an, welche Abschnitte dieselbe nach gehöriger Vergrösserung an den Axen hervorbringt. Diese Abschnitte werden Parameter genannt.

An dem Augitkrystall, Fig. 21, werden die Flächenpaare  $r, l, t$  ausgewählt, um die Axen zu erhalten. Wären diese drei Flächenpaare allein vorhanden, so hätte der Körper die Form in Fig. 22.

Denkt man sich nun in den ersteren Krystall parallel zu den genannten drei Flächen Ebenen gelegt, welche alle durch einen im Inneren liegenden Punkt gehen, so ergeben sich drei Durchschnittslinien dieser Ebenen, nämlich  $XX', YY'$  und  $ZZ'$ , welche die Axen sind. Wenn die drei Axen, so wie in Fig. 23, besonders gedacht werden und die Fläche  $u$  vergrössert wird, so schneidet dieselbe die drei Axen in den Punkten  $A, B, C$ . Demnach sind die Stücke  $OA, OB$  und  $OC$  die Parameter der Fläche  $u$ .

Fig. 21.

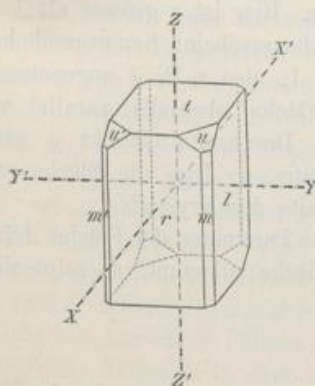


Fig. 22.

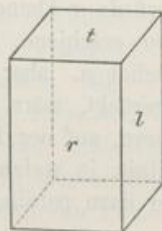
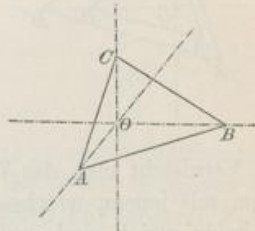


Fig. 23.



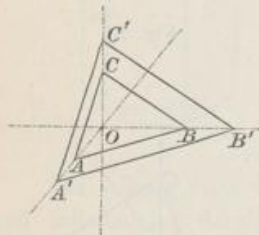
Es ist ersichtlich, dass die Kanten der Form in Fig. 22 den Axen parallel sind. Man kann daher auch sagen, die Axen werden erhalten, wenn man die drei Kanten, welche von den ausgewählten Flächen gebildet werden, parallel in den Krystall versetzt. Man kann also, anstatt von Ebenen auszugehen und deren Durchschnitte als Axen zu nehmen, auch kürzer verfahren, und drei Kanten des Krystalls, welche einander nicht parallel sind, für die Bestimmung der Axenrichtungen wählen. Im vorliegenden Beispiele, Fig. 21, kann man also geradewegs damit beginnen, die Richtung der Kante zwischen  $t$  und  $l$  als Richtung der X-Axe anzunehmen, und die Kante zwischen  $t$  und  $r$  für die Y-Axe, die Kante zwischen  $r$  und  $l$  für die Z-Axe zu benutzen.

Die Ebenen, welche in das Innere des Krystalls gelegt werden, um die Axen zu erhalten, werden Axenebenen genannt. Sie liegen, wie gesagt, Krystallflächen parallel. Es ist aber nicht nothwendig, dass diese Flächen an dem Krystall, der beschrieben wird, sichtbar sind, aber sie müssen mögliche Flächen sein. Das Beispiel am Alaun hat gezeigt, dass an demselben nicht bloß die Oktaëderflächen in Fig. 3, sondern auch Flächen möglich sind, welche die Ecken jener Form abstumpfen, Fig. 5. Diese abstumpfenden Flächen für sich gedacht, geben aber einen Würfel. Demnach können für die Formen des Alauns die Flächen des Würfels zur Ableitung der Axen dienen.

**16. Parameter.** Die Parameter werden in den Richtungen  $OX$ ,  $OY$  und  $OZ$  positiv, in den Richtungen  $OX'$ ,  $OY'$  und  $OZ'$  hingegen negativ gezählt. Werden die Parameter  $OA$ ,  $OB$  und  $OC$  abkürzungsweise mit  $a$ ,  $b$ ,  $c$  bezeichnet, so wird die Lage der Fläche  $u$  in Fig. 21 durch die Parameter  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , die Lage der Fläche  $u'$  hingegen durch die Parameter  $a$ ,  $-b$ ,  $c$  ausgedrückt, weil die letztere Fläche wohl dieselben Abschnitte an den Axen hervorbringt, wie  $u$ , jedoch der Abschnitt auf der Axe  $YY'$  auf dem negativen Aste derselben liegt.

Werden die Parameter einer Fläche mit derselben Zahl multiplicirt, so erhält man die Parameter einer Fläche, welche mit der vorigen parallel ist. Entsprechen einer Fläche  $ABC$  die drei Parameter  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , so sind die Parameter einer dazu parallelen Fläche  $A'B'C'$  in Fig. 24  $ra$ ,  $rb$ ,  $rc$ . Hier ist  $r$  grösser als 1 angenommen, die Fläche erscheint herausgeschoben; würde  $r$  kleiner als 1, also z. B.  $\frac{1}{2}$  angenommen, so erschiene die Fläche ebenfalls parallel verschoben, aber dem Durchschnittspunkt  $o$  näher gerückt, wäre  $r$  negativ, so läge die Fläche statt vorn, auf der Rückseite des Krystalls.

Fig. 24.



Vergleicht man das Verhältnis, in welchem die Parameter der Fläche  $ABC$  stehen, mit jenem, welches einer dazu parallelen Fläche zukommt, so zeigt sich, dass beide gleich sind, weil

$$a : b : c = ra : rb : rc.$$

So gut wie die Krystallflächen parallel verschoben gedacht werden können, ohne dass ihre gegenseitige Lage sich verändert, ebenso darf demnach jedes Parameterverhältnis beliebig durch dieselbe Zahl multiplicirt oder dividirt werden.

Eine zu  $ABC$  nicht parallele Fläche wird nicht  $a : b : c$ , sondern ein anderes Parameterverhältnis ergeben. Ein völlig anderes Verhältnis würde aber entstehen, wenn man jeden der drei Parameter mit einer anderen Zahl multiplicirte; z. B.  $ma : nb : pc$ .

**17. Flächentypen.** Jede Krystallfläche ist entweder einer Axe parallel oder sie ist gegen dieselbe geneigt. Hieraus ergibt sich die erste Classification der Flächen, welcher gemäss drei Typen unterschieden werden.

1. Pyramidenflächen heissen diejenigen, welche alle Axen schneiden, also keiner derselben parallel sind, und demnach drei angebbare Parameter haben. Ihr Parameterverhältnis lautet demnach allgemein:  $ma : nb : pc$ . In Fig. 21 ist  $u$  eine Pyramidenfläche.

2. Prismenflächen werden jene genannt, welche einer Axe parallel sind, die übrigen Axen aber schneiden. Ein Beispiel ist  $m$  in Fig. 21. Jede Prismenfläche hat nur zwei Parameter. Den dritten pflegt man als unendlich gross zu bezeichnen; somit würden alle Prismenflächen, welche so wie  $m$  der aufrechten Axe parallel sind, durch  $ma : nb : \infty c$  angedeutet. Sie werden aufrechte Prismen genannt, während jene, welche der  $Y$ -Axe parallel sind, gewöhnlich als Querprismen und die der  $X$ -Axe parallelen als Längsprismen bezeichnet werden.

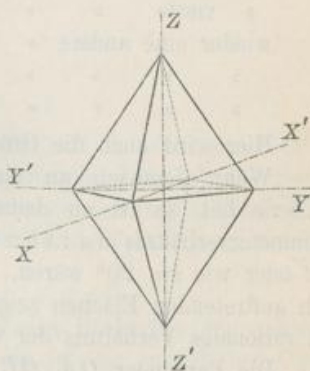
3. Endflächen pflegt man jene zu nennen, welche zugleich zwei Axen parallel sind, denen also stets zwei Parameter von der Grösse  $\infty$  zukommen. In Fig. 21 sind  $r$ ,  $l$ ,  $t$  Endflächen, und zwar heisst  $r$  die Querfläche,  $l$  die Längsfläche,  $t$  die eigentliche Endfläche.

Der Zusammenhang zwischen allen Flächentypen wird anschaulich, wenn man sich klar macht, dass in dem allgemeinen Zeichen einer Pyramidenfläche, nämlich:  $ma : nb : pc$  alle diese Flächen enthalten sind. Dieses Zeichen bedeutet vorläufig zwar nur eine einzige Fläche, wenn aber alle die positiven und die negativen Parameter von der angegebenen Länge combinirt werden, so erhält man die Zeichen von 8 Flächen, welche mit einander eine Doppelpyramide, ähnlich wie Fig. 25 geben würden. Man kann so nach, wenn diese 8 Flächen gleich sind, unter  $(ma : nb : pc)$  eine solche pyramidale Form verstehen. Wird nun in diesem Zeichen der Werth  $p$  grösser und grösser gedacht, so entstehen Pyramiden von immer längerer und längerer  $Z$ -Axe, also immer spitzere Pyramiden und schliesslich, wenn  $p$  den Werth  $\infty$  erreicht, entsteht ein aufrechtes Prisma ( $ma : nb : \infty c$ ).

Wenn hingegen in dem ursprünglichen Zeichen  $(ma : nb : pc)$  der Werth  $n$  immer grösser und grösser gedacht wird, so entstehen Pyramiden, welche mehr und mehr nach der  $Y$ -Axe gestreckt sind, und zuletzt entsteht ein Querprisma ( $ma : \infty b : pc$ ). Wird endlich in dem ursprünglichen Zeichen der Werth  $m$  beständig zunehmend gedacht, so gibt dieses Zeichen Pyramiden an, welche nach der  $X$ -Axe gestreckt erscheinen, und das Endglied ist in diesem Falle das Längsprisma ( $\infty a : nb : pc$ ).

Kehrt man jetzt zu dem allgemeinen Zeichen des aufrechten Prisma ( $ma : nb : \infty c$ ) zurück und denkt sich hier den Werth  $n$  beständig zunehmend, so bedeutet dies ein aufrechtes Prisma, dessen Flächen sich immer mehr nach der  $Y$ -Axe strecken, dessen vorderer Winkel also beständig kleiner wird. Dieser Winkel verschwindet, sobald  $n$  die Grösse  $\infty$  erreicht, und es entsteht das Quer-

Fig. 25.



Axen  
flächen  
ll, der  
. Das  
flächen  
m ab-  
einen  
ürfels  
  
und  
zählt.  
chnet,  
Lage  
il die  
edoch  
  
t, so  
welche  
einer  
sind  
 $B' C'$   
1 an-  
oben;  
amen,  
ver-  
näher  
statt  
  
 $ABC$   
sich,  
  
nnen,  
jedes  
rden.  
ein  
aber  
multi-  
  
oder  
der

flächenpaar ( $ma : \infty b : \infty c$ ), was ebensoviel ist als ( $a : \infty b : \infty c$ ). In entsprechender Weise gelangt man von den Prismen zu dem Längs- und Endflächenpaar.

**18. Parametergesetz.** Das Grundgesetz, welches, abgesehen von jenem der Symmetrie, die Krystalformen beherrscht und welches schon von Hauy in einer anderen Form ausgesprochen wurde, lautet:

Die Flächen, welche am selben Krystall auftreten oder an demselben möglich sind, haben immer nur solche Parameterverhältnisse, in welchen die Coëfficienten  $m, n, p$  als ganze Zahlen erscheinen, und zwar sind diese gewöhnlich einfache Zahlen wie 1, 2, 3, 4, 5, 6. Man drückt dieses Gesetz auch in der Weise aus, dass man sagt, das Verhältnis der Coëfficienten  $m : n : p$  ist ein rationales. Wenn einer Fläche des Krystalls das Parameterverhältnis:

				$a : b : c$	zukömmt, so hat z. B.
eine andere Fläche	das Verhältnis	$a : b : 2c$			
» dritte	»	»	$a : 2b : c$		
» vierte	»	»	$6a : 4b : 3c$		
wieder eine andere	»	»	$a : b : \infty c$		
»	»	»	$2a : 3b : \infty c$		
»	»	»	$a : \infty b : 2c$	u. s. w.	

Hier wird auch die Grösse  $\infty$  zu den ganzen Zahlen gerechnet.

Wenn demnach an einem Krystall eine Fläche das Parameterverhältnis  $a : b : c$  hat, so ist an demselben Krystall keine Fläche möglich, welcher ein Parameterverhältnis  $ua : vb : wc$  zukäme, worin  $u, v, w$  irrationale Werthe, wie  $\sqrt{2}$  oder wie  $\sin 20^\circ$  wären, sondern die an dem Krystall möglichen oder wirklich auftretenden Flächen zeigen immer nur solche Parameterverhältnisse, welche ein rationales Verhältnis der Coëfficienten  $m, n, p$  darbieten.

Die Parameter  $OA, OB$  etc. sind Längen, welche in irgend einem Maasse, z. B. in Millimetern ausgedrückt werden könnten. Das Parameterverhältnis hingegen ist das Verhältnis dieser Längen, also nur ein Zahlenverhältnis. Das Parameterverhältnis jener Fläche, von der man bei der Betrachtung des Krystalls ausgeht (Einheitsfläche), also das Verhältnis  $a : b : c$  wird gewöhnlich das Axenverhältnis genannt. Man schreibt selbes in der Regel so, dass wenigstens eine der drei Zahlen = 1 gesetzt wird. Für den Augit, Fig. 21 und 26, ist das Verhältnis  $a : b : c$ , welches von der Fläche  $u$  hergenommen wurde: 1704 : 1563 : 921. Wenn man dieses Verhältnis aber durch die für  $b$  angesetzte Zahl dividirt, so folgt 1.0902 : 1 : 0.5893, worin also der eine Werth = 1 erscheint.

An dem Augitkrystall, Fig. 26, ergäbe die Fläche  $u$  das Parameterverhältnis  $a : b : c$ . Die Fläche  $v$  würde sodann ein ganz verschiedenes Verhältnis liefern, sobald sie aber parallel verschoben wird, so kommt ein Augenblick, in welchem sie an den Axen  $XX'$  und  $YY'$  dieselben Abschnitte erzeugt, wie die vorige Fläche, Fig. 27. Dann aber trifft sie die Axe  $ZZ'$  in  $D$ , also in einer doppelt so grossen Entfernung vom Punkte  $O$ , als die vorige. Folglich ergibt sich für die Fläche  $v$  das Verhältnis  $a : b : 2c$ .

Die Fläche  $s$  hat die Parameter  $OA, OB, OC'$ , also das Verhältnis  $a : b : -c$ .

Wird die Fläche  $\zeta$  parallel verschoben, bis sie die Axe  $XX'$  in demselben Punkte trifft, wie die Fläche  $u$ , dann würde sie die beiden anderen Axen in den Entfernungen  $OE = \frac{1}{2}b$  und  $OF = -\frac{1}{3}c$  treffen, Fig. 28, woraus das Parameterverhältnis  $a : \frac{1}{2}b : -\frac{1}{3}c$  folgt, welches nach der Multiplication mit 6 gleich ist dem Verhältnisse  $6a : 3b : -8c$ .

Fig. 26.

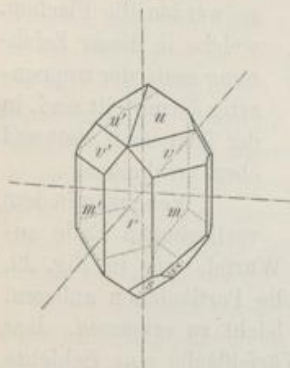


Fig. 27.

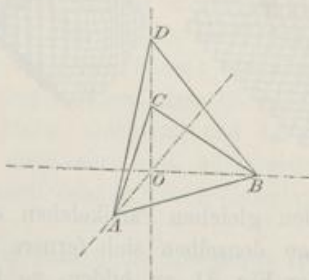
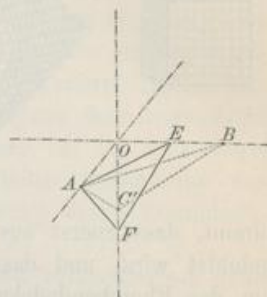


Fig. 28.



Die Fläche  $m$  wird die beiden Axen  $XX'$  und  $YY'$  in demselben Verhältnisse schneiden, wie  $u$ , woraus das Parameterverhältnis dieser Fläche des zweiten Typus, nämlich  $a : b : \infty c$  folgt. In diesem Beispiel haben sich für die Coëfficienten die Werthe 1, 2, 3, 6, 8 und  $\infty$ , also durchwegs rationale Verhältnisse der Parameter ergeben.

**19. Erklärung.** Das Parametergesetz ist aus vielen Beobachtungen abgeleitet und gilt vorerst nur für die beobachteten Fälle. Es ist ein empirisches Gesetz, doch wird es allgemein gültig, wird zum Naturgesetz, wenn wir zeigen, dass es die nothwendige Folge einer unanfechtbaren anschaulichen Vorstellung sei, also dass es von einem natürlichen Principe abgeleitet werden könne. Diese Ableitung wäre die Erklärung der unter das Gesetz fallenden Erscheinungen.

Hauy hat sogleich bei der Aufstellung des Parametergesetzes eine Erklärung versucht, welche jenes Gesetz mit einer einfachen Vorstellung verbindet. Nach dieser bestehen die Krystalle aus geformten, unter einander gleichen Partikelchen, die sich wie Ziegel eines Mauerwerkes regelmässig zusammenfügen. Denkt man sich die Krystalle in der angegebenen Weise aus vielen ungemein kleinen gleichen Körperchen schichtenartig gebaut, so erklärt sich daraus, dass die Krystalle mit ebenen Flächen und bestimmten Winkeln entstehen und dass die Lage der Flächen durchwegs dem Parametergesetze folgt.

Ein einfaches Beispiel gibt der Bleiglanz. Dieses Mineral krystallisirt häufig in Würfeln. Nach dem erwähnten Gesetze sind aber auch Oktaëder und Rhombendodekaëder möglich und in der That kommen die Flächen dieser Formen an manchen Bleiglanzkrystallen vor. Da nun der Bleiglanz nach den Würfelflächen spaltbar ist, folglich jeder Bleiglanzwürfel in ungemein viele würfelförmige Partikel zertheilt werden kann, so nahm Hauy an, dass alle Bleiglanzkrystalle aus ungemein

hender  
m der  
einer  
dem-  
nisse,  
1, und  
dieses  
n:n:p  
is:  
3.

hältnis  
er ein  
e, wie  
wirk-  
welche

Maasse,  
is hin-  
s Para-  
ls aus-  
Axen-  
ns eine  
as Ver-  
3:921.  
lirt, so

hältnis  
liefern,  
welchem  
vorige  
doppelt  
sich für  
hältnis

kleinen Würfeln aufgebaut seien, also die Formen des Würfels, des Oktaeders und Rhombendodekaeders in der Weise, wie in den Fig. 29, 30, 31.

Fig. 29.



Fig. 30.

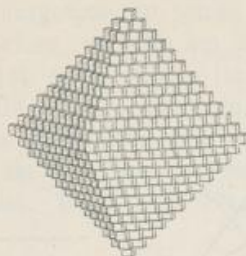


Fig. 31.



Da die würfelförmigen Partikelchen von einer unangebbaren geringen Grösse sind, so werden die Flächen, welche in dieser Zeichnung rau oder treppenartig dargestellt sind, in der That doch glatt und eben erscheinen.

Wenn man in dem vorliegenden Falle an-

nimmt, dass zuerst aus den gleichen Partikelchen ein Würfel, wie in Fig. 29, gebildet wird, und dass an denselben sich fernere solche Partikelchen anlegen, um das Rhombendodekaeder Fig. 31 zu bilden, so ist leicht zu erkennen, dass beim Wachsen des Krystalls sich zunächst auf jeder Würfel-Fläche eine Schichte absetzen muss, welche an allen vier Seiten der Fläche um ein Partikelchen weniger enthält als diese. Diese nächste Schichte enthält wieder jederseits ein Partikelchen weniger als die vorige u. s. f., wonach sich auf der früheren Würfel-Fläche von den Kanten her eine vierflächige Pyramide aufbaut, deren Höhe halb so gross ist als die Höhe des früher gedachten Würfels.

Die Abnahme der Schichten in Breite und Länge, die bei der Bildung jener Formen platzgreift, welche andere Flächen als die Grundform haben, nannte Haüy die *Decrescenz*. Bei der Bildung des Oktaeders erfolgt die *Decrescenz* an den Ecken, indem jede Schichte daselbst um eine Reihe von Partikelchen weniger ansetzt als die vorige. Die *Decrescenz* kann sowohl an den Kanten als an den Ecken eine, zwei, drei, vier etc. Reihen von Partikelchen betragen oder abwechselnd zwei und drei, zwei und fünf u. s. w. Diese Zahlen sind gerade so wie die Coefficienten  $m, n, p$  immer rationale Zahlen.

**20.** Die Vorstellung von der Bildung der Krystalle aus geförmten Partikeln, welche sich ohne Zwischenraum berühren und den Krystall wie ein Mauerwerk erscheinen lassen, wurde wiederum aufgegeben, als es sich zeigte, dass sie nicht consequent durchführbar sei, und dass sie mit anderen Erscheinungen sich nicht gut vereinigen lasse. Die Lehren der Physik erfordern für jedes Körpertheilchen einen Raum, in welchem es jene Schwingungen ausführt, die uns als Licht, Wärme u. s. w. erscheinen, das Verschlucken von Gasen durch Krystalle setzt gleichfalls Zwischenräume voraus, die Erscheinungen der Elasticität gleichfalls u. s. f. Demnach ist es nothwendig, die Krystalltheilchen ohne gegenseitige Berührung zu denken.

Demgemäss betrachtet man jeden Krystall zusammengefügt aus Körperchen, welche einander nicht berühren, sondern frei schweben, welche aber im übrigen so angeordnet sind, wie die vorhin gedachten geförmten Partikelchen. Die schwebenden Körperchen sind demnach so gegen einander gestellt, dass in der-

selber  
ist, v  
Körpe

Körpe  
dass  
währe  
zwise  
zu de  
wie h  
Masse  
Molek  
als ei  
schen  
Auges  
hange

ihre  
als K  
Ort je

von H  
müssi

neuer  
jeder  
grenz  
müssi  
dersel  
zuziel  
Entfe  
auf d  
Ein I  
ordnu  
geben

welch  
eben  
und

vorziel  
geschü  
Chemi  
ellipso  
Ansch

selben Richtung im Krystall jedes Körperchen von dem folgenden so weit entfernt ist, wie dieses von dem dritten, wie das dritte von dem vierten u. s. f. Solche Körperchen werden Krystallmolekel<sup>1)</sup> genannt.

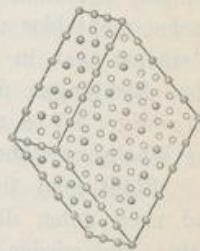
Es erscheint anfangs befremdlich, dass man sich die Theilchen eines starren Körpers schwebend zu denken habe, denn man kömmt sogleich zu dem Schlusse, dass man durch den freien Raum zwischen den Molekeln hindurchsehen müsste, während doch sehr viel starre Körper undurchsichtig sind. Weil aber die Distanz zwischen unserem Auge und jenen Molekeln unter allen Umständen im Vergleiche zu der gegenseitigen Distanz der Molekel ungemein gross ist, so ergeht es hier wie beim Anblick eines Waldes aus grosser Entfernung, der wie eine compacte Masse erscheint, obgleich die einzelnen Bäume von einander entfernt stehen. Die Molekel und ihre Distanzen sind so klein, dass ihre Vereinigung dem freien Auge als eine zusammenhängende Masse erscheint, und dass auch bei der mikroskopischen Betrachtung, welche gleichsam eine ausserordentliche Annäherung des Auges an das Object ist, noch immer keine Unterbrechung dieses Zusammenhanges erkennbar wird.

Den Krystallmolekeln hat man keine bestimmte Gestalt zuzuschreiben, denn ihre Form hat jetzt keine Bedeutung. Wenn sie daher später in der Zeichnung als Kügelchen oder Punkte dargestellt sind, so soll dieses nur dazu dienen, den Ort jeder Molekel anzugeben, ohne aber die Beschaffenheit derselben auszudrücken.

Die Vorstellung von dem Aufbau der Krystalle aus Molekeln ist namentlich von Bravais und von Frankenheim ausgebildet worden, welche beide die Gesetzmässigkeiten, welche daraus folgen, entdeckt und in ein System gebracht haben.

Um von der früheren Haüy'schen Vorstellung auf die neuere überzugehen, denkt man sich in den Mittelpunkt jeder geformten Partikel eine Molekel und lässt alle Begrenzungen der Partikel weg. Man hat sodann einen regelmässigen Bau, der aus schwebenden Molekeln besteht. Jede derselben hat die Eigenschaft, benachbarte Theilchen anzuziehen und in bestimmten Richtungen und bestimmten Entfernungen zu erhalten. Diese Entfernungen müssen sich auf derselben Linie von Molekel zu Molekel wiederholen. Ein Beispiel wäre Fig. 32, welche ein Bild von der Anordnung der Molekel in einem sehr kleinen Barytkrystall geben soll.

Fig. 32.



An einem solchen Bau erscheinen die vorhandenen Krystallflächen als Ebenen, welche eine ganze Schaar von Molekeln berühren, sie erscheinen als Tangentialebenen eines regelmässig angeordneten Systems von Molekeln. Die Spaltebenen und alle möglichen Krystallflächen sind Ebenen, welche durch eine grössere An-

<sup>1)</sup> Molecula, kleine Masse, Massentheilchen. Ich stimme mit L. Meyer überein, welcher vorzieht, das Wort aus der Ursprache zu nehmen und Molekel zu schreiben, anstatt, wie es öfter geschieht, das französische Wort Molekül zu gebrauchen. (L. Meyer, Die modernen Theorien der Chemie.) Jene Hypothesen, welche nach Haüy aufgestellt wurden und welche sphärische oder ellipsoidische Krystallmolekel annehmen, sind hier übergangen worden, um sogleich die heutige Anschauung zu entwickeln.

zahl von Molekeln gelegt gedacht werden können: sie sind Molekularebenen. Die Geraden, welche durch mehrere Molekel hindurch gelegt werden können, heissen Molekularlinien. Die Kanten des Krystalls sind ersichtlicher Weise Molekularlinien und demzufolge auch die Axen.

Die Molekel, welche in einer Ebene liegen, bilden eine netzförmige Vereinigung, ein Flächengitter. Jede Schichte des Krystalls, welche so dünn gedacht wird, dass in der Dicke nur eine einzige Molekel vorhanden ist, stellt also ein Molekulargitter vor. Der ganze Bau kann als ein Raungitter bezeichnet werden.

Die regelmässige Anordnung der Molekel im Krystall erklärt nun 1. die Erscheinungen beim Wachsen der Krystalle, 2. das Statthaben des Parametergesetzes, 3. die Spaltbarkeit. Ausserdem ist sie mit allen ferner zu besprechenden Eigenschaften der Krystalle im Einklange.

**21.** Unter dem Wachsen des Krystalls hat man sich die regelmässige parallele Aneinanderfügung der Molekel, welche in den starren Zustand übergehen, zu denken. Um die Sache anschaulich zu machen, darf man sich einen Platz vorstellen, welcher dicht mit Soldaten angefüllt ist, welche aber alle in beständiger Bewegung begriffen sind, indem sie unregelmässig durcheinander treiben. Dies wäre das Bild eines Körpers im beweglichen Zustande, die Soldaten wären die einzelnen Molekel. Nun würde aber plötzlich ein Soldat stehen bleiben, die nächsten würden sich an denselben anstellen und es würden immer die nächsten diesem Beispiele folgen und sich an die vorigen seitlich und parallel anreihen. In kurzer Zeit würde ein kleines Rechteck oder Quadrat fertig sein, nach etwas längerer Zeit ein grösseres. Dieses Rechteck ist das Bild des Krystalles, dessen Molekel eine parallele und äquidistante Anordnung haben, und deren Complex gleichförmig anwächst. Das Bild ist aber unvollkommen, denn der Krystall wächst nicht bloß nach zwei Richtungen, nicht bloß nach einer Fläche, sondern er wächst auch in die Dicke, also nach drei Richtungen. Dieses Wachsen nach allen Richtungen des Raumes wird man sich weniger leicht vorstellen, noch schwieriger ist es zu zeichnen. Man muss in diesem Fall bei den ersten Anfängen des Wachsens stehen bleiben. Dann genügen wenige Beispiele.

Stellt man sich vor, dass eine Molekel vorhanden sei, welche nach oben und nach unten dieselbe Anziehung ausübt, eine andere Anziehung links und rechts, und wieder eine andere vorn und rückwärts, und denkt man sich an diese Molekel nach jeder der sechs genannten Richtungen eine fernere ihr gleiche Molekel angesetzt, so ergibt sich im ersten Augenblick des Wachsens ein kleines System von Molekeln, wie es die Fig. 33 darstellt.

Dauert das Wachsen nach derselben Regel fort, setzt also jede der in Fig. 33 bezeichneten Molekel wieder andere an, und zwar nach jeder der genannten sechs Richtungen, wofern sie noch nicht besetzt sind, so erhält man einen Krystall von der Gestalt einer Doppelpyramide, welche dieselbe Form hat, als jene ist, welche man erhält, wofern die Molekel in Fig. 33 durch Linien verbunden werden. Man kann sagen, durch das gleichförmige Fortwachsen entstehe eine vergrösserte Form desselben Systems, weil an dieses immer gleiche Schichten angesetzt werden.

Richtu  
linien  
sowoh  
gelege  
thums

grösse  
Krysta  
grösse  
Theile  
sich a  
Ergeb  
der s  
dersel  
Richtu  
gibt e  
indem  
zontal  
jedoch

nung  
Kryst  
wird,  
zu bil  
anged  
einer  
Umris  
dieses  
Wach  
Mediu  
in de  
strebt  
zugten  
den F



Das Wachsen geht in vielen Fällen nicht bloß nach den früher genannten Richtungen von statten, sondern auch nach Zwischenrichtungen, wofern sie Molekularlinien sind. Fig. 35 gibt einen Fall an, in welchem ein gleichförmiges Wachsen sowohl nach den ersten sechs Richtungen, als auch nach den acht zwischen denselben gelegenen Hauptrichtungen stattfindet. Bei gleichförmigem Fortschreiten des Wachstums nach der gleichen Regel wird sich die vergrößerte Form von Fig. 35 bilden.

Fig. 33.



Fig. 34.

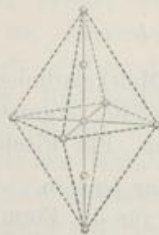


Fig. 35.

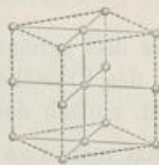
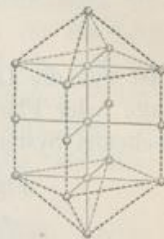


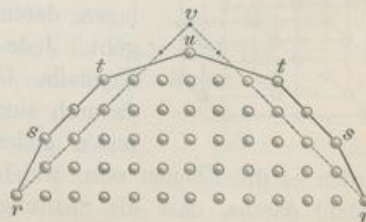
Fig. 36.



Auf solche Weise würden immer nur primitive Formen entstehen. Die Vergrößerung der Krystalle ist aber ein verwickelter Vorgang, weil der entstandene Krystall von einem beweglichen Mittel umgeben ist, welches den Stoff zur Vergrößerung des Krystalls abgibt, sogleich hernach aber die schwächer befestigten Theilchen wieder aufzulösen strebt. Die zur Ruhe kommenden Molekel befinden sich also dem beweglichen Medium gegenüber in einem Kampf ums Dasein, dessen Ergebnis dahin lautet, dass immer nur jene Flächen sich erhalten, welche zufolge der stärkeren Cohäsion der Molekel oder in Folge dichterem Beisammenstehens derselben am meisten widerstandsfähig sind. Demzufolge bleiben öfters einige Richtungen beim Wachsen zurück, während andere bevorzugt erscheinen. Fig. 34 gibt einen Fall an, in welchem die aufrechten Richtungen bevorzugt erscheinen, indem hier oben und unten eine zweite Molekel angesetzt ist, während die horizontalen Richtungen zurückbleiben. Fig. 36 zeigt ein Wachsen ähnlich wie Fig. 35, jedoch erscheinen auch hier die aufrechten Richtungen bevorzugt.

Das Wachsen der flächenreicheren Krystalle ist schwer durch eine Zeichnung darstellbar, daher muss hier Fig. 37 genügen, welche den Durchschnitt eines Krystalls zur Hälfte angibt. Wenn angenommen wird, die Molekel hätten die Tendenz, Flächen zu bilden, deren Profile durch die Linien *r v r* angedeutet werden, der Krystall sei aber zu einer Ausbildung gelangt, welche durch den Umriss *r s t u t s r* angegeben ist, so wird man dieses Ergebnis dahin deuten, dass beim Wachsen durch den Einfluss des beweglichen Mediums ein Abtragen von Molekeln, die sich in der aufrechten Richtung *u v* anzufügen strebten, stattfand, während auf der bevorzugten Fläche *r v* eine Auflagerung von Molekeln *r s* eintrat, zugleich aber an den Ecken *r* ein Zurückbleiben platzgriff.

Fig. 37.



nenen.  
nnen,  
Weise

Verdacht  
so ein  
erden.  
l. die  
meter-  
enden

ässige  
über-  
einen  
lle in  
ander-  
daten  
eiben,  
r die  
parallel  
sein,  
stalles,  
deren  
krystall  
ndern  
nach  
noch  
ängen

oben  
s und  
diese  
molekel  
system

Fig. 33  
sechs  
krystall-  
ne ist,  
unden  
e eine  
en an-

22. Werden auf der Molekularlinie, welche gegen den Beschauer zuläuft, die gleichen Distanzen zwischen jeder Molekel und der folgenden mit  $a$  bezeichnet, ferner die gleichen Distanzen auf der querliegenden Molekularlinie mit  $b$  und die gleichen Distanzen an der aufrechten Linie mit  $c$ , so wären dies drei Längen, welche, auch in Millimetern ausgedrückt, von einer Kleinheit wären, die man sich nicht vorzustellen vermag. Das Verhältnis aber, in welchem diese drei Grössen zu einander stehen, kann durch Zahlen ausgedrückt werden und diese mögen mit  $a, b, c$  bezeichnet werden, so dass

$$a : b : c = a : b : c.$$

Ist nun die Lage der drei genannten Molekularlinien bekannt, so lässt sich die Lage jeder Fläche an den Krystallen, welche vergrösserte Formen der vorher besprochenen Systeme sind, einfach darstellen. Für Flächen in

Fig. 33 hat man  $a : b : c$ , für jene in

» 34 » »  $a : b : 2c$ , für die Form in

» 35 » »  $a : b : \infty c$  und  $\infty a : \infty b : c$ , für

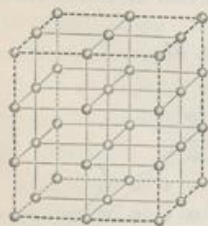
» 36 » »  $a : b : \infty c$  und  $a : b : c$ .

In Fig. 37 entspricht  $rs$  der Fläche  $\infty a : b : 2c$ , ferner  $st$  der Fläche  $\infty a : b : c$  und  $tu$  der Fläche  $\infty a : 3b : c$ .

Diese Beispiele zeigen zur Genüge, wie sich das Parametergesetz erklären lässt, sie zeigen, dass dieses Gesetz eine Folge der regelmässigen Anordnung der Molekel ist, und es lässt sich die Erklärung in folgender Weise kurz aussprechen: da die Molekel beim Wachsen des Krystalls in den verschiedenen Richtungen nur zu einer, zu zweien, zu dreien . . . überhaupt nur nach ganzen Zahlen angesetzt oder abgetragen werden können, so werden auch die Krystallflächen nur solche Parameterverhältnisse darbieten können, deren Verhältnis durch ganze Zahlen ausgedrückt werden kann.

Der fertige Bau eines Krystalls ist gleichsam ein regelmässiges Netzwerk oder Raumnitter, welches aus ungemein vielen Molekeln besteht. Die Fäden des

Fig. 38.



Netzes sind nichts Körperliches, sondern sind die Verbindungslinien der Schwerpunkte zunächstliegender Molekel, die Knoten des Netzes aber sind körperlich, sind die Molekel. Ein sehr kleiner Theil eines solchen Netzes ist in Fig. 38 dargestellt. Man kann durch ein Molekularnetz viele Ebenen legen, deren jede mindestens durch drei Molekel hindurch geht. Jede solche Ebene ist eine mögliche Fläche des Krystalls. Unter diesen werden sich die Spaltungsebenen dadurch auszeichnen, dass in ihnen die Molekel am dichtesten gedrängt erscheinen. In Fig. 38, sowie in Fig. 32 werden es die Ebenen sein, welche der äusseren Begrenzung parallel sind. Man erkennt daraus, dass die Spaltungsebenen häufig den Endflächen und Prismenflächen parallel sein werden.

Ausser den Schriften von Bravais (v. vorn) und Frankenheim (Pogg. Ann. Bd. 97, pag. 337) handeln über die angedeutete Theorie: Sohneke, Entwicklung

einer Theorie der Krystalstructure 1879, ferner in Wiedemann's Ann. der Phys., Bd. 16, p. 489 und Zeitschr. für Kryst., Bd. 13, p. 214; Bd. 14, p. 426; Wulff ebendas., Bd. 13, p. 503; Blasius, Sitzungsber. d. bayer. Akad. 1889, p. 40; Fedorow, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 23, p. 99.

**23. Symmetrie.** An den ebenmässigen Krystallformen beobachtet man Flächen, die untereinander gleich sind, d. h. gleiche Gestalt und gleiche Grösse haben. An den parallelfächigen Formen sind Fläche und Gegenfläche stets einander gleich. Oft kommt es vor, dass zwei oder mehrere Flächen für die beiläufige Beobachtung völlig gleich erscheinen, und dass ihre Unterschiede sich erst bei genauer Prüfung ergeben. Man begnügt sich daher in zweifelhaften Fällen nicht mit der Betrachtung der Gestalt der Flächen, sondern erforscht ihre Neigung durch genaue Bestimmung der Winkel, und geht in dem Falle, als dies nicht ausreicht, zur physikalischen Untersuchung der Flächen über.

Krystallformen, welche blos aus gleichen Flächen bestehen, werden einfache Formen genannt, jene aber, die ungleiche Flächen darbieten, heissen Combinationen. Fig. 19 und 20 sind einfache Formen, Fig. 8 und 18 Combinationen.

Die Regelmässigkeit in der Vertheilung der gleichen Flächen an einem Krystall wird dessen Symmetrie genannt. Die Mannigfaltigkeit in dieser regelmässigen Vertheilung ist ziemlich gross, und es ergeben sich sehr verschiedene Arten der Symmetrie. Das hier herrschende Gesetz, das Symmetriegesetz, lautet: An Krystallen können alle jene Arten der Symmetrie auftreten, welche mit dem Parametergesetze vereinbar sind. Am augenfälligsten ist jene Art, welche in der gleichen Vertheilung gleicher Flächen zu beiden Seiten einer Ebene besteht, welche Symmetrieebene und bei den Krystallen auch Hauptschnitt genannt wird. Der Hauptschnitt theilt den symmetrischen Körper in zwei gleiche Theile, welche sich zu einander verhalten, wie der Gegenstand zum Spiegelbilde, den Hauptschnitt als Spiegel gedacht. Da es bei einem Krystall nicht auf die Entfernung der Flächen von seinem Mittelpunkte, sondern blos auf die gegenseitige Lage der Flächen ankommt, so beruht die Symmetrie des Krystalls nicht auf der gleichen Entfernung der Flächen vom Hauptschnitte, sondern sie beruht auf der Gleichheit der Lage der Flächen gegen die Symmetrieebene. Zu beiden Seiten der letzteren sind also die Kanten und Ecken von gleicher Grösse, die Flächen von gleicher Lage und alle Stücke von gleicher Reihenfolge.

Zum Zwecke einer Eintheilung der Krystalle werden zuerst sechs Grade der Symmetrie unterschieden:

1. Es gibt Krystalle ohne Symmetrieebene, an welchen der Flächenparallelismus die einzige sichtbare Regelmässigkeit ist. Fig. 39, Axinit.

Fig. 39.

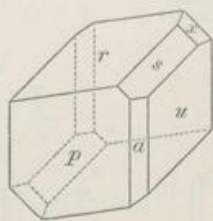
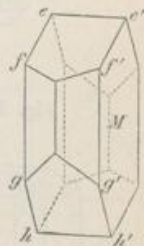


Fig. 40.



Tschermak, Mineralogie. 5. Auflage.

2. Andere zeigen den ersten Grad der hier betrachteten Symmetrie, indem sie eine einzige Symmetrieebene erkennen lassen. Der Orthoklaskrystall in Fig. 40 ist ein Beispiel dafür, denn man kann parallel zu der Fläche  $M$  eine Ebene hineingelegt denken, welche die Eigenschaften eines Hauptschnittes hat. Wird diese Ebene auf den Beobachter zulaufend gedacht, so entspricht von oben herab gezählt dem Eck  $e$  zur Linken ein ganz gleiches Eck  $e'$  zur Rechten, ferner dem Eck  $f$  das gleiche  $f'$ , der Kante  $fg$  die gleiche  $f'g'$  u. s. w. Denkt man sich um den Mittelpunkt des Krystalls eine Kugelfläche gelegt, so wird der innere Raum derselben durch die Symmetrieebene in zwei gleiche Krystallräume geschieden.

3. Andere Krystalle sind so gebaut, dass man in dieselben drei Hauptschnitte gelegt denken kann, welche auf einander senkrecht stehen. Der Schwefelkrystall in Fig. 41 gestattet, durch die Punkte  $na n'$  eine horizontale Ebene zu legen, welche ein Hauptschnitt ist, ferner durch  $oa o'$  eine zweite Symmetrieebene. Wenn man schliesslich den Krystall wendet, bis er die Ansicht in Fig. 42 gibt,

Fig. 41.

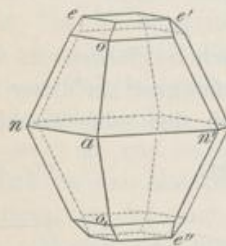


Fig. 42.

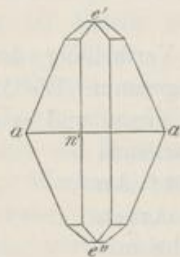


Fig. 43.

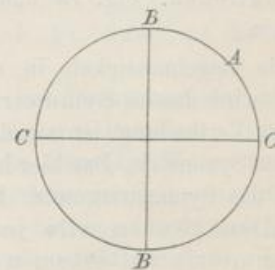


Fig. 44.

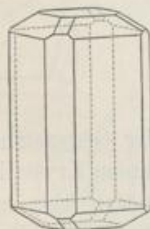


Fig. 45.

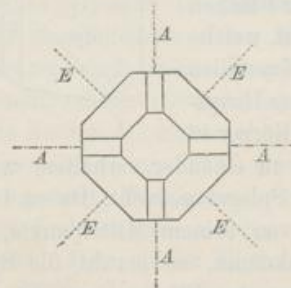
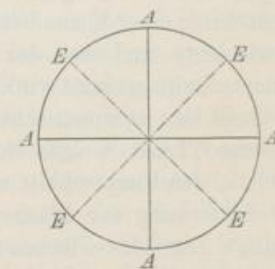


Fig. 46.



so erkennt man, dass noch eine dritte Symmetrieebene gelegt werden kann, welche durch die Punkte  $e e' e''$  geht. Denkt man sich um den Mittelpunkt des Krystalls eine Kugelfläche gelegt, so wird deren Innenraum durch die drei Hauptschnitte  $A, B, C$  in acht geometrisch gleiche Theile, in acht Krystallräume geschieden, Fig. 43.

4. Eine fernere Abtheilung von Krystallen lässt fünf Symmetrieebenen erkennen, von welchen vier auf einer fünften senkrecht sind. Der Vesuviankrystall,

Fig. 40  
Haupt  
gegen  
den B  
die H  
nehm  
Figur  
Kryst  
Wink  
gleich

lären  
Bleig



man  
Schw  
schi  
sie d  
je zw  
zweit  
raum  
letzte  
Fig.

Fig. 44, verhält sich zuvörderst wie der früher betrachtete Schwefelkrystall. Ein Hauptschnitt, die Hauptebene, liegt beiläufig horizontal, ein zweiter richtet sich gegen den Beobachter, und ein dritter liegt quer vor demselben. Wenn man aber den Krystall von oben betrachtet, so erhält man ein Bild, wie in Fig. 45, worin die Hauptebene in die Ebene des Papiers zu liegen kommt. Nun wird man wahrnehmen, dass ausser den beiden früher genannten Hauptschnitten, welche in der Figur zu den Linien *AA* verkürzt erscheinen, noch zwei andere *EE* durch den Krystall gelegt werden können, welche die von den vorigen gebildeten rechten Winkel halbiren. Durch die Hauptebene und die Schnitte *A* und *E* werden 16 gleiche Krystallräume gebildet, Fig. 46.

5. Einen noch höheren Grad der Symmetrie beobachtet man an den regulären Krystallen, welche neun Symmetrieebenen aufweisen, und für welche die Bleiglanzkrystalle in Fig. 47 und 48 als Beispiele dienen sollen. Zuerst findet

Fig. 47.

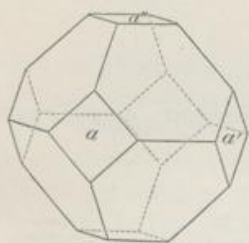


Fig. 50.



Fig. 48.

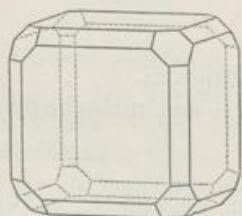


Fig. 51.

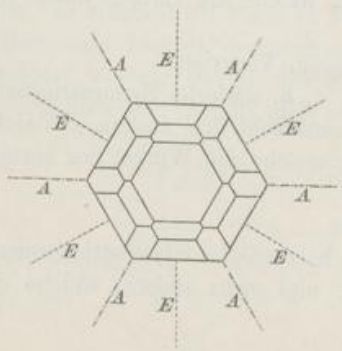


Fig. 49.

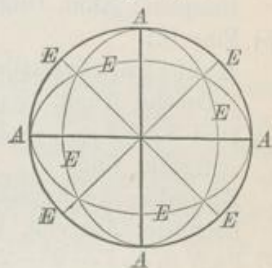
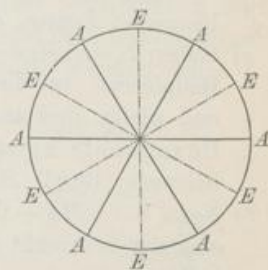


Fig. 52.



man leicht drei gleiche Hauptschnitte, welche dieselbe Lage haben, wie jene im Schwefelkrystall, und welche auf einander senkrecht sind. Die anderen Hauptschnitte sind von derselben Art, wie die beim Vesuvian mit *E* bezeichneten, indem sie die Winkel der vorigen halbiren. Da sich durch jede der drei Flächen *a a' a''* je zwei solcher Hauptschnitte legen lassen, so hat man sechs Hauptschnitte dieser zweiten Art. Die Hauptschnitte *A* theilen den um den Krystall gedachten Kugelraum in acht Krystallräume, durch die Hauptschnitte *E* wird aber jeder der letzteren wiederum in sechs getheilt, so dass 48 Krystallräume gebildet werden, Fig. 49.

indem  
all in  
M eine  
s hat.  
n oben  
ferner  
t man  
d der  
räume

Haupt-  
wefel-  
ene zu  
ebene.  
2 gibt,

welche  
rystalls  
chnitte  
hieden,  
ebenen  
rystall,

6. Schliesslich kommen noch jene Krystalle in Betracht, welche sieben Symmetrieebenen darbieten. Der Beryllkrystall in Fig. 50 lässt zuvörderst einen horizontalen Hauptschnitt, eine Hauptebene erkennen, hierauf aber, wenn man ihn von oben betrachtet, Fig. 51, noch sechs andere, indem drei so gelegt werden können, dass sie den Seiten des Bildes parallel sind:  $AA$  u. s. w. und drei andere senkrecht gegen die Seiten, und zugleich die Winkel der vorigen Hauptschnitte halbierend:  $EE$  u. s. w. Durch die Hauptebene und die Schnitte  $A$  entstehen 12 Krystallräume, jedoch wird jeder derselben durch einen Schnitt  $E$  halbiert, so dass im Ganzen 24 Krystallräume gebildet werden, Fig. 52.

Die bis jetzt betrachteten Krystalle werden holoëdrische Krystalle genannt. Sie lassen sich nach der Zahl der Symmetrieebenen in folgende Klassen abtheilen:

- a) Keine Symmetrieebene:  
Trikline Krystalle.  
Beispiele: Albit, Oligoklas, Kupfervitriol.
- b) Eine S.:  
Monokline Krystalle.  
Beispiele: Augit, Gyps, Orthoklas.
- c) Drei S. =  $1 + 1 + 1$ , d. h. drei ungleiche Symmetrieebenen, die auf einander senkrecht sind.  
Rhombische Krystalle.  
Beispiele: Aragonit, Baryt, Kalisalpet, Schwefel.
- d) Fünf S. =  $1 + 2 + 2$ , d. h. dreierlei Symmetrieebenen. Eine einzelne, die Hauptebene, auf dieser senkrecht zwei andere, die sich unter  $90^\circ$  schneiden, und wieder zwei andere, welche die vorigen unter  $45^\circ$  schneiden.  
Tetragonale Krystalle.  
Beispiele: Anatas, Zinnstein, Vesuvian.
- e) Sieben S. =  $1 + 3 + 3$ , d. h. dreierlei Symmetrieebenen. Eine einzelne, die Hauptebene, auf dieser senkrecht drei andere, die sich unter  $60^\circ$  schneiden, und wieder drei andere, welche die Winkel der vorigen halbieren.  
Hexagonale Krystalle.  
Beispiele: Beryll, Schnee.
- f) Neun S. =  $III + 6$ , d. h. zweierlei Symmetrieebenen. Drei gleiche, die auf einander senkrecht sind, und sechs andere, welche die Winkel der vorigen halbieren.  
Tesserale Krystalle.  
Beispiele: Bleiglanz, Gold, Steinsalz.

**24. Hemiëdrie.** Die übrigen Arten der Krystalsymmetrie lassen sich von den holoëdrischen Klassen durch ein bestimmtes Verfahren ableiten. Diesem zufolge werden Krystallräume, welche in den holoëdrischen Krystallen gleich erscheinen, bloß abwechselnd gleich gesetzt und demnach Formen erhalten, die man als hemiëdrische Formen bezeichnet. Das Verhältnis dieser Formen zu den holoëdrischen wird Hemiëdrie genannt. Als Beispiel mag eine Ableitung aus der Symmetrie der holoëdrisch-tesseralen Klasse dienen. Fig. 53 stellt eine Form

aus dieser Klasse, und zwar das Oktaëder dar, wie es an dem Magnetit beobachtet wird. Durch die Kanten dieser Form können drei Hauptschnitte erster Art gelegt werden, welche in Fig. 54 durch Scheiben dargestellt sind und acht gleiche Krystallräume bilden. In dem Oktaëder des Magnetits sind alle Flächen gleich, also alle jene acht Krystallräume unter einander gleich. In dem Oktaëder der Blende, Fig. 55, erscheinen hingegen jene acht Räume blos abwechselnd gleich,

Fig. 53.

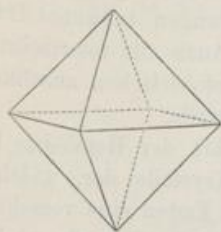


Fig. 54.

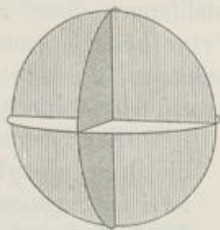
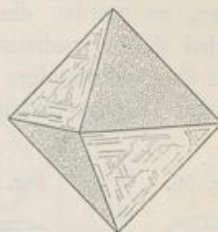


Fig. 55.



wie aus der Beschaffenheit der Flächen ersichtlich, indem vier derselben glänzend, die anderen vier hingegen matt sind. Die Krystalle der Blende gehören demnach zu einer hemiëdrisch-tesseralen Klasse. Wenn ausser ungleicher Beschaffenheit auch ungleiche Grösse der abwechselnden Flächen eintritt, so hat man den Fall in Fig. 57, in welchem die vorher als matt bezeichneten Flächen grösser sind als die anderen. In Fig. 56 sind die matten Flächen allein vorhanden und bilden eine vierflächige hemiëdrische Form, das Tetraëder. — Geht man aber nochmals auf die Fig. 55 zurück und denkt sich die glatt angegebenen Flächen vergrössert, während die matten fehlen, so entsteht die Form in Fig. 58, welche gleichfalls ein Tetraëder ist. Durch Hemiëdrie können demnach aus einer holoëdrischen Form zwei hemiëdrische abgeleitet werden, welche sich der Form nach wie der Gegenstand zum Spiegelbilde verhalten und welche man correlate Formen nennt.

Fig. 56.

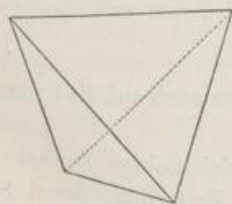


Fig. 57.

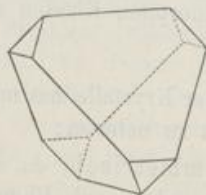
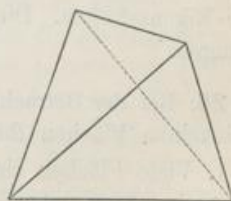
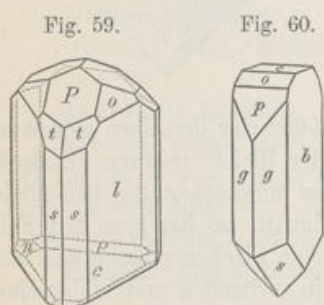


Fig. 58.



Bei der Classification der Krystallgestalten werden die holoëdrischen und die daraus abgeleiteten hemiëdrischen Formen in dieselbe Formenreihe gebracht. An die holoëdrisch-tesseralen Gestalten, von welchen das Oktaëder ein Beispiel ist, werden die hemiëdrischen, wie das Tetraëder, angereiht. Da jedoch ein Krystall nicht zugleich holoëdrisch und auch hemiëdrisch sein kann, so bilden die hemiëdrischen Krystalle selbständige Klassen.

**25. Tetartoëdrie, Hemimorphie.** Nicht selten werden auch solche Krystallformen beobachtet, welche sich aus holoëdrischen Formen durch Annahme einer wiederholten Hemiëdrie ableiten lassen. In diesem Falle sind von jenen Krystallräumen, welche in den holoëdrischen Krystallen unter einander gleich erscheinen, bloß der erste, fünfte, neunte . . . unter einander gleich, so dass also von allen Krystallräumen des holoëdrischen Krystalls bloß der vierte Theil Gleichheit darbietet. Weil nach dieser Regel Formen gebildet werden können, welche bloß den vierten Theil jener Flächen aufweisen, die an holoëdrischen Krystallen zugleich auftreten, so werden die Krystallformen dieser Abtheilungen tetartoëdrische und wird diese Erscheinung Tetartoëdrie genannt. Auch die tetartoëdrischen Klassen sind selbständige Abtheilungen, die sich den holoëdrischen anschließen. Quarz und Dolomit bilden hexagonal-tetartoëdrische Krystalle.



Eine besondere Art der Hemiëdrie bieten die hemimorphen Krystalle dar, welche an zwei entgegengesetzten Enden eine verschiedene Beschaffenheit der Flächen und häufig auch eine verschiedene Flächenausbildung zeigen. Beispiele sind der Turmalinkrystall in Fig. 59 und der Krystall des Kieselzinkes in Fig. 60.

Alle symmetrischen Formen, die so gestaltet sind, dass eine der Axen von den übrigen verschieden ist, gestatten eine Ableitung nach dem Principe der Hemimorphie, indem angenommen wird, dass jene Axe in der einen und in der entgegengesetzten Richtung sich ungleich verhalte. Solche symmetrische Formen sind die holoëdrisch-rhombischen, die holoëdrisch- und hemiëdrisch-tetragonalen, die holoëdrisch- und hemiëdrisch-hexagonalen. Bei verticaler Aufstellung jener Axe sind die oberen und die unteren Flächen verschieden und die hemimorphen Gestalten zeigen bloß die Hälfte der Flächen jener Gestalten, aus denen sie abgeleitet sind. Die Axe der Hemimorphie ist an beiden Enden verschieden, ist polar. Hemimorphe Krystalle zeigen dementsprechend bei elektrischer Erregung polare Eigenschaften. Die hemimorphen Klassen sind wiederum selbständige Abtheilungen.

**26.** Bei der Betrachtung der Krystalle hat man öfters auch auf die Symmetrie der einzelnen Flächen Rücksicht zu nehmen:

1. Viele Flächen sind asymmetrisch, da sie ungleichseitige Dreiecke, unregelmässige Vier- oder Vielecke oder auch Rhomboide darstellen, deren Seiten ungleichartig sind, weil sie ungleichen Kanten angehören. Siehe nebenstehende Figuren unter *a*. Triklone Krystalle zeigen durchwegs derlei Flächen.

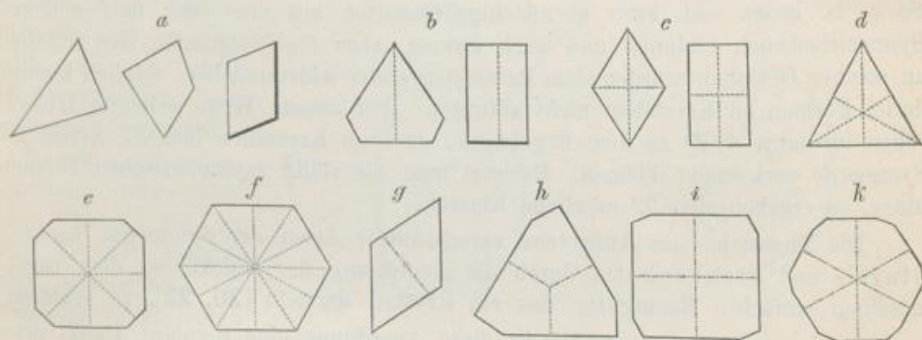
2. An anderen Flächen ist eine Symmetrie zu beiden Seiten einer Linie zu bemerken, zu welchen die Begrenzungen der Flächen beiderseits spiegelbildlich gleiche Lage haben. Flächen, die von einer einzigen Symmetrieebene senkrecht getroffen werden, zeigen diesen ersten Grad der Symmetrie, sind monosymmetrisch, wie die beistehenden Figuren unter *b*. An monoklinen Krystallen sind



die gegen die Symmetrieebene senkrechten Flächen monosymmetrisch wie in Fig. 40 die Fläche  $efe'f'$  und  $ghg'h'$ . Andere Flächen solcher Krystalle sind asymmetrisch.

3. Manche Flächen sind disymmetrisch, weil sie die Theilung durch zwei Symmetrielinien zulassen wie die beistehenden Figuren unter *c*. An rhombischen Krystallen sind die Flächen, welche von zwei Symmetrieebenen senkrecht getroffen werden, disymmetrisch wie in Fig. 41 die oberste Fläche. Auch an anderen Krystallen werden solche Flächen häufig gefunden, wie an dem tetragonalen Krystall in Fig. 44 die vordere Fläche.

Fig. 61.



4. Trisymmetrische Flächen wie in Fig. *d* gestatten die Theilung durch drei Symmetrielinien. Eine Fläche, die von drei Symmetrieebenen senkrecht getroffen wird, ist trisymmetrisch wie die Oktaëderflächen in Fig. 47 und 53.

5. Tetrasymmetrische Flächen wie in Fig. *e* finden sich an tetragonalen Krystallen, wofür die mittlere Fläche in der Fig. 45, und an tesserale Krystallen, wofür die vordere Fläche in Fig. 47 Beispiele sind.

6. Hexasymmetrische Flächen wie Fig. *f* sind an holoëdrisch-hexagonalen Krystallen zu finden, wie die mittlere Fläche in Fig. 51 zeigt.

7. Andere Arten der Flächensymmetrie lassen sich so angeben, dass von dem Mittelpunkte der Fläche Strahlen senkrecht gegen die gleichartigen Seiten gerichtet werden. Flächen, welche bei diesem Verfahren je zwei um  $180^\circ$  divergirende Strahlen liefern, mögen als dimetrische bezeichnet werden. Ein Rhomboid, dessen parallele Seiten gleichen Kanten angehören, ist von dieser Art. Siehe Fig. *g*.

8. Flächen, welche je drei um  $120^\circ$  divergirende Strahlen ergeben, sind trimetrisch wie Fig. *h*. Sie kommen an hemiëdrisch-hexagonalen und hemiëdrisch-tesserale Krystallen vor.

9. Flächen, welche je vier um  $90^\circ$  divergirende Strahlen ergeben, wie Fig. *i*, sind tetrametrisch. Derlei Flächen werden an hemiëdrisch-tetragonalen und an hemiëdrisch-tesserale Krystallen gefunden.

10. Zuweilen werden Flächen gefunden, welche je sechs um  $30^\circ$  divergirende Strahlen liefern: hexametrische Flächen wie Fig. *k*. Eine hemiëdrisch-hexagonale Klasse bietet solche Flächen dar.

**27. Erklärung.** Die holoëdrischen und die von diesen abgeleiteten Klassen stellen eine Anzahl verschiedener Arten der Symmetrie dar. Anfänglich waren bloß wenige Klassen bekannt, im Laufe der Forschung nahm deren Zahl beständig zu. So z. B. waren längere Zeit von den hexagonalen Klassen bloß eine holoëdrische und eine hemiëdrische an den krystallisirten Mineralen beobachtet, allmählig aber wurden ausserdem noch eine hemiëdrische, zwei tetartoëdrische, zwei hemimorphe Klassen erkannt. Die Frage, ob die Zahl der bekannten und der noch künftig aufzufindenden, also die Gesamtzahl aller möglichen Klassen eine bestimmte sei, wurde durch geometrische Betrachtungen beantwortet.

Da die Krystalle nur solche Gestalten zeigen, welche dem Parametergesetze gehorchen [18], so können an diesen bloß gewisse Arten der Symmetrie vorkommen. So z. B. lassen sich zwar ebenflächige Gestalten mit vier oder fünf gleichen Symmetrieebenen ersinnen und auch formen, aber die Neigungen der Flächen an solchen Gestalten würden dem Parametergesetze widersprechen, folglich können derlei Formen an Krystallen nicht auftreten. Auf diesem Wege gelangte Hessel schon im Jahre 1829 zu dem Ergebnisse, dass an Krystallen bloß 31 Arten der Symmetrie vorkommen können. Rechnet man die völlig asymmetrischen Formen hinzu, so ergeben sich 32 mögliche Klassen.

Die Thatsache des Auftretens verschiedener Arten der Symmetrie suchten Bravais und Frankenheim durch die Anordnung der Molekel in dem regelmässigen einfachen Raumbgitter, das ein Krystall darstellt [20, 22], zu erklären.

In einem tesseraleen Krystall ist diese Anordnung eine reguläre. Denkt man sich im Innern eines solchen Krystalls um irgend eine Molekel eine Kugelfläche, welche eine andere Molekel schneidet, so trifft diese Fläche zugleich eine ganze Anzahl von Molekeln, die auf der gedachten Kugelfläche gleichförmig vertheilt erscheinen. In einem tetragonalen oder hexagonalen Krystall ist nur die Anordnung parallel der Hauptebene eine reguläre. Legt man innerhalb dieser Ebene um irgend eine Molekel einen Kreis, der eine andere Molekel schneidet, so trifft dieser Kreis zugleich mehrere Molekel und alle in gleichen Zwischenräumen. Wie die Flächen dieser Krystalle, so sind auch die Molekel um die Hauptaxe im Wirtel angeordnet.

In den rhombischen, monoklinen, triklinen Krystallen zeigt sich in keiner Ebene eine reguläre Anordnung.

Diese Art der Erklärung geht aber davon aus, dass die Ursache, welche bewirkt, dass die Molekel gegen einander jene Stellungen einnehmen, welche diese oder jene Art der Symmetrie hervorbringen, in den Molekeln selbst liege, und sie vermag über die Hemiëdrien keine Rechenschaft zu geben.

Sohneke denkt sich jedoch eine complicirtere Anordnung der Art, dass anstatt der einzelnen Molekel jenes einfachen Raumbgitters eine regelmässig gestaltete Gruppe von Molekeln eingesetzt wird und gelangt zu solchen Molekular-structuren, welche alle 32 Arten der Symmetrie angeben. Demnach wird der einzelnen Molekel noch keine Symmetrie, sondern bloß die Tendenz zur Anordnung unter gewissen Winkeln zugeschrieben.

Lit. Hessel in Gehler's Physikalischem Wörterbuch, Artikel Krystall Bd. V. (1830.) Gadolin, *Acta soc. fennicae*. Bd. 9. (1871.) Das Werk von Schönfliess.

(S. vorn.) Minnigerode, N. Jahrb. f. Min. Beilageband V. Fedorow, Zeitschr. f. Kryst. Bd. 20, p. 25. Sohneke, ebenda, p. 445; ferner die pag. 32, 33 angeführten Schriften.

**28. Bezeichnungweise.** Die beiden früher genannten Gesetze, nämlich das Gesetz der Symmetrie und das Parametergesetz, erlauben jeden Krystall mittels kurzer Ausdrücke zu beschreiben. Zu diesem Zwecke wird vor allem angegeben, welche Art der Symmetrie an dem Krystalle ausgesprochen ist, es wird die Krystallklasse genannt. Zweitens wird in dem Falle, als nicht schon die Symmetrie darüber Aufschluss gibt, angeführt, welche Winkel die Axen bilden. Drittens wird in dem Falle, als es nicht selbstverständlich ist, das Parameterverhältnis  $a : b : c$  angeschrieben. Nunmehr lässt sich jede Fläche, die an dem Krystall auftritt, kurz bezeichnen, indem die Coëfficienten  $m, n, p$  namhaft gemacht werden.

Fig. 62.

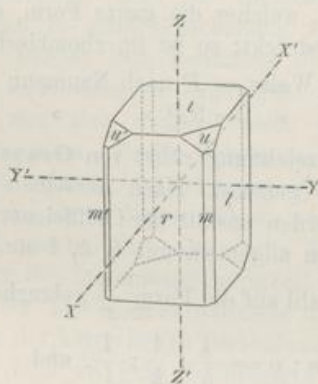
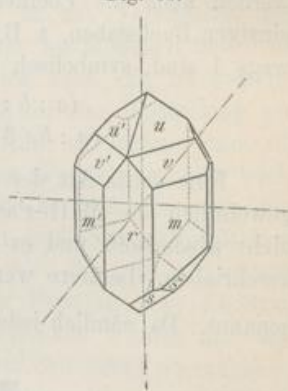


Fig. 63.



Ein Beispiel ist der Augitkrystall, Fig. 62, welcher schon früher betrachtet wurde. Derselbe ist monoklin. Die Axen  $XX'$  und  $ZZ'$ , welche in der Symmetrieebene liegen, bilden vorn den Winkel von  $105^\circ 50'$  und aus der Symmetrie folgt, dass die Axe  $YY'$  mit den beiden vorigen Winkel von  $90^\circ$  einschliesst. Die Fläche  $u$  gibt das Parameterverhältnis

$$a : b : c = 1.0902 : 1 : 0.5893.$$

Nunmehr können die einzelnen Flächen des Krystalls bezeichnet werden, indem ihre Coëfficienten angegeben und dabei die Buchstaben, welche das Axenverhältnis andeuten, wiederholt werden, also:

$$\begin{aligned} u &= a : b : c & u' &= a : -b : c & t &= \infty a : \infty b : c \\ m &= a : b : \infty c & m' &= a : -b : \infty c & l &= \infty a : b : \infty c \\ & & r &= a : \infty b : \infty c. \end{aligned}$$

An dem zweiten Augitkrystall, Fig. 63, hat man ausser diesen Flächen noch:

$$v = a : b : 2c, \quad v' = a : -b : 2c, \quad s = a : b : -c, \quad \zeta = 6a : 3b : -8c.$$

Will man nicht jede einzelne Fläche für sich, sondern alle gleichen Flächen mit einem Male bezeichnen, so setzt man das Zeichen der einzelnen Fläche in die Klammer. Also bedeutet  $(a : b : c)$  die Flächen  $u, u'$ , und noch die beiden rückwärts liegenden  $u$ -Flächen.

$(\infty a : \infty b : c)$  bedeutet die Fläche  $t$  sammt der dazu parallelen Fläche auf der Unterseite u. s. f. Statt des Minuszeichens schreibt man rechts neben den Parameter einen Strich, z. B.:

$$a : -b : 2c = a : b' : 2c \text{ oder } a : b : -\frac{1}{2}c = a : b : \frac{1}{2}c'.$$

Diese Art der Bezeichnung, welche die Flächen durch Symbole angibt, in denen die Buchstaben vorkommen, welche das Axenverhältnis andeuten und ausserdem die Coëfficienten, rührt von Weiss her. Im Folgenden werden Symbole dieser Art als Parametersymbole oft angeführt.

Eine zweite Art der Bezeichnung ist die von Naumann. Nach dieser werden auch die Coëfficienten geschrieben, jedoch in Verbindung mit einem einzigen Buchstaben, z. B.  $P$ , welcher die ganze Form, deren Coëfficienten durchwegs 1 sind, symbolisch ausdrückt; so ist im rhombischen System beispielsweise:

$$\begin{aligned} (a : b : c) \text{ Weiss} &= P \text{ nach Naumann} \\ (a : b : 3c) &> = 3P > > \text{ u. s. w.} \end{aligned}$$

Eine dritte Art der Bezeichnung rührt von Grassmann her, sie wird aber gewöhnlich die Miller'sche genannt. Nach derselben wird das Axenverhältnis nicht wiederholt, und es werden anstatt der Coëfficienten deren reciproke Werthe geschrieben. Letztere werden allgemein mit  $h, k, l$  etc. bezeichnet und Indices genannt. Da nämlich jede Zahl auf die Form  $\frac{1}{x}$  gebracht werden kann, so ist auch

$$\begin{aligned} m : n : p &= \frac{1}{h} : \frac{1}{k} : \frac{1}{l}, \text{ und} \\ h : k : l &= \frac{1}{m} : \frac{1}{n} : \frac{1}{p}. \end{aligned}$$

Um die Indices zu erhalten, wird man entweder die Coëfficienten auf die Form  $\frac{1}{x}$  bringen und die so erhaltenen drei Nenner als Indices anschreiben, oder man wird statt der Coëfficienten deren reciproke Werthe nehmen und das entstehende Verhältnis auf ganze Zahlen bringen, welche die Indices darstellen. Das Parameterzeichen  $2a : 2b : 3c$  wird also entweder durch Division mit 6 auf die Form  $\frac{1}{3}a : \frac{1}{3}b : \frac{1}{2}c$  gebracht, woraus die Indices 332 erhalten werden, oder es werden statt der Coëfficienten 2, 2, 3 deren reciproke Werthe  $\frac{1}{2} : \frac{1}{2} : \frac{1}{3}$  genommen, welche nach der Multiplication mit 6 die Indices 332 liefern. Aus  $a : b : c$  erhält man die Indices 111, aus  $a : b : \infty c$  aber nach der zweiten Methode das Verhältnis  $\frac{1}{1} : \frac{1}{1} : \frac{1}{\infty}$ , wonach die Indices 110 sind. Aus  $a : b : -c$  ergeben sich, dem früher Gesagten entsprechend, die Indices 11 $\bar{1}$ , indem das Minuszeichen über den bezüglichen Index gesetzt wird. Sollen nicht die einzelnen Flächen bezeichnet, sondern alle gleichen Flächen, d. i. soll die vollständige einfache Form durch ein einziges Symbol dargestellt werden, so setzt man die Indices in die Parenthese, also ist  $(a : b : c) = (111)$ . Flächen, deren Indices bloß aus den Zeichen 1 und 0 bestehen, werden weiterhin als primäre Flächen bezeichnet.

Alle drei Bezeichnungsarten sind in deutschen Werken gebräuchlich. Die Weiss'sche weniger als die Naumann'sche. Letztere hat manche Bequemlichkeit für sich, gestattet jedoch nicht die Angabe einer einzelnen von den gleichen

Fläche  
wird.  
aber si  
nicht  
und F  
samme  
geeign

an Mo  
keit v  
Gestal  
geschr  
den B  
Krysta  
Gestal  
herste  
Erhär  
reiche  
sich n  
metrie  
dazu v

Kryst  
von a  
ist die  
gezog  
gebild

aber  
nicht  
müsst  
zulauf  
solche  
Beurt  
Kryst  
spreel  
von j  
Werd  
entsp  
wie r  
fernu  
Proje

sicht

Flächen, und complicirt sich durch verschiedene Anhängsel, deren später gedacht wird. Die Miller'sche ist für den Anfänger weniger bequem als die vorigen, aber sie gibt für die Rechnung den unmittelbaren Behelf, da man in diesem Fall nicht die Coëfficienten, sondern die Indices anwendet, ferner ist sie durch Kürze und Einfachheit den anderen überlegen und ist für die Schilderung des Zusammenhanges zwischen der Form und den physikalischen Eigenschaften besonders geeignet.

**29. Projection.** Die Eigenschaften der Krystallformen lassen sich am besten an Modellen studiren, welche die Lage der Flächen mit hinlänglicher Genauigkeit wiederholen. Der Anfänger wird am raschesten in das Verständniß der Gestalten eindringen, wenn er seine Anschauung zuerst an Modellen übt. Gut geschnittene Holzmodelle werden ihm besonders dienlich sein. Es ist aber für den Beginn der Studien auch sehr zu empfehlen, sich in der Herstellung von Krystallformen zu üben und sich dadurch nicht beirren zu lassen, dass die Gestalten anfänglich missrathen. Durch Eingiessen von Gypsteig in eine leicht herstellbare Form werden beiläufig würfelförmige Stücke bereitet und nach dem Erhärten werden daraus mit einem flachen Messer zuerst einfachere, dann flächenreichere Krystallgestalten geschnitten. Auf solche Art wird der eifrige Anfänger sich mit Leichtigkeit über die Zusammengehörigkeit der Formen, über die Symmetrie und Hemiëdrie, über die Zonenverhältnisse u. s. w. klar werden und bald dazu vorbereitet sein, von der körperlichen Darstellung zur Zeichnung überzugehen.

Der Geübtere wird sich an gute Zeichnungen halten. In diesen sind die Krystalle möglichst ebenmässig, ohne alle Verzerrungen dargestellt, und es wird von allen die Form ändernden nebensächlichen Vorkommnissen abgesehen. Häufig ist die Form ausserdem so gezeichnet, dass auch die Kanten der Rückseite ausgezogen sind. Es ist also eigentlich ein Netz gezeichnet, welches von den Kanten gebildet wird.

Die Krystallbilder, welche in wissenschaftlichen Werken vorkommen, sind aber nicht so dargestellt, wie die Krystalle wirklich gesehen werden. Sie sind nicht nach den Regeln der gewöhnlichen Perspective entworfen, denn sonst müssten parallele Linien, z. B. die Kanten eines Würfels, welche auf den Beobachter zulaufen, nach der vom Beobachter abgewendeten Richtung convergiren. Auf solche Weise würde der Parallelismus der Kanten, welcher namentlich für die Beurtheilung der Zonenverhältnisse wichtig ist, aufgehoben. Deshalb sind die Krystallbilder nach der Methode der Parallelperspective entworfen. Dieser entsprechend denkt man sich den Krystall vor eine Ebene gestellt, und denkt sich von jedem Eckpunkte des Krystalls auf die letztere senkrechte Linien gefällt. Werden die Fusspunkte derselben durch Linien, welche den Kanten des Krystalls entsprechen, verbunden, so entsteht eine parallel-perspectivische Projection, oder wie man es auch nennt, ein Bild, welches den Krystall aus unendlicher Entfernung gesehen darstellt. Unsere Krystallfiguren sind also parallel-perspectivische Projectionen.

Diese Art der Projection reicht aber nicht aus, um eine vollständige Uebersicht der Zonen eines Krystalls zu liefern oder die Winkelverhältnisse klar zu

machen. Zu solchen Zwecken dienen die schematischen Projectionen, deren gegenwärtig zwei in Uebung sind.

Nach der einen werden die Flächen als Linien projectirt. Man denkt sich den Krystall so gestellt, dass eine seiner vorhandenen oder möglichen Flächen, welche man im voraus dazu erwählt hat, der Projectionsebene, d. i. der Papierfläche parallel wird. Hierauf denkt man sich alle Flächen des Krystalls parallel verschoben, bis sie sämmtlich durch einen, ausserhalb der Projectionsebene liegenden Punkt gehen. Jedes Flächenpaar wird dadurch zu einer einzigen Fläche, und diese Flächen schneiden sodann die Papierfläche in Linien, die ausgezogen werden. Die Fläche, welche der Projectionsebene parallel gestellt wurde, erscheint gar nicht in dieser Zeichnung.

Denkt man sich einen Würfel auf eine Ebene projectirt, welche einem seiner Flächenpaare parallel ist, so besteht die Projection aus zwei gegeneinander senkrechten Linien, die Oktaëderflächen  $o$  liefern vier ein Quadrat umschliessende Linien. Vergl. Fig. 64 und 64a. Wird der Barykrystall, dessen Bild in Fig. 65 gegeben ist, in dieser Weise auf eine Ebene parallel zu  $k$  projectirt, so wird das Flächenpaar  $P$  eine horizontale Linie geben, während die Flächen  $d$  zwei Linien liefern, die sich im Mittelpunkte der Zeichnung kreuzen. Fig. 65a. Die Pyramiden-

Fig. 64.



Fig. 64a.

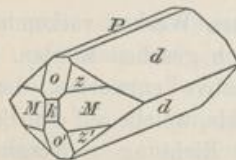
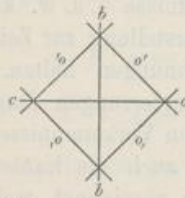
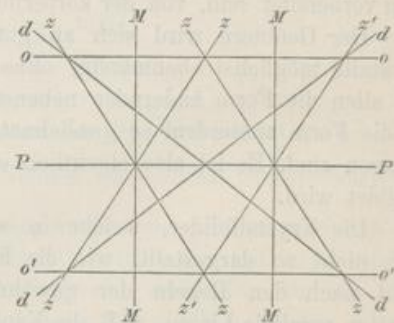


Fig. 65a.



flächen  $z$  geben vier Linien, die vier Durchschnitte liefern. Weil die Fläche  $M$  in der Zone  $zz'$  liegt, so geht ihre Projectionslinie durch einen jener Durchschnitte. Das Entsprechende ereignet sich bei den Linien für  $o$  und  $o'$ . Man findet bald die Regel heraus, dass bei dieser Art der Projection die Zonen als Durchschnitte von zwei oder mehreren Linien erscheinen.

Nach der zweiten Methode, welche eine sphärische Projection ist, werden die Flächen des Krystalls als Punkte projectirt. Der Krystall wird in der Mitte einer Kugel gedacht, so dass das Centrum der Kugel innerhalb des Krystalls liegt. Werden hierauf aus dem Centrum gegen die Krystallflächen senkrechte Linien gezogen und diese verlängert, so treffen sie die Kugeloberfläche in Punkten, deren jede die Lage einer Fläche angibt. Die Fig. 66 gibt das Bild einer Projections-Sphäre, inner-

halb w  
punkter  
I  
es wer  
fläche

deutlic  
bunder  
linien  
Centru  
die du  
einem  
Kugel  
wissen  
stücke

Entfern  
sich ein  
Auf der  
Mittelpu  
durch d  
Kugel i  
Denkt n  
auf der  
centrum  
vielen P  
stehende  
Kreis ei  
mit jend

I  
Kreisstü  
graphie,  
C  
kommt,  
gesehen  
leichter

halb welcher ein Oktaëder gedacht ist. Die Bögen zwischen den Projections-  
punkten entsprechen den Normalenwinkeln der Flächen [13].

In der Projectionsfigur wird der Krystall selbst nicht gezeichnet, sondern  
es werden bloß die Punkte angegeben, welche nach jener Operation auf der Kugel-  
fläche erscheinen würden. Ist eine Zone vorhanden, wie in Fig. 67, so wird sie

Fig. 66.

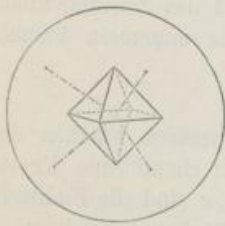


Fig. 67.

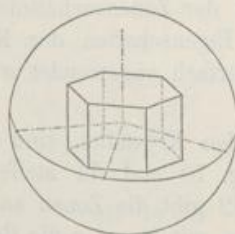
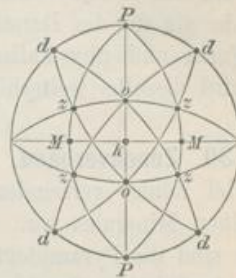


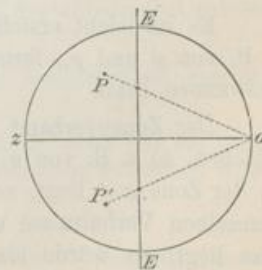
Fig. 68.



deutlich gemacht, indem die bezüglichen Projectionspunkte durch eine Linie ver-  
bunden werden, die öfters gekrümmt sein wird. Beim Ausziehen solcher Zonen-  
linien hat man sich an Folgendes zu erinnern: Die Senkrechten, welche vom  
Centrum auf die Flächen einer Zone gefällt werden, liegen alle in einer Ebene,  
die durch das Centrum geht. Eine solche Ebene schneidet aber die Kugel in  
einem grössten Kreise, folglich ist jede Zonenlinie ein grösster Kreis auf der  
Kugel der Projection. Für die Anfertigung der Zeichnungen ist es wichtig zu  
wissen, dass nach der üblichen Methode die gekrümmten Zonenlinien als Kreis-  
stücke erscheinen, folglich mit dem Zirkel dargestellt werden.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Dies rührt daher, weil die Projection nicht etwa das Bild der Kugel aus einer grösseren  
Entfernung gesehen darstellt, sondern weil sie gleichsam die Innenseite der Kugel ist, welche  
sich einem in der Kugeloberfläche befindlichen Auge darbietet. Die Construction ist nämlich folgende:  
Auf der Kugeloberfläche, welche die Flächenpunkte trägt, wird ein Punkt  $z$  ausgewählt, welcher den  
Mittelpunkt der Zeichnung angeben soll. Eine Linie, welche von  $z$   
durch das Kugeleentrum gezogen wird, trifft die andere Seite der  
Kugel in  $a$ , welches der Augenpunkt der Projection ist. Fig. 69.  
Denkt man sich nun von  $a$  aus Strahlen zu den Flächenpunkten  $P$   
auf der Kugel gezogen, so wird eine Ebene  $EE$ , welche im Kugel-  
centrum auf  $az$  senkrecht steht, von diesen Strahlen in ebenso  
vielen Punkten durchschnitten werden. Das auf der Ebene  $EE$  ent-  
stehende Bild ist nun unsere Projection, die man gewöhnlich in den  
Kreis einschliesst, welcher sich aus dem Durchschnitte der Kugel  
mit jener Ebene  $EE$  ergibt und Grundkreis heisst.

Fig. 69.



Den Beweis, dass bei dieser Projection die Zonenlinie als  
Kreisstücke erscheinen, findet man in Grailich-Miller, Krystallo-  
graphie, pag. 188; Lang, Krystallographie, pag. 291.

Ogleich für die genaue Ausführung der Zeichnung die angeführte Construction in Betracht  
kommt, so kann doch der Anfänger davon absehen und so verfahren, als ob die Kugel von aussen  
gesehen zu zeichnen wäre, wobei die Darstellung der Zonenlinien als Kreisstücke wie eine Er-  
leichterung der Arbeit hingegenommen wird.

gegen-  
kt sich  
flächen.  
Papier-  
parallel  
genden  
d diese  
n. Die  
icht in  
seiner  
r senk-  
essende  
Fig. 65  
rd das  
Linien  
miden-  
ε'/d  
-o  
-P  
-o'  
d  
e M  
hnhitte.  
ald die  
shnitte  
len die  
Kugel  
Verden  
n und  
e Lage  
inner-







Würde ferner eine Fläche  $w$  beobachtet, welche in den Zonen  $vc$  und  $ab$  liegt, Fig. 75, so erhielte man  $w = a : 2b : \infty c = 210$ , ferner für eine Fläche  $z$ , welche in den Zonen  $wo'$  und  $pm$  liegt,  $z = 2a : 3b : 6c = 321$  u. s. w.

Fig. 70.

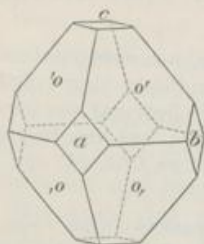


Fig. 71.

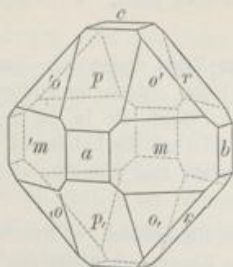


Fig. 72.

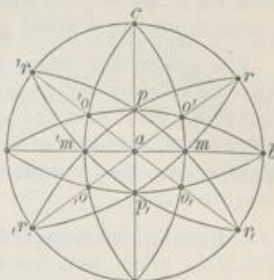


Fig. 73.

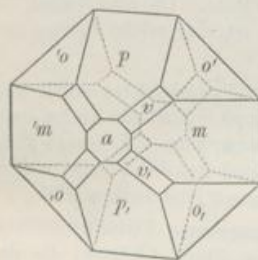


Fig. 74.

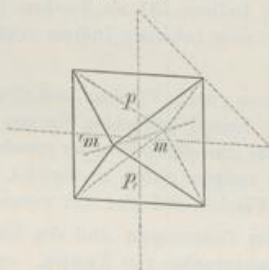
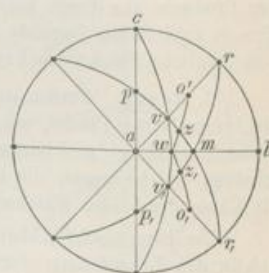


Fig. 75.



Man kann also von vier primären Flächen ausgehend zu immer neuen Flächen gelangen, welche mit jenen durch Zonen verbunden sind, und wird für jede der neuen Flächen ein Verhältnis der Parameter finden, welches aus dem Parameterverhältnis der primären Flächen durch ganze Zahlen abgeleitet ist. Da nun alle Flächen desselben Krystalls im Zonenverbande liegen [14], so können auch die Parameterverhältnisse aller an demselben Krystall möglichen Flächen aus demselben Grundverhältnisse abgeleitet werden. Der allgemeine Zonenverband und die Rationalität der Parameterverhältnisse sind also nur zwei verschiedene Ausdrücke desselben Gesetzes.

Die Bestimmung der Lage der Flächen durch den Zonenverband geschieht am kürzesten durch Rechnung mittels der Indices.

Sind die Indices zweier Flächen bekannt, z. B. 111 und 123, so erhält man das Zeichen der Zone, in welcher sie liegen, auf eine einfache Weise, indem man jene Indices mit Wiederholung der beiden ersten untereinander schreibt:  $\frac{1}{1} \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{1} \times \frac{1}{1} \times 2$ .

Hierauf beginnt man beim zweiten oberen Index und multiplicirt mit dem dritten unteren. Dann bildet man ebenso aus dem dritten oberen und dem zweiten unteren ein Product oder, wie man sich kurz ausdrückt, man multiplicirt kreuzweise. Hierauf wird die Differenz beider Producte gewonnen, welche den ersten Index des Zonenzeichens liefert. Dieses Verfahren fortgesetzt, ergibt auch die beiden anderen Indices. Im obigen Beispiele hat man  $1.3 - 1.2 = 1$ ,  $1.1 - 1.3 = -2$  und  $1.2 - 1.1 = 1$ , wonach das Zonenzeichen  $[1\bar{2}1]$ . Aus dem Zeichen der beiden

welche  
e Form  
irtzt er-  
Punkte  
Zonen  
sstücke

chtlich,  
hanges  
uechbar

durch  
rystalle  
flächen.  
et. Die  
ac, ab,  
bo, c'o  
m. Da  
n man.  
immen.  
= 010,  
aus, so  
ne ab  
in der  
hältnis  
. Ent-

. w.  
rismen,  
flächen

zhteten  
äche v  
Axe in  
r Zone  
fig. 74  
xe den  
ernung  
echend

Flächen 201 und 110 würde man das Zonenzeichen  $[\bar{1}12]$  erhalten. Die Zonenzeichen erlauben nun die Anwendung der folgenden Regeln:

1. Regel. Eine Fläche  $hkl$ , welche in der Zone  $[uvw]$  liegt, erfüllt die Bedingung  $hu + kv + lw = 0$ . Um also zu erkennen, ob die Fläche 432 in der Zone  $[\bar{1}21]$  liege, bildet man die Summe der drei Producte, nämlich  $4 \cdot 1 - 3 \cdot 2 + 2 \cdot 1$ , welche 0 gibt, also die Frage bejaht, während die Frage verneint wird, wenn man prüft, ob die Fläche 112 in jener Zone liege, da man nicht 0, sondern 1 erhält.

Eine andere Anwendung derselben Regel ergibt sich dann, sobald von einer Fläche sicher ist, dass sie in einer bestimmten Zone liege, jedoch die Indices dieser Fläche nicht vollständig bekannt sind. So z. B. würde man eine Fläche, die in der Zone  $[\bar{1}21]$  liegt und von der man ausserdem weiss, dass sie der X-Axe parallel sei, die Indices  $0kl$  schreiben, und jener Bedingung zufolge  $0 - 2k + l = 0$  entwickeln, woraus man  $l = 2k$ , also die Indices  $0, k, 2k$  oder kurz  $012$  erhalten würde.

2. Regel. Diese besagt, dass man die Indices des Durchschnittspunktes zweier Zonen auf dieselbe Weise erhält, nach der man das Zonenzeichen aus den Flächenindices entwickelt. Wenn man also weiss, dass eine Fläche sowohl in der Zone  $[\bar{1}21]$  als auch in der Zone  $[\bar{1}12]$  liegt, so erhält man nach dem obigen Verfahren der kreuzweise ausgeführten Multiplication und Subtraction der Producte aus diesen beiden die Indices 531 als Zeichen jener Fläche. Da man sonach für eine in zwei Zonen liegende Fläche stets rationale Indices erhält, so ist eine solche Fläche stets eine mögliche Fläche des Krystalls.

3. Regel. Werden die Indices zweier Flächen bezüglich jeder Axe addirt, so erhält man die Indices einer Fläche, welche die Kante der beiden vorigen abstumpft. Sind die beiden erstgenannten Flächen gleichartig, so hat man die Indices der geraden Abstumpfung, d. i. jener Fläche erhalten, welche gegen die beiden vorigen gleich geneigt ist. Demnach hat die Fläche, welche die Kante der beiden gleichartigen Flächen 211 und 121 gerade abstumpft, die Indices 332.

Die theoretische Ableitung der Zonenregeln und des hier angegebenen Verfahrens findet sich in den Lehrbüchern der Krystallographie von Karsten, von Lang, Groth, Liebisch; die Berechnung der Indices aus den Krystallwinkeln in C. Klein's Einleitg. i. d. Krystallberechnung.

**31. Krystallsysteme.** Jede der früher genannten Klassen holoëdrischer Krystallformen sammt den etwa daraus ableitbaren hemiëdrischen (tetartoëdrischen, hemimorphen) Klassen bilden ein Krystallsystem, und es gibt demnach sechs Krystallsysteme, die nach dem inneren Baue der Krystalle, welcher aus der Form und den physikalischen Eigenschaften erschlossen wird, in drei Hauptabtheilungen gebracht werden:

A. Krystalle von einfacherem Baue:

- I. Triklines Krystallsystem. Holoëdrische Klasse.
- II. Monoklines Krystallsystem. Holoëdrische Klasse.
- III. Rhombisches Krystallsystem. Holoëdrische, hemiëdrische und hemimorphe Klasse.

B. Krystalle von wirteligem Baue:

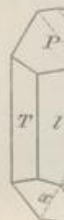
- IV. Tetragonales Krystallsystem. Holoëdrische Klasse, zwei hemiëdrische Klassen, eine tetartoëdrische Klasse.
- V. Hexagonales Krystallsystem. Holoëdrische Klasse, zwei hemiëdrische, zwei tetartoëdrische und zwei hemimorphe Klassen.

C. Krystalle von regulärem Baue:

- VI. Tesserales Krystallsystem. Holoëdrische Klasse, drei hemiëdrische Klassen, eine tetartoëdrische Klasse.

3  
theilung  
gleich,  
von Flä  
sind. 7  
Gegenf  
W  
drei als  
der dre  
den W  
zwiseh  
querlieg  
D  
angege

Fig.



A  
flächen  
gleich  
Combin  
sind d  
auszug  
P: M  
für die  
Bei de  
alle Kr  
meter  
I  
besond  
ständig  
indem  
bei de  
hinstel  
eine H  
1  
System  
Tsel

**32. Triklines System**<sup>1)</sup>. Holoödrische Klasse. Die Krystalle dieser Abtheilung haben keine Symmetrieebene. Jeder beobachteten Fläche ist bloß diejenige gleich, welche mit ihr parallel ist, aber keine fernere. Der Krystall ist also nur von Flächenpaaren begrenzt, welche in ihrem Auftreten von einander unabhängig sind. Zu jeder vorhandenen Fläche gehört somit bloß eine zweite, nämlich die Gegenfläche.

Werden von den vorhandenen oder möglichen Flächen eines triklinen Krystalls drei als Endflächen genommen, so liefern ihre Durchschnittslinien die Richtungen der drei Axen, welche mit einander durchwegs schiefe Winkel bilden. Man pflegt den Winkel zwischen der aufrechten und der querliegenden Axe mit  $\alpha$ , jenen zwischen der aufrechten und der längsliegenden mit  $\beta$ , endlich den zwischen der querliegenden und längsliegenden mit  $\gamma$  zu bezeichnen. Fig. 78.

Die Axen sind ungleich. Das Axenverhältnis  $a : b : c$  wird gewöhnlich so angegeben, dass  $b = 1$  gesetzt wird.

Fig. 76.

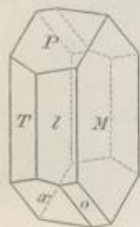


Fig. 77.



Fig. 78.

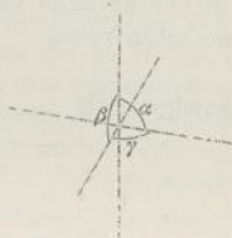
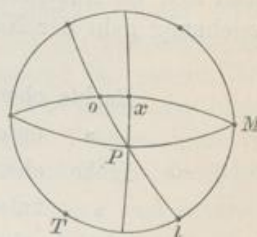


Fig. 79.



An dem Albitkrystall, Fig. 76, kann man die Flächen  $P$  und  $M$  als Endflächen annehmen, ebenso eine dritte Fläche  $k$ , welche in der Zone  $Px$  und zugleich in der Zone  $TlM$  liegt, also eine mögliche Fläche ist. Fig. 77 gibt die Combination dieser drei Flächen und damit die Axenrichtungen an. In Fig. 78 sind die Axen für sich gezeichnet. Anstatt von der Annahme der Endflächen auszugehen, hätte man auch geradezu die Kante zwischen  $P$  und  $M$ , welche als  $P : M$  bezeichnet werden soll, für die Richtung der ersten Axe, die Kante  $P : x$  für die Richtung der zweiten und  $l : M$  für die der dritten Axe benutzen können. Bei der Aufstellung ist es praktisch, dem Vorschlage Naumann's zu folgen und alle Krystalle dieses Systems, so zu stellen, dass für die Queraxe der längere Parameter gilt, also  $b > a$  wird.

Die Flächen bedürfen ausser der allgemeinen Nomenclatur [17] keiner besonderen Namen, da ihre Bezeichnung durch die Parameter oder Indices vollständig genügt. Naumann hat jedoch eine complicirte Nomenclatur angegeben, indem er, dem historischen Entwicklungsgange der Krystallographie entsprechend, bei den Krystallen der geringeren Symmetriegrade die rhombischen als den Typus hinstellte und die monoklinen und die triklinen Formen so benannte, als ob sie eine Hemiödrrie und eine Tetartoödrrie der rhombischen Formen darstellten.

<sup>1)</sup> Ein- und eingliedriges System nach Weiss, anorthotypes System nach Mohs, anorthisches System nach Haidinger, triklinoödrisches oder triklinisches System nach Naumann.

Tschermak, Mineralogie. 5. Auflage.

erlauben  
dingung  
e, bildet  
e bejaht,  
ege, da

e sicher  
lständig  
er man  
dingung  
er kurz

nen auf  
: Wenn  
liegt, so  
traction  
ach für  
the stets

ült man  
en erst-  
Fläche  
welche  
32.

s findet  
die Be-  
nung.

rischer  
ischen,  
sechs  
Form  
lungen

orphe

rische

rische,

assen.

Demgemäss nannte er die Flächenpaare, welche als Pyramidenflächen erscheinen, Viertelpyramiden und machte ihre Lage dadurch erkenntlich, dass er in seinem Symbol dem Buchstaben  $P$  Striche anhing. Dabei wurden solche Pyramidenflächen, welche einer nach der  $a$ -Axe gestreckten Pyramide entsprechen, Brachypyramiden genannt und ihre Symbole durch ein Kürzezeichen  $\sim$  kenntlich gemacht, welches andeutet, dass der hinter  $P$  stehende Coëfficient sich auf die  $a$ -Axe bezieht. Jene Pyramidenflächen hingegen, welche einer zur  $b$ -Axe gestreckten Pyramide entsprechen, wurden Makropyramiden genannt und ihr Symbol wurde entsprechend mit einem Längezeichen  $\infty$  versehen. Die Flächenpaare, welche zu den Prismenflächen gehören, wurden Hemiprismen und Hemidomen genannt und in ihren Symbolen wurde durch  $\sim$  oder  $\infty$  angedeutet, dass der Coëfficient  $\infty$  nach dem  $P$  sich auf die  $a$ -Axe, respective auf die  $b$ -Axe beziehe. Das entsprechende Verfahren wurde bei den Endflächen beobachtet.

Die folgenden Beispiele werden diese Bezeichnungsweise klarstellen, wobei sich die Flächenbuchstaben auf die Figuren 70 und 71 beziehen, unter welchen man sich im Augenblicke trikline Krystalle vorzustellen hat. Die Miller'sche Bezeichnung geht der Naumann'schen voran.

Rechte obere Viertelpyramide	$o' = (111) = P'$
» untere »	$o = (1\bar{1}\bar{1}) = P,$
Linke obere »	$'o = (\bar{1}\bar{1}1) = 'P'$
» untere »	$,o = (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = ,P$
Eine Brachypyramide rechts oben	$(133) = \bar{P}'3$
» Makropyramide links oben	$(2\bar{1}2) = 'P\bar{2}$
Rechtes Hemiprisma	$m = (110) = \infty P'$
Linkes »	$'m = (\bar{1}\bar{1}0) = \infty 'P'$
Oberes Makrodoma	$p = (101) = 'P'\infty$
Unteres »	$,p = (10\bar{1}) = ,P,\infty$
Rechtes Brachydoma	$r = (011) = ,\bar{P}'\infty$
Linkes »	$r, = (0\bar{1}\bar{1}) = 'P,\infty$
Makropinakoid	$a = (100) = \infty \bar{P}\infty$
Brachypinakoid	$b = (010) = \infty \bar{P}\infty$
Basisches Pinakoid	$c = (001) = 0P$

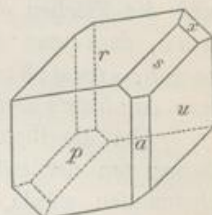
An dem Albit, Fig. 76, pflegt man, wie dies vorhin geschah, die Flächen  $P$  und  $M$ , nach welchen der Krystall spaltbar ist, als Endflächen zu nehmen, ferner  $l$  und  $T$  als primäre Prismenflächen. Nimmt man überdies  $x$  als eine primäre Prismenfläche, so ergibt sich aus den Zonen  $Mo x$  und  $Pl o$ , dass  $o$  die zugehörige Pyramidenfläche, also:

$$P = \infty a : \infty b : c = 001, M = \infty a : b : \infty c = 010, l = a : b : \infty c = 110, \\ T = a : b' : \infty c = \bar{1}\bar{1}0, x = a : \infty b : c' = 10\bar{1}, o = a : b : c' = 11\bar{1}.$$

Die Figur 79 gibt die sphärische Projection dieses Albitkrystals, wenn derselbe von oben betrachtet wird, wonach die Flächen  $T$ ,  $l$ ,  $M$  in die Randzone fallen.

An dem Axinitkrystal in Fig. 80 kann man  $p = a : b' : \infty c = 1\bar{1}0$ ,  $u = a : b : \infty c = 110$ , also beide Flächen als die primären aufrechten Prismenflächen nehmen, ferner  $r = a : b' : c = 1\bar{1}1$  und  $x = a : b : c = 111$ ; und es ergibt sich  $s = a : \infty b : 2c = 201$  und  $a = a : \infty b : \infty c = 100$ .

Fig. 80.



**33. Monoklines System.**<sup>1)</sup> Holoëdrische Klasse.

Die holoëdrischen Krystalle dieses Systems haben eine einzige Symmetrieebene. Man kann sich in jedem derselben eine Ebene denken, zu welcher die Flächen der einen und der anderen Seite spiegelbildlich gleich gelagert sind. Es gibt aber keine weitere solche Ebene. Demzufolge kommen an diesen Krystallen sowohl Flächenpaare, als auch vierzählige Flächen-complexe vor.

A) Endflächenpaare. Das Querflächenpaar und das Endflächenpaar bilden mit der Symmetrieebene beiderseits gleiche Winkel, sie sind zur Symmetrieebene senkrecht. Eine Fläche, welche zur Symmetrieebene parallel ist, sammt ihrer Gegenfläche erfüllen auch die Forderung der Symmetrie. Sie bilden das Längsflächenpaar. Während die zur Symmetrieebene senkrechten Flächen monosymmetrisch, die anderen asymmetrisch sind, erscheinen die Längsflächen dimetrisch.

B) Prismenflächen. Die Flächen der querliegenden Prismen sind senkrecht zur Symmetrieebene, daher treten sie auch nur als einzelne Flächenpaare auf.

Das aufrechte Prisma und das Längsprisma sind vierflächig, denn jede Fläche, welche gegen die Symmetrieebene schief liegt, muss von einer zweiten begleitet sein, welche auf der anderen Seite der Symmetrieebene die entsprechende Lage einnimmt. Jede dieser beiden Flächen führt aber auch ihre Gegenfläche mit sich.

C) Pyramidenflächen. Jede Pyramidenfläche tritt viermal auf, weil sie ebenfalls zur Symmetrieebene schief liegt.

Die drei Endflächenpaare geben wiederum die Lage der Axen an. Werden diese Flächen in Combination gedacht, so geben sie eine Form wie in Fig. 81. Die Symmetrieebene ist parallel  $b$  hineinzudenken. Die ebenen Winkel, welche durch hineingesetzte Punkte bezeichnet sind, müssen rechte sein, weil die zwischen ihnen liegende Kante zur Symmetrieebene senkrecht ist. Dagegen bleibt der Winkel  $\beta$  wie im vorigen Krystallsystem ein schiefer. Sonach bilden von den drei Axen, Fig. 82, die aufrechte mit der auf den Beobachter zulaufenden einen schiefen Winkel  $\beta$ , während die übrigen Winkel, nämlich  $\alpha$  und  $\gamma$  rechte sind. Man pflegt die Krystalle so zu stellen, dass die auf den Beobachter zulaufende Axe gegen diesen geneigt, also der in der Figur oben liegende Winkel  $\beta$  ein stumpfer ist. Die querliegende Axe wird auch Symmetrieaxe oder Orthodiagonale, die geneigte

<sup>1)</sup> Zwei- und eingliedriges System nach Weiss, hemiothotypes System nach Mohs, augitisches System nach Haidinger, monoklinoëdrisches oder monoklinisches System nach Naumann, monosymmetrisches System nach Groth.

hen er-  
dass er  
ie Pyra-  
prechen.  
enttlich  
auf die  
Axe ge-  
Symbol  
welche  
genannt  
efficient  
Das ent-  
wobei  
welchen  
che Be-

Flächen  
nehmen-  
primäre  
gehörige

c = 110.

Klinodiagonale genannt. Die drei Axen sind von ungleicher Länge, ihr Verhältnis  $a : b : c$  wird gewöhnlich so dargestellt, dass  $b = 1$ .

An dem Gypskrystall in Fig. 83 ist  $b$  die Längsfläche, die, wie gesagt, parallel der Symmetrieebene liegt. Nimmt man die Flächen  $m$  als aufrechtes Prisma und die Flächen  $o$  als primäre Pyramidenflächen, so ergibt sich aus der Zone  $o m u$ , dass man die Flächen  $u$  als primäre Pyramidenflächen wählen darf, wonach  $b = (\infty a : b : \infty c) = (010)$ ,  $m = (a : b : \infty c) = (110)$ ,  $o = (a : b : c) = (111)$ ,  $u = (a : b : c') = (11\bar{1})$ .

Um die Richtungen der Axen zu erhalten, geht man von der Fläche  $b$ , ferner von der möglichen Fläche  $a$  aus, welche die Kante  $m : m$  gleichförmig abstumpfen würde, endlich von der möglichen Fläche  $c$ , die der vorderen Kante  $m : o$  und der rückwärtigen  $m : u$  parallel ist. Vergl. Fig. 81.

Fig. 81.

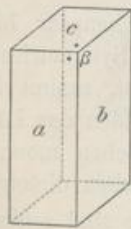


Fig. 82.

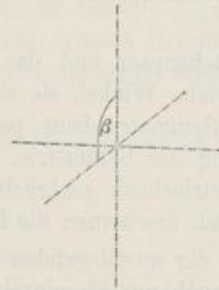
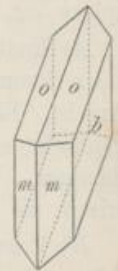


Fig. 83.



Fig. 84.



Der Gypskrystall, Fig. 84, zeigt bloß die oberen Pyramidenflächen  $o$  und sonst keine Pyramidenflächen.

Fig. 85.

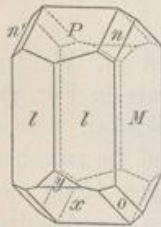
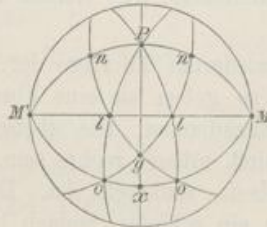


Fig. 86.



Der Orthoklaskrystall, Fig. 85, hat die Fläche  $M$  parallel zur Symmetrieebene, ferner die Flächen  $P$ ,  $y$  und  $x$  senkrecht zur Symmetrieebene. Unter diesen pflegt man  $P$  als Endfläche zu nehmen, weil zu dieser parallel eine vollkommene Spaltbarkeit beobachtet wird. Wird nun  $l$  als aufrechtes Prisma betrachtet, so ergibt sich aus der Zone  $P l o$ , dass man  $o$  als primäre Pyramide nehmen darf. Zu dieser ge-

hört  $x$  als querliegende Prismenfläche, während  $y$  eine andere querliegende Prismenfläche und  $n$  ein Längsprisma ist. Die Bezeichnung derselben kann durch Zonen ermittelt werden, wonach:

$$M = (010), l = (110), o = (11\bar{1}), x = (10\bar{1}), y = (20\bar{1}), n = (021).$$

Die Fig. 86 zeigt die sphärische Projection der Flächen desselben Krystalls. Die Symmetrieebene erscheint gegen den Beobachter gerichtet und schneidet die Sphäre in der Linie  $Px$ , welche zugleich die Projection der Zone darstellt, in

welch  
Seiten  
erken  
so ha  
ebene  
endlic

fläche  
welch  
die n  
die p  
positi  
währe  
als n  
unters  
pinak  
der c  
unters  
heisse  
Quera  
die L

Form  
verse  
gleich  
anison

welcher die Endfläche und die querliegenden Prismenflächen liegen. Zu beiden Seiten dieser Linie herrscht also auch in der Projection Symmetrie. Werden jene erkennbaren Zonen, in welchen mehr als zwei Flächenpaare liegen, ausgezogen, so hat man die Zonen  $Mn P$ , ferner  $Ml$  und  $Mo x$ , welche alle auf der Symmetrieebene senkrecht sind, ferner die beiden Zonen  $Pl o$ , welche einander gleich sind endlich  $nly$  u. s. f.

Nach Naumann werden die vierflächigen Complexe, welche aus Pyramidenflächen bestehen, Hemipyramiden genannt, und zwar heissen die vier Flächen, welche im stumpfen Winkel der schiefen Axe liegen, nämlich  $(a : b : c) = (111)$ , die negative, die Flächen  $(a : b : c') = (11\bar{1})$ , welche im spitzen Winkel liegen, die positive Hemipyramide. An dem Gypskrystall, Fig. 83, ist demnach  $u$  die positive,  $o$  die negative Hemipyramide. Das Längsprisma wird Klinodoma genannt, während die querliegenden Prismen-Flächenpaare als Orthodoma bezeichnet und als negatives Hemidoma, z. B.  $(101)$ , und als positives Hemidoma, z. B.  $(10\bar{1})$ , unterschieden werden. Die Querfläche heisst Orthopinakoid, die Längsfläche Klinopinakoid, die Endfläche basisches Pinakoid. Ausserdem werden noch die nach der querliegenden Axe gestreckten Pyramiden als Orthopyramiden von denen unterschieden, welche nach der geneigten Axe gestreckt sind und Klinopyramiden heissen. Bei der Bezeichnung wird, falls die Zahl hinter dem  $P$  sich auf die Queraxe bezieht, durch das  $P$  ein horizontaler Strich gezogen, falls sie sich auf die Längsaxe bezieht, ein geneigter Strich.

Beispiele sind:

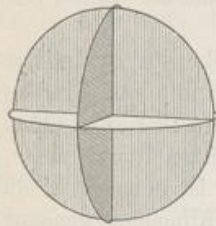
Positive Hemipyramide	$(a : b : c') = (11\bar{1}) = P$
Negative Hemipyramide	$(a : b : c) = (111) = -P$
Positive Hemipyramide	$(a : b : 3c') = (33\bar{1}) = 3P$
Positive Orthopyramide	$(a : 2b : c') = (212) = P2$
Negative Klinopyramide	$(2a : b : c) = (122) = -P2$
Prisma	$(a : b : \infty c) = (110) = \infty P$
Klinodoma	$(\infty a : b : c) = (011) = P\infty$
Positives Orthodoma	$(a : \infty b : c') = (10\bar{1}) = P\infty$
Negatives Orthodoma	$(a : \infty b : c) = (101) = -P\infty$
Negatives Orthodoma	$(a : \infty b : 2c) = (201) = -2P\infty$
Orthopinakoid	$(a : \infty b : \infty c) = (100) = \infty P\infty$
Klinopinakoid	$(\infty a : b : \infty c) = (010) = \infty P\infty$
Basisches Pinakoid	$(\infty a : \infty b : c) = (001) = 0P$

**34. Rhombisches System.**<sup>1)</sup> Holoëdrische Klasse. Die hierher gehörigen Formen entsprechen der Existenz dreier Symmetrieebenen, welche von einander verschieden und gegeneinander senkrecht sind. Diese theilen den Raum in acht gleiche Theile, Octanten, welche von einander blos durch die Lage verschieden

<sup>1)</sup> Ein- und einaxiges System nach Weiss, orthotypes oder prismatisches System nach Mohs, anisometrisches System nach Hausmann.

sind. Die Fig. 87 stellt die drei Hauptschnitte in der Gestalt von Scheiben dar. Der genannten Symmetrie entsprechend, gibt es in diesem Systeme sowohl achtflächige, als auch vierflächige Complexe, endlich Flächenpaare.

Fig. 87.



A) Endflächenpaare. Eine Fläche, die einem der drei Hauptschnitte parallel ist, liegt zugleich senkrecht gegen die beiden anderen Hauptschnitte, bildet also zu beiden Seiten der letzteren gleiche Winkel. Sie erfüllt demnach im Vereine mit ihrer Gegenfläche die Forderung der Symmetrie. Da die Hauptschnitte von verschiedenem Charakter sind, so gibt es auch drei verschiedene Flächenpaare dieser Art, welche wiederum als Quer-, Längs- und Endflächenpaar bezeichnet werden.

B) Prismenflächen. Jede Fläche, welche zu einem Hauptschnitte senkrecht, gegen die beiden anderen Hauptschnitte aber geneigt ist, erfüllt zwar die Symmetrie bezüglich der ersteren Ebene, die zwei anderen Ebenen aber erfordern ein viermaliges Auftreten einer solchen Fläche. Hierher gehört das aufrechte Prisma sowie das Längsprisma und Querprisma.

Fig. 88.



Fig. 89.

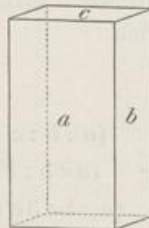


Fig. 90.

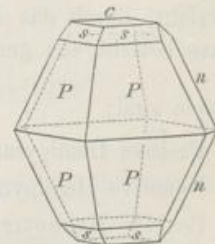


Fig. 91.

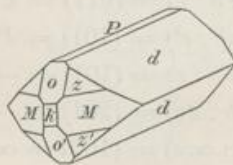
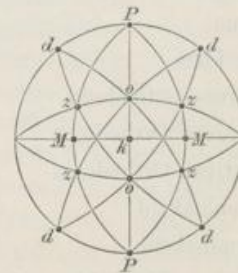


Fig. 92.



C) Pyramidenflächen. Die drei Symmetrieebenen, welche auf einander senkrecht sind, theilen den Raum um ihren gemeinschaftlichen Schnittpunkt in acht gleiche Theile, welche sich nur durch die Stellung von einander unterscheiden. Eine Fläche, die gegen die drei Symmetrieebenen geneigt ist, fällt in einen dieser Octanten, oder richtiger gesagt, ihre Normale fällt in einen dieser Octanten. Die Fläche muss sich daher in jedem der Octanten wiederholen, wird also achtmal auftreten. Diese achtflächige Form, welche Pyramide genannt wird, ist die erste

Gestal  
schlies

Combi  
dass  
also r  
sagt,  
hältni

Pyran  
n =  
ergibt  
Pyran

ferner  
fläche  
sei, u  
jectio

dass  
(oder  
Noma  
ausse  
pyrar

auch  
Krys  
gleic  
nega  
der



Gestalt, welche, aus gleichen Flächen bestehend, einen Raum vollkommen umschliesst. Sie ist eine geschlossene Form, wie man sich ausdrückt. Fig. 88.

Die drei Endflächenpaare geben die Lage der Axen an. Werden sie in Combination gedacht, so entsteht eine Form wie in Fig. 89. Die Symmetrie fordert, dass die Winkel zwischen den Kanten dieser Form einander alle gleich, dass sie also rechte Winkel seien. Es ist demnach  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ , oder wie man auch sagt, das Axensystem ist rechtwinkelig. Die Axenlängen sind ungleich, ihr Verhältnis  $a : b : c$  wird gewöhnlich so berechnet, dass  $b = 1$ .

An dem Schwefelkrystall in Fig. 90 hat man, wofern  $P$  als primäre Pyramidenfläche genommen, also  $P = (a : b : c) = (111) = P$  gesetzt wird,  $n = (\infty a : b : c) = (011) = \bar{P}\infty$  und  $c = (\infty a : \infty b : c) = (001) = 0P$  und es ergibt sich aus der Messung  $s = (a : b : \frac{1}{2}c) = (113) = \frac{1}{2}P$ , also eine stumpfere Pyramide.

An dem Barytkrystall in Fig. 91 kann man  $M = (a : b : \infty c) = (110) = \infty P$ , ferner  $o = (a : \infty b : c) = (101) = P\infty$  annehmen, woraus folgt, dass  $k$  die Querfläche,  $P$  die Endfläche,  $z$  die primäre Pyramide, also  $z = (a : b : c) = (111) = P$  sei, und es ergibt sich aus Zonen  $d = (\infty a : 2b : c) = (012) = \frac{1}{2}\bar{P}\infty$ . Die Projection dieser Formen gibt Fig. 92.

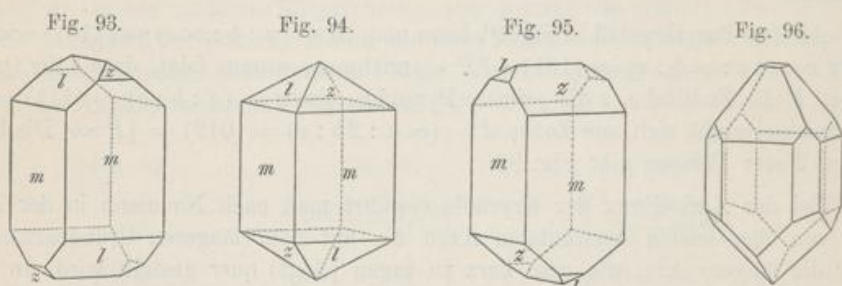
Bei der Aufstellung der Krystalle verfährt man nach Naumann in der Art, dass von den beiden horizontalen Axen die mit dem längeren Grundparameter (oder die längere Axe, wie man kurz zu sagen pflegt) quer gestellt wird. In der Nomenclatur stimmt sodann alles mit der hier gebrauchten überein, doch werden ausserdem die Bezeichnungen Makrodoma und Brachydoma, Makropyramide, Brachypyramide gebraucht. Dies zeigen folgende Beispiele:

Pyramide	$(a : b : c) = (111) = P$
Pyramide	$(a : b : \frac{1}{2}c) = (112) = \frac{1}{2}P$
Brachypyramide	$(2a : b : c) = (122) = \bar{P}2$
Makropyramide	$(a : 2b : 2c) = (211) = 2\bar{P}2$
Brachydoma	$(\infty a : b : 2c) = (021) = 2\bar{P}\infty$
Makrodoma	$(a : \infty b : c) = (101) = \bar{P}\infty$
Prisma	$(a : b : \infty c) = (110) = \infty P$
Brachypinakoid	$(\infty a : b : \infty c) = (010) = \infty \bar{P}\infty$
Makropinakoid	$(a : \infty b : \infty c) = (100) = \infty P\infty$
Basisches Pinakoid	$(\infty a : \infty b : c) = (001) = 0P$

**35. Hemiëdrische Klasse.** Wegen des Auftretens an Mineralen sind hier auch die Formen der hemiëdrischen Abtheilung anzuführen [24]. In den Krystallen, welche dahin gehören, verhalten sich die acht Octanten bloß abwechselnd gleich. Werden die einen Octanten positiv genannt, so heissen die anderen vier negativ. Um zu erfahren, welche Formen daraus folgen, hat man bloß die Lage der Flächennormalen zu berücksichtigen. Diejenigen Normalen, welche in einen

Octantenraum fallen, nämlich die Normalen der Pyramidenflächen, haben entweder einen positiven oder negativen Charakter. Bedeutet einer von beiden, z. B. der negative, so viel als Mangel der entsprechenden Fläche, so werden vier Flächen der Pyramide fehlen, die übrigen vier vorhanden sein, und in dem Falle, als sie allein auftreten, eine tetraëderähnliche Form, das positive rhombische Sphenoid bilden. Fehlen die anderen vier Flächen, so ergibt sich das negative rhombische Sphenoid.

Diejenigen Normalen, welche in die Grenzen der Octantenräume fallen, nämlich die Normalen der Prismen- und Endflächen, haben alle zugleich positiven und negativen Charakter. In Bezug auf das Vorhandensein dieser Flächen hebt sich demnach der Einfluss der Hemiëdrie auf, die Prismen bleiben viertlächig, die Endflächen paarig, wie am holoëdrischen Krystall. Die hemiëdrischen Krystalle haben aber keine Symmetrieebene.



Ein Beispiel liefern die Krystalle des Bittersalzes, Fig. 93, 94, 95, welche ausser dem aufrechten Prisma noch die Flächen des negativen Sphenoids  $l$  und die des positiven Sphenoids  $z$  tragen.

An manchen sind die vier Flächen  $z$  klein, wie in der ersten Figur, oder sie fehlen auch ganz. An vielen sind wiederum die vier Flächen  $l$  nur klein, wie in der dritten Figur, oder sie fehlen. Es kommen aber auch scheinbar holoëdrische Krystalle vor, wie ein solcher in der zweiten Figur. Die erste Krystallform verhält sich zu der dritten wie die linke Hand zur rechten, die beiden Formen sind, wie man mit Naumann sagt, enantiomorph.

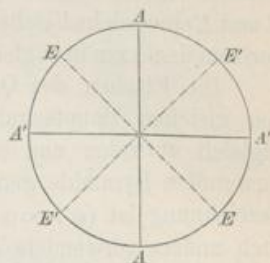
Hemimorphe Klasse. An einzelnen rhombischen Mineralen zeigt sich eine hemimorphe Ausbildung, indem die Krystalle an dem einen Ende einer Axe andere Flächen zeigen als an dem entgegengesetzten. Demnach fällt eine der drei Symmetrieebenen weg und die dazu senkrechte Axe ist polar. Ein Beispiel gibt der Krystall von Kieselgalmei in Fig. 96, welcher oben von der Endfläche, von Quer- und Längsdoma begrenzt ist, während er unten die Flächen einer Pyramide darbietet.

**36. Tetragonales System.**<sup>1)</sup> Holoëdrische Klasse. Die Regelmässigkeit des Baues dieser Krystalle wird durch fünf Symmetrieebenen beherrscht, von

<sup>1)</sup> Viergliedriges System, oder zwei- und einaxiges System nach Weiss, pyramidales System nach Mohs, monodimetrisches System nach Hausmann, tetragonales System nach Naumann, quadratisches System nach anderen Autoren.

welchen vier paarweise gleich sind, während die fünfte, die Haupt-Symmetrieebene, von jenen verschieden ist. Setzt man die letztere in die Ebene des Papieres und begrenzt sie durch einen Kreis wie in Fig. 97, so erscheinen jene vier Ebenen zu Linien verkürzt. Die Ebene  $AA$  ist gleich der dazu senkrechten  $A'A'$ , und ebenso ist die Ebene  $EE$  gleich der dazu senkrechten  $E'E'$ . Gegenüber dem vorigen System besteht also der Unterschied, dass erstens zwei Hauptschnitte gleich sind, und dass zweitens in diagonalen Stellung zu diesen noch zwei gleiche Hauptschnitte hinzukommen. So wird der Raum in sechzehn gleiche Theile getheilt.

Fig. 97.



Die vier Ebenen, welche paarweise gleich sind, schneiden sich in einer Linie, welche auf der Haupt-Symmetrieebene senkrecht ist und Hauptaxe genannt wird. Die Krystalle werden gewöhnlich so gestellt, dass diese aufrecht zu stehen kommt. Die beiden andern Axen ergeben sich aus den Durchschnitten zweier von den anderen Ebenen, nämlich  $AA$  und  $A'A'$  mit der Haupt-Symmetrieebene. Die Axen sind demnach senkrecht aufeinander, wie im rhombischen System, aber die beiden horizontalen Axen sind einander gleich. Das Axenverhältnis ist  $a : a : c$ , was man auch  $1 : 1 : \frac{c}{a}$  schreibt.

Die Flächencomplexe, welche hier vorkommen, sind entweder ein Flächenpaar oder sie bestehen aus vier, acht oder aus sechzehn Flächen.

A) Endflächen. Eine Fläche, die zur Hauptebene parallel ist, genügt im Vereine mit ihrer Gegenfläche den Forderungen der Symmetrie. Somit ergibt sich das Endflächenpaar  $(\infty a : \infty a : c) = (001) = 0P$ , welches zur Hauptaxe senkrecht ist. Dasselbe wird auch Pinakoid oder Basis genannt.

Die Querfläche und Längsfläche sind den Hauptschnitten  $AA$  und  $A'A'$  parallel, welche untereinander gleich sind. Daher treten jene Flächen gleichzeitig auf und geben ein vierflächiges Prisma, welches gewöhnlich das verwendete Prisma heisst und dessen Bezeichnung  $(a : \infty a : \infty c) = (100) = \infty P\infty$  ist.

Die Combination dieses Prisma mit den Endflächen erscheint in Fig. 98.

Fig. 98.

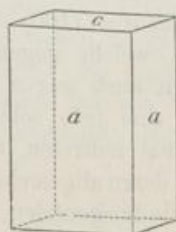


Fig. 99.



B) Prismenflächen. Die Flächen des aufrechten Prisma können so liegen, dass sie einem Hauptschnitt  $E$  parallel sind, dann entsteht ein vierflächiger Complex, das Prisma schlechtweg genannt, dessen Flächen die horizontalen Axen in gleichen Entfernungen schneiden, wonach die Bezeichnung  $(a : a : \infty c) = (110) = \infty P$  wird. Fig. 99 zeigt die Combination des Prisma  $m$  mit dem verwendeten Prisma  $a$  und der Basis  $c$ .

entweder  
z. B. der  
Flächen  
als sie  
phenoid  
rhombische

fallen.  
positiven  
hebt  
rflächig.  
Krystalle

welche  
s l und

er, oder  
ein, wie  
drische  
rm ver-  
en sind,

ich eine  
er Axe  
der drei  
iel gibt  
he, von  
pyramide

ssigkeit  
ht, von  
s System  
quadra-

Der Querschnitt des Prisma und der des verwendeten Prisma verhalten sich wie das Quadrat zu dem umschriebenen Quadrate, welches gegen das vorige um  $45^\circ$  verwendet erscheint.

Wenn die Fläche des aufrechten Prisma nicht parallel zu  $E$  ist, so muss sich dieselbe achtmal wiederholen, weil jeder der acht gleichen Räume zwischen den Hauptschnitten  $AA$  und  $E$  eine solche Fläche fordert. Dies gibt ein achtseitiges Prisma, dessen Flächen die horizontalen Axen in ungleichen Entfernungen treffen:  $(a : na : \infty c) = (h k 0) = \infty Pn$ .

Die Flächen des Querprisma und jene des Längsprisma sind senkrecht zu den gleichen Hauptschnitten  $AA$  und  $A'A'$ , daher werden alle diese Flächen zugleich auftreten und eine achtflächige geschlossene Form geben, welche die verwendete Pyramide genannt wird. Ein Beispiel ist in Fig. 100 dargestellt. Die Bezeichnung ist  $(a : \infty a : c) = (101) = P\infty$  für die primäre Form, doch können auch andere verwendete Pyramiden auftreten, deren Flächen die eine horizontale Axe und die verticale Axe in einem anderen Verhältnisse als  $a : c$  schneiden, so dass die allgemeine Bezeichnung für alle verwendeten Pyramiden  $(a : \infty a : mc) = (h 0 l) = m P\infty$  sein wird.

Fig. 100.

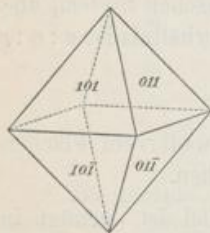


Fig. 101.

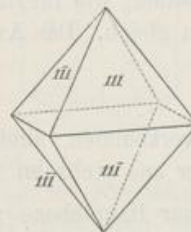


Fig. 102.

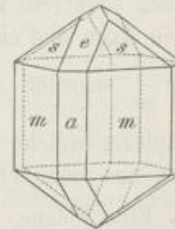
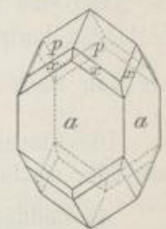


Fig. 103.



C) Pyramidenflächen. Eine Pyramidenfläche, welche gegen die Hauptschnitte  $AA$  und  $A'A'$  gleich geneigt ist, wird in jedem Octanten bloß einmal auftreten, weil sie zu dem Hauptschnitte  $E$  senkrecht ist. Jede solche Fläche schneidet die beiden horizontalen Axen in gleichen Entfernungen. Die aus acht solchen Flächen bestehende, geschlossene Form heisst Pyramide schlechtweg, und die Bezeichnung ist  $(a : a : c) = (111) = P$  für die primäre, hingegen  $(a : a : mc) = (h h l) = m P$  für alle stumpferen und spitzeren Pyramiden. In Fig. 101 ist eine Pyramide dargestellt, während Fig. 102 die am Zinnerz vorkommende Combination der Pyramide  $s = (111)$  mit der verwendeten Pyramide  $e = (101)$ , dem Prisma  $m = (110)$  und dem verwendeten Prisma  $a = (100)$  darstellt.

Pyramidenflächen, welche gegen die Hauptschnitte  $AA$  und  $A'A'$  ungleich geneigt sind, erscheinen auch gegen die zwei anderen Hauptschnitte  $E$  ungleich geneigt, folglich wird eine jede solche Fläche in jedem Octanten zweimal, im Ganzen also sechzehnmal auftreten, was auf die geschlossene Form einer achtseitigen Pyramide führt, deren allgemeine Bezeichnung  $(a : na : mc) = (h k l) = m Pn$  ist, weil ihre Flächen die horizontalen Axen in ungleichen Entfernungen schneiden.

In Fig. 103 ist eine Combination des Zirkons abgebildet, in welcher die Pyramide  $p = (111)$ , das verwendete Prisma  $a = (100)$ , ferner die achtseitige Pyramide  $x = (a : 3a : 3c) = (311) = 3 P3$ .

Die Combination am Zinnerz, Fig. 104, zeigt ausser dem Prisma  $m = (110)$ , der Pyramide  $s = (111)$  und der verwendeten Pyramide  $e = (101)$  noch die achtseitige Pyramide  $z = (a : \frac{2}{3}a : 3c) = (321) = 3P\frac{2}{3}$  und das achtseitige Prisma  $r = (a : 2a : \infty c) = (210) = \infty P2$ . Die Fig. 105 gibt die sphärische Projection.

Fig. 104.

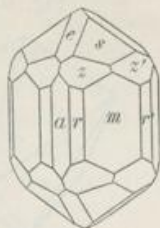
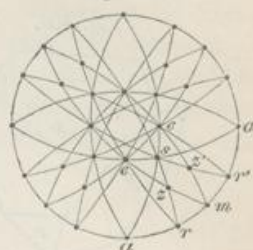


Fig. 105.



Die Naumann'sche Nomenclatur der Krystallformen wird aus den folgenden Beispielen genügend klar werden:

Achtseitige oder ditetragonale Pyramide	$(a : \frac{2}{3}a : 3c) = (321) = 3P\frac{2}{3}$
Achtseitiges oder ditetragonales Prisma	$(a : \frac{2}{3}a : \infty c) = (320) = \infty P\frac{2}{3}$
Pyramide erster Art oder Protopyramide	$(a : a : \frac{1}{2}c) = (112) = \frac{1}{2}P$
Pyramide erster Art	$(a : a : c) = (111) = P$
Prisma erster Art oder Protoprisma	$(a : a : \infty c) = (110) = \infty P$
Pyramide zweiter Art, verwendete Pyramide oder Deuteropyramide	$(a : \infty a : c) = (101) = P\infty$
Prisma zweiter Art, verwendetes Prisma oder Deuteroprisma	$(a : \infty a : \infty c) = (100) = \infty P\infty$
Pinakoid oder Basis	$(\infty a : \infty a : c) = (001) = 0P$

**37. Hemiédrische Klassen.** Zu dem tetragonalen Systeme zählen auch zwei hemiédrische Abtheilungen, deren eine die sphenoidische, die andere die pyramidale Hemiédrie genannt wird.

Die sphenoidische Hemiédrie entspricht vollkommen der beim rhombischen System erwähnten hemiédrischen Abtheilung, indem auch hier die Octanten bloß abwechselnd gleich erscheinen. Die acht Räume, welche durch die beiden Ebenen  $A$  und durch die Hauptebene gebildet werden, Fig. 97, sind also bloß zu vieren einander gleich, deren Lage zu den anderen vier eine abwechselnde ist. Werden die ersten vier als positiv bezeichnet, so sind die anderen vier als negativ zu nehmen. Um zu erfahren, welche Formen in dieser Abtheilung auftreten, denkt man wiederum an die Lage der Flächennormalen. Liegen die Normalen einer Form in den Grenzen der Octantenräume, so haben sie gleichzeitig positiven und negativen Charakter. Bezüglich des Auftretens der zugehörigen Flächen heben sich die Wirkungen der Hemiédrie auf. Daher bleiben die Basisflächen paarig, es bleiben Prisma und verwendetes Prisma vierflächig, das achtseitige Prisma und die verwendete Pyramide achtflächig.

Liegen die Normalen nicht in einem der drei genannten Hauptschnitte, sondern im Octantenraume, so wird die Wirkung der Verschiedenheit der abwechselnden Octanten eintreten. Von den Flächen der Pyramide erster Art sind daher jetzt bloß vier einander gleich und bilden das positive Sphenoid, die

vier anderen das negative. Fig. 106. Von den Flächen der ditetragonalen Pyramide sind diejenigen unter einander gleich, welche in den positiven Octanten liegen. Sie bilden das positive tetragonale Skalenoëder. Fig. 107. Die anderen acht

Fig. 106.

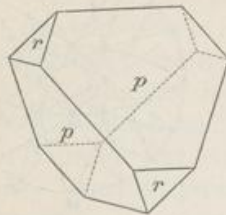
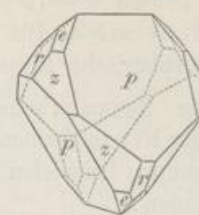


Fig. 107.



Fig. 108.



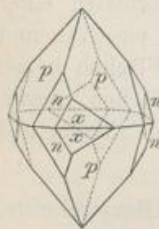
geben das negative tetragonale Skalenoëder. In den sphenoidisch-hemiëdrischen Formen bleiben bloß die Symmetrieebenen  $E$  erhalten.

Miller bezeichnet die hemiëdrischen Formen dieser Abtheilung durch Vorsetzung eines  $z$  vor das Symbol der entsprechenden holoëdrischen Form.  $z(111)$  ist also ein positives Sphenoid,  $z(1\bar{1}\bar{3})$  ein negatives Sphenoid etc. Naumann schreibt  $-\frac{P}{2}$  und  $-\frac{\frac{1}{2}P}{2}$  etc. Dieses  $z$  sollte aber in allen Zeichen der hemiëdrischen Formen wiederkehren, obwohl dies nach Miller nicht geschieht. Sonach würde  $z(110)$  das hemiëdrische Prisma bezeichnen, welches wohl geometrisch, aber nicht physikalisch dem Prisma (110) gleich ist.

An dem Kupferkieskrystall, Fig. 106, hat man die Combination  $z(111)$  und  $z(1\bar{1}\bar{1})$ , also die beiden primären Sphenoide  $p$  und  $r$ , wogegen an dem in Fig. 108 abgebildeten Krystall desselben Minerals ausserdem noch die verwendete Pyramide  $e = z(101)$  und eine andere verwendete Pyramide  $z = z(201)$  auftreten.

**38.** Die pyramidale Hemiëdrie umfasst solche Krystalle, in welchen die acht Räume zwischen den Hauptschnitten  $A$  und  $E$  bloß abwechselnd gleich sind (s. Fig. 97). Wenn auch hier wiederum die Lage der Flächennormalen berücksichtigt wird, so ergibt sich, dass an allen Formen, deren Normalen in die Hauptschnitte  $A$  und  $E$  fallen, keine abwechselnde Verschiedenheit der Flächen eintreten wird. Daher werden in dieser Abtheilung vollflächig auftreten: das Pinakoid, die Pyramide erster, jene zweiter Art, ebenso das Prisma erster und jenes zweiter Art.

Fig. 109.



Die Normalen der Flächen jeder ditetragonalen Pyramide fallen in den Raum zwischen den Hauptschnitten  $A$  und  $E$ , ebenso jene der Flächen des ditetragonalen Prisma; daher zeigt sich hier die Wirkung der Hemiëdrie, und es ergibt sich eine positive und eine negative Tritopyramide, ebenso ein positives und ein negatives Tritoprisma. Die Bezeichnung geschieht nach Miller durch ein vorgesetztes  $\pi$ . In dieser hemiëdrischen Abtheilung zeigt sich nur die Hauptebene als Symmetrieebene erhalten.

Ein Beispiel sind die Krystalle des Scheelits, deren einer in Fig. 109 dargestellt ist. Die Flächen  $x$  gehören einer Tritopyramide  $\pi(421)$  an. Sie treten bloß an einer Seite der Flächen  $n$  auf, welche der verwendeten Pyramide  $\pi(201)$  entsprechen, wofern  $p$  die Pyramide  $\pi(111)$  ist.

**39. Hexagonales System.**<sup>1)</sup> Holoëdrische Klasse. Die Formen dieser Abtheilung sind durch sieben Symmetrieebenen beherrscht, von welchen jedoch sechs Ebenen zu dreien einander gleich sind, während die siebente, die Haupt-Symmetrieebene, von jenen verschieden ist. Legt man die letztere in die Ebene des Papiers und begrenzt sie durch einen Kreis, so werden die anderen als Linien erscheinen, von welchen die einen *A* sich unter 60° schneiden, und die anderen *E* bei gleicher gegenseitiger Stellung die Winkel der vorigen halbiren. Fig. 110. Gegenüber dem früheren Systeme zeigt sich eine Gleichheit darin, dass

Fig. 110.

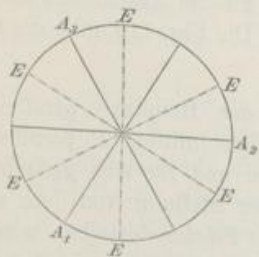


Fig. 111.

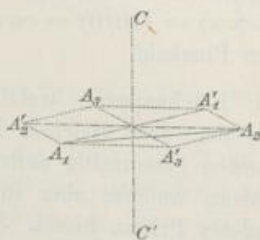
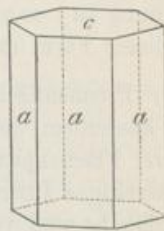


Fig. 112.



auch hier ein Hauptschnitt auf allen übrigen senkrecht ist, es zeigt sich aber ein Unterschied, indem die anderen Hauptschnitte sich nicht rechtwinkelig, sondern unter Winkeln von 30°, 60° u. s. w. treffen. Die Hauptschnitte theilen den Raum in 24 gleiche Theile.

Die zu dreien einander gleichen Symmetrieebenen schneiden sich in einer einzigen Linie, der Hauptaxe, die wiederum auf der Hauptebene senkrecht ist. Auch hier wird die Hauptaxe aufrecht gestellt. Die übrigen Axen ergeben sich aus den Durchschnitten der drei Ebenen mit der Hauptebene. Die Symmetrie dieser Abtheilung kommt also am besten zum Ausdrucke, wenn man sich nicht wie Miller mit drei Axen begnügt, sondern nach dem Vorgange von Weiss und Bravais deren vier annimmt. Die Hauptaxe ist senkrecht zu drei horizontalen Axen, welche einander gleich sind. Damit die Symmetrie auch in der Flächenbezeichnung hervortrete, werden an den drei horizontalen Axen jene Aeste, welche um 120° von einander abstehen, als positiv genommen, die anderen negativ. Ist also in Fig. 111 der eine Ast *A*<sub>1</sub> positiv, so ist der folgende *A*'<sub>3</sub> der negative Ast der dritten Axe, dann folgt *A*<sub>2</sub>, der positive Ast der zweiten Axe u. s. w.

Das Axenverhältnis ist  $a : a : a : c$ , wofür man  $1 : 1 : 1 : \frac{c}{a}$  schreibt.

Die Flächencomplexe, welche hier vorkommen, sind entweder ein Flächenpaar, oder sie bestehen aus sechs oder zwölf oder vierundzwanzig Flächen. Sie ergeben sich aus der Symmetrie in derselben Weise wie im tetragonalen System. Nur bei der Bezeichnung ist darauf zu achten, dass eine Fläche, welche zwei

<sup>1)</sup> Sechsgliedriges oder drei- und einaxiges System nach Weiss; rhomboëdrisches System nach Mohs, monotrimetrisches System nach Hausmann, hexagonales System nach Naumann.

ramide  
liegen.  
n acht

miëdri-

h Vor-  
z(111)  
umann

hemië-

Sonach  
etrisch,

1) und  
ig. 108

Pyra-  
freten.

ten die

h sind  
berück-

Haupt-  
en ein-

nakoid,  
er Art.

ramide  
nd *E*,

r zeigt  
h eine

ositives  
t nach

heilung  
n.

einer  
π (421)

ndeten

Axen in gleicher Entfernung  $a$  trifft, den zwischenliegenden Ast der dritten Axe in der Entfernung  $\frac{1}{2}a$  schneidet, wie dies leicht aus Fig. 111 zu ersehen.

A) Endflächen. Das der Hauptebene parallele Flächenpaar entspricht für sich allein der Symmetrie dieses Systems. Bezeichnung  $(\infty a : \infty a : \infty a : c) = (0001) = 0P$ . Das Pinakoid oder die Basis.

Die Flächenpaare, welche zu den drei gleichen Hauptschnitten  $A$  parallel sind, müssen gleichzeitig auftreten. Sie geben ein sechsseitiges Prisma, welches schlechtweg Prisma genannt wird. Die Flächen desselben sind sowohl der aufrechten als auch einer horizontalen Axe parallel und demzufolge gegen die beiden anderen Axen gleich geneigt, bilden also an diesen gleiche Abschnitte, daher die Bezeichnung  $(a : \infty a : a' : \infty c) = (10\bar{1}0) = \infty P$ . Die Fig. 112 gibt die Combination dieser Form mit dem Pinakoid.

B) Prismenflächen.<sup>1)</sup> Flächenpaare, welche der Hauptaxe parallel sind, können ausserdem auch zu den drei gleichen Hauptschnitten  $E$  parallel sein. Diese drei Flächenpaare werden gleichzeitig auftreten und für sich gedacht auch ein sechsseitiges Prisma geben, welches aber in der Stellung von dem vorigen verschieden ist und verwendetes Prisma heisst. Jede Fläche desselben wird zwei der horizontalen Axen in gleicher Entfernung  $a$ , die dritte aber in der halben Entfernung  $\frac{1}{2}a$  schneiden, daher die Bezeichnung  $(a : a : \frac{1}{2}a' : \infty c) = (11\bar{2}0) = \infty P2$ . Bei dem Naumann'schen Symbol, in welchem der erste Coëfficient rechts, der letzte links von dem  $P$  geschrieben wird, muss man sich daran erinnern, dass  $a : a : \frac{1}{2}a' : \infty c = 2a : 2a : a' : \infty c$ .

Fig. 113 stellt die Combination des Prisma mit dem verwendeten Prisma und dem Pinakoid dar. Der Querschnitt des einen Prisma verhält sich zu dem des anderen wie ein reguläres Sechseck zu dem umschriebenen regulären Sechseck.

Eine aufrechte Prismenfläche, welche weder zu einem Hauptschnitte  $A$ , noch zu einem Hauptschnitte  $E$  parallel ist, wird sich zwölfmal wiederholen, da jeder der zwölf gleichen Räume zwischen den erwähnten Hauptschnitten eine solche Fläche fordert. Dies gibt ein zwölfseitiges Prisma, dessen Flächen die drei horizontalen Axen in ungleichen Entfernungen schneiden. Die Bezeichnung ist allgemein  $(na : pa : a' : \infty c) = (hik0) = \infty Pn$ .

Eine Fläche, welche zu einer horizontalen Axe parallel ist und die übrigen Axen schneidet, hat eine den horizontalen Prismen der früheren Systeme entsprechende Lage. Sie wird zwei der horizontalen Axen in gleicher, die aufrechte Axe in einer anderen Entfernung schneiden und wird oberhalb der Hauptebene sechsmal und unterhalb derselben auch sechsmal auftreten, was eine sechsseitige Doppelpyramide ergibt. Fig. 114. Diese aus zwölf Flächen bestehende geschlossene Form wird kurzweg die Pyramide, von manchen Autoren auch das Dihexaëder genannt und wird mit  $(a : \infty a : a' : c) = (10\bar{1}1) = P$  bezeichnet, wofern die primäre

<sup>1)</sup> Die Classification der Flächen erfolgt hier nach Analogie des tetragonalen Systems. Diese Analogie ist bei der früheren rein geometrischen Behandlung der Krystallographie nicht in Betracht gezogen worden, weshalb die Nomenclatur der Formen beider Systeme nicht übereinstimmt.



Pyramide gemeint ist, während alle stumpferen und alle spitzeren Pyramiden unter die allgemeine Bezeichnung  $(a : \infty a : a' : mc) = (h0\bar{h}l) = mP$  fallen.

Die Pyramide hat dieselbe Stellung wie das Prisma, ihre Flächen bilden mit jener des Prisma drei verticale Zonen. Fig. 115 zeigt die Combination der Pyramide mit dem Prisma und dem Pinakoid, welche am Grünbleierz beobachtet wird.

Fig. 113.



Fig. 114.

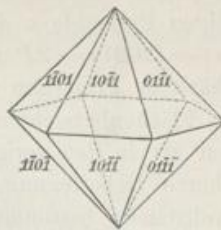


Fig. 115.



C) Pyramidenflächen. Eine Pyramidenfläche kann so gelagert sein, dass sie zwei der horizontalen Axen in gleicher Entfernung schneidet. Sie wird sodann die dazwischen liegende dritte der horizontalen Axen in halber Entfernung treffen. Eine solche Fläche wird oberhalb der Hauptebene sechsmal und unterhalb dieser Ebene ebensovielmal wiederkehren, so dass eine geschlossene Form entsteht, welche zwölf Flächen besitzt und ebenfalls eine sechsseitige Doppelpyramide bildet. Sie wird die verwendete Pyramide genannt, weil ihr horizontaler Schnitt sich zu demjenigen der Pyramide so verhält, wie das umschriebene zu dem eingeschriebenen Sechseck, also gegen dieses um  $30^\circ$  verwendet ist. Sie besitzt gleiche Stellung mit dem verwendeten Prisma, ihre Flächen bilden mit den Flächen des letzteren drei verticale Zonen. Ihre Bezeichnung ist  $(2a : 2a : a' : 2c) = (11\bar{2}1) = 2P2$ , wofern die primäre Form anzugeben ist und  $(2a : 2a : a' : mc) = (h, h, 2h, l) = mP2$  im Allgemeinen. Die verwendete Pyramide  $(11\bar{2}2) = P2$ , als jene, welche die halbe Höhe der primären besitzt, stumpft die Kanten der primären Pyramide  $(10\bar{1}1)$  ab. In Fig. 116 ist eine am Beryll auftretende Combination dargestellt, welche das Prisma  $(10\bar{1}0) = \infty P$ , die verwendete Pyramide  $(11\bar{2}1) = 2P2$  und das Pinakoid erkennen lässt, während die Combination in Fig. 117 ausser diesen Flächen auch noch die Pyramide  $p = (10\bar{1}1)$  darbietet.

Fig. 116.



Fig. 117.

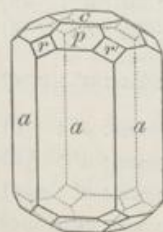
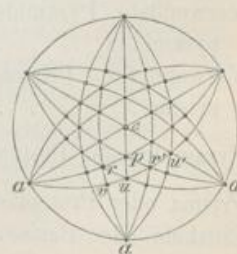


Fig. 118.



Fig. 119.



Eine Pyramidenfläche, welche zu den gleichartigen Hauptschnitten ungleich geneigt ist und demnach die drei horizontalen Axen in drei ungleichen Entfernungen schneidet, muss sich zu jeder Seite der Hauptebene zwölfmal wieder-

holen, was eine zwölfseitige Pyramide gibt, deren allgemeine Bezeichnung hier  $na : pa : a' : mc = (h\bar{i}k\bar{l}) = mPn$  sein wird. Dieses Zeichen ist so zu schreiben, dass  $p$  grösser als  $n$  ist und dem entsprechend  $h > i$  wird.

In Fig. 118 ist ein Beryllkrystall gezeichnet, welcher ausser den in der vorigen Figur erkennbaren Flächen auch noch die einer spitzeren Pyramide  $u$  und einer zwölfseitigen Pyramide  $v$  darbietet. Aus den Zonen ergibt sich, dass  $u = (a : \infty a : a' : 2c) = (20\bar{2}1) = 2P$  und  $v = (\frac{2}{3}a : 3a : a' : 3b) = (21\bar{3}1) = 3P\frac{2}{3}$ . Fig. 119 ist die sphärische Projection der Formen des letzten Krystalls.

Bezüglich der Flächenbezeichnung erkennt man in diesem System eine grössere Complication als in den vorigen, weil vier Axen angenommen wurden, jedoch zeigt eine kurze Ueberlegung, dass die Lage jeder Fläche gegen die horizontalen Axen vollständig bestimmt ist, wofern die Abschnitte an zwei dieser Axen bekannt sind. Der Abschnitt an der dritten ergibt sich dann von selbst, und zwar zeigt eine einfache Betrachtung, dass  $p = \frac{n}{n-1}$  und dass folglich  $h + i = -k$ , wonach man bloß zwei der Indices, welche sich auf die horizontalen Axen beziehen, zu kennen braucht, indem der dritte stets die negative Summe der beiden ersten ist. Für die Berechnung der Zonenzeichen und für die Ermittlung der Flächenindices aus letzteren benutzt man daher auch in diesem Systeme bloß drei Indices, indem man den Index der dritten horizontalen Axe consequent weglässt; demnach würden für die Berechnung der in Fig. 117 und 118 vorkommenden Flächen die Zeichen  $c = 001$ ,  $p = 101$ ,  $r = 111$ ,  $a = 100$ ,  $u = 201$ ,  $v = 211$  erhalten.

Naumann erreicht eine grössere Einfachheit der Bezeichnung dadurch, dass er immer bloß zwei der horizontalen Parameter berücksichtigt, den dritten, der sich von selbst versteht, weglässt. Im Vorhergehenden ist die Weiss'sche Bezeichnung so eingerichtet, dass man, wie die Gleichstellung  $(na : pa : a' : mc) = mPn$  zeigt, in jener sogleich die Werthe  $m$  und  $n$  für das Naumann'sche Symbol findet und die zweite Axe unberücksichtigt lässt, z. B.  $(\frac{2}{3}a : 4a : a' : 4c) = 4P\frac{2}{3}$ .

Die übliche Nomenclatur wird in folgenden Beispielen angeführt:

Zwölfseitige Pyramide oder dihexagonale	
Pyramide . . . . .	$(na : pa : a' : mc) = (h\bar{i}k\bar{l}) = mPn$
Zwölfseitiges Prisma oder dihexagonales	
Prisma . . . . .	$(na : pa : a' : \infty c) = (h\bar{i}k\bar{0}) = \infty Pn$
Verwendete Pyramiden oder Deutero-	$\left\{ \begin{aligned} (2a : 2a : a' : 2c) &= (11\bar{2}1) = 2P2 \\ (2a : 2a : a' : c) &= (11\bar{2}2) = P2 \end{aligned} \right.$
pyramiden . . . . .	
Verwendetes Prisma oder Deutero-	$\left. \begin{aligned} (2a : 2a : a' : \infty c) &= (11\bar{2}0) = \infty P2 \end{aligned} \right\}$
prisma . . . . .	
Pyramide oder Protopyramide . . . . .	$\left\{ \begin{aligned} (a : \infty a : a' : c) &= (10\bar{1}1) = P \\ (a : \infty a : a' : \frac{1}{2}c) &= (10\bar{1}3) = \frac{1}{2}P \end{aligned} \right.$
Prisma oder Protoprisma . . . . .	$(a : \infty a : a' : \infty c) = (10\bar{1}0) = \infty P$
Pinakoid oder Basis . . . . .	$(\infty a : \infty a : \infty a' : c) = (0001) = 0P.$

**40. Rhomboëdrisch-hemiëdrische Klasse.** In dieser Abtheilung verhalten sich die zwölf Räume (Duodecanten), welche durch die Hauptschnitte  $A$  und die Hauptebene gebildet werden, bloß abwechselnd gleich. Wird nun wiederum

die La  
des P  
Haupt  
Weise  
in der  
der P  
die rh

zwar  
welch  
sein,  
inges  
paarw  
laufen  
sind u  
jenen

der P  
sich  
durch  
scheid  
Falle  
dritte  
samm  
fläche  
im z  
zweit  
Fläch  
Geger  
das  
zukeh  
das ei  
Rhom  
vor d  
welch  
nämli

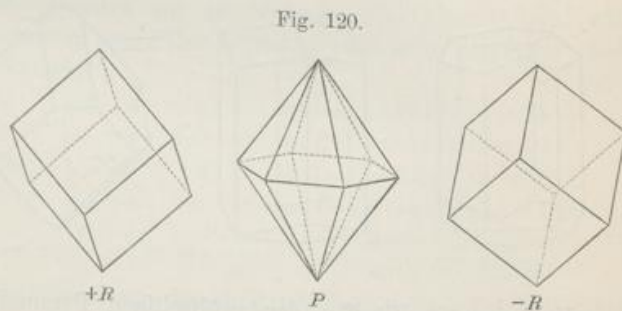
inden  
p (01

positi  
schni  
schni  
obgle  
T<sub>2</sub>

die Lage der Flächennormalen berücksichtigt, so ergibt sich, dass die Normalen des Pinakoides, der verwendeten Pyramide und aller Prismen in den genannten Hauptschnitten liegen, also den gleichen und ungleichen Duodecanten in gleicher Weise zukommen. Diese Formen treten daher mit derselben Flächenzahl auf, wie in der holoëdrischen Abtheilung. Innerhalb der Duodecanten liegen die Normalen der Pyramide und der zwölfseitigen Pyramide, daher werden diese Formen durch die rhomboëdrische Hemiëdrie zerlegt.

Von den zwölf Flächen der Pyramide werden also die abwechselnden sechs zwar einander gleich sein, aber sich anders verhalten als die übrigen sechs, welche wieder untereinander gleich sind; daher können auch die einen vorhanden sein, die anderen fehlen. Die Form, welche von den sechs gleichen Flächen eingeschlossen wird, ist ein Rhomboëder. Die Flächen jedes Rhomboëders sind paarweise parallel. Die Kanten sind zweierlei. Die drei von der Spitze herablaufenden und die von der unteren Spitze heraufkommenden, also die Polkanten sind untereinander gleich, während die im Zickzack herumlaufenden Kanten von jenen verschieden und untereinander gleich sind.

Aus jeder Pyramide können zwei Rhomboëder abgeleitet werden, z. B. aus der Pyramide in Fig. 120 die beiden daneben gezeichneten Rhomboëder, welche



sich geometrisch bloss durch die Stellung unterscheiden. In dem ersten Falle erscheint die erste, dritte, fünfte Fläche sammt den drei Gegenflächen als Rhomboëder, im zweiten Falle die zweite, vierte, sechste Fläche sammt ihren Gegenflächen. Wenn das eine Rhomboëder im oberen Theile gegen den Beschauer eine Fläche zukehrt, so wird das andere ihm eine Kante zukehren. Zur Unterscheidung wird das eine als positives, das andere als negatives Rhomboëder bezeichnet. Weil das Rhomboëder einer besonderen parallelfächigen Hemiëdrie entspricht, so wird man vor die Indices ein  $\rho$  setzen. Demnach können zwei Rhomboëder vorkommen, welche Flächen von derselben Neigung haben, wie die Pyramide  $(10\bar{1}1) = P$ , nämlich die beiden Rhomboëder  $\rho(10\bar{1}1) = +R$  und  $\rho(01\bar{1}1) = -R$ .

Die Rhomboëder können bei demselben Mineral spitzer oder stumpfer sein, indem sie einer spitzeren oder stumpferen Pyramide entsprechen. Das Rhomboëder  $\rho(01\bar{1}1)$  ist spitzer als das Rhomboëder  $\rho(01\bar{1}4)$ .

Alle rhomboëdrischen Formen, folglich auch alle Rhomboëder, ob sie nun positive oder negative sind, besitzen drei Symmetrieebenen, indem die Hauptschnitte  $E$  gleichsam erhalten bleiben. Jede Rhomboëderfläche ist zu einem Hauptschnitte senkrecht, daher sind die Flächen der Rhomboëder monosymmetrisch, obgleich sie für sich als Rhomben erscheinen.

Tschermak, Mineralogie. 5. Auflage.

ng hier  
reiben.  
in der  
mide u  
h, dass  
= 3P.  
n eine  
wurden.  
en die  
dieser  
st, und  
h + i  
a Axen  
beiden  
ng der  
los drei  
eglässt;  
flächen  
en.  
h, dass  
n, der  
zeich-  
= mPn  
l findet  
.  
mPn  
∞Pn  
2P2  
P2  
∞P2  
P  
1/2P  
∞P  
0P.  
ng ver-  
nitte A  
ederum



In der Bezeichnung zeigt sich bei Naumann eine Abweichung, indem für das Rhomboëder nicht die einer Hemiëdrie entsprechende Bezeichnung  $\frac{P}{2}$  gebraucht, sondern für das zur Vergleichung als Grundform gewählte Rhomboëder der Buchstabe  $R$  angewandt wird, so dass also  $\rho(10\bar{1}1) = R$ ,  $\rho(01\bar{1}1) = -R$ ,  $\rho(10\bar{1}4) = \frac{1}{4}R$ ,  $\rho(02\bar{2}1) = -2R$  etc.; auch das Prisma wird dem entsprechend bezeichnet, wonach  $\infty P$  und  $\infty R$  dieselbe Form bezeichnen.

Als einfache Beispiele rhomboëdrischer Combinationen sind die folgenden, welche am Calcit vorkommen, zu betrachten. Fig. 121 zeigt das Prisma  $(10\bar{1}0) = \infty R$  und ein stumpfes Rhomboëder  $\rho(01\bar{1}2) = -\frac{1}{2}R$ , die Fig. 122 dasselbe Rhomboëder mit dem verwendeten Prisma  $(11\bar{2}0) = \infty P2$ , ferner die Fig. 123 das Rhomboëder  $\rho(02\bar{2}1) = -2R$  mit dem Grundrhomboëder  $\rho(10\bar{1}1) = R$ . Aus der letzten Combination  $-2R$  und  $+R$  kann man die Regel entnehmen, dass jene Form, welche als Abstumpfung der herablaufenden Kanten eines Rhomboëders auftritt, ein Rhomboëder von halb so langer Hauptaxe in der anderen Stellung ist. Fig. 124 zeigt das Rhomboëder  $-2R$  und das verwendete Prisma  $\infty P2$ .

Fig. 121.

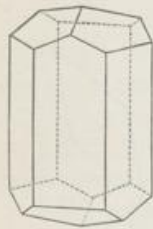


Fig. 122.



Fig. 123.

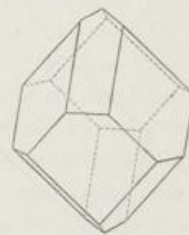
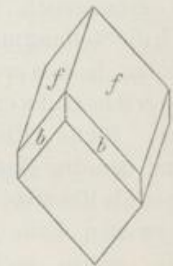


Fig. 124.



Von den 24 Flächen der zwölfseitigen Pyramide können der Hemiëdrie entsprechend zwölf vorhanden sein, während die andern zwölf fehlen. Da nun die zwölfseitige Pyramide in dem Raume, wo die sechsseitige Pyramide eine Fläche zeigt, deren zwei hat, so wird die hemiëdrische Form doppelt so viele Flächen haben als das Rhomboëder, indem statt jeder Fläche des Rhomboëders zwei Flächen auftreten. Diese zwölfblächige hemiëdrische Form wird das hexagonale Skalenoëder genannt. Fig. 125. Die herablaufenden Kanten sind abwechselnd gleich, während die Seitenkanten, welche wie beim Rhomboëder im Zickzack herumlaufen, alle untereinander gleich sind. Die Bezeichnung wird  $\frac{1}{2}(na : pa : a' : mc) = \rho(h\bar{i}k\bar{l})$  lauten, und es werden wiederum zwei Stellungen zu unterscheiden sein.

Weil die Seitenkanten des Skalenoëders dieselbe Lage haben wie die eines Rhomboëders der gleichen Stellung, so gründet Naumann hierauf seine Bezeichnung, indem er für jedes Skalenoëder das Zeichen des eingeschriebenen Rhomboëders  $uR$  setzt und rechts eine Ziffer  $v$  hinzufügt, welche angibt, wie vielmal die Hauptaxe des Skalenoëders länger ist, als die jenes Rhomboëders, also  $uRv$ .

Für das Skalenoëder in Fig. 125 ist das eingeschriebene Rhomboëder das primäre Rhomboëder  $R$ , die Hauptaxe des Skalenoëders ist aber dreimal so lang, als jene von  $R$ , daher erhält dieses Skalenoëder das Zeichen  $R3$ . In Fig. 126 ist die Combination  $R3$  mit  $R$  dargestellt. Fig. 127 gibt die Combination der Formen  $R3$  und  $\frac{1}{2}R3$ , während Fig. 128 das Rhomboëder  $4R$  mit  $R3$  combinirt zeigt.

Fig. 125.

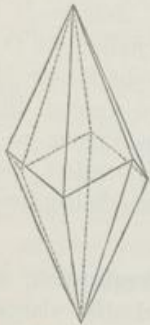


Fig. 126.

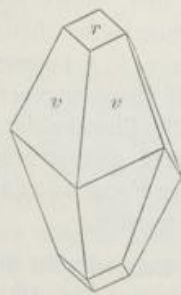


Fig. 127.

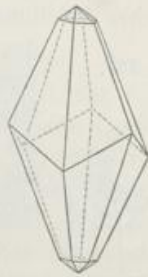


Fig. 128.



Um von dem Parametersymbol auf das Naumann'sche überzugehen, wählt man für die erstere Bezeichnung jene Flächen, deren zwei erste Parameter positiv sind, dann ergibt sich Folgendes:

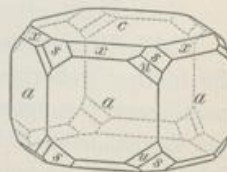
Positive Rhomboëder	$\frac{1}{2} ( a : \infty a : a' : mc ) = \rho ( h0\bar{h}l ) = mR$
" Skalenoëder	$\frac{1}{2} ( na : pa : a' : mc ) = \rho ( hi\bar{k}l ) = uRv$
Negative Rhomboëder	$\frac{1}{2} ( \infty a : a : a' : mc ) = \rho ( 0h\bar{h}l ) = mR$
" Skalenoëder	$\frac{1}{2} ( pa : na : a' : mc ) = \rho ( ih\bar{k}l ) = -uRv$

worin  $h > i$        $u = \frac{h-i}{l} = m \frac{2-n}{n}$        $v = \frac{h+i}{h-i} = \frac{n}{2-n}$

Miller geht bei der Behandlung der rhomboëdrischen und der hexagonalen Formen von dem Rhomboëder aus, welches ihm die drei Endflächenpaare darbietet, wonach den Kanten dieser Form parallel drei Axen gedacht werden, welche sich unter gleichen Winkeln schneiden. Das Rhomboëder ist sonach (100), das Pinakoid (111), das Prisma (211), das verwendete Prisma (101), das Rhomboëder  $-\frac{1}{2}R$  wird zu (011), doch ist Miller genöthigt, die hexagonale Pyramide als Combination zweier Rhomboëder darzustellen, was unnatürlich ist.

**41. Pyramidal-hemiëdrische Klasse.** Jene Art der Hemiëdrie des hexagonalen Systems, welche die pyramidale genannt wird, macht sich darin geltend, dass die zwölf Räume zwischen den Hauptschnitten  $A$  und  $E$  blos abwechselnd gleich erscheinen. In diesen Räumen liegen die Normalen der Flächen, welche die zwölfseitige Pyramide und das zwölfseitige Prisma bilden. Diese liefern infolge der Hemiëdrie neue Formen und führen auf eine sechsseitige Pyramide und auf ein sechsseitiges Prisma, welche beide in einer Stellung erscheinen, die zwischen jener

Fig. 129.



dem für  
 $\frac{P}{2}$  ge-  
mboëder  
= - R.  
prechend

lgenden.  
a (1010)  
dasselbe  
Fig. 123  
R. Aus  
dass jene  
mboëders  
lung ist.  
2.

lemiëdrie  
Da nun  
ide eine  
so viele  
mboëders  
das hexa-  
sind ab-  
ëder im  
ng wird  
tellungen

die eines  
Bezeich-  
n Rhom-  
e vielmal  
so u R v.

der Pyramide und der verwendeten Pyramide liegt. Diese Art der Hemiëdrie wurde von Haidinger am Apatit erkannt. Fig 129 gibt einen Krystall dieses Minerals an, der ausser dem Prisma  $a$ , der Pyramide  $x$  und der Endfläche  $c$  auch die verwendete Pyramide  $s$  und die hemiëdrische Pyramide  $u$  zeigt. Letztere erhält die Bezeichnung  $\pi$  (1231).

**42. Trapezoëdrisch-tetartoëdrische Klasse.** Die Regel, nach welcher die Formen dieser Tetartoëdrie gebildet sind, lautet dahin, dass nach vorausgegangener rhomboëdrischer Ableitung an rhomboëdrischen Krystallen die zwischen den Ebenen  $E$  gelegenen sechs Räume blos abwechselnd gleich angenommen werden. Hiernach bleiben die Rhomboëder, das Prisma  $\infty R$  und das Pinakoid geometrisch unverändert, während alle übrigen Formen von der neuerlichen Hemiëdrie betroffen werden.

Fig. 130.



Fig. 131.



Ein Beispiel gibt der Bergkrystall, der zuweilen die in Fig. 130 und 131 dargestellte Combination darbietet. Hier erscheint ein Rhomboëder  $p = R$ , das Prisma  $a = \infty R$  und das Rhomboëder  $z = -R$  vollständig, während die Skalenoëderflächen  $x = 4R \frac{2}{3}$  blos sechsmal auftreten, so dass diese Flächen für sich gedacht eine Gestalt liefern würden, welche von sechs Trapezflächen umschlossen wäre (Trapezoëder), ferner sieht man die Flächen der verwendeten Pyramide  $s$  auch nur sechsmal wiederkehren, so dass dieselben für sich eine trigonale Pyramide geben.

Die Formen, in welchen sich diese Art der Tetartoëdrie ausspricht, also im vorliegenden Beispiele die Flächen  $x$  und  $s$ , können wiederum entweder in der einen, der positiven Stellung auftreten oder in der anderen, der negativen. Eine Form mit positiven Flächen kann aber nicht durch eine Drehung dahin gebracht werden, dass sie nun der Form mit negativen Flächen gleicht, ebenso wenig findet das Umgekehrte statt. Die beiden correlaten Formen verhalten sich vielmehr zu einander wie die rechte Hand zur linken. Man hat also hier wiederum einen Fall der Enantiomorphie. Die beiden abgebildeten Formen des Quarzes sind enantiomorph, die erste stellt einen linken, die andere einen rechten Krystall dar.

**43. Rhomboëdrisch-tetartoëdrische Klasse.** Die Regel, nach welcher die hierher gehörigen Formen gebildet sind, kann so ausgedrückt werden, dass nach vorausgegangener rhomboëdrischer Ableitung die von den Hauptschnitten  $A$  und  $E$  gebildeten 12 Räume blos abwechselnd gleich angenommen werden. Hiernach unterliegen die Formen der Skalenoëder, der verwendeten Pyramide und des zwölfseitigen Prisma einer neuerlichen Hemiëdrie, während die übrigen Formen geometrisch unverändert erscheinen.

auftritt  
rhom  
 $m =$   
werde  
Skaler  
sie fü  
eine Z  
Rhom

zeichn  
an we  
beoba  
Fläch  
— 22  
ist. D  
Prism  
haben  
diese

axe n  
wirkt  
oder  
die u  
Prism  
soglei  
 $\infty R$   
eine S  
nur d  
unter  
setzur  
zerfäll

Abthe  
Symm  
Haupt  
bisch  
werde  
der v  
darge  
die E  
Hausn

Ein Beispiel ist der Dioptaskrystall in Fig. 132, an welchem ein Rhomboëder  $r$  auftritt, welches als  $-2R$  aufzufassen ist, weil die Flächen des Spaltungs-rhomboëders  $R$  seine Kanten abstumpfen, ferner das Prisma  $m = \infty P2$ , ausserdem aber noch die Flächen  $s$  beobachtet werden, welche letzteren dieselbe Lage haben, wie jene des Skalenoëders  $-2R\frac{1}{2}$ , dabei aber nur sechsmal auftreten, so dass sie für sich betrachtet ein Rhomboëder geben würden, welches eine Zwischenstellung hätte, die mit keiner Stellung der übrigen Rhomboëder übereinstimmt.

Fig. 132.

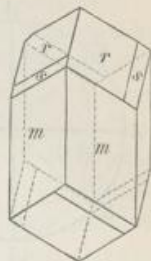
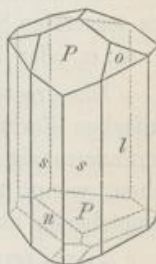


Fig. 133.



**44. Rhomboëdrisch-hemimorphe Klasse.** Ein ausgezeichnetes Beispiel aus dieser Abtheilung liefert der Turmalin, an welchem zuweilen die in Fig. 133 erscheinende Combination beobachtet wird. An dem oberen Ende des Krystalls treten die Flächen des Rhomboëders  $R$  und des negativen Rhomboëders  $-2R$  auf, während am unteren Ende  $R$  mit  $-\frac{1}{2}R$  combinirt ist. Die Prismenzone wird von den sechs Flächen des verwendeten Prisma, ferner von drei Flächen  $l$  gebildet, welche dieselbe Lage haben, wie das Prisma  $\infty R$ , welches durch die Hemimorphie diese Veränderung erfährt.

Der Hemimorphismus, welcher darauf beruht, dass die Hauptaxe nach oben und nach unten verschieden, also polar erscheint, wirkt demnach auf alle Flächen, welche zur Hauptaxe geneigt oder dazu senkrecht sind, in dem Sinne, dass er die obere und die untere Hälfte dieser Formen ungleich macht, er wirkt aber auch auf das Prisma, was durch den Anblick rhomboëdrischer Combinationen, z. B. Fig. 121, sogleich klar wird. Man erkennt hier, dass von den sechs Flächen des Prisma  $\infty R$  drei abwechselnde ein Eck nach oben kehren, während die anderen drei eine Seite nach oben wenden, dass also in Bezug auf den oberen Pol der Hauptaxe nur die abwechselnden Prismenflächen gleich sind. Wird dieser Pol von dem unteren verschieden, so zerfällt das Prisma in zwei ungleiche Hälften. Die Fortsetzung dieser Betrachtung lehrt, dass auch das zwölfseitige Prisma in zwei Hälften zerfällt, während das verwendete Prisma unverändert bleibt.

**45. Tesserales System.**<sup>1)</sup> Holoëdrische Klasse. Die Krystalle dieser Abtheilung erscheinen am regelmässigsten ausgebildet, da ihre Form auf neun Symmetrieebenen zurückzuführen ist. Diese zerfallen in drei untereinander gleiche Hauptschnitte, welche dieselbe Lage haben, wie die Hauptschnitte des rhombischen Systems, welche also auf einander senkrecht sind und mit  $A$  bezeichnet werden mögen, ferner in sechs gleiche Hauptschnitte, welche die rechten Winkel der vorigen halbiren und mit  $E$  bezeichnet sind. In Fig. 134 ist eine Kugel dargestellt, durch deren Centrum alle Hauptschnitte gehen. Die Linien, in welchen die Hauptschnitte  $A$  die Kugel treffen, sind stärker hervorgehoben, die zu den

<sup>1)</sup> Tessularisches System nach Werner, reguläres S. nach Weiss, isometrisches S. nach Hausmann, tesserales S. nach Naumann.

emiëdrie  
l dieses  
e c auch  
re erhält

welcher  
voraus-  
wischen  
blos ab-  
fiernach  
R und  
während  
emiëdrie

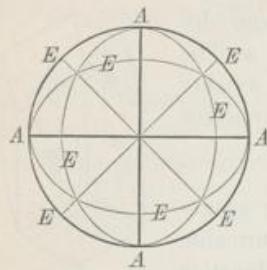
der zu-  
gestellte  
thombo-  
und das  
end die  
hen für  
ten um-  
endeten  
ch eine

at, also  
eder in  
gativen-  
; dahin  
ebenso  
erhalten  
so hier  
nen des  
rechten

welcher  
n, dass  
itten A  
fiernach  
s zwölf-  
en geo-

Hauptschnitten  $E$  gehörigen Linien sind schwächer angedeutet. Während im tetragonalen System bloß zwei Hauptschnitte  $A$  einander gleich waren und die dazu senkrechte Ebene ungleich (vergl. Fig. 97), sind hier alle drei einander gleich; während dort nur zwei fernere Hauptschnitte  $E$  in diagonalen Stellung hinzukamen, sind es hier sechs derlei Ebenen, welche die Winkel der vorigen halbiren. Das tesserale System erscheint also wie eine Vervollständigung des tetragonalen. Man findet aber auch leicht die Analogie mit den hexagonalen, speciell den rhomboëdrischen Krystallen, wofern man den Umstand berücksichtigt, dass die Hauptschnitte  $E$  sich auch unter Winkeln von  $60^\circ$  schneiden.

Fig. 134.



Die drei gleichen Hauptaxen  $A$  schneiden sich in drei aufeinander senkrechten Linien, welche zu Axen gewählt werden. Die drei rechtwinkeligen Axen des tesseralen Systems sind sonach einander gleich und das Axenverhältnis lautet  $a : a : a$ , oder  $1 : 1 : 1$ .

Die grosse Zahl der Symmetrieebenen bringt es mit sich, dass die Zahl der einfachen Formen eine bedeutende ist. Es gibt Complexe zu sechs, acht, zwölf, vierundzwanzig und achtundvierzig Flächen. Man kann dieselben leichter übersehen, wenn man diejenigen Formen zuerst betrachtet, deren Flächen zu den Hauptebenen im einfachsten Verhältnis stehen.

#### a) Endflächen.

Hexaëder. Drei zu den Hauptebenen parallele Flächenpaare geben das Hexaëder oder den Würfel. Fig. 135. Derselbe hat durchwegs rechtwinkelige Kanten und seine Flächen sind bei ebenmässiger Ausbildung des Krystalls Quadrate.

Fig. 135.

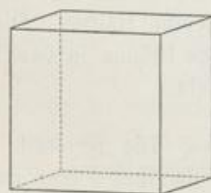


Fig. 136.

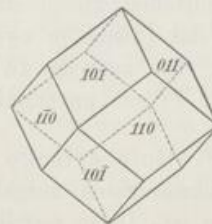


Fig. 137.



Die Kanten geben die Lage der Axen des tesseralen Systems an. Jede Fläche ist zwei Axen parallel, daher das Zeichen  $(a : \infty a : \infty a) = (100) = \infty O \infty$ . Man sieht, dass Naumann hier den Buchstaben  $O$  wählt (auf das Oktaëder bezüglich), und dass die Coëfficienten zu beiden Seiten desselben geschrieben werden, wobei für die Folge zu bemerken ist, dass bei Ungleichheit derselben der grössere links zu stehen kommt. Das Hexaëder ist eine häufig vorkommende Krystallform. Es tritt für sich am Bleiglanz, Fluorit, Steinsalz auf.



b) Prismenflächen.

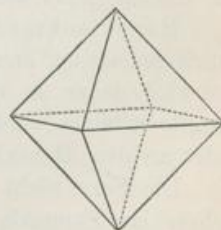
Rhombendodekaëder. Eine Fläche, die auf einer Hauptebene  $A$  senkrecht und gegen die beiden andern gleich geneigt, also einem Hauptschnitt  $E$  parallel ist, wird einer Axe parallel sein und zwei Axen in gleichen Entfernungen schneiden. Sie wird also zwischen den Aesten der Axen immer wiederkehren und im Ganzen zwölfmal auftreten. Dies führt auf das Rhombendodekaëder, Fig. 136, dessen Flächen bei ebenmässiger Ausbildung des Krystalls Rhomben sind, deren Diagonalen sich wie  $1 : \sqrt{2}$  verhalten. Die Bezeichnung der Form ist  $(a : a : \infty a) = (110) = \infty O$ . Die Kanten messen  $60^\circ$ , wie z. B. die Kante  $101 : 110$ , dagegen sind zwei Flächen, welche in der Figur einander die Spitzen zuwenden, zu einander senkrecht, ihre Neigung beträgt also  $90^\circ$ , z. B. die Flächen  $101 : 10\bar{1}$ . Das Rhombendodekaëder tritt für sich am Granat, am Rothkupfererz auf. Wegen des häufigen Auftretens am Granat wurde die Form wohl auch Granatöeder genannt.

Tetrakisheptaëder. Jede Fläche, die auf einer Hauptebene senkrecht und gegen die beiden anderen ungleich geneigt ist, wird zweimal so oft auftreten, als die Fläche der vorigen Form. Dies gibt eine von vierundzwanzig Flächen begrenzte Form, das Tetrakisheptaëder, Fig. 137, welches so aussieht, als ob auf jede Fläche eines Würfels eine vierseitige Pyramide aufgesetzt worden wäre. Letztere kann etwas flacher oder etwas steiler sein. Die Form hat zweierlei Kanten, die einen hat sie mit dem Hexaëder gemein, die anderen sind jene, welche von der Spitze der genannten Pyramiden ausgehen. Jede Fläche ist einer Axe parallel, während sie die beiden anderen in ungleichen Entfernungen trifft, wonach die Bezeichnung  $(a : na : \infty a) = (hk0) = \infty On$  wird. Die Form  $(a : 3a : \infty a) = (310) = \infty O3$  ist am Fluorit öfter in Combination mit dem Würfel zu beobachten,  $(210) = \infty O2$  am Gold u. s. w.

c) Pyramidenflächen.

Oktaëder. Eine zu den drei Hauptebenen gleich geneigte Fläche wird sich in jedem Octanten wiederholen, also ein Oktaëder liefern. Fig. 138: Bei ebenmässiger Ausbildung des Krystalls sind die Flächen dreiseitig, und zwar gleichseitige Dreiecke. Da die Flächen gegen die drei Axen gleich geneigt sind, folglich alle drei in gleichen Entfernungen treffen, so lautet die Bezeichnung  $(a : a : a) = (111) = O$ . Die Kanten sind unter einander gleich, und zwar messen dieselben  $70^\circ 31' 44''$ , z. B. die Kante  $111 : 1\bar{1}\bar{1}$ . Die Flächen, welche in der Fig. 138 die Spitzen gegen einander wenden, sind unter  $109^\circ 28' 16''$  gegen einander geneigt, z. B.  $111 : 1\bar{1}\bar{1}$ . Das Oktaëder ist die einfachste aus Pyramidenflächen bestehende holoëdrische Form des tesserale Systems. Es tritt für sich häufig am Magnetit, Spinell, Gold, Alaun auf.

Fig. 138.



Triakisoktaëder. Eine Fläche, die gegen zwei Hauptebenen gleich, gegen die dritte anders geneigt ist, wird in jedem Octanten dreimal auftreten, gehört also jedenfalls einer vierundzwanzigflächigen Form an. Jede solche Fläche wird die Axen so treffen, dass zwei Parameter gleich sind, während der dritte davon

rend im  
und die  
7), sind  
nur zwei  
g hinzu-  
leche die  
System  
es tetra-  
Analogie  
drischen  
sichtlich,  
keln von

er senk-  
en Axen  
is lautet

Zahl der  
, zwölf.  
er über-  
zu den

ben das  
inkelige  
quadrate.

Fläche  
 $\infty O\infty$ .  
der be-  
werden,  
grössere  
allform-

verschieden ist. Die Formen, welche durch solche Flächen gebildet werden, sind aber doch zweierlei.

Die eine, das Triakisoktaëder, Fig. 139, hat zweierlei Kanten, von denen die einen dieselbe Lage haben, wie die des Oktaëders. Die Form sieht so aus, als ob auf jede Oktaëderfläche eine dreiseitige Pyramide aufgesetzt wäre, daher sie zuweilen Pyramidenoktaëder genannt wird. Jede ihrer Flächen trifft zwei Axen in einer kleineren, die dritte Axe in einer grösseren Entfernung, und zwar ist in dem Beispiel in Fig. 139 das Verhältnis  $1 : 2$ , wonach ihr Symbol  $(a : a : 2a) = (221) = 2O$ . Flächen dieser Art kommen am Diamant, am Fluorit und Bleiglanz öfter vor.

Fig. 139.

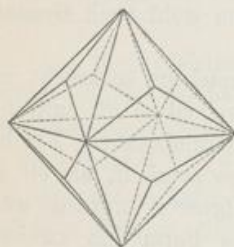


Fig. 140.

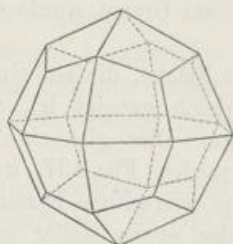
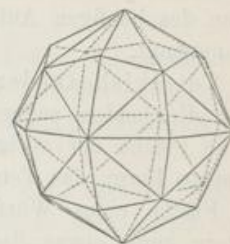


Fig. 141.



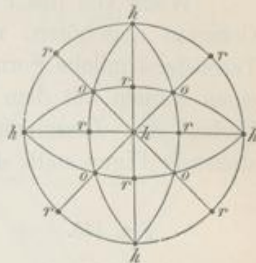
Ikositetraëder. Die andere hierher gehörige Form unterscheidet sich von der vorigen schon durch die Lage der Kanten, wie dies in Fig. 140 ersichtlich ist. Sie wird Ikositetraëder genannt. Bei ebenmässiger Ausbildung ist sie von vierundzwanzig Vierecken eingeschlossen, welche die Gestalt von Deltoiden haben. An diesen sind je zwei benachbarte Seiten gleich. Jede Fläche trifft eine Axe in der kleineren, die beiden anderen in grösserer Entfernung. An der Form in Fig. 140 ist das Verhältnis  $1 : 2$ , wonach die Bezeichnung  $a : 2a : 2a$ , oder was dasselbe ist,  $(\frac{1}{2}a : a : a) = (211) = 2O2$ . Am Ikositetraëder unterscheidet man wiederum zweierlei Kanten; jene, welche zu dreien zusammentreffen, verursachen den Eindruck, als ob auch hier eine dreiseitige Pyramide auf die Oktaëderfläche aufgesetzt wäre, jedoch in verwendeter Stellung in Bezug auf die vorige Form. Die Gestalt (211) kommt für sich am Granat und Analcim vor.

Hexakisoktaëder. Eine Fläche, welche gegen alle drei Hauptebenen ungleich geneigt ist, erscheint auch gegen die übrigen Hauptsecten ungleich geneigt. Sie wird daher so vielmal auftreten, als Räume durch die sämtlichen Hauptsecten gebildet werden (vide Fig. 134), nämlich achtundvierzigmal. Dieser Fall findet an dem Hexakisoktaëder statt. Fig. 141.

Die Form sieht ungefähr so aus wie ein Oktaëder, auf dessen Fläche eine sechsseitige Pyramide aufgesetzt ist. Letztere hat abwechselnd gleiche, also drei und drei gleiche Kanten und um die Basis der Pyramide laufen andere, aber untereinander gleiche Kanten, somit hat die Gestalt dreierlei Kanten. Sie hat ferner eine Aehnlichkeit mit dem Rhombendodekaëder, indem gleichsam auf jede Fläche des letzteren eine vierseitige Pyramide aufgesetzt erscheint, und ebenso wird man leicht die Aehnlichkeit mit dem Ikositetraëder, Triakisoktaëder, kurz

mit allen bisher betrachteten Formen des tesseralen Systems herausfinden. Die Bezeichnung wird lauten  $(a : na : ma) = (hkl) = mOn$ , und dieses Zeichen spricht ebenfalls den Zusammenhang dieser Form mit allen anderen zuvor betrachteten aus, indem in dem Symbol  $(hkl)$  bloß ein Werth = 0 oder zwei Werthe gleich gesetzt zu werden brauchen u. s. w., um die Symbole der übrigen Formen zu erhalten. Die Form in Fig. 141 ist  $(632) = 3O2$ . Am Diamant, am Fluorit, kommt die Form  $(421)$  für sich vor. Im übrigen zeigen sich auch Hexakisoktaëder, die andere Indices haben.

Fig. 142.



In der beistehenden Fig. 142 ist die sphärische Projection der Flächen des Hexaëders  $h$ , des Rhombendodekaëders  $r$  und des Oktaëders  $o$ , also aller constanten Formen sammt den entsprechenden Zonen dargestellt. Es ist nun leicht zu erkennen, wo sich die übrigen Formen projectiren werden. Die Flächen der möglichen Tetrakishexaëder zwischen  $r$  und  $h$ , die aller Triakisoktaëder zwischen  $r$  und  $o$ , die aller Ikositetraëder zwischen  $h$  und  $o$ , die aller Hexakisoktaëder in den Räumen zwischen den benachbarten  $hro$ .

**46. Tetraëdrisch-hemiëdrische Klasse.** Diese Hemiëdrie macht sich darin geltend, dass die von den Hauptebenen gebildeten Octanten bloß abwechselnd gleich erscheinen. Es ist also dieselbe Regel, welche schon im rhombischen und im tetragonalen System beobachtet wurde. Da nun die Normalen der Flächen des Oktaëders, des Triakisoktaëders, Ikositetraëders und des Hexakisoktaëders in diese Räume fallen, so werden die genannten Formen von dieser Art der Hemiëdrie betroffen. In den tetraëdrischen Formen sind die sechs Symmetrieebenen  $E$  erhalten, die anderen drei fehlen.

Denkt man sich von den acht Flächen des Oktaëders bloß die abwechselnden vier vorhanden, so gelangt man zu dem Tetraëder, Fig. 143, einer Form, die von vier gleichseitigen Dreiecken umschlossen ist, und deren sechs Kanten  $109^\circ 28' 16''$  messen. Es ist die einzige Krystallform, welche nicht durch Verzerrung geändert werden kann. Man hat, wenn es nöthig ist, ein positives und ein negatives Tetraëder zu unterscheiden, also  $z(111)$  u.  $z(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$  oder  $\frac{O}{2}$  und  $-\frac{O}{2}$ .

Fig. 143.

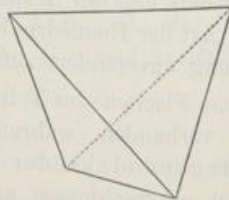


Fig. 144.

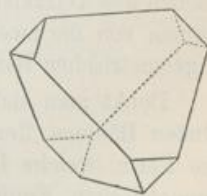


Fig. 144 ist die Combination dieser beiden Formen. Das Tetraëder kommt selbstständig am Fahlerz und am Helvin vor.

Wird bezüglich des Triakisoktaëders dasselbe Verfahren beobachtet, werden also die Flächen, welche in den einen Octanten fallen, vorhanden gedacht, während die des nächsten fehlen u. s. f., so gelangt man zu dem Deltoid-Dodekaëder,

en, sind  
denen  
so aus,  
daher  
ft zwei  
g, und  
Symbol  
Fluorit

ich von  
ichtlich  
sie von  
haben.  
ne Axe  
orm in  
er was  
et man  
rsachen  
erfläche  
Form.

en un-  
geneigt.  
Haupt-  
er Fall

ne eine  
so drei  
, aber  
sie hat  
uf jede  
ebenso  
, kurz

Fig. 145, dessen zwölf Flächen Deltoide sind und welches zweierlei Kanten besitzt. An dem Lauf jener Kanten, welche zu dreien zusammentreffen, erkennt man leicht die Zugehörigkeit zu dem Triakisoktaeder. Die Form ist eine variable, die bestehende Figur ist  $\alpha(332) = \frac{3}{2}O$ .

Wenn von den Flächen des Ikositetraeders diejenigen, welche abwechselnden Octanten angehören, vorhanden gedacht werden, so erhält man wiederum eine Tetraeder-ähnliche Form, nämlich das Trigondodekaeder Fig. 146, welches die einen Kanten mit dem Tetraeder gemein hat, während die anderen durch ihren Verlauf den Zusammenhang mit dem Ikositetraeder erkennen lassen. Die bestehende Figur stellt die Form  $\alpha(211)$  dar.

Fig. 145.

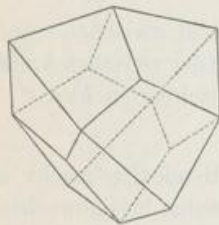


Fig. 146.

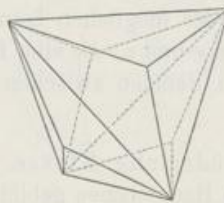
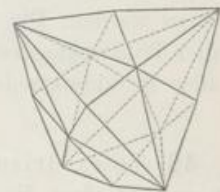


Fig. 147.



Das Hexakisoktaeder leitet endlich zu einer hemiädrischen Form, welche Hexakistetraeder genannt wird, Fig. 147, und welche von dreierlei Kanten eingeschlossen ist. Die Bezeichnung der Form, welche in der bestehenden Figur dargestellt ist, lautet  $\alpha(654)$ . Die letztgenannten hemiädrischen Formen können alle in der einen, der positiven, sowie in der anderen, der negativen Stellung auftreten, und kommen vorzugsweise am Fahlerz vor.

**47. Pyritoëdrisch-hemiädrische Klasse.** Die zweite Art der Hemiädrie zeigt sich darin, dass die Räume zwischen den sechs Hauptschnitten zweiter Art  $E$  sich bloß abwechselnd gleich verhalten. In diese Räume fallen die Normalen der Flächen des Tetrakishexaeders und des Hexakisoktaeders, daher werden diese beiden Formen von der zweiten Art der Hemiädrie betroffen, während alle übrigen Formen in geometrischer Beziehung unverändert auftreten.

Denkt man sich jene Flächen des Tetrakishexaeders, welche in den abwechselnden Räumen liegen, vorhanden, während die anderen fehlen, so erhält man eine Form, welche Pentagondodekaeder heisst, Fig. 148. Sie wird von zwölf symmetrischen Fünfecken eingeschlossen und hat zweierlei Kanten, indem diejenigen, welche je einer Axe parallel liegen, von den anderen Kanten verschieden sind. Man kann auch hier zwei Formen unterscheiden, eine positive und eine negative. Die Bezeichnung erfolgt in der Weise, dass dem Symbol des Tetrakishexaeders  $\pi$  vorgesetzt wird, weil die Form eine paralleleflächige ist. Fig. 148 stellt  $\pi(210)$  oder  $\frac{\infty O2}{2}$  dar. In Fig. 149 hat man ausserdem  $\pi(201) = -\frac{\infty O2}{2}$ .

Die Flächen des Hexakisoktaeders liefern bei dieser Art der Hemiëdrie eine vierundzwanzigflächige Form, welche Dyakisdodekaëder oder Diploëder genannt wird und welche dreierlei Kanten besitzt. Fig. 150. Man erkennt eine Aehnlichkeit mit dem Pentagondodekaëder, ebenso mit dem Ikositetraëder.

Fig. 148.

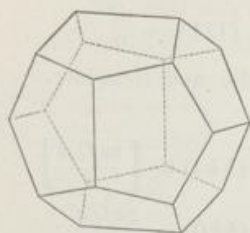


Fig. 149.

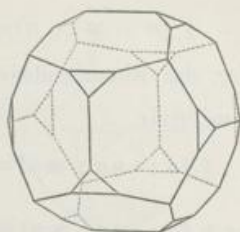
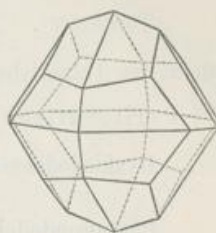


Fig. 150.



Die Bezeichnung entspricht der vorigen, jedoch wird das Naumann'sche Symbol mit einer Parenthese versehen, um die Verwechslung mit dem Hexakis-tetraëder zu vermeiden. Fig. 150 stellt die Form  $\pi (321) = \left[ \frac{30\frac{3}{2}}{2} \right]$  vor.

In den pyritoëdrischen Formen sind die drei Symmetrieebenen *A* erhalten, die sechs übrigen fehlen.

Es gibt auch noch eine dritte Art der Hemiëdrie, die plagiëdrische oder gyroëdrische, welche darin beruht, dass von den 48 Krystallräumen, welche durch die Ebenen *A* und *E* gebildet werden (Fig. 134), sich nur die abwechselnden gleich verhalten. Dieselbe wurde vom Autor an künstlichen Salmiakkrystallen nachgewiesen. Auch die im tesserale System mögliche Tetartoëdrie, welche sich daraus ergibt, dass zwei der genannten Hemiëdrien zugleich zur Geltung kommen, findet sich nach Miers an einem Mineral, dem Ullmannit, ausgesprochen.

48. Im Folgenden hat man eine Uebersicht der im tesserale System auftretenden Formen und deren Symbole. Alle sind geschlossene Formen.

4) Holoëdrie.

Hexakisoktaëder . . . . .	$(a : na : ma) = (hkl) = mOn$
Ikositetraëder . . . . .	$(a : ma : ma) = (hkk) = mOm$
Triakisoktaëder . . . . .	$(a : a : ma) = (hkk) = mO$
Tetrakisoktaëder . . . . .	$(a : na : \infty a) = (hk0) = \infty On$
Oктаëder . . . . .	$(a : a : a) = (111) = O$
Rhombendodekaëder . . . . .	$(a : a : \infty a) = (110) = \infty O$
Hexaëder . . . . .	$(a : \infty a : \infty a) = (100) = \infty O\infty$

en be-  
erkennt  
variable,

selnden  
m eine  
des die  
ihren  
ie bei-

welche  
Kanten  
Figur  
können  
ng auf-

miëdrie  
Art *E*  
len der  
beiden  
Formen

bwech-  
ilt man  
zwölf  
m die-  
hieden  
nd eine  
Tetra-  
ig. 148  
 $\frac{\infty O 2}{2}$

## B) Tetraëdrische Hemiëdrie.

$$\text{Hexakistetraëder} \quad . \quad \frac{1}{2} (a : na : ma) = z (hkl) = \frac{mOn}{2}$$

$$\text{Trigondodekaëder} \quad . \quad \frac{1}{2} (a : ma : ma) = z (hkk) = \frac{mOm}{2}$$

$$\text{Deltoiddodekaëder} \quad . \quad \frac{1}{2} (a : a : ma) = z (hkk) = \frac{mO}{2}$$

$$\text{Tetraëder} \quad . \quad . \quad . \quad \frac{1}{2} (a : a : a) = z (111) = \frac{O}{2}$$

Ausserdem das Tetrakishexaëder, das Rhombendodekaëder und Hexaëder.

## C) Pyritoëdrische Hemiëdrie.

$$\text{Dyakisdodekaëder} \quad . \quad \frac{1}{2} [a : na : ma] = \pi (hkl) = \left[ \frac{mOn}{2} \right]$$

$$\text{Pentagondodekaëder} \quad \frac{1}{2} (a : na : \infty a) = \pi (hk0) = \frac{\infty On}{2}$$

Ausserdem das Ikositetraëder, Triakisoktaëder, das Oktaëder, Rhombendodekaëder und Hexaëder.

**49. Combinationen.** Die Zahl der Combinationen, welche an Mineralen des tesseralen Systems vorkommen, ist begreiflicherweise eine sehr grosse, doch sind die meisten derselben leicht aufzulösen. Hier mögen einige einfache Beispiele angeführt werden.

Fig. 151.

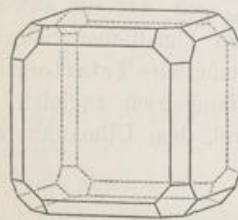


Fig. 152.

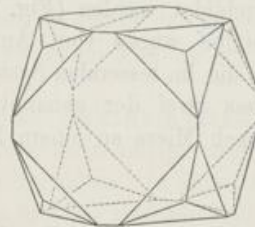
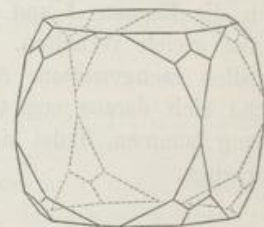


Fig. 153.



In Fig. 151 ist das Hexaëder vorwaltend, die Kanten desselben erscheinen durch die Flächen des Rhombendodekaëders, die Ecken aber durch die des Oktaëders abgestumpft. In Fig. 152 gesellt sich zum Hexaëder das Ikositetraëder  $(211) = 2O2$ , welches die Ecken von den Flächen her abstumpft, übrigens leicht an dem Laufe der Kanten erkannt wird. Fig. 153 zeigt die Combination des Hexaëders mit dem Triakisoktaëder  $(221) = 2O$ , welches die Ecken von den Kanten her abstumpft und gleichfalls am leichtesten durch den Verlauf seiner Kanten als solches erkannt werden kann. Fig. 154 bietet die Abstumpfung der Kanten des Oktaëders durch die Flächen des Rhombendodekaëders dar, während Fig. 155 die Combination des Oktaëders mit einem Ikositetraëder, und zwar mit dem gewöhnlich vorkommenden  $(211) = 2O2$  darstellt.

Fig. 156 zeigt die Abstumpfung der Kanten des Rhombendodekaäders durch ein Ikositetraëder, dessen Symbol aus den vorhandenen Zonen leicht bestimmt wird. Dieses lautet wiederum (211).

In Fig. 157 wird die Abstumpfung der Kanten des Tetraëders durch die Flächen des Hexaäders, in Fig. 158 die Combination des Tetraëders mit dem

Fig. 154.

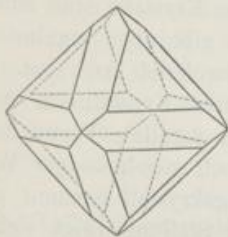


Fig. 155.

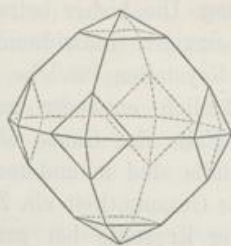
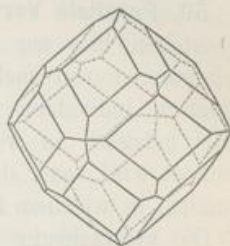


Fig. 156.



Rhombendodekaäder dargestellt. Dass hier nicht etwa die Combination des Tetraëders mit einem Deltoïdodekaäder vorliegt, ergibt die Betrachtung der von drei kleinen Flächen eingeschlossenen Ecken, welche mit den entsprechenden des Rhomben-

Fig. 157.

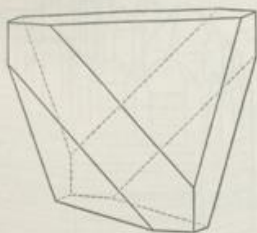
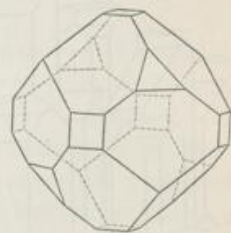


Fig. 158.



Fig. 159.



dodekaäders gleich sind. Die Fig. 159 lässt die Flächen des Rhombendodekaäders und des Hexaäders leicht erkennen, doch treten auch die Flächen eines Tetraëders als kleine Dreiecke hinzu.

Fig. 160.

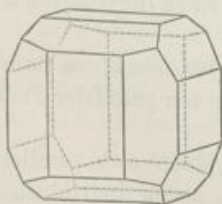


Fig. 161.

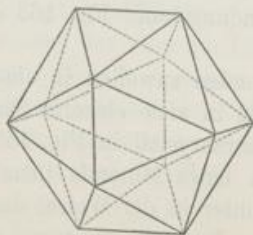
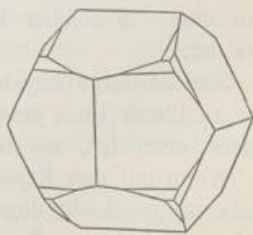


Fig. 162.



Das Hexaëder in Combination mit dem Pentagondodekaëder erscheint in Fig. 160, während in der nächsten Fig. 161 das gleiche Pentagondodekaëder, nämlich  $\pi$  (210), mit dem Oktaëder combinirt dargestellt ist. Die letztere Com-

bination erinnert an das Ikosaëder der Geometrie, weil es, wie dieses von zwanzig Dreiecken eingeschlossen wird, aber beim Ikosaëder sind die Dreiecke alle gleich, hier dagegen sind sie von zweierlei Art. Die Fig. 162 gibt die Combination des genannten Pentagondodekaëders mit einem Dyakisdodekaëder, dessen Symbol aus den Zonen zu  $\pi$  (421) oder  $\left[ \frac{402}{2} \right]$  bestimmt wird.

**50. Parallele Verwachsung.** Die bisher betrachteten Krystalle sind einfach, sie bestehen bloß aus einem einzigen Individuum. Es gibt aber regelmässige Vereinigungen von mehreren Krystallen, welche von zweierlei Art sind. Die vereinigten Individuen sind nämlich entweder nach ihrer Krystallform genau parallel gelagert, in welchem Falle das Ganze als eine parallele Verwachsung bezeichnet wird, oder die Krystalle sind in anderer, jedoch regelmässiger Weise verbunden, in welchem Falle die Gesamtheit ein Zwillingkrystall genannt wird.

Die Verwachsung mehrerer Krystalle bei paralleler Stellung zeigt sich in verschiedener Weise, je nachdem die letzteren grösser oder kleiner, gleich oder ungleich sind. Wenn mehrere Krystalle in paralleler Stellung verbunden erscheinen,

Fig. 163.

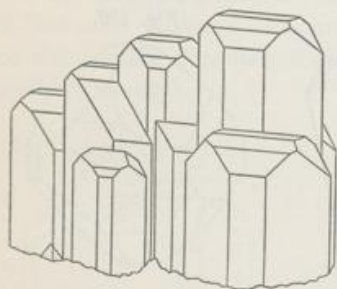


Fig. 164.

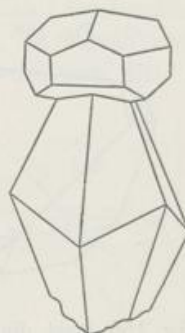
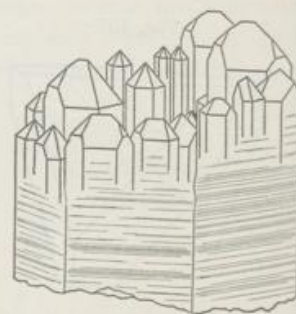


Fig. 165.



ohne dass sie durch gleiche Grösse oder innige Verwachsung eine charakteristische Gesamtförmigkeit darbieten, so kann man eine solche Vereinigung einen Krystallstock nennen. Würfel von Steinsalz, Krystalle von Quarz, Feldspath, Kalkspath treten öfters in solcher Verbindung auf. Fig. 163 stellt einen Krystallstock von Baryt dar.

Säulenförmige Krystalle enden zuweilen in einen Krystallstock, so dass die Säule an ihrem Ende pinselartig in viele einzelne Säulchen von paralleler Stellung aufgelöst erscheint, wie der Quarzkrystall in Fig. 165.

Wenn auf den Krystallen eines Minerals neue Individuen sich parallel ansiedeln, so geschieht dies mitunter in der Weise, dass die neuen Individuen sich einzeln auf jeden vorhandenen Krystall ansetzen, wobei sie entweder dieselbe Combination wiederholen oder eine andere Combination ausbilden. Auf Skalenöedern von Calcit z. B. findet man an der Spitze einen Krystall desselben Minerals von der Form  $-\frac{1}{2} R \infty R$  parallel angesetzt. Fig. 164.



Häufig zeigen Krystalle nach allen Richtungen in ihrer äusseren Schichte eine Bildung vieler kleiner Individuen in paralleler Stellung. Solche Bildungen machen den Eindruck, als ob ein grösserer Krystall aus vielen kleineren zusammengesetzt wäre, jedoch ist dies nur scheinbar und sollte niemals in diesem Sinne aufgefasst werden, denn im Innern ist der Krystall ein geschlossenes Ganzes, in der oberen Schichte aber geht er in einen Krystallstock, also in viele getrennte Individuen aus. So bildet der Fluorit öfters Oktaëder, welche äusserlich aus vielen kleinen Würfeln zusammengesetzt erscheinen, etwa so wie in Fig. 30 auf pag. 28, oder er bildet Würfel, welche aus kleinen Tetrakishexaëdern zusammengefügt erscheinen. Der Calcit bildet öfters Rhomboëder  $-\frac{1}{2}R$ , welche so aussehen, als ob sie aus vielen kleinen Rhomboëdern derselben Art aufgebaut wären; man findet aber auch öfters Skalenöder  $R3$ , welche äusserlich aus vielen kleinen Krystallen der Form  $-\frac{1}{2}R \infty R$  bestehen u. s. w.

**51. Zwillingskrystalle.** Unter diesem Ausdrucke versteht man die regelmässigen Verwachsungen je zweier vollkommen gleicher Krystallindividuen in unparalleler Stellung oder je zweier spiegelbildlich gleicher (enantiomorpher) Krystallindividuen in entsprechender Stellung. Die Regelmässigkeit der Verwachsung besteht darin, dass die beiden Krystalle immer mindestens eine gleichartige Krystallfläche gemein haben und dass ausserdem

- a) eine in jener Fläche liegende gleichartige Kante an beiden Krystallen dieselbe Lage hat oder aber
- b) dass zwei in jener Fläche liegende Kanten wechselweise parallel sind.

Die genannte Fläche und jene Kanten sind entweder an den einzelnen Individuen ausgebildet oder sie sind an denselben möglich. An dem Zwillingskrystall von Gyps, Fig. 167, sieht man zwei monokline Individuen in einer unparallelen Stellung so verwachsen, dass sie die Querfläche  $a = 100$  gemeinschaftlich haben, und dass auch die in dieser Fläche liegenden aufrechten Kanten  $a : m$  oder  $m : b$  an beiden parallel sind. In dem Zwillingskrystall von Hydrargyllit, Fig. 175, erscheinen zwei monokline Individuen in unparalleler Stellung verwachsen derart, dass sie die Endfläche  $c$  gemein haben und gleichzeitig die Kanten  $c : a$  und  $c : m$  wechselweise parallel sind. Fig. 205 auf Seite 89 zeigt einen Fall der Verwachsung zweier enantiomorpher Individuen in den entsprechenden Stellungen.

Um von der Stellung des einen Individuums zu der des zweiten zu gelangen, kann man sich in allen Zwillingen vollkommen gleicher Individuen zuerst beide in paralleler Stellung, hierauf aber das eine um  $180^\circ$ , und zwar so gedreht denken, dass die geforderte Lage eintritt. Die Linie, welche in diesem Falle als Drehungsaxe fungirt, wird die Zwillingsaxe genannt. In Fig. 167 ist die Zwillingsaxe horizontal und ist senkrecht zur Querfläche 100. Auf die halbe Drehung bezieht sich auch der Ausdruck Hemitropie, welchen Hany eingeführt hat.

Die Vorstellung einer Drehung um  $180^\circ$  ist bloss ein didaktisches Hilfsmittel, welches insofern ganz zweckmässig erscheint, als man dadurch die meisten Zwillinge nachbilden kann. Bei den Zwillingen enantiomorpher und überhaupt correlater Formen kommt eine solche Drehung nicht in Betracht, die beiden Stellungen ergeben sich hier durch die geometrische Ableitung.

zwanzig  
gleich,  
ination  
Symbol

einfach,  
mässige  
d. Die  
genau  
chzung  
Weise  
t wird.  
sich in  
ch oder  
heinen.



istische  
ystall-  
lkspath  
ock von  
ass die  
Stellung

llei an-  
en sich  
dieselbe  
noëdern  
als von

Die Ebene, zu welcher die Zwillingaxe senkrecht ist, wird die Zwillingsebene genannt. In allen Zwillingen parallelfächiger Individuen sind diese zur Zwillingsebene erkennbar symmetrisch gelagert oder die symmetrische Lagerung wird ersichtlich, nachdem der eine Krystall parallel mit sich selbst verschoben worden. In dem Gypszwilling, Fig. 167, sind die Theilkrystalle symmetrisch zur Zwillingsebene 100 gelagert, in dem Anorthitzwilling, Fig. 170, ist die Symmetrie nicht augenscheinlich, wohl aber nachdem der obere Theilkrystall parallel mit sich selbst verschoben und an den unteren angesetzt worden, Fig. 169. Dem Gesagten zufolge kann die Zwillingsebene in dem einzelnen Individuum kein Hauptschnitt sein, denn sonst wäre die Verbindung beider kein Zwilling, sondern eine parallele Verwachsung.

Fig. 166.

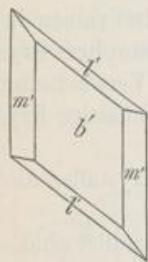


Fig. 167.

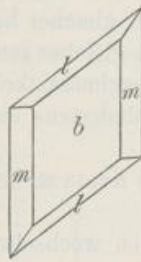
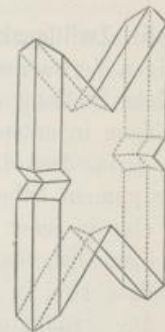


Fig. 168.



Die Zwillingsebene ist mit jener Krystallfläche, welche beiden Individuen des Zwillings gemein ist, entweder identisch, wie im vorgenannten Gypszwilling, oder sie ist zu derselben senkrecht, ohne dabei parallel irgend einer Krystallfläche zu liegen. Im letzteren Falle kann sie zu der gemeinschaftlichen Kante senkrecht oder parallel sein.

Die Verwachsungsarten der Individuen an den Zwillingen sind demnach vier:

1. Die Zwillingsebene ist einer möglichen Krystallfläche parallel. Das Beispiel des Gypszwillings, Fig. 167, gehört hierher. In diesem Falle ist also die Zwillingaxe senkrecht zu einer möglichen Krystallfläche.

2. Die Zwillingsebene ist senkrecht zu einer möglichen Kante. Die Zwillingaxe ist sodann parallel zu einer möglichen Kante, also zu einer möglichen Zone. In dem idealisirten Zwilling von Anorthit, Fig. 169, hat die Zwillingsebene eine zur Kante  $Pt$  senkrechte Lage. Die Zwillingaxe ist der Zone  $Pthy$  parallel.

3. Die Zwillingsebene ist zu einer möglichen Krystallfläche senkrecht und zugleich parallel einer in dieser liegenden Kante. In dem idealisirten Glimmerzwilling, Fig. 171, erscheint die Zwillingsebene in der Zone  $com$  und senkrecht gegen  $c$ . Hier ist die Zwillingsebene in einer möglichen Zone gelegen. Die Zwillingaxe ist senkrecht zu einer Kante und liegt in einer möglichen Krystallfläche.

4. Die Zwillingsene ist zu einer möglichen Krystallfläche senkrecht und gegen zwei in dieser liegende Kanten gleich geneigt. Fig. 173 gibt das Schema

Fig. 169.

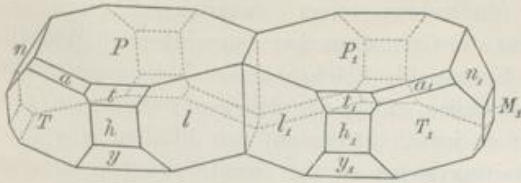


Fig. 170.

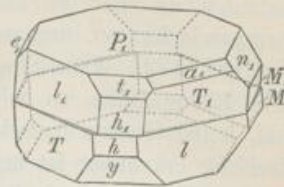


Fig. 171.

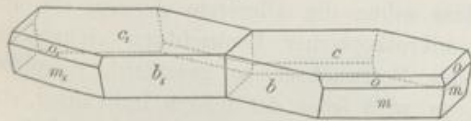


Fig. 172.

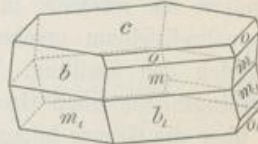


Fig. 173.

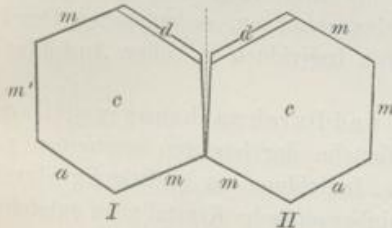


Fig. 174.

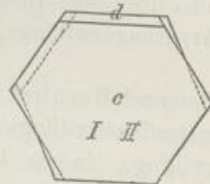
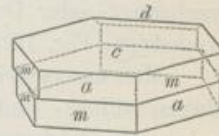


Fig. 175.



eines Hydrargyllit-Zwillings. Die als punktirte Linie gezeichnete Zwillingsene ist senkrecht zu  $c$  und gegen die Kanten  $a$  und  $m$  gleich geneigt. Eine zur punktirten Linie parallele Gerade halbirt den Winkel zwischen  $a$  und  $m$ . Dem entsprechend ist die Kante  $m$  des ersten Krystals parallel der Kante  $a$  des zweiten und die Kante  $a$  des ersten parallel der Kante  $m$  des zweiten, d. i., die Kanten  $a$  und  $m$  sind wechselweise parallel.

Die Zwillingsene ist meistens nur zu solchen Krystallflächen parallel oder normal, welche die einfachsten Indices haben, also den primären Flächen. Wenn eine Zone in Betracht kommt, ist es gleichfalls meist eine solche, deren Zeichen bloß einfache Indices enthält.

Die Grenze der beiden Individuen eines Zwillings wird häufig von der Zwillingsene gebildet. Man sagt sodann, die Zwillingsene sei zugleich die Berührungs- oder Zusammensetzungsfläche. Zuweilen aber berühren sich beide Individuen in einer zur Zwillingsene senkrechten Fläche. Fig. 170 stellt einen Anorthitzwilling in der thatsächlich beobachteten Verwachsung vor. Die Individuen berühren sich nicht an der Zwillingsene, wie es die frühere Figur angibt, sondern in einer dazu senkrechten Fläche. Ebenso verhält es sich bei dem Glimmerzwilling in Fig. 172 und dem Hydrargyllit-Zwilling, der in Fig. 174

Tschermak, Mineralogie, 5. Auflage.

llings-  
ese zur  
gerung  
shoben  
sch zur  
nmetrie  
llel mit  
em Ge-  
Haupt-  
rn eine

ividuen  
willing-  
rystall-  
Kante

h vier:  
as Bei-  
so die

illings-  
Zone-  
ine zur

ht und  
immer-  
senk-  
legen-  
glichen

von oben gesehen, in Fig. 175 von der Seite gesehen dargestellt ist. In vielen Zwillingen berühren sich die Individuen in einer anderen oder aber in einer völlig unebenen Fläche.

Ist die Zusammensetzungsfläche in einem Zwillingkrystall eine ebene, so verlaufen an der Grenze beider Individuen öfters einspringende und auspringende Kanten, und man erkennt die Grenze an den einspringenden Winkeln. Fig. 167, 172. Wenn aber an der Grenze die Flächen beider Individuen in dieselbe Ebene fallen, so wird in den Fällen, als beide Flächen vollkommen glatt sind, keine Grenze bemerkbar sein; da jedoch häufig auf den Flächen eine feine Streifung erkennbar ist und die Streifensysteme an der Grenze zusammenstossen, so wird die letztere als Zwillingennaht hervortreten.

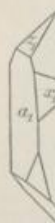
Die Zwillinge bilden sich nicht etwa aus früher getrennten Individuen, sondern sie wachsen in der Weise, dass schon die allererste Anlage als ein Doppelindividuum erscheint. Auch bei mikroskopischer Beobachtung sieht man sogleich den Zwilling. Wenn hierauf das Fortwachsen so geschieht, dass die Zwillingsebene auch Grenzebene bleibt, so wird jedes der beiden Individuen, da es über die Grenze hinaus sich nicht ausbildet, für sich betrachtet wie ein halber Krystall aussehen, es wird verkürzt erscheinen, Fig. 167. Wenn hingegen die Zwillingsebene nicht Grenze bleibt, sondern die Individuen sich auch jenseits derselben vergrössern, also über jene Ebene hinauswachsen, so entstehen Durchwachsungs- oder Durchkreuzungszwillinge, deren Individuen in voller Ausbildung erscheinen, Fig. 168.

Man unterscheidet demnach Berührungs- und Durchwachsungszwillinge (Juxtapositions- und Penetrationszwillinge). Manche der letzteren erscheinen als wahre Durchdringungszwillinge, indem beide Individuen so vollständig durch einander wachsen, dass nach aussen eine scheinbar einfache Krystallform entsteht. (Quarz, Fig. 203 und 204.)

Zwillingkrystalle, welche aus hemiëdrischen, tetartoëdrischen oder hemimorphen Individuen bestehen, können gleiche oder enantiomorphe Individuen enthalten. Der Zwilling zweier Tetraëder kann aus zwei positiven oder aus zwei negativen Tetraëdern gebildet sein. Diese beiden Fälle würden Zwillinge darstellen, die in geometrischer und in physikalischer Beziehung symmetrische wären. Aber auch der Zwilling aus einem positiven und einem negativen Tetraëder ist denkbar. Dieser würde blos in geometrischer Hinsicht symmetrisch sein. Anders ist es bei den Zwillingen enantiomorpher Individuen. Zwei gleichartige Krystalle, z. B. zwei linke Quarzkrystalle wie in Fig. 176, geben einen unsymmetrischen Zwilling, die Verwachsung eines linken und eines rechten Krystalls liefert hingegen einen symmetrischen Zwilling, Fig. 205. In allen hiehergehörigen symmetrischen Zwillingen ist die gemeinschaftliche Fläche einer solchen Ebene parallel, welche in den entsprechenden holoëdrischen Krystallen ein Hauptschnitt ist. Dadurch wird gleichsam die bei der Hemiëdrie verlorene Symmetrie wiederhergestellt und die Einzelkrystalle befinden sich in correlaten Stellungen. Derlei Zwillinge nannte Haidinger Ergänzungs- zwillinge. Fig. 178 stellt einen am Diamant vorkommenden Durchdringungszwilling zweier Tetraëder vor. Zwillingsebene ist eine Würfffläche. Obwohl beide Tetraëder positive sind, befinden sie sich doch in den abwechselnden Stellungen.

Der g  
Krysta  
auch

diese  
sich  
ohne  
Fig. 1  
gesetz  
kann  
zwill



nicht  
aber  
Forts

Geset  
duum  
ein fi  
Albit  
einan  
Stell  
stöck  
der V  
endli  
lich  
bezei  
Wie  
dass  
also

bildu  
als

Der gemeinschaftliche Kern beider ist ein Oktaëder, daher man sagte, die beiden Krystalle ergänzen einander zu einem Oktaëder. Hierher gehörige Beispiele sind auch der Quarzzwilling in Fig. 205, der Zwilling von Kieselgalmei in Fig. 195.

Eine und dieselbe Zwillingbildung wiederholt sich zuweilen, und zwar kann diese fortgesetzte Bildung in zweierlei Weise geschehen. Im ersten Falle setzt sich an das zweite Individuum ein drittes nach dem gleichen Zwillingsgesetz an, ohne jedoch dem ersten Individuum parallel zu sein, und es entsteht ein Drilling, Fig. 177, Rutil. Die Vereinigung von vier Individuen nach dem gleichen Zwillingsgesetz und ohne Parallelismus der Individuen liefert einen Vierling u. s. f. Man kann derlei unparallele Fortsetzungen derselben Zwillingbildung als Wendezwillinge bezeichnen. Die Erscheinung beruht darauf, dass bei der Fortsetzung

Fig. 176.

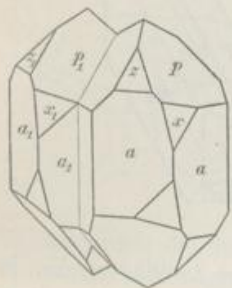


Fig. 177.

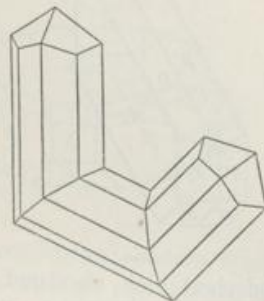
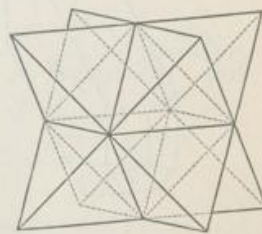


Fig. 178.



nicht dieselbe Krystallfläche Zwillingsebene bleibt, sondern eine andere, welche aber mit der vorigen krystallographisch gleichwerthig ist; z. B. 110 und  $\bar{1}\bar{1}0$ . Derlei Fortsetzungen liefern öfter fächerförmige oder radförmige Bildungen wie Fig. 193.

Im zweiten Falle setzt sich an das zweite Individuum nach demselben Gesetze ein drittes, dessen Stellung aber dieselbe ist wie die des ersten Individuums, ferner ein viertes Individuum, dessen Stellung dieselbe wie die des zweiten, ein fünftes, dessen Stellung dieselbe wie die des ersten und dritten u. s. f. Fig. 181. Albit. Wenn bei dieser Art der Zwillingbildung die Zusammensetzungsflächen einander parallel sind, so kann die Wiederholung der Individuen in abwechselnder Stellung oftmals stattfinden, wodurch polysynthetische Zwillinge oder Zwillingstöcke gebildet werden, die an den Seiten eine Wiederholung ein- und ausspringender Winkel darbieten. Werden dabei die einzelnen Individuen blattartig dünn und endlich ungemein dünn, so werden die ein- und ausspringenden Kanten schliesslich nur als feine Riefen erscheinen, welche Erscheinung als Zwillingsstreifung bezeichnet wird, während sie besser Zwillingriefung zu nennen ist. Bei den Wiederholungszwillingen ist, wie man leicht erkennt, die Fortsetzung derartig, dass stets genau dieselbe Krystallfläche als Zwillingsebene fungirt, die Fortsetzung also eine parallele ist.

52. Beispiele. In jedem der Krystallsysteme gibt es Fälle von Zwillingbildungen, und zwar sowohl von solchen, die nur aus Doppelindividuen bestehen, als auch von mehrfach zusammengesetzten Zwillingen.

Unter den triklin krystallisirten Mineralen zeigt der Albit fast immer eine Zwillingbildung nach dem Gesetze: Zwillingsene die Längsfläche  $M = (010)$ . Die Verwachsung erfolgt an derselben Fläche. Die Fig. 179 stellt einen einfachen Krystall dar, an welchem die Endfläche  $P$ , die Längsfläche  $M$ , ferner die Prismenflächen  $T$ ,  $l$  und  $x$  zu sehen sind. Der Zwillingskrystall Fig. 180 zeigt in Folge der Verkürzung vorne bloß die Fläche  $T$  des einen und des anderen Individuums, unterhalb treffen die Flächen  $x$  und  $x_1$  in einer ausspringenden Kante, oberhalb aber  $P$  und  $P_1$  in einer einspringenden Kante zusammen; hinten erscheinen wieder in Folge der Verkürzung nur die Flächen  $l$  der beiden Individuen.

Fig. 179.

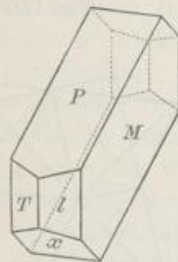


Fig. 180.

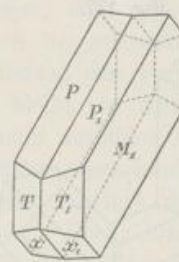
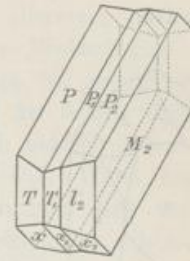


Fig. 181.



Diese Zwillingbildung wiederholt sich aber und liefert Zwillingstöcke, in welchen oft sehr viele, äusserst dünne Individuen in abwechselnder Stellung vorhanden sind. Fig. 181 gibt eine Verwachsung dreier Individuen an, das dritte hat dieselbe Stellung wie das erste, weil aber jetzt der Raum nach rechts der Ausbildung freien Spielraum lässt, so erscheint am dritten Individuum die Fläche  $l$ , während am ersten bloß  $T$  erschien. Oberhalb und unterhalb zeigen sich jetzt aus- und einspringende Winkel durch das Zusammentreffen der Flächen  $P$  und  $x$  von Seiten der einzelnen Individuen. Denkt man sich diese Bildung fortgesetzt, so erhält man blasebalgähnliche Anreihungen. Bei der ungemein geringen Ausdehnung der einzelnen Individuen zeigen aber die Zwillingstöcke des Albits gewöhnlich nur feine Riefen parallel den Kanten  $P : M$  und  $M : x$ . Weil in dem monoklinen System die Fläche  $M$  die Symmetrieebene ist, so liefert eine symmetrische Verwachsung parallel  $M$  hier keine Zwillinge. Dieses Zwillingsgesetz ist deshalb nur im triklinen Systeme möglich und daher liefern bloß die triklinen Feldspathe solche Zwillingstöcke, welche auf  $P$  die Riefen erkennen lassen, die der Kante  $P : M$  parallel sind. Daraus ergibt sich ein wichtiges Kennzeichen dieser Feldspathe. Weil bei denselben das ebengenannte Zwillingsgesetz herrscht, so kann man aus der abwechselnden Stellung der Individuen parallel  $M$  oder aus jener Riefung auf die triklinen Feldspathe schliessen.

Noch ein anderes Zwillingsgesetz macht sich bei vielen Gliedern aus der Reihe der triklinen Feldspathe geltend. Es lautet dahin, dass die Zwillingsene senkrecht ist zu der Zone  $100 : 001$ . Diesem Gesetze folgen unter anderen auch viele Zwillinge des Anorthits. Fig. 182 zeigt zwei Krystalle von Anorthit, deren

jeder  
 $y = ($   
begren  
 $P_{thy}$   
Individ  
überha  
Zwilli  
Weise  
ebene  
lagert

nicht  
beider  
forder  
Lauf  
wird,  
Der Z  
keine  
aufzu

welch  
An c  
Zwilli  
fallen  
duen  
ganze  
Kante

Durel  
welch  
Er er  
ersch  
verlau  
Buchs  
die Q

jeder von den Flächen  $P$ ,  $M$ ,  $T$ ,  $l$ , ausserdem von dem Querprisma  $t = (201)$ ,  $y = (20\bar{1})$  und der Querfläche  $h = 100$ , endlich von einer Prismenfläche  $n = (021)$ , begrenzt ist, in der symmetrischen Stellung zu einer Ebene, welche zur Zone  $Pthy$  senkrecht ist. Demnach erscheinen vorn auch die Flächen  $T$  der beiden Individuen entfernt, die Flächen  $l$  hingegen nahe an der Zwillings-ebene und überhaupt alle die Flächen symmetrisch gegen die letztere Ebene gelagert. Die Zwillingskrystalle des Anorthits, welche diesem Gesetze folgen, sind aber in der Weise ausgebildet, dass die beiden Individuen nicht zu beiden Seiten der Zwillings-ebene lagern, sondern, ihre gegenseitige Stellung beibehaltend, übereinander gelagert erscheinen, wie dieses Fig. 183 darstellt. Hier ist also die Zwillings-ebene

Fig. 182.

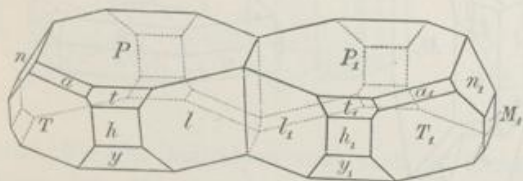
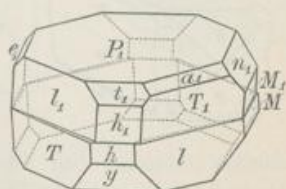


Fig. 183.



nicht zugleich die Berührungsebene, sondern eine dazu senkrechte Fläche und die beiden Individuen grenzen sich so ab, wie es das Wachsthum der Krystalle erfordert. Die Flächen beider Individuen treffen also in Kanten zusammen, deren Lauf durch das Zusammentreffen der Flächen  $T$  und  $l_1$ ,  $T_1$  und  $l$  etc. verursacht wird, während in der Figur diese Flächen gegeneinander abgesetzt erscheinen. Der Zwilling ist, wie leicht ersichtlich, ein solcher, dessen richtige Auffassung keine leichte Aufgabe war. Erst Gerhard vom Rath gelang es, das Zwillingsgesetz aufzufinden und diese merkwürdige Zwillingsbildung zu enträthseln.

In dem monoklinen Systeme herrscht sehr häufig ein Zwillingsgesetz, welches eine zur Symmetrieebene senkrechte Fläche als Zwillingsfläche angibt. An dem Gypszwilling, Fig. 167, ist es die Querfläche 100, welche zugleich Zwillings- und Verwachsungsebene ist. Die Längsflächen  $b$  der beiden Individuen fallen am Zwilling in dieselbe Ebene, doch macht sich die Grenze beider Individuen öfter durch eine Zwillingsnaht bemerklich. Die Zone  $bm$  bleibt durch den ganzen Zwilling erhalten. Die Pyramidenflächen  $l$  bilden ein- und ausspringende Kanten. Durchwachsungszwillinge, wie Fig. 168, kommen auch öfter vor.

Der Orthoklas oder monokline Feldspath liefert oft Zwillinge, welche zu den Durchwachsungszwillingen gehören. Die Fig. 185 stellt einen dieser Zwillinge dar, welche nach einem der Fundorte häufig Karlsbader Zwillinge genannt werden. Er entspricht dem zuvor genannten Gypszwilling. Die beiden Krystallindividuen erscheinen aber gleichsam in einander geschoben und ihre Grenze ist eine zackig verlaufende Linie. Die Flächen des einen Individuums sind durch gestrichelte Buchstaben von denen des anderen unterschieden. Man kann hier, wie beim Gyps, die Querfläche 100 als Zwillings-ebene betrachten, doch ist klar, dass ebensogut

er eine  
(010)-  
flächen  
Prismen-  
Folge  
duums-  
berhalb  
wieder

ke, in  
g vor-  
dritte  
its der  
fläche  $l$ ,  
h jetzt  
und  $x$   
gesetzt,  
a Aus-  
its ge-  
n dem  
e sym-  
gesetz  
iklinen  
n, die  
eichen  
rrscht,  
 $l$  oder

us der  
ebene  
r auch  
deren

eine Ebene, welche die Zone  $lM$  senkrecht durchschneidet, welche also in der Figur horizontal liegt, als Zwillingsene und dementsprechend die Axe jener Zone als Zwillingsaxe angenommen werden kann. Es hängt also hier vom Belieben ab, das Zwillingengesetz in dieser oder jener Weise auszudrücken.

Andere Orthoklaszwillinge folgen dem Gesetze: Zwillingsene die Endfläche  $P = 001$ . In Fig. 184 ist ein solcher Fall dargestellt. Die Verwachsung findet an

Fig. 184.

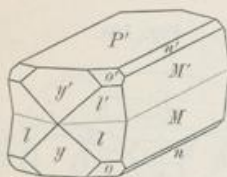


Fig. 185.

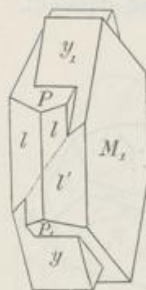


Fig. 187.

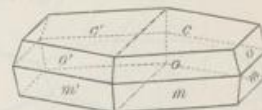


Fig. 186.

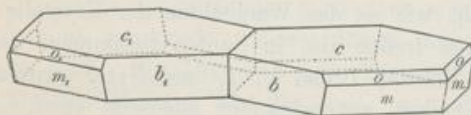
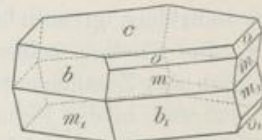


Fig. 188.



der Zwillingsene statt. Die Krystallflächen erhalten die Bezeichnung  $P = (001)$ ,  $M = (010)$ ,  $l = (110)$ ,  $y = (20\bar{1})$ ,  $n = (021)$ ,  $o = (11\bar{1})$ .

Die Glimmer bieten häufig Zwillinge dar, welche in zweierlei Ausbildung auftreten. Die Zwillingsfläche ist senkrecht auf der Endfläche  $c$  und parallel der Kante  $c : m$ . Die Fig. 187 zeigt einen Zwilling, welcher nach dieser Regel gebildet ist. Die beiden Individuen befinden sich in den Stellungen, welche in Fig. 186 angegeben sind. Im Zwilling erkennt man die Zwillingsene, an welcher zugleich die Verwachsung stattfindet, an einer Zwillingsnaht. In der Zeichnung ist die Grenze punktirt. Die beiden Individuen sind im Zwilling verkürzt und mit gleicher Grösse ausgebildet. In der Mehrzahl der Fälle sind aber die Glimmerzwillinge anders gebaut, indem die beiden Individuen übereinander gelagert erscheinen. Fig. 188 gibt eine Vorstellung von einem solchen Zwilling. Die beiden Individuen, von welchen das früher rechts gelegene jetzt oben liegt, berühren sich mit den  $c$ -Flächen und bilden an den Seiten ein- und ausspringende Kanten. Das eine erscheint gegen das andere um  $120^\circ$  gedreht. Oft lagern viele Individuen in abwechselnden Zwillingsstellungen übereinander und bilden Säulehen mit vielen horizontalen Riefen. Die beschriebene Zwillingsbildung lässt sich aber auch auf die Gemeinschaftlichkeit der Endfläche  $c$  und den wechselweisen Parallelismus der Kanten  $c : b$  und  $c : m$  zurückführen.



Im rhombischen System sind die Zwillings Ebenen meistens Prismenflächen, weil die Endflächen hier sämtlich den Hauptschnitten parallel sind und die Fläche 111 als Zwillingsfläche in den Krystalssystemen von geringeren Symmetriegraden seltener vorkommt. Ein Beispiel ist der Zwillingskrystall des Aragonits, Fig. 189, welcher nach dem Gesetze: Zwillings Ebene die Prismenfläche 110 gebildet ist.

Fig. 189.

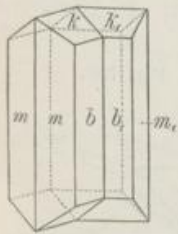


Fig. 190.

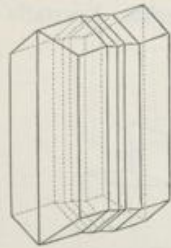
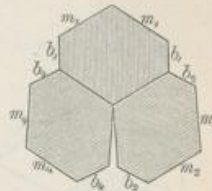


Fig. 191.



Fig. 192.



Die Individuen sind auch an dieser Fläche mit einander verbunden. Wenn sich, wie es nicht selten der Fall ist, die Zwillingsbildung wiederholt, so tritt entweder der Fall ein, dass die Wiederholung an jedem folgenden Individuum an derselben Fläche geschieht, z. B. an der Fläche 110, wie in Fig. 190; dann sind immer die abwechselnden Individuen, also 1, 3, 5, einander parallel und es entsteht ein Zwillingsstock, oder aber die Fortsetzung der Zwillingsbildung geschieht in der Art, dass ein Individuum mit einem zweiten an der Fläche 110, mit einem dritten aber an der Fläche 110 verbunden ist, und es entsteht ein Wendezwilling. Obwohl also das Zwillingsgesetz das nämliche, erzeugen sich doch auf solche Weise andere Verwachsungen, nämlich Drillinge und Vierlinge, wie z. B. der Drilling in Fig. 191.

In Fig. 192, welche einen Drilling von oben gesehen darstellt und die Endflächen der Individuen parallel  $b$  gerieft zeigt, lagern drei Individuen aneinander, doch bleibt, weil das Prisma des Aragonits nicht  $120^\circ$ , sondern bloß  $116^\circ 10'$  misst, noch eine Lücke. Diese wird gewöhnlich durch das Weiterwachsen eines der drei Individuen ausgefüllt.

Drillingskrystalle, welche Durchwachsung zeigen, bietet öfter der Chrysoberyll, s. Fig. 193. Die Zwillings Ebene entspricht einem Längsprisma (031).

Ein Mineral, das rhombische Krystalle zeigt und oft Durchkreuzungszwillinge liefert, ist der danach benannte Staurolith. Ein Zwilling wird durch Fig. 194 versinnlicht. Die Zwillingsfläche ist hier eine Domenfläche (032), welche gegen die aufrechte Axe unter  $44^\circ 12'$  geneigt ist, daher das Zwillingskreuz beinahe rechtwinkelig ist.

Ein merkwürdiger Zwillingskrystall ist auch der in Fig. 195 abgebildete, welcher am Kieselzinkerz beobachtet wurde. Dieser Ergänzungszwilling zeigt zwei hemimorphe Individuen an der Endfläche 001 verbunden, welche an dem einzelnen Individuum keine Symmetrieebene ist. (Vergleiche Fig. 60.)

so in der  
ener Zone  
lieben ab.  
Endfläche  
findet an

= (001).

usbildung  
parallel der  
Regel ge-  
reichte in  
welcher  
zeichnung  
ürzt und  
Glimmer-  
agert er-  
ie beiden  
berühren  
Kanten-  
e Indivi-  
chen mit  
ber auch  
lismus

Krystalle des tetragonalen Systems erscheinen öfters in Zwillingungsverwachsung, indem entsprechend dem Gesetze, welches im vorigen Systeme gewöhnlich herrscht, eine Fläche der verwendeten Pyramide (101) die Zwillingungsfläche abgibt. Nach diesem Gesetze sind die Zwillinge des Zinnerzes gebildet, Fig. 196, deren Individuen kurz säulenförmig gestaltet sind und an denen durch das Zusammentreffen der Pyramidenflächen ein einspringender Winkel entsteht. Diese Stelle der Zwillinge wurde öfters mit dem Visir eines Helmes verglichen, daher der Ausdruck Visirgruppen. Entsprechende Zwillingbildungen werden beim Rutil beobachtet, welcher meist langgestreckte Krystalle liefert. Die Zwillinge

Fig. 193.

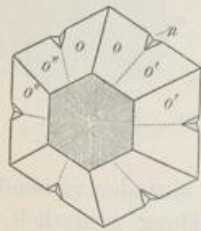


Fig. 194.

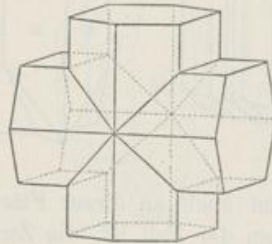


Fig. 195.

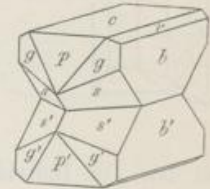


Fig. 196.

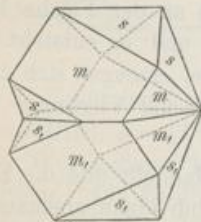


Fig. 197.

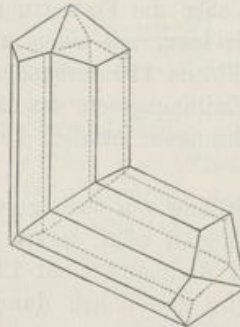
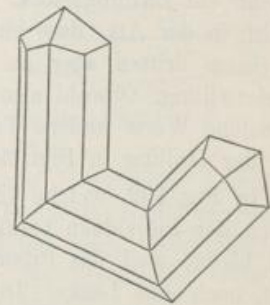


Fig. 198.



sind knieförmig, wie jener in Fig. 197, und es kommen auch häufig Drillinge vor, wie dies Fig. 198 angibt, und durch Fortsetzung derselben Bildungsweise Vierlinge etc.

Die holoëdrisch krystallisirten Minerale des hexagonalen Systems zeigen selten Zwillingbildungen, desto häufiger sind solche in der rhomboëdrischen Abtheilung.

Die Zwillingbildungen des Kalkspathes folgen häufig der Regel, nach welcher die Zwillingsebene der Endfläche parallel erscheint, welche in der rhomboëdrischen Abtheilung keine Symmetrieebene ist. Ein Zwillings, dessen Individuen Skalenoëder  $R3$  sind, hat das Ansehen wie Fig. 199. Die Zwillingsgrenze verläuft horizontal und es folgen an derselben einspringende und ausspringende Kanten.

Individuen mit den Flächen  $\infty R. - \frac{1}{2}R$  geben nach demselben Gesetze den Zwilling in Fig. 200, an welchem die Zwillingsgrenze oft verschwindet; aber

Fig. 199.



Fig. 200.



Fig. 201.

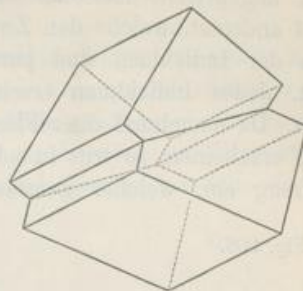


Fig. 202.

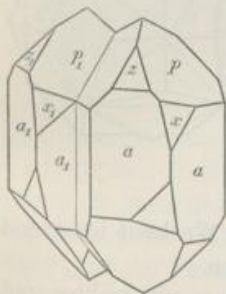


Fig. 203.



Fig. 204.

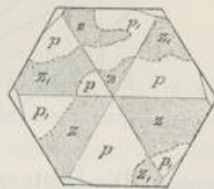
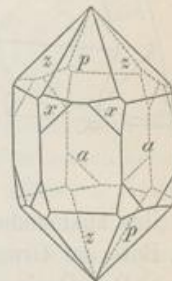


Fig. 205.



der Vergleich mit dem einfachen Krystall in Fig. 121 lässt alsbald die Zwillingnatur erkennen.

Ein anderes Zwillingsgesetz, welches am Kalkspath ungemein häufig beobachtet wird, lautet dahin, dass die Zwillingsebene parallel einer Fläche des Rhomboeders  $-\frac{1}{2}R$  ist. In Fig. 201 erscheinen zwei Individuen von der Form des Grundrhomboeders in dieser Weise verbunden. Gewöhnlich wiederholt sich diese Zwillingbildung.

Beispiele von Zwillingen mit tetartoëdrischen Individuen liefert der Quarz. Man sieht zuweilen zwei Individuen in der Art verbunden, wie es die Fig. 202 angibt. Man kann den Zwilling durch Hemitropie nachahmen, wonach eine auf  $a$  senkrechte Linie Drehungsaxe ist. Dennoch ist der Zwilling ein unsymmetrischer. Die Fläche  $p = +R$  des einen Individuums ist parallel der Fläche  $z = -R$  des zweiten, die Prismenflächen beider sind einander parallel. Die beiden Individuen sind aber selten in dieser Weise aneinander gewachsen, häufig dagegen erscheinen sie durcheinander gewachsen, so dass ein scheinbar einfacher Krystall entsteht. Treten an einem solchen Durchdringungszwilling jene Trapezflächen  $x$  auf, welche den Quarz als tetartoëdrisch charakterisiren, so erscheint er wie in

illingsver-  
steme ge-  
Zwillings-  
gebildet.  
ten durch  
entsteht.  
erglichen.  
den beim  
Zwillinge



Drillinge  
ngsweise  
s zeigen  
drischen  
weher  
drischen  
lenoëder  
horizontal

Fig. 203. Anstatt dass die Trapezflächen bloß an den abwechselnden Ecken auftreten, wie an einem einfachen Krystall (vergl. Fig. 130), sind dieselben an diesem Zwillings an allen auf einander folgenden Ecken zu beobachten. Die beiden Individuen in diesem scheinbar einfachen Krystall sind manchmal ebenflächig gegen einander abgegrenzt, meistens aber unregelmässig krummflächig, wie dies die Fig. 204 andeutet, welche den Zwillingskrystall von oben gesehen darstellt. Die Grenzen der Individuen sind punktirt, die Flächen  $z$  beider Individuen dunkel angelegt. Jedes Individuum erscheint demnach zweimal an der Oberfläche des Krystalls. Da manchmal die  $z$ -Flächen beider Individuen matt, die  $p$ -Flächen aber glänzend erscheinen, so tritt in solchem Falle die in der obigen Figur angedeutete Erscheinung ein, welcher gemäss an den Kanten immer matte und glänzende

Fig. 206.

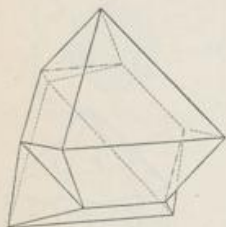


Fig. 207.

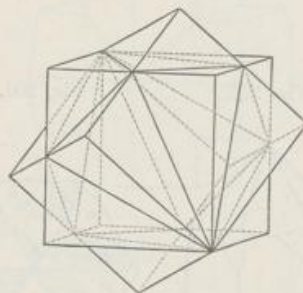
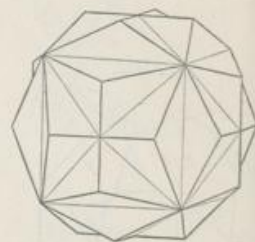


Fig. 208.



Stellen aneinander grenzen. Die Deutung dieses merkwürdigen Wechsels hat zuerst G. Rose auf Grund des bezeichneten Zwillingsgesetzes gegeben.

Der Quarz bildet öfters auch Ergänzungszwillinge, indem ein rechter und ein linker Krystall mit einander verbunden erscheinen. Der gleichförmig ausgebildete Zwillingskrystall hat die Form wie in Fig. 205. Der Vergleich mit den Fig. 130, 131 zeigt, dass die beiden tetartoëdrischen Individuen zu einer Fläche des verwendeten Prismas symmetrisch liegen, welche einem in holoëdrischen Krystallen geltenden Hauptschnitt  $E$  parallel ist. Der Zwillingskrystall sieht so aus, wie ein rhomboëdrischer Krystall, wenn die Flächen  $\alpha$  ein Skalenoëder darstellen würden.

Im tesserale System bieten die holoëdrisch krystallisirten Minerale ziemlich häufig Zwillinge dar, welche dem Gesetze gehorchen, das eine zur Oktaëderfläche parallele Ebene als Zwillingsene annimmt. Wenn die einzelnen Individuen selbst die Oktaëderform an sich tragen, so ergeben sich Zwillinge wie in Fig. 206, wie sie am Spinell, Magneteisenerz u. s. w. vorkommen. Nach dem gleichen Gesetze ist auch der Zwillings in Fig. 207 gebildet, der zwei Hexaëder zeigt, welche einen Durchdringungs-Zwillings darstellen. Derselbe kommt am Flussspath häufig vor. Die Zwillingsaxe geht hier von links oben nach rechts unten durch das Eck, in welchem sechs Würfelkanten zusammenlaufen.

Die hemiëdrischen Abtheilungen zeigen öfters Ergänzungszwillinge, wie z. B. den in Fig. 178 auf pag. 83, welcher zwei positive Tetraëder in den ergänzenden

Stellungen darbietet. Der Diamant zeigt zuweilen derlei Verwachsungen. Zwillingsebene ist hier eine Würfelfläche. Ein anderes Beispiel ist der am Pyrit öfter vorkommende Zwilling in Fig. 208, welcher der Zwilling des eisernen Kreuzes genannt wurde, und zwei positive Pentagon-Dodekaëder jedoch in den beiden Stellungen zeigt. Zwillingsebene ist hier eine Rhombendodekaëderfläche.

**53. Zwillinge höheren Grades.** Die Zwillingbildungen, welche aus mehr als zwei Individuen bestehen, können nach dem Vorgesagten entweder Wenzwillinge oder Zwillingstöcke sein. In beiden Fällen bieten sie eine Fortsetzung desselben Zwillingsgesetzes dar. Es gibt aber auch solche zwillingsartige Verwachsungen, die aus mehr als zwei Individuen bestehen, und welche ein Bildung

Fig. 209.



Fig. 210.

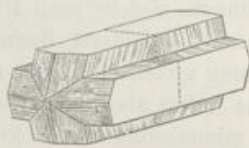
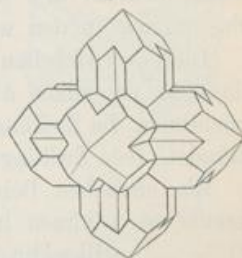


Fig. 211.



nach zwei verschiedenen Zwillingsgesetzen darbieten, ja es kommen auch Verwachsungen vor, die drei, vier, fünf verschiedene Zwillingsgesetze erkennen lassen. Derlei oft ganz ungemein verwickelte Verbindungen von einer grösseren Anzahl von Individuen sind als Zwillinge höheren Grades zu bezeichnen. Ein Beispiel dafür gibt der Phillipsit. Die monoklinen Krystalle desselben erscheinen als Durchkreuzungszwillinge, wie in Fig. 209, in welchen 001 die Zwillingsebene. Diese verbinden sich gewöhnlich zu zweien gemäss einem anderen Gesetze, welches 011 als Zwillingsebene ergibt, Fig. 210. Zuweilen erscheinen aber drei Komplexe der letzteren Art nach einem ferneren Gesetze, nämlich nach 110 als Zwillingsebene verbunden und geben Verwachsungen, wie in Fig. 211. In diesen Gebilden von 9 Symmetrieebenen haben die Individuen zwölf verschiedene Stellungen. Andere Beispiele liefern die als Plagioklas bezeichneten triklinen Feldspathe, welche oft verwickelte Bildungen nach mehreren Zwillingsgesetzen darbieten.

**54. Mimetische Krystalle.** Mehrere Minerale niederen Symmetriegrades, deren Krystallform einzelne Winkel darbietet, welche sich den Winkeln der Formen höheren Symmetriegrades nähern, zeigen durch gleichzeitige Ausbildung ungleichartiger Flächen häufig Combinationen, welche einer höheren Symmetrie zu entsprechen scheinen. Monokline Minerale, denen ein Prismenwinkel von ungefähr  $60^\circ$  zukommt, wie Biotit, Klinochlor, bieten oft einen Querschnitt, welcher einem regelmässigen Sechseck sehr nahe kommt. Die Combinationen haben nicht selten einen rhomboëdrischen Typus. Rhombische Minerale, deren Prismenwinkel beiläufig  $60^\circ$  beträgt, wie Cordierit, Glaserit, Carnallit bilden oft Krystalle von anscheinend hexagonaler Symmetrie. Rhombische Minerale, deren Prisma nahe  $90^\circ$

misst, zeigen Combinationen von tetragonalem Ansehen, wie der Autunit. Derlei Krystalle, welche Grenzformen darbieten, nehmen demnach öfters eine Symmetrie höheren Grades an. Dieses Voraneilen der Symmetrie an einfachen Krystallen kann man als Pseudosymmetrie bezeichnen.

Derlei pseudosymmetrische Individuen bilden aber häufig Zwillingstöcke, Wendezwillinge und Zwillinge höheren Grades, welche nicht nur die höhere Symmetrie äusserlich vollständig erfüllen, sondern auch in ihren Flächenwinkeln diesen Krystallsystemen beinahe genau entsprechen. Diese stets aus vielen Individuen in complicirter Weise aufgebauten Zwillingbildungen zeigen demnach Gestalten, welche die Formen eines Krystallsystems höherer Ordnung nachahmen. Sie werden hier mimetische Krystalle und die Erscheinung wird Mimesie genannt. Diese gewinnt ein besonderes Interesse, wenn sie nicht zufällig, sondern constant auftritt, d. i. wenn alle Krystalle desselben Mineralen die Erscheinung darbieten, wie in den weiterhin beschriebenen Fällen.

Diese verwickelten Bildungen, welche man früher für einfache Krystalle gehalten hat, verdanken die Form von höherer Symmetrie dem Umstande, dass bei Grenzformen die Zwillingbildung gleichzeitig nach allen ähnlich gelegenen Ebenen stattfindet. Jede Zwillingsebene liefert aber eine Symmetrieebene des ganzen Baues.

Ein einfaches Beispiel mimetischer Form gibt jener Kalifeldspath, dessen Krystalle aus triklinen Individuen zusammengesetzt sind und welcher den Namen

Fig. 212.



Mikroclin erhalten hat. Die Krystalle erscheinen monoklin, bestehen aber aus ungemein vielen Individuen, welche parallel der Zwillingfläche, welche die Längsfläche 010 ist, aneinandergesetzt sind. Fig. 212. Es ist dieselbe Art der wiederholten Zwillingbildung, welche auch am Albit vorkommt und welche in Fig. 181 dargestellt ist, jedoch sind dort alle Individuen dicker als bei dem Mikroclin, dessen Individuen von solcher Dünne sind, dass sie durch die feinen Striche in nebenstehender Figur noch viel zu grob angegeben werden. Da der Winkel, welchen die Endfläche 001 und Längsfläche 010 des Mikroklins mit einander bilden,  $89^{\circ} 40'$  beträgt, also einem rechten

Winkel sehr nahe kommt, so sind an den Zwillingstöcken die einspringenden Kanten kaum zu bemerken.

Die Sammelindividuen des Mikroklins zeigen äusserlich die Symmetrie des nächst höheren Grades, sie erscheinen monoklin, daher sie auch früher für Orthoklas gehalten wurden, bis Descloizeaux zeigte, dass hier mimetische Formen vorliegen. Man beobachtet öfters auch Zwillingbildungen des Mikroklins von der Form der Karlsbader Krystalle in Fig. 185. Hier bilden also die Sammelindividuen einen groben Zwilling nach einem anderen Gesetze, als jenes ist, nach welchem sie selbst aufgebaut sind.

Unter den mimetischen Formen, welche eine rhomboëdrische Symmetrie darbieten, sind jene des Pennin ein ziemlich einfaches Beispiel. Der Pennin bildet Krystalle, deren Form früher als Combination eines steilen Rhomboëders mit dem Endflächenpaar aufgefasst wurde, Fig. 215. Die Seitenflächen sind horizontal gerieft. Die Untersuchungen Mallard's und des Autors ergaben jedoch, dass hier eine vielfache Zwillingbildung vorliegt, indem zahlreiche dünne monokline Lamellen

in drei um  $120^\circ$  verschiedenen Stellungen über einander gelagert erscheinen. Fig. 213 gibt das Gesetz der Zwillingsbildung an. Die Individuen sind von den Endflächen  $c = (001)$ , den Domenflächen  $i = (\bar{1}01)$  und den Pyramidenflächen  $v = (132)$  begrenzt. Die Zwillingsene ist senkrecht zu  $c$  und parallel der Kante  $001 : 110$  wie beim Glimmer, pag. 86. Die Zwillingsblättchen sind nicht neben, sondern über einander gelagert, wie es die schematische Fig. 214 darstellt. Da

Fig. 213.

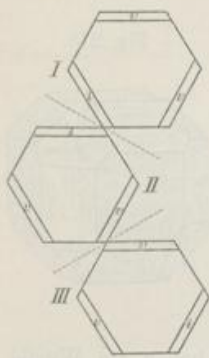


Fig. 214.



Fig. 215.



die Flächen  $i$  und  $v$  gegen die Endfläche ungefähr gleich geneigt sind und da viele ungemein dünne Blättchen in den drei Stellungen aufeinander folgen, so hat die Sammelform eine rhomboëdrische Gestalt.

Einen Fall von mimetischer Form mit tesseraler Symmetrie bietet der Leucit, welcher meistens in rundum ausgebildeten Krystallen auftritt. Letztere zeigen die Form des Ikositetraëders (211), an welcher nur selten eine Andeutung des Rhombendodekaëders durch kleine Flächen erkennbar ist. Weil die Form jenes Ikositetraëders für den Leucit charakteristisch ist, so hat man dieselbe das Leucitoëder genannt und der Leucit galt als ein ausgezeichnetes Beispiel des tesseralen Krystallsystems, bis Gerhard vom Rath an glänzenden Krystallen eine Zwillingsbildung erkannte, welche die Fläche des Rhombendodekaëders als Zwillingsene voraussetzt, was im holotesseralen System nicht vorkommen kann, und bis derselbe Beobachter durch Messungen zeigte, dass die Winkel des Leucits nicht dem tesseralen System entsprechen. Die Krystalle sind aber niemals einfach, sondern sie bestehen immer aus ungemein vielen dünnen Lamellen in zwillingsartiger Verwachsung, wovon die Fig. 216 eine Andeutung gibt. Man erkennt aber das Vorhandensein der vielen dünnen Blättchen immer nur auf den Flächen der glatten Krystalle. Die Zwillingsene hat eine Lage, welche bei tesseraler Auffassung die einer Rhombendodekaëderfläche wäre. Auf Grund optischer Untersuchungen hält Mallard die Individuen des Leucits für monoklin, Klein für rhombisch. Die Leucitkrystalle zeigen zuweilen auch deutliche Zwillinge, die nach dem genannten Gesetze gebildet sind.

Zu den mimetisch-tesseralen Krystallen gehören auch jene des Perowskits. An manchen derselben erkennt man die Zusammensetzung aus vielen Individuen

Derlei  
metrie  
ystallen

sstöcke,  
höhere  
winkeln  
n Indi-  
emnach  
ahmen.  
imesie  
sondern  
reinigung

alle ge-  
ass bei  
Ebenen  
Baues.  
dessen  
Namen  
estehen  
illings-  
ig. 212.  
welche  
ellt ist,  
dessen  
Striche  
en. Da  
10 des  
rechten  
genden

ie des  
Ortho-  
en vor-  
r Form  
t einen  
em sie

metrie  
bildet  
it dem  
izontal  
ss hier  
mellen

schon an der Oberfläche der würfelförmigen Krystalle, wovon Fig. 217 eine Vorstellung gibt. Die feinen Erhabenheiten zeigen zuweilen die Form eines vierseitigen Prisma, welches mit einem Flächenpaar zur Oberfläche des Scheinwürfels parallel ist. Diese Prismen stoßen oft unter  $45^\circ$  zusammen. Die Ebenen, welche am Würfel (100) und (110) wären, fungiren als Zwillings Ebenen. Nach den Erscheinungen beim Aetzen sind die Individuen für monoklin zu halten.

Ein Beispiel für Mimesie gibt auch der Boracit. Die Formen sind anscheinend tetraëdrisch. Auf den Flächen sieht man öfters eine feine Riefung, welche Fig. 218

Fig 216.

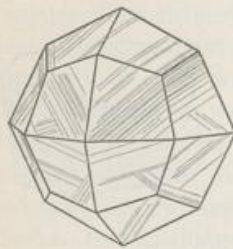


Fig. 217.



Fig. 218.



mit übertriebener Deutlichkeit angibt. Die Zwillings Ebenen haben am Würfel die Lagen (110). Die Individuen, welche als hemimorph-rhombisch oder als monoklin aufgefasst werden können, sind nach (110) oder (111) gestreckt.

Ueber die mimetischen Formen im Allgemeinen handeln: Mallard, *Annales de mines*, Bd. 10 (1876); Autor, *Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges.*, Bd. 31, pag. 637 (1879); Brauns, *Die optischen Anomalien der Krystalle*, Leipzig 1891; Ueber d. Mikroklin: Descloizeaux, *Comptes rend.*, Bd. 82, pag. 16 (1876); Pennin: Autor, *Sitzungsber. der Wiener Akad.*, Bd. 99, pag. 174 (1890); Leucit: G. vom Rath, *Jahrb. f. Mineralogie*, 1873, pag. 111; Klein, *Nachrichten der Ges. d. Wissensch. zu Göttingen* 1884, Nr. 11; Perowskit: Baumhauer, *Zeitschr. f. Kryst.*, Bd. 4, pag. 187; Boracit: Mallard, *Bull. soc. min.*, Bd. 5, pag. 144.

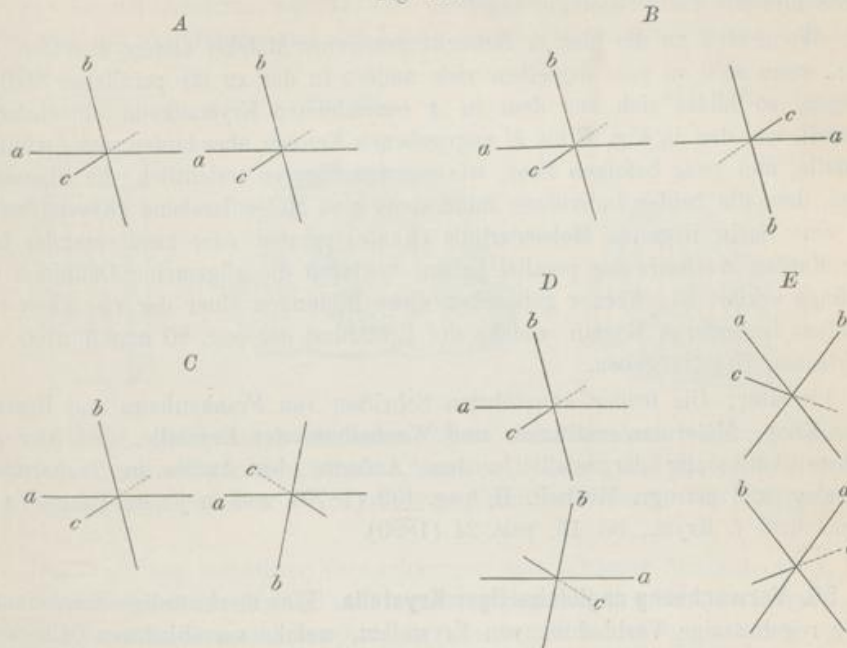
**55. Erklärung.** Die Bildung der Zwillingskrystalle lässt sich mit Zuhilfenahme der Moleculartheorie als eine bei der Entstehung des Krystalls durch bestimmte Umstände herbeigeführte Erscheinung darstellen, wobei die Krystalle als einfache Raumgitter betrachtet werden. Die Molekel, welche bei der Krystallisation aus dem beweglichen Zustande in den starren übergehen, verlieren allmähig die Geschwindigkeit fortschreitender Bewegung, bis letztere null wird und die Molekel aneinander fixirt werden. Bevor dies geschieht, haben die Molekel auf einander orientirend gewirkt, sie haben sich mit den gleichartigen Molecularlinien parallel zu stellen gesucht. Diese beiden Momente treten entweder nacheinander ein, d. h. die Molekel fixiren sich, nachdem sie schon vollständig orientirt wurden, oder die beiden Momente greifen in einander, d. h. die Molekel fixiren sich, bevor sie vollständig orientirt wurden.

Das Orientiren geht zwar von allen Molecularlinien aus, doch werden bei einem bestimmten Wachsthum einige derselben vorzugsweise thätig sein. Von



diesen aber lassen sich drei, die nicht in derselben Zone liegen, als Resultirende aller wirkenden orientirenden Kräfte betrachten und diese sollen durch  $a$ ,  $b$ ,  $c$  angezeigt werden, so dass Richtung und Grösse der stärksten Wirkung mit  $a$ , der schwächsten mit  $c$  bezeichnet werden.

Fig. 219.



Ist die Orientirung vollständig abgelaufen, so stehen die beiden zu betrachtenden Molekel parallel, wie dies Fig. 219 *A* angibt. Wenn aber die Orientirung nicht vollständig ausgeführt werden konnte, wenn also die Molekel die nöthigen Drehungen nicht ganz durchführen konnten, so wird die Parallelstellung nur theilweise vollbracht sein. Vor allem wird die Ebene stärkster orientirender Kraft, nämlich die Ebene  $ab$  in beiden Molekeln parallel sein. Ausserdem wird die erste Orientirungsaxe  $a$  in beiden Molekeln dieselbe Stellung angenommen haben, oder es werden sich die beiden Axen  $a$  und  $b$ , wenn denselben ungefähr die gleiche orientirende Kraft zukommt, wechselweise parallel gestellt haben. Diese Bedingungen festgehalten, ergeben sich folgende vier Fälle unvollständiger Orientirung:

1. Beide Molekel haben  $a$  und  $b$  parallel,  $c$  nicht. Fig. *B*. Denkt man sich die zweite Molekel um  $180^\circ$  gedreht, wobei die Drehaxe zur Ebene des Papiers senkrecht ist, so erhält man die parallele Stellung wie in *A*.

2. Beide Molekel haben bloß  $a$  und die Ebene  $ab$  parallel,  $b$  und  $c$  nicht. Die  $a$ -Axen laufen in beiden gleichsinnig. Fig. *C*. Eine halbe Drehung der zweiten Molekel um die Linie  $a$  als Drehaxe würde zur Parallelstellung wie in *A* führen.

3. Beide Molekel haben bloß  $a$  und die Ebene  $ab$  parallel,  $b$  und  $c$  nicht, die  $a$ -Axen laufen in beiden widersinnig. Fig. *D*. Hier kann durch eine halbe

Vor-  
vier-  
fürfels  
relche  
n Er-

inend  
g. 218

fel die  
noklin

males  
g. 637  
ber d.  
Autor,  
Rath,  
ensch.  
Bd. 4.

nahme  
fimmte  
nfache  
on aus  
die Ge-  
molekel  
inander  
parallel  
i, d. h.  
i, oder  
vor sie

len bei  
l. Von

Drehung der zweiten Molekel um eine in der Ebene  $ab$  liegende, auf  $a$  normale Linie die Parallelstellung wie in  $A$  erreicht werden.

4. Die beiden Molekel haben die Ebene  $ab$  parallel und ausserdem die Richtungen  $a$  und  $b$  wechselweise parallel,  $c$  nicht. Fig.  $E$ . Die halbe Drehung der zweiten Molekel um eine Linie, welche den Winkel zwischen  $a$  und  $b$  halbirt, würde hier die Parallelstellung ergeben.

Wenn sich an die hier in Betracht gezogenen Molekel andere ansetzen, und zwar, wenn sich an jede derselben viele andere in der zu ihr parallelen Stellung anfügen, so bildet sich aus dem in  $A$  bezeichneten Krystallkeim ein einfacher Krystall, aus den in Fig.  $B$  bis  $E$  angegebenen Keimen aber bilden sich Zwillingkrystalle, und zwar befolgen diese, wie aus den Figuren ersichtlich, die allgemeine Regel, dass die beiden Individuen mindestens eine Molecularebene (Krystallfläche) und eine darin liegende Molecularlinie (Kante) parallel oder zwei einander ähnliche Kanten wechselweise parallel haben, wodurch die allgemeine Definition der Zwillinge erklärt ist. Ferner gehorchen diese Bildungen einer der vier eben entwickelten besonderen Regeln, welche die Erklärung der pag. 80 angeführten vier empirischen Gesetze geben.

Literatur: Die früher angeführten Schriften von Frankenheim und Bravais, ferner Knop, Molecularconstitution und Wachsthum der Krystalle. Die hier angeführte Auffassung dargestellt in dem Aufsätze des Autors in Tschermak's Mineralog. und petrogr. Mittheil. II, pag. 499 (1879) und in jenem Brögger's in d. Zeitschrift f. Kryst., Bd. 16, pag. 24 (1890).

**56. Verwachsung ungleichartiger Krystalle.** Eine merkwürdige Erscheinung ist die regelmässige Verbindung von Krystallen, welche verschiedenen Mineralen angehören. In diesem Falle sind die Krystalle zweier verschiedener Mineralarten in der Weise mit einander verbunden, dass beide mindestens eine Krystallfläche parallel zeigen, welche aber an beiden häufig eine verschiedene krystallographische Bedeutung hat, ferner dass beide auch den Parallelismus von mindestens einer Kante in jenen beiden Flächen darbieten. Die Krystalle sind also gegen einander bestimmt orientirt. Es herrscht eine Aehnlichkeit mit den Krystallstöcken und den Zwillingen, welche aber bei dem Umstande, als die gegen einander orientirten Krystalle meist verschiedenen Krystallsystemen angehören, gewöhnlich blos eine entferntere ist.

Der längst bekannte, hierher gehörige Fall ist die orientirte Verwachsung von Disthen (triklin) mit Staurolith (rhombisch), welche schon von Germar 1817 beschrieben wurde. Die Fläche  $M$  am Disthen und  $b$  am Staurolith spiegeln mit einander, ausserdem haben beide Krystalle die Kanten einer Zone parallel. Fig. 220. Ein häufiges Vorkommen ist die zuerst von Breithaupt beschriebene orientirte Verwachsung von Eisenglanz (rhomboëdrisch) und Rutil (tetragonal). Fig. 221. Die Rutilkrystalle lagern mit den Kanten der Prismenzone parallel zur Kante  $OR : \infty P2$  der Eisenglanztabelle und die Basis der letzteren ist parallel zur Fläche des verwendeten Prisma am Rutil. Sehr bekannt ist die Verwachsung von Orthoklas (monoklin) und Albit (triklin), welche von L. v. Buch beschrieben worden. Beide

Kryst  
Prism  
zeigt  
kryst  
paral  
sind  
paral

Oktä  
para  
wael  
Blen

auch  
güns  
artig

Dart  
Spal  
Auf  
Rho

besti  
1861  
Krys

den  
ersel  
Krys  
sie t  
gede  
Letz  
förr  
T

Krystalle haben die Längsfläche 010 und die Kanten der Zone des aufrechten Prisma parallel. In dieser Zone haben beide auch ähnliche Winkel. Die Fig. 222 zeigt einfache Krystalle und Zwillinge von Albit an den Flächen  $l$  eines Orthoklas-kristalls. Augit und Amphibol (beide monoklin) zeigen nach Haidinger zuweilen parallele Verwachsung, Augit und Olivin (rhombisch) ebenfalls. Amphibolkrystalle sind zuweilen mit Oktaëdern von Magnetit besetzt, so dass die Flächen der letzteren parallel 001 des Amphibols und die Kante dieser Fläche mit 100 parallel einer

Fig. 220.



Fig. 221.

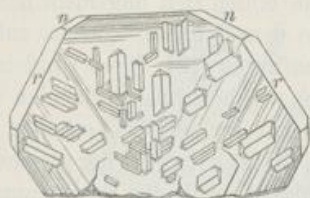


Fig. 222.



Oktaëder-Kante. Fahlerzkrystalle haben öfters einen rauhen Ueberzug, der aus parallel gelagerten Kupferkieskrystallen besteht. Bekannt sind die orientirten Verwachsungen von Speerkies mit Pyrit, von Calcit mit Quarz, von Bleiglanz mit Blende u. a. m.

Das Auftreten orientirter Verwachsungen verschiedener Minerale zeigt, dass auch verschiedenartige Molekel auf einander anziehend wirken, so dass unter günstigen Umständen eine Anlagerung in derselben Weise erfolgt, als ob sie gleichartig wären.

Man kann hierhergehörige Verwachsungen auch absichtlich hervorrufen. Darunter sind jene besonders interessant, welche man durch Einlegen frischer Spaltungsstücke von Calcit in eine gesättigte Lösung von Natriumsalpetet erhält. Auf die Kanten und Flächen des Calcits lagern sich bei der Krystallisation Rhomboëder des Natriumsalpetets in paralleler Stellung.

Lit. Frankenheim, Lehre von der Cohäsion, 1835. Haidinger, Handb. d. bestimm. Mineralogie, 1845, pag. 279. Breithaupt, Berg- und hüttenmänn. Zeitung, 1861, pag. 153. G. v. Rath, Pogg. Ann., Bd. 155, pag. 24. Sadebeck, Angew. Krystallographie, 1876. Becke, Tschermak's Min. u. petr. Mitth., Bd. 5, pag. 331.

**57. Ausbildungsweise der Krystalle.** Die Krystalle bilden sich öfter nach den verschiedenen Richtungen ziemlich gleich aus, wodurch sie nussförmig erscheinen, was bei den tesseralen sehr gewöhnlich ist. Im Uebrigen haben die Krystalle entweder eine vorherrschende Ausdehnung nach einer Ebene, wodurch sie tafelförmig werden, oder sie sind nach einer Richtung besonders stark ausgedehnt, nach den übrigen weniger entwickelt, wodurch sie säulenförmig werden. Letztere Ausbildung liefert bei geringen Dimensionen nadelförmige oder haarförmige Krystalle.

Die Krystalle, welche fortwährend schwebend wachsen, sind schliesslich ringsum ausgebildet. Wird die Matrix, in welcher sie enthalten waren, entfernt, so dass die Krystalle frei liegen, so heissen diese nun lose Krystalle. Die sitzend gebildeten Krystalle sind auf der einen Seite aufgewachsen und an dieser nicht ausgebildet. Werden sie von der Stelle entfernt, so präsentiren sie sich als abgebrochene Krystalle.

Man findet öfter abgebrochene Krystalle, besonders häufig von Quarz, welche an den Bruchflächen die Erscheinung des Fortwachsens durch Anlagerung neuer Substanz, manchmal bis zur Bildung neuer ebener Flächen darbieten. Die Bruchflächen sind hier gleichsam ausgeheilt.

Beim Wachsen der Krystalle bilden sich ungemein häufig verzerrte Formen, an welchen jene Flächen, welche dem Symmetriegesetze zufolge gleich sind, thätlich mit ungleicher Grösse auftreten [12]. Diese Ungleichheit führt öfter dazu, dass eine oder die andere Fläche, welche früher vorhanden war, beim Fortwachsen ganz verschwindet, während die mit ihr gleichen erhalten bleiben. An manchen Krystallen zeigt sich also eine Unvollständigkeit der gleichen Flächen (Meroëdrie), was aber keine Täuschung veranlasst, weil die Erscheinung eine völlig unregelmässige ist und der Vergleich mehrerer, nebeneinander gebildeter Krystalle genügt, um zu erkennen, dass dieses Ausbleiben von Flächen mit keiner Hemiëdrie oder Hemimorphie zusammenhängt.

Eine andere Erscheinung, welche das Aussehen der Krystalle völlig zu verändern vermag, ist das Voraneilen des Wachstums in bestimmten Richtungen oder Ebenen und das in Folge dessen stattfindende Zurückbleiben in den übrigen. Wenn das Wachsen der Krystalle in Ebenen vorherrscht, welche vom Mittelpunkte des Krystalls durch gleiche Kanten gehen, so bleiben die dazwischen liegenden Flächen im Wachsen zurück. Anstatt der Flächen entstehen Vertiefungen, die öfter treppenartige Absätze zeigen, und der ganze Krystall sieht wie abgemagert oder eingefallen aus. Derlei Bildungen werden öfter Krystallskelette genannt. Ein Beispiel geben manche Krystalle von Cuprit, an welchen statt der Oktaëderflächen treppenartige Vertiefungen auftreten. Fig. 223. Die Nebenfigur zeigt einen Durchschnit parallel der Würfffläche. Das Kochsalz liefert ein anderes Beispiel. Beim Abdampfen einer Kochsalzlösung erhält man an der Oberfläche der Lösung schüsselartig vertiefte Körperchen, die eine Zeit lang schwimmen, und am Boden bilden sich Würfelchen mit ausgehöhlten Flächen.

Durch das Vorherrschen des Wachsens an den Ecken und Kanten erzeugen sich öfter eigenthümliche, aus Aestchen, Stäbchen oder Blättchen zusammengesetzte Individuen von zierlicher Gestalt, welche sternförmig, baum- und strauchförmig, farnkrautartig, netzartig, pinselartig etc. erscheint. Die einzelnen Aestchen u. s. w. sind wiederum mit kleinen Individuen von paralleler Stellung besetzt. Beispiele sind die sternförmigen Schneekrystalle, die baumförmigen Individuen von Gold, die netzförmigen von Cuprit. Manche dieser Bildungen entsprechen nicht einfachen Individuen, sondern Zwillingskrystallen, wie die baumförmigen Gestalten des Kupfers, die netzartigen des Rutils, welcher in der Sagenit genannten Art wie ein Gewebe feiner Nadeln erscheint. Für Krystalle von solcher Ausbildung eignet sich die von Bréon gebrauchte Bezeichnung Gitterkrystalle, nach dem älteren Ausdrücke

werden sie gestrickte Formen genannt. Bei fortgesetztem allmählichem Wachstum können sich alle diese Formen, welche eine regelmässige Unterbrechung der Raumauffüllung zeigen, zu vollständigen und ebenflächigen Krystallen ausbilden, sie sind daher als unvollständige Krystalle aufzufassen. Fig. 224 ist ein Gitterkrystall von Silberglanz in natürlicher Grösse, wie sich derselbe in einem Durchschnitte parallel der Würfelfläche darstellt. Fig. 225 zeigt einen Theil davon in vergrössertem Maassstabe und lässt erkennen, dass viele kleine Oktaëder sich nach den drei Axen des Würfels anordnen.

Fig. 223.

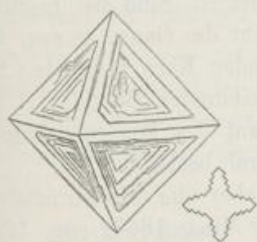


Fig. 224.



Fig. 225.

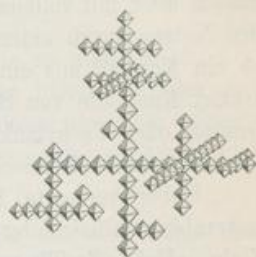
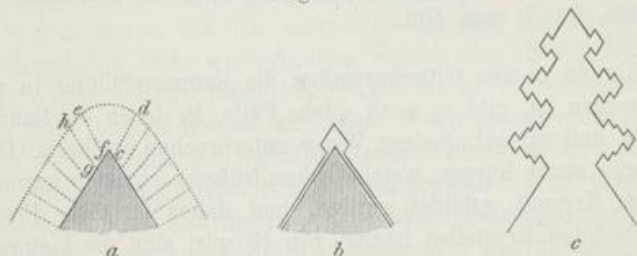


Fig. 226.



Diese netzartigen Gebilde, welche überall dort auftreten, wo eine rasche Krystallisation stattfindet, haben eine grosse Verbreitung. Lehmann erklärt auf Grund seiner mikroskopischen Beobachtungen ihre Entstehung in folgender Weise: Jedes Krystallindividuum vergrössert sich nur dann, wenn die umgebende Lösung etwas übersättigt ist, es entnimmt dabei aus der nächsten Umgebung Stoff, wodurch um das wachsende Individuum ein Hof verdünnterer Lösung entsteht. Die Diffusion verursacht hierauf wieder einen Ausgleich, so dass neuer Stoff in den Hof eintritt. Fig. 226 a. Die vorhandenen Ecken und Kanten beherrschen aber ein viel grösseres Feld der Diffusionsströmung als ein gleich grosses Stück der Flächen des wachsenden Individuums. Sie sind daher beim Stoffansatz im Vortheil. So beherrscht die hier dargestellte Kante den Diffusionsraum  $cdef$ , während von dem gleich grossen Flächenelement  $fg$  nur der viel kleinere Raum  $efgh$  in Anspruch genommen werden kann. Demnach setzt sich über dem ebenen Flächenelement  $fg$  sowie über allen benachbarten gleichen Flächenelementen in einem bestimmten Zeitraume bloß eine dünne Krystallschicht  $ab$ , während über dem gebrochenen

Flächenelemente  $cf$  sich eine viel dickere Zuwachsschicht absetzen wird. Fig. *b*. Diese letztere bildet an der Kante einen Ansatz, welcher von Krystallflächen eingeschlossen ist. Beim Fortwachsen fügen sich durch dieselbe Veranlassung an die Kanten dieses Ansatzes wieder neue auffallend starke Zuwachsschichten und es entsteht nach einiger Zeit eine Bildung wie in Fig. *c*, schliesslich nach weiterem Verlaufe ein Gitterkrystall. Bei raschem Wachsthum aus stark übersättigter Lösung ist der Hof breit, die Diffusionsströmung stark, es erfolgt ein vorherrschender Ansatz an Ecken und Kanten. Beim allmäligen Wachsen aus wenig übersättigter Lösung ist der Hof schmal, die Strömung schwach, der Ansatz also gleichförmig.

Es kann auch der Fall vorkommen, dass ein Individuum innen netzförmig, aussen aber mit vollkommen geschlossener Form ausgebildet ist. Sind die Maschen des Netzes durch einen fremden Körper ausgefüllt, so sieht das Ganze so aus, als ob ein Krystall aus einer dünnen Schale und einem fremden Kern bestünde. So erklärt Knop die von Scheerer als Perimorphosen bezeichneten Gebilde, z. B. Granat- oder Vesuviankrystalle, die aus einer dünnen Haut des Minerals, innen aber aus einem Gemisch von Calcit und demselben Mineral bestehen.

Ueber verzerrte Krystallformen: A. Weisbach, »Ueber die Monstrositäten tesseral-krystallisirender Minerale«. G. Werner, Jahrb. f. Min., 1867, pag. 129. Klein, »Ueber Zwillingsverbindungen und Verzerrungen«. Heidelberg, 1869. Ueber die netzartig gebildeten Krystalle: Knop, »Molecularconstitution und Wachsthum der Krystalle«. Hirschwald, Jahrb. für Min. pag. 129. Lehmann, Zeitschr. für Krystallographie, Bd. I, pag. 458.

**58.** Während in den Gitterkrystallen die Raumauffüllung in regelmässiger Weise unterbrochen ist, gibt es auch solche Fälle, in denen die Raumerfüllung in einer zufälligen und unregelmässigen Weise unterbrochen erscheint. Dies geschieht namentlich durch starre Körper, welche schon früher vorhanden waren und gleichzeitig mit dem Krystall gebildet wurden, und daher ist diese Erscheinung bei schwebend gebildeten Krystallen häufig. Ein Beispiel sind die kleinen Tafeln von Titaneisenerz im Basalt, welche oft so aussehen, als ob sie in Striemen und Lappen zerschnitten wären. So wie starre Körper ein Hindernis der continuirlichen Raumauffüllung bilden können, ebenso werden auch Flüssigkeiten und gasförmige Körper, welche bei der Krystallisation den Raum verlegen und die Anlagerung der gleichartigen Molekel beeinträchtigen, stellenweise eine Unterbrechung im Zusammenhange bewirken können.

Manche der schwebend gebildeten Krystalle leiden stark unter dem Einflusse der Umgebung, ihre Form ist oft gestört, andere hingegen zeigen sich fast immer scharf ausgebildet, so dass man schliessen darf, sie vermögen bei der Krystallisation kleine fremde Partikelehen fortzuschieben. Solchen Mineralen, welche fast immer scharfe Krystalle zeigen, schreibt man also eine grössere Krystallisationskraft zu, als anderen. Beispiele sind Magneteisenerz, Spinell, Apatit, Quarz. Das Fortschieben und Heben fremder Körper bei der Krystallisation ist übrigens direct beobachtet. Bunsen in den Ann. der Chemie, 1847, Bd. 62, pag. 1 und 59. Das Bersten von Steinen, in deren Poren Krystallisationen stattfanden: Volger: Pogg. Ann., Bd. 93, pag. 214.

So wie die geschlossene Form der Krystalle durch äussere Umstände verschiedene Störungen erleiden kann, so vermögen auch derlei Einflüsse auf die Lage der Krystallflächen zu wirken und kleine Abweichungen von der Constanz der Kantenwinkel hervorzurufen. Dauber hat durch viele Messungen gezeigt, dass diese kleinen Anomalien ganz gewöhnlich vorkommen, und jede Beobachtung, welche sich auf mehrere Krystalle sowohl desselben Fundortes als auch verschiedener Fundorte erstreckt, gibt das Resultat, dass erstere in einem kleineren, die letzteren in einem grösseren Betrage in ihren Kantenwinkeln von einander abweichen, und zwar macht die Abweichung öfter viele Minuten aus. Brezina hat durch Beobachtungen am unterschwefelsauren Blei den Einfluss der Schwere auf diese Anomalien zu verfolgen gesucht.

Ganz anderer Art sind die Winkelunterschiede, welche an mimetischen Krystallen vorkommen. Da dieselben gewöhnlich Zwillingstöcke höheren Grades sind, so werden derlei Krystalle andere Winkel zeigen, je nachdem dieselben vorherrschend nach diesem oder vorherrschend nach jenem Zwillingsgesetze aufgebaut sind.

**59. Mikrolithe.** Viele Krystalle sind so klein, dass sie erst durch das Mikroskop wahrgenommen werden. Diese zeigen ebene Flächen und meistens dieselben Umriss, wie jene, deren Formen uns durch die Beobachtung mit freiem Auge bekannt sind. Es gibt aber unter den mikroskopischen Bildungen solche mit Formen, die von krummen Flächen eingeschlossen sind und die an den grossen ausgebildeten Krystallen nicht wiederkehren, welche also als Jugendformen zu betrachten sind. Wegen solcher Eigenthümlichkeit ist es wünschenswerth, eine Bezeichnung für diese kleinen Gebilde zu haben. Wenn dieselben bestimmte Umriss darbieten, so dass man ihre Krystallnatur daran erkennt, so wird der von Vogel vorgeschlagene Name Mikrolith auf sie angewendet, doch versteht man darunter vorzugsweise solche Individuen, welche stäbchenförmig oder nadelförmig ausgebildet sind. Diese lassen sich nämlich am leichtesten wahrnehmen, während feine Blättchen in der breiten Ansicht oft nicht ganz scharf hervortreten oder unbestimmte Umriss haben, in der schmalen Ansicht aber wiederum wie Nadeln erscheinen, während endlich die Mikrolithe gleichförmiger Ausdehnung in ihren Umrissen selten charakteristisch sind und meist wie Staubkörner aussehen. Die Form einfacher Stäbchen ist die häufigste, zuweilen sind die Mikrolithe stachelspitzig, andere erscheinen kopfig oder keulig oder auch biscuitförmig. Beistehende Fig. 227 gibt einige Formen an, von welchen die ersteren einfache, die letzten drei zusammengesetzte sind. Manche Mikrolithe haben Endigungen wie Schwalbenschwänze oder sie haben sanduhrförmige Gestalten, sind jedoch einfache Individuen mit eigenthümlicher Wachstumsform. Echte Zwillinge kommen natürlich auch vor. Auffallend sind die gekrümmten Formen, die bald ein gebogenes Stäbchen, bald eine Schlinge nachahmen, und gar die undurchsichtigen, haarförmigen Gebilde, welche von Zirkel Trichite genannt werden und welche in feine Spitzen endigen, oder die borstenartig steif aussehenden, mit gleichzeitig auftretenden Krümmungen und zackigem Verlaufe. Eine überraschende Erscheinung ist die Gliederung mancher Mikrolithe, die rosenkranzförmig aneinander gereiht erscheinen.

Fig. b.  
n ein-  
an die  
nd es  
iterem  
ösung  
ender  
ttigter  
örmig.  
örmig,  
ischen  
is, als  
e. So  
z. B.  
innen

sitäten  
. 129.  
Ueber  
sthum  
r. für

ässiger  
ng in  
chieht  
gleich-  
ng bei  
n von  
appen  
Raum-  
körper,  
gleich-  
nmen-

inflüsse  
immer  
isation  
immer  
ft zu,  
hieben  
achtet.  
n von  
d. 93,

Manche dieser Mikrolithe lassen sich auf bestimmte Minerale beziehen, so z. B. kennt man Apatit-, Feldspath-, Augit-Mikrolithe u. s. w. Viele Mikrolithe aber sind in ihrer Entwicklung noch nicht so genau verfolgt, als dass man angeben könnte, welcherlei Krystalle sich bei der Vergrößerung aus ihnen entwickeln.

Mikrolithe zeigen sich besonders häufig und deutlich im Obsidian, Perlstein und Pechstein. Ebenso finden sich derlei Bildungen häufig in den künstlichen Schlacken. Durch Mischung krystallisirbarer Substanzen mit zähflüssigen Körpern kann man Mikrolithe erhalten und deren Wachsthum studiren, weil der zähflüssige Körper verzögernd auf die Krystallisation wirkt. Vogelsang bemerkte bei der

Fig. 227.



mikroskopischen Beobachtung jener Gebilde, welche der Schwefel bei der Krystallisation innerhalb Canadabalsam darbietet, solche Anfänge der Krystallbildung, welche noch keinen polyëdrischen Umriss, aber schon eine regelmässige Anordnung zeigen, und hat solche Körperchen Krystallite genannt. Diese Vorstufe der Mikrolithe kommt auch oft in den Gesteinen vor.

Lit. Zirkel, Die mikroskop. Beschaffenheit der Minerale und Gesteine, wo auch die fernere Literatur angegeben ist. Lehmann in der vorher citirten Abhandlung.

**60. Mikroskopische Untersuchung.** Die Beobachtung der Formverhältnisse, welche mit freiem Auge nicht mehr erkannt werden können, ist erst in der letzten Zeit mit Erfolg betrieben worden, obgleich die Anwendung des Mikroskops schon früher versucht wurde. Erst nachdem durch Sorby eine praktische Methode gefunden war, aus den Mineralen dünne Schichten herzustellen, welche Durchsichtigkeit besitzen, trat das Mikroskop auch hier in seine Rechte.

Härtere Minerale werden zu diesem Zwecke zuerst durch Zerschlagen in die Form dünner Splitter oder durch Zerschneiden in die Gestalt von Täfelchen gebracht, um sodann durch Schleifen in höchst dünne und durchsichtige Blättchen verwandelt zu werden. Das Zerschneiden geschieht durch eine Maschine, eine Art Drehbank, welche eine dünne Scheibe von Eisen in Rotation bringt. Eine Art der gegenwärtig im Gebrauche stehenden Schneidmaschinen ist in Fig. 228 abgebildet. Die Eisenscheibe *s* wird benetzt, am Rande fleissig mit Smirgelpulver bestrichen, oder sie wird mit Diamantpulver, welches mit Öl angerührt und in den mittels eines Messers eingehackten Rand hineingestrichen wird, bewaffnet, worauf sie bei schneller Drehung in das angedrückte Mineral eindringt und in der gewünschten Richtung einen Schnitt hervorbringt. Das Schleifen geschieht anfänglich auf einer Platte von Sandstein, auf einer Smirgelplatte oder auf einer Metallplatte, am besten einer Gusseisenplatte, die mit Wasser benetzt und mit Smirgelpulver bestreut ist.



Der feinere Schliff wird entweder auf einer ebenen Thonschieferplatte, oder besser auf einer matten Glasplatte mit feinem Smirgelpulver ausgeführt. Jeder Splitter und jedes Täfelehen wird zuerst auf der einen Seite eben und fein geschliffen, sodann mit dieser Seite vermittels Canadabalsam an ein handliches Stück einer dicken Glasplatte gekittet, um schliesslich auch auf der anderen Seite eben und fein geschliffen zu werden, bis es durchsichtig geworden. Es ist nicht nöthig, das schliesslich erhaltene dünne Blättchen, den Dünnschliff, welcher so durchsichtig sein muss, dass man eine darunter gelegte Schrift lesen kann, auch noch zu poliren, vielmehr wird selbes nach dem Feinschleifen sogleich präparirt, indem es durch Erwärmen des Kittes und Abziehen von der Unterlage befreit und auf eine reine Glasplatte, einen Objectträger, gebracht und dort durch Umgebung mit Canadabalsam und Bedeckung mit einem dünnen Glasplättchen für die mikroskopische Beobachtung geeignet gemacht wird.

Die Beobachtung geschieht mittels des Mikroskops entweder ohne Zuhilfenahme fernerer Apparate oder man benützt je nach dem besonderen Zwecke verschiedene Vorrichtungen. Die Messung der Grösse der Objecte verlangt Glasmikrometer oder Mikrometersehrauben, die Messung der Winkel an mikroskopischen Krystallen erfordert Visuren im Instrumente in der Form von Fadenkreuzen oder Linien auf Glasplatten, ferner Theilkreise, die entweder am Tische des Mikroskops oder am Ocular angebracht sind, die Beobachtung im polarisirten Lichte, von der später noch die Rede sein wird, Nicol'sche Prismen am Ocular und unter dem Tische des Mikroskops. Für höhere Temperaturen sind bestimmte Einrichtungen zu treffen. Die Beobachtung der Erscheinungen bei Krystallisation aus Lösungen setzt ebenfalls einen hiefür geeigneten Bau des Instruments voraus. Für das Zeichnen der mikroskopischen Bilder, für das Photographiren derselben sind wiederum gewisse Vorkehrungen nützlich oder nothwendig. Die Dünnschliffe können auch, wofern sie einerseits unbedeckt gelassen werden, zu chemischen Reactionen im kleinen Maasstabe, deren Resultat mikroskopisch verfolgt wird, benutzt werden. Ausführlicheres über all dieses in dem angef. Werke von Zirkel; ferner Rosenbusch: Mikroskopische Physiographie, Groth, Physikalische Krystallographie. Fues, Jahrb. f. Min. Beilageband 7, pag. 406. Wülfing, Zeitschr. f. Kryst. Bd. 17, pag. 445.

Fig. 228.



en, so  
rolithe  
geben  
eln.

rlstein  
lichen  
örpern  
üssige  
i der

stalli-  
zelehe  
eigen,  
rolithe

auch  
llung.

nisse,  
etzten  
schon  
ge  
igkeit

en in  
chen  
ehen  
e Art  
t der  
ildet  
chen,  
ittels  
e bei  
hten  
einer  
esten  
t ist.

**61. Oberfläche der Krystalle.** Die Flächen, von welchen die Krystalle eingeschlossen werden, sind entweder vollkommen glatt und eben, oder sie erscheinen nicht glatt, sondern gerieft, fein gezeichnet, oder matt, rauh, drusig etc. Die matte oder raube Beschaffenheit kann dem Krystall als solchem zugehören, oder auch von angelagerten oder hervorragenden fremden Partikelchen herrühren.

Fig. 229.

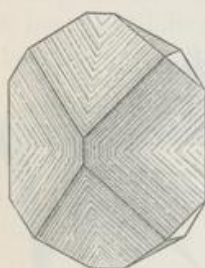


Fig. 230.



Fig. 231.

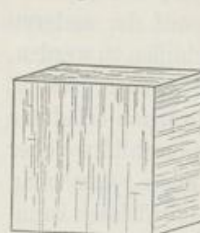


Fig. 232.



Die Riefung besteht in einer vielfachen Wiederholung von feinen Kanten, sie kann demnach entweder eine Combinations- oder eine Zwillingsriefung sein, indem ein treppenartiger Wechsel derselben zwei Flächen stattfindet, die entweder demselben Individuum oder vielen zwillingsartig verbundenen Individuen angehören. An dem Krystall von Arsen kies in Fig. 229 und an dem Quarzkrystall, Fig. 230, ist eine Combinationsriefung parallel den vorhandenen Kanten zu bemerken. Der hemihädrische Pyritwürfel in Fig. 231 bietet auch eine derlei Riefung dar, welche von sehr schmalen Flächen eines Pentagonododekaäders herrührt. Der Korundkrystall, Fig. 232, liefert ein Beispiel der Zwillingsriefung, welche durch feine dem Rhomboëder parallel gelagerte Lamellen hervorgebracht wird.

Die feine Zeichnung, welche manche Krystallflächen darbieten, rührt von regelmässig geformten Erhabenheiten und Vertiefungen her, welche der Fläche oft ein halb mattes Ansehen geben, bei einer bestimmten Beleuchtung aber einen Glanz verleihen, so dass die Oberfläche damastartig erscheint. (Fluorit, Quarz.) Wenn die Zeichnung etwas gröber wird, so erscheint die Fläche gekörnt, gestrichelt, geschuppt, getäfelt, parquettirt etc., und man erkennt nun oft schon mit freiem Auge die Form der einzelnen Erhabenheiten und Vertiefungen, welche parallel angeordnet sind. Die Erscheinung lässt sich bis dahin verfolgen, wo diese Erhabenheiten als von Krystallflächen begrenzte, hervorragende Krystalltheile erkannt werden, und schliesslich bis zu dem Extrem, da keine Ebene mehr erkennbar ist, sondern statt des einfachen Krystalls ein Krystallstock vorliegt. Die regelmässigen Erhabenheiten, welche an den Krystallflächen, bald nur unter dem Mikroskope, bald schon unter der Loupe, endlich auch mit freiem Auge beobachtet werden, sind von Krystallflächen begrenzt. Sie sind daher regelmässig geformt und erscheinen wie kleine Krystallindividuen, welche sich aus der Fläche der grösseren Krystallmasse in paralleler Stellung bald mehr, bald weniger emporheben. Scharff hat über diesen Gegenstand eine Reihe von Arbeiten geliefert, Sadebeck, welcher sich eingehend mit demselben beschäftigte, bezeichnet die kleinen Individuen als

Subindividuen. Fig. 233 stellt die feine Zeichnung auf den Flächen eines Blende-krystalls dar. Die Flächen des positiven und jene des negativen Tetraeders haben eine verschiedene Beschaffenheit, Fig. 234 gibt nach Zeichnungen von Rumpf die mit Subindividuen und feinen Riefen bedeckte Fläche 001 eines Apophyllitkrystalls wieder und Fig. 235 zeigt an, in welcher Weise die Basisflächen zweier Apophyllitkrystalle mit Subindividuen bedeckt sind.

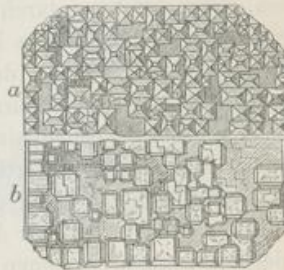
Fig. 233.



Fig. 234.



Fig. 235.



Die angeführten Erscheinungen auf den Flächen der Krystalle rühren zum grossen Theile von Umständen bei der Bildung der letzteren her. Die verschiedenen Umstände bewirken es, dass entweder ein solid ausgebildeter Krystall mit glatten Flächen entsteht, oder auf die Flächen kleine Subindividuen aufgebaut werden, welche ein Voraneilen mancher Punkte in der Bildung des Krystalls bekunden, oder endlich, dass durch ein solches Voraneilen eine netzartige Bildung oder ein Krystallstock hervorgeht. Oefter aber sind die feinen Unebenheiten der Oberfläche das Resultat einer späteren Veränderung, indem die ebenflächigen Krystalle dem Angriffe auflösender Substanzen ausgesetzt waren.

Scharff, Jahrb. f. Min. 1861. S. 32, S. 385. 1862. S. 684. Rose-Sadebeck, Elemente der Krystallographie. 2. Bd., pag. 156.

62. An manchen Krystallen erscheinen die grösseren Flächen gebrochen, d. i. sie bestehen aus zwei oder mehreren glatten Flächen, die äusserst schwach gegen einander geneigt sind. Diese liegen meist in ausgebildeten Zonen und besitzen hohe Indices, welche aber, wie Schuster am Danburit zeigte, zu denen der einfachen Flächen in einer gesetzmässigen Beziehung stehen. Derlei Flächen, welche in ihrer Lage bestimmten Flächen sehr nahe kommen, hat Websky Vicinalflächen genannt.

Es kommt bei Zwillingen vor, dass die einzelnen von einander wenig abweichenden Flächen verschiedenen Individuen angehören. Für diesen Fall ist auch der Ausdruck Polyëdrie, welchen Scacchi für diese Erscheinung vorschlägt, verwendbar. Wenn man den Ausdruck Polyëdrie auf die Erscheinung bei Zwillingen und mimetischen Krystallen beschränkt, dann verhält sich diese zu dem Auftreten der Vicinalflächen, wie die Zwillingsriefung zur Combinationsriefung. Vicinale Flächen sind am Diamant, Aragonit, Adular, Danburit, Granat und vielen anderen Mineralen beobachtet worden.

Scacchi's Abh. über Polyëdrie in deutscher Uebertragung von Rammelsberg. Zeitschr. Deutsch. geol. Ges. Bd. 15, pag. 19. Websky's Abh. ebendas. pag. 677. Zepharovich über Aragonit. Sitzungsber. der k. Akad. zu Wien. Bd. 71 (1875). Schuster über Danburit: Tschermak's Min. u. petrogr. Mitth. Bd. 5 und 6.

**63.** Zuweilen werden an den Krystallen auch unechte Flächen beobachtet. Sie sind von zweierlei Art. Man sieht nämlich nicht selten matte oder fast matte Flächen, die bei genauerer Beobachtung gar keine ebenen Elemente erkennen lassen, vielmehr blos durch die Wiederholung feiner Kanten oder durch viele in derselben Ebene endigende kleine Ecken gebildet werden. Solche Flächen zeigen öfter eine Lage, welche der einer echten Krystallfläche entspricht, manchmal aber davon abweicht, wodurch schon Täuschungen veranlasst wurden. Die zweite Art der unechten Flächen sind Abformungen. Wenn ein Krystall beim Fortwachsen an einen andern bereits fertigen Krystall anstösst, so formt er sich an diesem ab und so entstehen bisweilen glatte Flächen, deren Lage eine ganz zufällige ist. Da bei solcher Abformung öfter die feinsten Zeichnungen mit einer wunderbaren Schärfe wiederholt werden, so sehen diese unechten Flächen zuweilen den wahren Krystallflächen täuschend ähnlich.

**64.** Obwohl die Krystalle wesentlich von ebenen Flächen begrenzt sind, so kommen doch auch manchmal krumme Flächen vor. Dieselben sind entweder durch das Zusammentreffen vieler kleiner ebener Flächen gebildet, wie man es an manchem Quarz, Desmin, Prehnit wahrnimmt, oder sie haben eine continuirliche Krümmung, wie an Krystallen von Gyps, Diamant. Wenn alle Kanten und Ecken abgerundet erscheinen, so bekommt der Krystall ein solches Ansehen, als ob er eine oberflächliche Schmelzung erlitten hätte, die Oberfläche erscheint geflossen, wie dies an manchem Bleiglanz vorkommt. Die im körnigen Kalke eingeschlossenen Krystalle von Augit, Hornblende, Apatit zeigen auch eine geflossene Oberfläche, die ganz unregelmässig gekrümmt erscheint.

**65. Inneres der Krystalle und Individuen überhaupt.** Die Bildungsweise bringt es mit sich, dass an vielen der grösseren Krystalle der schichtenartige Bau deutlich hervortritt. Die Erscheinung ist am einfachsten, wenn der Krystall blos eine einzige äussere Schichte und einen inneren Kern unterscheiden lässt, welche beide aus derselben Mineralart bestehen. Solche Vorkommnisse nennt Kopp Krystalle von doppelter Bildung. Beispiele dafür sind Calcit, Fluorit: Calcitkrystalle zeigen einen dunklen Kernkrystall mit der Form  $\rightarrow 2R$ , während die Hülle das Grundrhomboëder  $R$  zeigt, Fig. 236; Fluoritkrystalle haben einen Kern von Oktaëderform, die Hülle ist als Würfel ausgebildet. Einen Barytkrystall von doppelter Bildung stellt Fig. 237 dar.

Häufiger kommt der Fall vor, dass die Schale und der Kern dieselbe Flächencombination darbieten, so dass die Schale eine genaue Wiederholung der Form des Kernes bildet. Beispiele sind wieder Calcit, Fluorit, aber auch Turmalin, Epidot u. a. m. In jenen Fällen, in welchen überhaupt Kernkrystalle bemerkt werden, zeigt sich oft der Kern anders gefärbt, als die Hülle. Der Kern ist braun

oder gelb, die Hülle farblos (Calcit), über einem farblosen Kern eine violette Hülle (Fluorit), über einem blauen Kern eine braune Schalenhülle (Turmalin), ein schwarzgrüner Kern mit hellgrüner Hülle (Epidot).

Viele der grösseren Krystalle bestehen aus mehreren oder auch aus vielen Schichten desselben Minerals, welche sich durch die verschiedene Reinheit und Durchsichtigkeit oder durch verschiedene Färbung von einander unterscheiden.

Fig. 236.

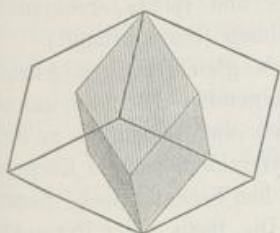


Fig. 237.

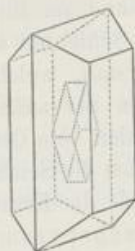


Fig. 238.

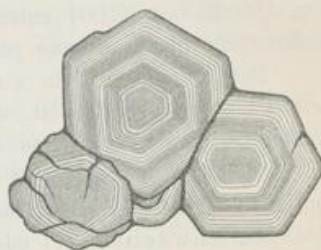


Fig. 239.



Fig. 240.



Quarz, Baryt, Flusspath, Turmalin liefern Beispiele. Manchmal wird die Schichtung erst bei der beginnenden Zerstörung deutlich, wie bei manchen Feldspathen. Zuweilen sind die Schichten bloß locker mit einander verbunden, indem sie durch äusserst dünne Lagen eines fremden Minerals zum Theil getrennt erscheinen. In solchem Falle gelingt es bisweilen bei grösseren Krystallen, dieselben in einen Kern und mehrere folgende parallele Schalen zu zerlegen, wie bei manchem Quarz (Kappenquarz), dessen Schichten mit Glimmerblättchen belegt sind. Am Wolframit, Vesuvian, Epidot sieht man diesen schaligen Bau ebenfalls nicht selten. Die schalige Zusammensetzung erfolgt bisweilen bloß nach einer Fläche, wie beim Bronzit und Diallag.

In den ebenmässig ausgebildeten Krystallen ist jede Schichte überall von gleicher Dicke. So zeigt der Durchschnitt einer Gruppe von Melanitkrystallen (tesseral) Fig. 238 eine Abwechslung von braunen und gelben Schichten, deren jede überall gleich dick ist. Lang gestreckte säulenförmige Krystalle verdanken diese Ausbildung dem Umstande, dass jede Schichte, soweit sie die Säulenflächen bedeckt, sehr dünn, wo sie die Flächen der Endigung überzieht, sehr dick ist. In dem Durchschnitte eines Turmalinkrystalls (rhombödrisch-hemimorph) Fig. 239 sind die seitlich angesetzten Schichten sehr dünn, jene auf den Rhomböderflächen

des Endes angesetzten Schichten hingegen um Vieles dicker. Bisweilen zeigt jede umlaufende Schichte, soweit sie krystallographisch gleiche Flächen überzieht, dieselbe, auf den davon verschiedenen Flächen aber eine andere Farbe. In dem letzt-erwähnten Turmalindurchschnitte zeigt sich ein farbloser Kern. Die darauf folgenden die Prismenflächen überziehenden sehr dünnen Schichten sind blassgrün, die an der Endigung auftretenden Schichten aber dunkelbraun. Im auffallenden Lichte zeigen derlei Krystalle ein schwarzes Ende (Mohrenköpfe). In dem Durchschnitte eines Augitkrystalls (monoklin) Fig. 240 sind die umlaufenden Schichten, welche den Querflächen (100) entsprechen und im Bilde links und rechts erscheinen, violett, jene der Endigung parallelen Schichten aber gelblich (Sanduhrangit).

Denkt man sich in einem Krystall, welcher durch gleichförmigen Ansatz von Schichten gebildet ist, die Ecken der aufeinanderfolgenden Schichten durch Linien verbunden, so gehen diese Linien vom Centrum aus und setzen bis zu den äusseren Ecken derselben fort. Sie bilden die Seiten von pyramidenförmigen Körpern und man erhält so viele Pyramiden, als der Krystall Flächen besitzt. Becke nennt dieselben Anwachskegel oder Anwachspyramiden. Die Basis jeder Pyramide ist eine Krystallfläche, die Spitze liegt im Centrum des Krystalls. Jede solche Pyramide ist ein System paralleler Schichten. In jedem Schnitte, welcher durch das Centrum des Krystalls geführt wird, liefert sie ein Dreieck, aus parallelen Streifen bestehend. So z. B. ergeben sich in den Durchschnitten der Fig. 238 je sechs gleiche Schichtendreiecke, in Fig. 240 vier paarweise gleiche Schichtendreiecke. Durch diese Betrachtung erklärt sich die Thatsache, dass Schnitte und Spaltebenen, welche durch einen Krystall geführt werden, nicht immer eine so gleichartige Beschaffenheit darbieten, wie die Krystallflächen, sondern dass dieselben oft an verschiedenen Stellen und in verschiedenen Richtungen ein ungleiches Verhalten zeigen. Der Schnitt in Fig. 240 zeigt dies sehr deutlich.

Die Kernkrystalle und alle die geschichteten und schaligen Krystalle, welche von demselben Mineral gebildet werden, repräsentiren in gewissem Sinne eine parallele Verwachsung gleichartiger Individuen. Manche der Kernkrystalle und der geschichteten Krystalle stellen jedoch parallele Verwachsungen ungleichartiger Minerale dar, deren Verschiedenheit bisweilen durch den Unterschied in der Farbe kenntlich wird.

Ein Kern von schwarzem Biotit, umgeben von einer blassen Schichte von Muscovit oder ein Kern von Eisenturmalin mit einer Hülle von Edelturmalin sind Beispiele von Ueberwachsung verschiedenartiger Minerale, die zu derselben Gattung gehören. Krystalle von Granat, Turmalin, welche einen mehrfachen Wechsel von verschiedenfarbigen Schichten zeigen, sind wiederholte Ueberwachsungen von untereinander verschiedenen Mineralarten gleicher Form.

Derlei Bildungen lassen sich in mannigfacher Art herstellen, so z. B. schöne Kernkrystalle, wenn Oktaëder von Chromalaun in eine Lösung von gewöhnlichem Kalialaun gelegt werden. Der dunkle Kern von Chromalaun erscheint mit einer farblosen Hülle gleicher Form bekleidet. Abwechselnde Schichten gleicher Form, aber verschiedener Beschaffenheit können dadurch erzeugt werden, dass man Bittersalzkrystalle abwechselnd in Bittersalzlösung und in solche Lösungen bringt, welche ausser Bittersalz auch Manganvitriol enthalten.

Die schichtenartige Vereinigung mehrerer Arten oder Varietäten von gleicher oder ähnlicher Krystallform wird *isomorphe Schichtung* genannt. Bei der chemischen Untersuchung so gebauter Körper ergibt sich, wie begreiflich, kein einfaches Resultat, sondern man erhält ein Ergebnis, welches die Mengung aus mehreren einfachen Mineralien bestätigt. Die grobe Mengung, welche mit freiem Auge zu sehen ist, bietet jedoch alle Abstufungen bis zur feinen Schichtung, welche nur mittelst des Mikroskops erkennbar wird, und diese geht in eine ganz gleichförmige Mischung über, in welcher keine Schichten und keine Verschiedenheiten mehr zu beobachten sind. Häufiger als die isomorphe Schichtung ist diese isomorphe Mischung, welche nur mehr aus dem Ergebnis der chemischen Analyse als solche erkannt wird.

Lit. über Kernkrystalle: Kopp, Ann. d. Chemie, Bd. 94, pag. 111. Autor, Sitzb. d. Wiener Akad., Bd. 40, pag. 109. Isom. Schichtung: C. v. Hauer, Verhandl. d. geol. Reichsanst. 1880, pag. 20, 181. Ueber Anwachskegel: Becke, Lotos v. 26. Nov. 1892. Blumrich in Tschermak's Min. u. petr. Mitth. Bd. 13, pag. 239.

**66.** Durch das netzartige Wachsen oder durch bestimmte Unterbrechungen des schichtenförmigen Fortwachsens entstehen im Innern der Krystalle und der Individuen überhaupt Lücken mit ebenflächigen Begrenzungen, es bilden sich regelmässige Poren und Höhlungen. Wenn dieselben von Krystallflächen begrenzt sind, so werden sie auch *negative Krystalle* genannt. Im Steinsalz werden würfelförmige Hohlräume häufig beobachtet, im Quarz erkennt man zuweilen negative Krystalle, welche dieselbe Form haben, wie der ganze Krystall, im Eis, im Gyps ist die Erscheinung auch nicht selten. Die Höhlungen und Poren sind aber viel häufiger von krummen Flächen gebildet, sie erscheinen demnach kugelförmig, eiförmig oder überhaupt rundlich, öfter auch gedehnt und verzweigt, wie beim Quarz und Topas.

Die mikroskopischen Untersuchungen haben gezeigt, dass derlei Poren in Krystallen eine sehr verbreitete Erscheinung sind. Sie liegen, entweder unregelmässig vertheilt oder linear angeordnet, in Schichten zusammengedrängt oder zu Schwärmen gruppiert. Manche Krystalle, wie die Hauyne von Melfi, sind besonders reich daran.

**67. Einschlüsse.** Das Auftreten von fremden Körpern in den Individuen ist eine sehr häufige Erscheinung, weil beim Wachsen der letzteren die im Wege liegenden starren Körper umhüllt, ferner Theile der Mutterlauge umschlossen, ja sogar die Bläschen von Gasen und Dämpfen, welche in der Mutterlauge absorbirt waren, bei der Krystallbildung umwachsen werden.

Die Einschlüsse lassen sich mit Gästen vergleichen, welche der Krystall als ihr Wirth beherbergt. Der Ausdruck Wirth, auch bezüglich der Parasiten üblich, wurde von Rosenbusch in Vorschlag gebracht. Die eingeschlossenen Körper können entweder so gross sein, dass sie noch mit freiem Auge, oder wie man jetzt öfter sagt, makroskopisch wahrgenommen werden, oder sie können so klein sein, dass sie nur mit Hilfe des Mikroskops erkannt werden, bis zu der Grenze, da sie auch bei starker Vergrösserung nicht mehr deutlich gesehen werden. Die Ein-

schlüsse zeigen alle Aggregatzustände, indem gasförmige, tropfbar flüssige und starre Körper als solche vorkommen. Die Lagerung und Vertheilung ist meistens eine unregelmässige; zuweilen aber sind krystallisirte Einschlüsse regelmässig eingelagert, was eine die orientirte Verwachsung ungleichartiger Krystalle fortsetzende Erscheinung ist.

Manche Individuen zeigen, wie zuvor bemerkt wurde, schon bei der Betrachtung mit freiem Auge regelmässige, öfter jedoch unregelmässige Höhlungen, die ganz leer zu sein scheinen, welche aber selbstverständlich nicht absolut leer sind, sondern mit einem Dampfe oder einem Gase erfüllt sein müssen (Dampfporen, Gasporen). So z. B. erkennt man in manchen Steinsalzkrystallen würfelförmige Höhlungen, die leer erscheinen, jedoch ein Gas enthalten, welches nach Bunsen's Untersuchungen vorherrschend Sumpfgas und Stickstoffgas ist. Da es im comprimirten Zustande darin vorhanden ist, so entwickelt sich dasselbe beim Auflösen mit knackendem Geräusch (Knistersalz von Wieliczka).

Die Höhlungen, welche in den verschiedenen Mineralen beobachtet werden, sind aber nicht selten zum Theil mit einer Flüssigkeit, zum Theile mit Dampf gefüllt, welcher als bewegliche Blase auftritt. Steinsalzkrystalle und Quarzkrystalle, welche Höhlungen zeigen, lassen öfter wandernde Blasen erkennen. Beim Herumdrehen wendet sich die Blase immer so, dass sie schliesslich die höchste Stellung in der Höhlung einnimmt, während gleichzeitig die enthaltene Flüssigkeit nach abwärts sinkt.

Starre Körper sieht man in den Krystallen am häufigsten. Sie erscheinen oft ebenfalls krystallisirt in der Form von Säulen oder von Nadeln, Fasern, Blättchen und Schuppen oder auch wie ein grober oder wie ein feiner Staub. Oft stecken die Einschlüsse zum Theil im Krystall, zum Theil ragen sie aus demselben hervor, oder sie erscheinen dem Krystall aufgestreut. Nicht selten erkennt man im Innern des Krystalls eine schichtenartige Vertheilung derselben, z. B. Chlorit oder Glimmer in parallelen Schichten in Quarzkrystallen. Zuweilen sind die Einschlüsse in solcher Anzahl vorhanden, dass die Menge derselben überwiegt und der Krystall kaum noch seinen Zusammenhang bewahrt, wie dies zuweilen beim Quarz vorkommt, welcher ganz mit Chlorit erfüllt erscheint. Der Quarz in der durchsichtigsten Abänderung als Bergkrystall ist jenes Mineral, welches die verschiedenartigsten Einschlüsse unter den mannigfaltigsten Erscheinungen darbietet. Hornblende in feinen Fasern, Rutil und Göthit in feinen Nadeln, Glimmer oder Eisenglanz in Schüppchen, Chlorit oder Pyrit als feiner Staub sind häufig im Bergkrystall. In früherer Zeit standen Bergkrystalle, welche derlei Einschlüsse enthalten, bei den Sammlern in hohem Werthe. Auch der Calcit ist oft reich an Einschlüssen. Einen hierher gehörigen Fall hat man an dem sogenannten krystallisirten Sandstein, der aus Calcitkrystallen besteht, welche ungemein viel Quarzsand einschliessen. Der Gyps bildet auch derlei Krystalle. Die verschiedenen Feldspathe zeigen sich ebenfalls reich an deutlich erkennbaren Einschlüssen. Wenn die Krystalle in einer glasigen Masse, z. B. im Obsidian oder Pechstein liegen, so findet sich zuweilen auch im Inneren etwas von dem Glas eingeschlossen.

Eine regelmässige Vertheilung der Einschlüsse sieht man in einem Feldspath, dem Sonnenstein von Tvedestrand, worin metallisch glänzende Blättchen zu



gleicher Zeit glänzen, ebenso im Carnallit, ferner in dem Dolomit vom Greiner, worin Tremolitfasern den Rhomboëderkanten parallel gelagert sind, und in mehreren anderen Fällen.

Ueber makroskopische Einschlüsse handeln: Blum, G. Leonhard, Seyfert und Söchting: Einschlüsse von Mineralen in kryst. Mineralen. Harlem 1854. Söchting: Die Einschlüsse in kryst. Mineral. Freiberg 1860. Kenngott: Mineralog. Notizen. Sitzungsber. d. Akad. zu Wien 1852—55. Ueb. Knistersalz: Bunsen, Pogg. Ann. Bd. 83, pag. 251.

68. Mit Hilfe des Mikroskopes lässt sich das Auftreten der Einschlüsse in den Krystallen weiter verfolgen und als eine fast in allen Krystallen wahrnehmbare Erscheinung erkennen. Dabei stellt sich insofern ein unerwartetes Resultat heraus, als nunmehr die Menge der gasförmigen und flüssigen Einschlüsse viel grösser erscheint, als man dies nach den Beobachtungen mit freiem Auge erwarten sollte.

Diese haben selbstverständlich die Gestalt der Hohlräume, sie sind also entweder in den negativen Krystallen enthalten, oder sie sind kugelig, eiförmig, unbestimmt rundlich, verzweigt oder schlauchartig gedehnt. Fig. 241. Die Grösse

Fig. 241.



Mikroskopische Einschlüsse in Quarz nach Zirkel.

Fig. 242.

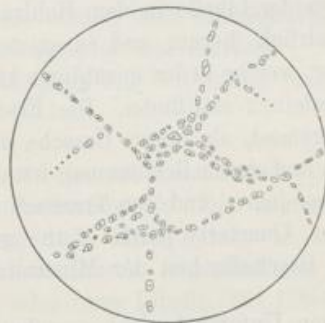


Fig. 243.



Einschlüsse in Feldspath.

ist verschieden bis zu derjenigen, in welcher sie auch bei der stärksten Vergrösserung nur mehr als feine Pünktchen wahrgenommen werden. Durch das ausserordentlich zahlreiche Auftreten geben solche Einschlüsse dem Krystall ein trübes bis milchiges Aussehen. Die trüben Minerale, in welchen auch bei starker Vergrösserung keine derlei Einschlüsse wahrgenommen werden, dürften demnach solchen kleinen Hohlräumen, welche eine unter der Grenze der Wahrnehmbarkeit liegende Grösse haben, diese Beschaffenheit verdanken. Die kleinen Blasen sind entweder ganz unregelmässig vertheilt oder in Häufchen versammelt, welche nicht selten verzweigt erscheinen, Fig. 242, oder sie sind in Streifen angereicht oder endlich auch in Schichten angeordnet. Fig. 243. Diese Schichten entsprechen sodann den Zuwachsschichten der Krystalle und lassen schliessen, dass während

des Wachstums die Entwicklung der Bläschen in der Mutterlauge periodisch erfolgte. Die Häufigkeit der gasförmigen und flüssigen Einschlüsse ist nach der Mineralgattung verschieden, indem manche Minerale unter gleichen Umständen mehr von solchen Einschlüssen aufnehmen als andere. Dies hat Sorby durch Krystallisierenlassen von Alaun und Kochsalz aus derselben Lösung gezeigt, wobei die Krystalle des letzteren sehr reich, des ersteren sehr arm an flüssigen Einschlüssen gebildet wurden. Es ist dies leicht erklärlich, wenn man berücksichtigt, dass das Kochsalz ein eigenthümlich treppenartiges, also lückenhaftes Fortwachsen, der Alaun hingegen ein solides Wachstum zeigt.

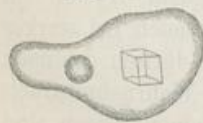
Die kleinen Hohlräume haben entweder breite dunkle Contouren, und in diesem Falle enthalten sie gasförmige Stoffe, oder sie zeigen schmale, zarte Contouren und dann sind sie von einer Flüssigkeit erfüllt, oder aber sie zeigen eine kleine Blase, eine Libelle, wodurch das gleichzeitige Vorhandensein von beiderlei Stoffen erkannt wird. Durch Neigen des Präparates, durch Erschütterung desselben auf dem Tisch des Mikroskopes kann man die Libelle zuweilen zum Wandern bringen, oft aber bleibt sie unbeweglich oder sie wird erst beim Erwärmen beweglich.

Eine der seltsamsten Erscheinungen im Mineralreiche ist das freiwillige Wandern und Tanzen mancher Libellen welches in manchen Quarzkrystallen älterer Gesteine wahrgenommen wird. In solchem Falle beobachtet man bei vollständiger Ruhe des Präparates und bei gleichbleibender Temperatur ein beständiges Umhergehen oder Umhertanzen der Libelle in dem Hohlraum. Hier dreht sich also Dampf und Flüssigkeit continuirlich herum und es entsteht der Eindruck einer ewigen automatischen Bewegung, welche in den unzähligen kleinen Hohlräumen der Krystalle in weit verbreiteten Gesteinen stattfindet. Die Erscheinung wird als Brown'sche Molecularbewegung aufgefasst, als deren Ursache die Wärme gilt.

Ueber Einschlüsse und deren Bestimmung handeln: Brewster's Abhandlungen in dem Edinburgh philos. journ. und den Transactions of roy. soc. Edinb. aus den Jahren 1813—45. Sorby, Quarterly journ. of the geol. soc. 14. pag. 473 (1858). Zirkel, Die mikroskop. Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine, 1873.

69. Die bisherigen Untersuchungen ergaben das Resultat, dass die gasförmigen Einschlüsse meist aus Wasserdampf, Kohlensäure, Stickstoff-, Sauerstoffgas und aus Kohlenwasserstoffen bestehen, während die flüssigen Einschlüsse zumeist Wasser und wässerige Lösungen sind. Die Einschlüsse, welche diese

Fig. 244.



Flüssigkeiten enthalten, zeigen beim Erwärmen keine irgend auffallenden Erscheinungen. Zirkel beobachtete aber in Quarz Einschlüsse mit Libellen, die einen würfelförmigen Steinsalzkristall neben der Libelle schwimmend zeigten. Fig. 244. Solche Einschlüsse zeigen beim Erwärmen eine vollständige Auflösung des Krystalls und nach dem Erkalten eine Neubildung eines oder mehrerer Krystalle. Dass hier Steinsalz vorliege, wurde auch dadurch bestätigt, dass der Quarz einerseits spectralanalytisch untersucht, die Natriumreaction gab, andererseits aber nach dem Pulvern unter Wasser in der Lösung das Chlor nachgewiesen werden konnte.

Unter den flüssigen Einschlüssen waren schon Brewster diejenigen aufgefallen, welche sich durch eine schwächere Lichtbrechung und durch eine starke Expansion bei der Erwärmung auszeichneten. Diese Angaben brachten später Simmler auf die Vermuthung, dass die Flüssigkeit liquide Kohlensäure sein dürfte. Im Jahre 1869 aber gelang es Vogelsang und Geissler, durch sinnreiche Versuche darzuthun, dass jener merkwürdige Körper in der That aus flüssiger Kohlensäure bestehe. Dies wurde nicht nur daraus erkannt, dass jene Einschlüsse dieselben Expansionserscheinungen darbieten, welche Thilorier und Andrews an der flüssigen Kohlensäure beobachtet hatten, sondern beim Erhitzen der Quarz- und Topasstücke, welche solche Einschlüsse zeigten, wurde ein Gas erhalten, welches bei der spectralen Untersuchung sich wie Kohlensäure verhielt und, in Kalkwasser geleitet, eine Trübung durch Bildung von kohlenurem Kalk erzeugte. Ausser im Quarz wurde die flüssige Kohlensäure durch Sorby im Sapphir und durch Zirkel u. A. im Augit, Olivin und in den Feldspathen verschiedener, auch basaltischer Gesteine erkannt. Folgendes Verhalten dieser Flüssigkeit ist sehr charakteristisch: Sie dehnt sich, wenn das Präparat gelinde erwärmt wird, so stark aus, dass die Libelle rasch verschwindet und der Hohlraum vollständig ausgefüllt erscheint. Beim nachherigen Abkühlen kehrt die Libelle mit einem Schlage wieder zurück oder es entstehen statt der früheren einen Blase mehrere kleine auf einmal, wodurch eine kochende Bewegung der Flüssigkeit hervorgerufen wird. Während die wässerigen Einschlüsse auf eine wasserhaltige Mutterlauge schliessen lassen, führen die Einschlüsse von flüssiger Kohlensäure darauf, dass die Gesteine, in welchen sie enthalten sind, unter hohem Drucke gebildet sein müssen.

Zirkel: Jahrb. f. Min. 1870, pag. 802, Vogelsang und Geissler: Pogg. Ann., Bd. 137, pag. 56 u. 265.

**70.** Die starren Minerale, welche als Einschlüsse vorkommen, sind theils krystallinisch oder krystallinisch, theils amorph. Die letzteren verhalten sich bei der mikroskopischen Beobachtung zum Theil gerade so wie Flüssigkeiten. Sie füllen negative Krystalle oder kleine Blasen und rundliche Hohlräume ganz oder zum Theil, erscheinen also mit oder ohne Libelle. Die Libelle bewegt sich selbstverständlich niemals und verändert sich auch beim Erwärmen nicht. Da es aber Flüssigkeitseinschlüsse von gleichem Verhalten gibt, so könnte es manchmal schwer zu entscheiden sein, ob man einen flüssigen oder einen starren amorphen Einschluss vor sich habe, doch gibt sodann die Natur der Umgebung hinreichende Anhaltspunkte.

Die Art der Vertheilung ist bei den starren, amorphen Einschlüssen dieselbe wie bei den Flüssigkeiten. Sie kommen bald unregelmässig, bald schichtenartig angeordnet vor. Häufig sind sie im Inneren des Krystalls vorherrschend. Fig. 245, Augit. Ein Beispiel regelmässiger Vertheilung bietet mancher Leucit (Fig. 246 nach Zirkel), welcher in seiner farblosen Masse braune Glaseinschlüsse mit Libelle beherbergt. Die letzteren sind Ausfüllungen negativer Krystalle und dabei schichtenförmig vertheilt, so dass sie im Durchschnitte kranzförmig angeordnet erscheinen.

Die starren amorphen Einschlüsse in Krystallen, welche in frischen vulkanischen Gesteinen, wie Obsidian, Perlit, Basalt auftreten, sind als glasartige

(hyaline) Partikel anzusehen und als Beweis der Bildung des Wirthes aus dem Schmelzflusse zu betrachten.

Die krystallisirten oder krystallinischen Einschlüsse erscheinen als vollständige Krystalle oder als Körner, Nadeln, Blättchen, Schüppehen, endlich als feiner Staub. Oft sieht man dieselben Formen, wie sie bei den Mikrolithen beschrieben wurden. Meistens sind diese Einschlüsse ganz unregelmässig vertheilt, öfter aber ist eine parallele oder schichtenförmige, überhaupt eine regelmässige Anordnung und Interponirung zu bemerken. Eine parallele Anordnung von Calcitblättchen zeigt mancher Diallag, welchem dadurch ein weisslicher Schiller verliehen wird. Der Leucitkrystall, Fig. 247, zeigt schichtenartige Einlagerungen von Mikrolithen.

Fig. 245.



Fig. 246.

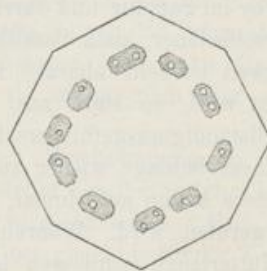
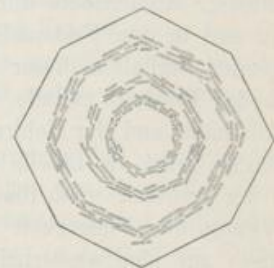


Fig. 247.



Die krystallinischen Einschlüsse kommen aber öfter nicht blos zufällig parallel gelagert und nicht blos mit einer Fläche parallel gelagert vor, sondern sie zeigen sich in manchen Fällen gegen den Wirth krystallographisch orientirt, sowie dies bei den orientirten Verwachsungen [56] angegeben wurde. Ein Beispiel ist das Auftreten der Einschlüsse im Bronzit, Fig. 248. Es sind diese

Fig. 248.



Fig. 249.

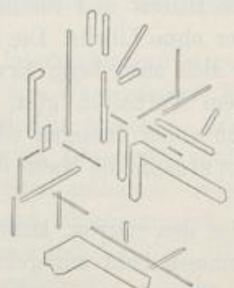


Fig. 250.



sowohl nadelförmige Krystalle als auch dünne Blättchen, deren Form auf das rhombische Krystallsystem schliessen lässt. Beiderlei Einlagerungen zeigen die Kante einer Zone zur  $c$ -Axe des rhombischen Bronzits parallel und ausserdem eine Fläche dieser Zone zur Fläche 100 des Bronzits parallel. Die Blättchen verleihen dem Bronzit einen metallartigen Schiller auf 100. Ein anderes Exempel gibt der Glimmer (Phlogopit) von Burgess in Canada, in welchem parallel der

Endfläche 001 unzählige, meist sehr schmale Individuen eines anderen Minerals in der Weise eingelagert sind, dass ihre Langseiten zugleich den Flächen (110), zuweilen auch den Längsflächen (010) parallel sind, wodurch eine Anordnung unter  $60^\circ$ ,  $120^\circ$ , zuweilen auch unter  $90^\circ$  erfolgt (Fig. 249). Tafeln dieses Glimmers lassen beim Durchsehen eine Lichtflamme als prächtigen sechsstrahligen Stern erscheinen (Asterismus). Orientirte Interponirungen zeigen auch der Eläolith, mancher Labradorit u. a. m.

Eine besondere, hierher gehörige Erscheinung ist die parallele Durchwachsung verschiedener Feldspathe. Früher wurde schon erwähnt, dass Krystalle von Orthoklas zuweilen von Albitkrystallen in paralleler Stellung besetzt und bekleidet werden. Der Albit findet sich aber bei gleicher krystallographischer Orientirung auch im Innern vieler Orthoklaskrystalle in der Form von Fasern und Blättchen, welche nach der aufrechten Axe gestreckt sind. Wird von einem solchen Orthoklaskrystall ein dünnes Blättchen parallel der Endfläche abgespalten, so zeigt sich schon bei schwacher Vergrößerung die Einschaltung von Albit, Fig. 250, indem die langgestreckten Durchschnitte des letzteren sich durch feine Zwillingsriefung hervorheben.

71. Alle die verschiedenen starren Einschlüsse kommen bisweilen in Krystallen in so grosser Menge vor, dass sie dem Wirth eine ihm sonst fremde Farbe verleihen. So z. B. wird der Stilbit durch viele Blättchen und Körnchen von Eisenglanz roth gefärbt, die Feldspathkrystalle in den Gesteinen erhalten durch Einschlüsse von Augit oder von Magnetit eine grüne oder eine schwärzliche Farbe u. s. w. Manche Minerale beherbergen, wo immer sie vorkommen, stets eine sehr grosse Menge von Einschlüssen, so dass sie im isolirten, im reinen Zustande gar nicht bekannt sind, wie der Staurolith. In solchem Falle ist es fast nicht möglich, das Mineral für eine chemische Untersuchung rein zu erhalten, und dann verhindern die Einschlüsse die Kenntniss der chemischen Zusammensetzung des reinen Mineralen, während sie in anderen Fällen, da sie wohl in erheblicher, aber nicht übergrosser Menge vorhanden sind, das Resultat der Analyse stark beeinflussen und für denjenigen unverständlich machen, welcher das Vorhandensein der Einschlüsse nicht vermuthet. H. Fischer hat bei manchen Mineralen auf diesen Umstand aufmerksam gemacht<sup>1)</sup> und den Einfluss der Einschlüsse auf das Ergebnis der Analyse besprochen.

Leider lässt sich nur ein Theil, freilich der grössere Theil der Minerale, in die Form durchsichtiger Blättchen bringen, also im durchfallenden Lichte mikroskopisch untersuchen. Daher ist die feinere Textur und das Vorhandensein der Einschlüsse in den vollständig undurchsichtigen (opaken) Mineralen bisher noch wenig bekannt, und aus diesem Grunde ist bei der Analyse solcher Minerale doppelte Vorsicht geboten. Hier lässt sich aber durch Anschliffe und eine zweckmässige mikroskopische Untersuchung im auffallenden Lichte schon vieles leisten. Diese zeigt, dass in den opaken Mineralen die fremden Einschlüsse in derselben Art und Vertheilung vorkommen, wie in allen übrigen Mineralen, obwohl sich

<sup>1)</sup> Kritische mikroskopisch-mineralogische Studien, Freiburg i. B. 1869, und zwei Fortsetzungen 1871 und 1874.

dieselben nicht bis zu solcher Kleinheit verfolgen lassen, wie bei der Beobachtung im durchfallenden Lichte.

**72. Krystallgruppe.** Die Krystalle derselben Art finden sich theils einzeln, theils regelmässig mit einander verbunden, wie dies bei den parallelen Verwachsungen und Zwillingen bemerkt wurde, theils erscheinen sie unregelmässig verbunden, so dass eine krystallographische Gesetzmässigkeit in ihrer Vereinigung nicht zu erkennen ist, wenn auch äusserlich Formen zu Stande kommen, welche man im gewöhnlichen Leben als regelmässig bezeichnen würde. Diese nicht gesetzmässig gebildeten Gesellschaften werden als Gruppen und als Drusen unterschieden.

Eine Krystallgruppe ist die Vereinigung mehrerer oder vieler Krystalle in der Art, dass dieselben einander gegenseitig zur Stütze dienen. Wenn die ganze Gruppe keinen Anwachspunkt zeigt, wird sie eine freie Gruppe genannt, dagegen eine halbfreie, wofern der Anfangspunkt der Gruppe aufgewachsen erscheint.

Die freien Gruppen sind schwebend gebildet, z. B. Gruppen von Schneekrystallen in der Luft, Gruppen von Gypskrystallen im Thon. Die halbfreien sind meistens schon ursprünglich sitzend gebildet, indem der erste Ansatz von Krystallen auf einer Unterlage seine Stütze fand, während die später gebildeten sich über diesen aufbauten. In Folge dessen erscheinen manche dieser Gruppen gestielt. Gruppen von Calcit, Buntbleierz.

Die Gesamtform der Gruppe ist öfter eine so charakteristische, dass man selbe durch ein Wort scharf bezeichnen kann. So kommen kugelförmige Gruppen, welche wie zusammengerollte Igel aussehen, am Gyps vor, kugelige, nierenförmige und pilzförmige am Pyrit. Tafelförmige Krystalle bilden zuweilen radförmige Gruppen, wie mancher Glimmer, oder fächerförmige oder keilförmige wie der Prehnit, auch rosettenförmige, wie der Eisenglanz (Eisenrosen). Die säulenförmigen Krystalle liefern öfter sternförmige Gruppen, wie sie am Gyps vorkommen und mikroskopisch an den Mikrolithen zu sehen sind, oder sie bilden cylindrische Gruppen wie am Aragonit, gestielte, büschelförmige Gruppen am Malachit, Aragonit oder bündelförmige am Desmin u. s. w.

**73. Krystalldruse.** Darunter versteht man eine unregelmässige Vereinigung von Krystallen, welche nebeneinander sitzen und auf einer gemeinschaftlichen Unterlage ihre Stützen finden. Oft sind die Drusen blos die auskrystallisirten Enden der Unterlage. Stängeliger oder körniger Kalkspath endet in einer Druse von Kalkspathkrystallen, körniger Bleiglanz in einer Druse von Bleiglanzkrystallen. Ein gemengtes Gestein, wie der Granit, zeigt auf Klüften die Erscheinung, dass die Gemengtheile in Krystallen endigen und eine gemischte Druse von Feldspath und Quarz hervorbringen. In allen diesen Fällen haben die Krystalle, aus welchen die Druse besteht, gleichsam ihre Wurzeln in der Unterlage (autochthone Druse). Häufig aber ist die Unterlage eine fremdartige. Die Krystalle sitzen ganz unvermittelt auf einer Unterlage von anderer Art (heterochthone Druse). Drusen von Schwefelkies auf einer Unterlage von Quarz, Drusen von Gyps auf einer Unterlage von Thon sind Beispiele.

Die Drusen haben äusserlich öfter Formen, welche, von der Gestalt der Unterlage abhängig, einen bestimmten Eindruck hervorrufen. Halbkugelige, nierenförmige, scheibenförmige, keulige, cylindrische Gestalten kommen nicht selten vor. Drusen, welche durch das Herabsickern einer Lösung entstanden sind, haben tropfsteinartige (stalaktitische) Formen. Drusen, welche einen rundlichen Hohlraum auskleiden, werden Geoden oder auch Hohldrusen genannt. Hohldrusen von Quarz, Natrolith, Chabasit, Calcit sind Beispiele. Solche Bildungen finden sich in Melaphyren und Basalten, welche von diesem Vorkommen die Bezeichnung Mandelsteine erhalten haben. Drusen von kleinen und untereinander ziemlich gleich grossen Krystallen bilden drusige Krusten, oder, wenn die Dicke geringer ist, Ueberzüge und Drusenhäute, welche besonders auffallend sind, wofern sie grössere Krystalle überziehen, die schon früher gebildet waren, wobei die Form der letzteren noch deutlich erkennbar ist.

So finden sich Ueberzüge von Quarz auf Bleiglanz, von Schwefelkies auf Barytkrystallen. Kann man die Kruste oder Drusenhaut von den unterhalb gelegenen Krystallen abheben oder ist von Natur aus die krystallisirte Unterlage entfernt, so erscheinen auf der Unterseite die Hohldrücke der abgeformten Krystalle. Man hat derlei Ueberzüge und Umhüllungen, ob sie nun krystallinisch oder amorph sind, als Epimorphosen bezeichnet.

**74. Formen krystallinischer Minerale.** Wenn Individuen eines Mineralen bei der Krystallisation an der Ausbildung ihrer regelmässigen Form behindert werden, so bilden sich krystallinische Minerale. Das Hindernis kann in einer dem Krystall fremden Umgebung liegen oder durch das gleichzeitige Entstehen mehrerer oder vieler Individuen hervorgebracht sein. So wird ein Individuum von Kalkspath durch das umgebende Gestein an der Bildung der Krystallform gehindert, und es entsteht anstatt eines Krystalls ein krystallinisches Individuum oder es bilden sich im anderen Falle viele Individuen von Kalkspath neben einander, dieselben wachsen aneinander, und es bildet sich demzufolge an keinem Individuum eine Krystallfläche aus oder blos an den zu äusserst liegenden Individuen je eine einzige Krystallfläche. In solcher Art entsteht krystallinischer Kalkspath, welcher durch sein Gefüge die Zusammensetzung aus vielen Individuen verräth.

Zuweilen bildet sich ein Mineral krystallinisch aus, ohne dass ein mechanisches Hindernis erkennbar ist. Da jedoch die Bildung der Krystalle nicht blos Raum, sondern auch Ruhe beansprucht und einer gewissen Zeit bedarf, so werden Bewegungen des Mediums oft störend gewirkt oder es wird die Zeit nicht ausgereicht haben. Es gibt aber auch Minerale, welche selbst unter günstigen Umständen keine Krystalle bilden, doch aber krystallinisch auftreten, wie das unter dem Namen Brauner Glaskopf bekannte Eisenerz.

Wenn ein krystallinisches Mineral aus vielen Individuen zusammengesetzt ist, so werden diese Zusammensetzungsstücke keine Krystallform besitzen, wohl aber von unregelmässigen Flächen begrenzt sein, welche Zusammensetzungsflächen heissen. Dieselben sind meistens uneben.

Je nachdem die Individuen die Tendenz haben, gleichförmig ausgebildete oder tafelförmige, oder säulenförmige Krystalle zu bilden, wird ihre Form auch

bei gehinderter Ausbildung bald nach den verschiedenen Richtungen ungefähr gleiche Ausdehnung darbieten oder tafelig oder in die Länge gestreckt sein. Die Form der Individuen oder Zusammensetzungsstücke bedingt das feine Gefüge (die Textur) der krystallinischen Minerale, wovon man der vorigen Andeutung zufolge drei Arten unterscheidet. Die körnige Textur als die erste Art wird weiter als grobkörnig, feinkörnig, feinkörnig unterschieden, die blätterige oder zweite Art im weiteren als dickschalig, dünnchalig, geradschalig, krummschalig, grossblätterig, kleinblätterig, grobschuppig, kleinschuppig, körnigschuppig, schiefrigschuppig, die stengelige oder dritte Art als dickstengelig, dünnstengelig, grobfaserig, feinfaserig, parallelstengelig, parallelfaserig, radialstengelig, radialfaserig, verworrenstengelig, verworrenfaserig.

Für die Beobachtung mit freiem Auge verschwindet oft die Abgrenzung der Individuen, wofern diese eine allzu geringe Grösse haben, dann erscheint das Mineral dicht. Die feinkörnige, feinschuppige und die feinfaserige Textur bilden sonach den Uebergang zur dichten Textur. Ein dichtes Mineral wird aber bei der Beobachtung unter dem Mikroskop wieder körnig oder schuppig oder verworrenfaserig erscheinen. Der Ausdruck »dicht« bezieht sich also blos auf die makroskopische Betrachtung.

Während die meisten krystallinischen Minerale compact aussehen, kommen doch auch solche vor, die man als löcherig oder als porös ansprechen muss, wie derlei Bildungen am Kalkspath, Quarz und Dolomit öfter auftreten. Ferner zeigt sich im Gegensatze zum compacten und festen Gefüge zuweilen ein lockeres, und manche Minerale erscheinen zerreiblich, wie dies beim Kaolin und der Kreide der Fall ist.

Krystallinische Minerale bestehen zuweilen aus mehreren Lagen, welche den allmäligen schichtenartigen Absatz erkennen lassen und ein gröberes Gefüge des Ganzen (Structur nach Naumann) darbieten. Durch wiederholten Absatz entstehen schalige Bildungen, wie sie am Achat, Aragonit, Kalkspath, Limonit beobachtet werden. Wenn diese Schalen ein radialstengeliges oder radialfaseriges Gefüge haben, so ist dieses so beschaffen, dass die Richtung der einzelnen Stengel oder Fasern durch alle aufeinander liegenden Schalen fortsetzt. Man hat also eine Erscheinung vor sich, welche an den schichtenförmigen Aufbau der Krystalle erinnert. Das Gefüge ist gleichzeitig radialfaserig und concentrisch schalig, also ein doppeltes Gefüge, das von manchen Mineralogen als Glaskopftextur bezeichnet wird, weil es am braunen Glaskopf (Limonit) und rothen Glaskopf (Rotheisenerz) in ausgezeichneter Weise vorkommt.

**75.** Die ursprüngliche äussere Form, welche ein krystallinisches Mineral besitzt, kann von dreierlei Art sein. Wenn bei der Bildung ein freier Raum oder ein nachgiebiges Medium vorhanden ist, welches die Entfaltung der eigenthümlichen Form gestattet, so bilden sich freie Formen; wenn hingegen kein solcher verfügbarer Raum vorhanden ist, werden erborgte Formen entstehen; wenn endlich krystallinische Minerale nach ihrer Bildung durch äussere Umstände Formenveränderungen erfahren, so werden sie zufällige Formen annehmen.



Die freien Formen, welche Mohs nachahmende Gestalten genannt hat, schliessen sich den Krystallgruppen und Krystalldrusen an. Der Krystallgruppe entsprechen die kugeligen Bildungen, wie sie an dem Erbsenstein zu beobachten sind. Sie haben eine doppelte Textur, da sie zugleich radialfaserig und concentrisch schalig sind. Hierher gehören die Oolithe, Pisolithe, Sphärolithe. Minerale, welche die Tendenz haben, derlei kugelige Formen anzunehmen, bilden öfter Gruppen und Anhäufungen rundlicher Einzelkörper, so dass die mannigfaltigsten Formen entstehen. Der Kalkspath ist es namentlich, welcher derlei Concretionen bildet, die im Thon und Mergel häufig angetroffen werden. Sie ahmen oft verschiedene Gegenstände, besonders organische Formen, nach, und in der Zeit, welche noch keine wissenschaftliche Auffassung der Mineralformen kannte, standen diese »Naturspiele« bei den Sammlern in besonderem Ansehen. Die anderen freien Bildungen entsprechen zumeist der Druse. Die halbkugeligen Bildungen, wie sie am Natrolith und an manchen faserigen Mineralen vorkommen, sind nicht so häufig, als die complicirteren Vereinigungen, deren einzelne Theile sich mit der Tendenz gebildet haben, Halbkugeln zu bilden. Es sind die nierförmigen und die traubigen Vereinigungen, wie sie schön am Chalcedon, an dem sogenannten braunen und rothen Glaskopf, am Malachit zu sehen sind. Die letzteren zeigen zugleich die doppelte Textur sehr deutlich, während sie der Chalcedon öfter kaum wahrnehmen lässt. Die nierförmigen Gestalten setzen sich aus Ausschnitten grösserer Kugeln, die traubigen aus Ausschnitten kleinerer Kugeln zusammen. Wenn man derlei Bildungen zerbricht, erhält man oft an der Grenze der einzelnen Ausschnitte ebene Zusammensetzungsflächen, besonders schön an den Glasköpfen. Andere freie Formen sind die cylindrischen oder die keulenförmigen, wie sie der Kalkspath öfter bildet, oder die zahnigen, drahtförmigen, wie sie am Silber und am Kupfer oft gesehen werden, oder die haarförmigen oder moosförmigen am Silber und am Gold. An den Ausblühungen oder Efflorescenzen von Eisenvitriol, die an verwittertem Schwefelkies entstehen, oder von Kalksalpeter, welche sich am Boden oder an porösem Gestein bilden, treten derlei haar- oder moosförmige Gestalten häufig auf.

Eigenthümlich sind die dendritischen Bildungen mit ihren baumförmigen, strauchförmigen und farnkrautähnlichen Umrissen. Sie finden sich in Klüften, wo sie wenigstens in Bezug auf ihren Umriss als freie Bildungen zu gelten haben, aber auch flach gestreckt als Ueberzüge und nach allen Seiten frei entwickelt, wo sie zweifellos freie Bildungen sind. Sie nähern sich in ihrem Wesen den gestrickten Formen, welche theils Krystallstöcke, theils Zwillingstöcke sind. Dendriten zeigt das Kupfer sehr schön, ebenso zeigen sie mehrere Manganerze.

Zu den freien Bildungen gehören auch die Krusten, Schalen und Ueberzüge krystallinischer Minerale. Wenn derlei Ueberzüge sich auf früher gebildeten Krystallen abgesetzt haben (Epimorphose), so zeigen sie nach Entfernung der letzteren deren Abdrücke, wie solche Abformungen schon bei den drusigen Ueberzügen erwähnt wurden. Ueberzüge von Limonit, welche Calcitkrystalle abformen, oder Ueberzüge von Schwefelkies, welche Barytkrystalle abformen, sind Beispiele.

Die grösste Mannigfaltigkeit freier Formen bieten die tropfsteinartigen (stalaktitischen) Bildungen. Bei diesen sind es die besonderen Umstände, das beständige Nachfolgen neuer Tropfen und Lösungsmengen, welche seltener eine

ungefähr  
ein. Die  
ige (die  
zufolge  
eiter als  
zweite  
; gross-  
chiefrig-  
g, grob-  
faserig.

renzung  
eint das  
bilden  
bei der  
rworren  
makro-

kommen  
i muss,  
Ferner  
en ein  
lin und

the den  
ige des  
stehen  
bachtet  
haben,  
Fasern  
einung  
i. Das  
peldes  
d, weil  
n aus-

Mineral  
n oder  
nthüm-  
soleher  
endlich  
ormen-

Bildung deutlicher Krystalle gestatten, dagegen häufiger die Entstehung von Zapfen und Cylindern, von Kolben und zuweilen auch von Röhren begünstigen. Derlei Zapfen und Zäpfchen stehen oft mit traubigen und nierförmigen Gestalten in Verbindung und bezeugen deren ähnliche Bildung. Anstatt einfacher Cylinder bilden sich bisweilen knospenförmige oder staudenförmige Gestalten oder auch zackige Formen, wie solche an der Eisenblüthe, einer Art des Aragonits, vorkommen.

Die erborgten Formen entstehen zum Theil dadurch, dass Hohlräume oder Spalten der Gesteine von krystallinischen Mineralen eingenommen werden. Diese bilden sich im beschränkten Raume und sind auf solche Weise gehindert, Krystalle zu bilden oder jene Formen darzustellen, wie die freien Bildungen. Das krystallinische Mineral nimmt dadurch die Form der Umgebung an, welche im Allgemeinen eine unregelmässige ist. Ausfüllungen von Klüften geben Platten, die Ausbreitung derselben gibt im Querschnitte oft Formen, die als Adern bezeichnet werden. Ausfüllungen sehr dünner Klüfte geben nach dem Blosslegen dünne Lamellen, die Anflüge heissen.

Die Ausfüllung rundlicher Räume im Gestein erscheint kugelig oder knollenförmig. Beispiele sind die Achatknollen. Zuweilen ist eine solche Ausfüllung ein einziges Individuum, was man bei dem im Mandelsteine vorkommenden Kalkspath durch die einheitliche Spaltbarkeit erkennt. Auch andere unregelmässige Räume im Gestein erscheinen zuweilen durch ein einziges Individuum ausgefüllt, was bei allen häufigeren Mineralen zu beobachten ist.

Das Vorkommen krystallinischer Minerale, welches nicht zu den vorgenannten gehört, also keine Kluftausfüllung und keine scharfbegrenzte kugelige Ausfüllung ist, wird kurzweg *derb* genannt, nur wenn die Masse klein ist, etwa wie eine Haselnuss oder kleiner, so wird das Vorkommen als *eingesprengt* bezeichnet. Der Ausdruck *derb* wird auch noch in anderem Sinne gebraucht, indem man ein beliebiges Stück eines nicht krystallisirten Mineralen als ein *derbes* Stück bezeichnet. Die Ausfüllungen, die *derben* und die *eingesprengten* Massen, kommen gewöhnlich in einem fremdartigen Gestein vor, z. B. Schwefelkies oder Quarz im Thonschiefer; zuweilen aber ist das umgebende Gestein gleichartig, z. B. beim Vorkommen von körnigem Kalkspath im dichten Kalksteine.

Zu den Bildungen mit erborgten Formen gehören auch die Pseudomorphosen und die Versteinerungen, von denen später die Rede sein wird.

Die krystallinischen Minerale kommen so wie die amorphen sehr häufig in Formen vor, welche sie durch zufällige mechanische Vorgänge erhalten haben, also in der Form von Bruchstücken, von Geschieben und Geröllen, von Sand und Staub. Aus diesen losen Bruchstücken, Körnern etc. können sich wieder compacte Massen zusammenfügen (*Regeneration*), welche sodann theils im Bruche, theils bei der Untersuchung der Dünnschliffe ihre klastische Natur erkennen lassen.

**76. Formen der amorphen Minerale.** Hier kann von den flüssigen Mineralen nicht viel die Rede sein, ausser dass man die Tropfenform, die unter Umständen allen zukommt, und die Nebelform beim Wasser hervorhebt. Die starren amorphen Minerale zeigen freie Formen und erborgte Formen unter denselben Umständen,

wie die krystallinischen. Die amorphen Minerale, z. B. der Opal, bilden demnach halbkugelige, cylindrische, zapfenförmige oder knollige Gestalten, krustenartige, oft wellige Ueberzüge und Vereinigungen verschiedener solcher Formen. Die freie Oberfläche erscheint öfter schön traubig oder nierenförmig, beim Zerbrechen zeigt sich manchmal ein grobes Gefüge zufolge wiederholten Absatzes, also eine deutliche Schichtenbildung oder ein verworrenes Flechtwerk. Die natürlichen Gläser: Obsidian, Perlit zeigen unter dem Mikroskop sehr häufig die Fluidaltextur, d. i. eine Anordnung der Theilchen, welche durch das Fließen vor dem Erstarren bedingt ist. Ein regelmässiges Gefüge fehlt natürlich ganz und gar. Demzufolge sind die amorphen Minerale auf ihren Bruchflächen meistens leicht als solche zu erkennen. Sie haben krumme, glänzende Bruchflächen, wie Glas oder Harz, während die dichten Minerale, welche eine verschwindende Textur besitzen, durch die mehr oder weniger matte Bruchfläche sich verrathen. Bleibt man über den Amorphismus eines Mineralen im Zweifel, so gibt die Aetzung, die mikroskopische und optische Untersuchung den gewünschten Aufschluss.

Bei der Bildung im beschränkten Raume nehmen die amorphen Minerale auch die Form von Platten und von Adern an, sie bilden zuweilen knollige Massen, rundliche Ausfüllungen, sie erscheinen derb und eingesprengt. Oefter finden sich die Opale und opalähnlichen (porodinen) Minerale als Imprägnation von krystallinischen Mineralen und geben diesen zuweilen das Ansehen eines völlig amorphen Minerals (Halbopal).

Die glasartig amorphen Körper gehen leicht in den krystallinischen Zustand über. Ein bekanntes Beispiel, welches nicht der Mineralogie angehört, ist der geschmolzene Zucker, welcher durch blosses Liegen allmählig zu krystallinischem Zucker umsteht. Die Bonbons zeigen öfter den Uebergang, indem ihre Rinde aus krystallinischem, und zwar faserigem Zucker besteht, während das Innere noch den amorphen Zustand erkennen lässt. Gewöhnliches Glas wird durch andauerndes Erhitzen in einen porzellanartigen Körper (Réaumur'sches Porzellan) verwandelt, es wird entglast und ist nun krystallinisch.

Die in der Natur vorkommenden Gläser, welche im Obsidian, Bimstein, Rhyolith etc. vorkommen, zeigen häufig solche Trübungen und krystallinische Bildungen, dass man auf eine im Laufe der Zeit eingetretene Entglasung schliesst. Dieser Schluss ist dadurch gerechtfertigt, dass bei der mikroskopischen Untersuchung jene krystallinische Beschaffenheit wahrgenommen wird, welche bei den künstlichen Entglasungen auftritt. Diese amorphen Minerale verhalten sich nach Lagorio wie innige Mischungen, wie Legirungen von Feldspath, Quarz, Augit u. s. w., welche bei der Entglasung allmählig sichtbare Individuen bilden. Lagorio in Tschermak's Min. u. petr. Mitth., Bd. 8, pag 421; Rutley, Proceedings of the Royal soc., 1885, pag. 87, und 1886, pag. 430.

Manche Minerale kommen in der Gestalt eines amorphen Pulvers oder thoniger, oder gallertartiger Massen vor. Diese zeigen unter dem Mikroskope Flocken oder Körnchen oder Kügelchen, welche oft in einander verfließen. Beispiele sind Bergmilch, Kaolin und die gallertartige Kieselsäure.

**77. Pseudomorphosen.** Das Auftreten der Minerale in erborgten Formen ist besonders auffallend an jenen merkwürdigen Gebilden, welche schon von Werner als unechte Krystalle erkannt und Afterkrystalle genannt wurden. Sie zeigen eine Krystallform und diese zuweilen in grosser Schärfe, aber ihre innere Beschaffenheit widerspricht dem Wesen des Krystalls, denn sie sind im Innern nicht gleichartig, sondern krystallinisch, zeigen also eine Textur, oder sie sind amorph. Aus vielen Beobachtungen hat sich ergeben, dass die Form der Pseudomorphosen von Krystallen herrührt. Demnach hat das Mineral oder das Mineralgemenge, aus dem sie bestehen, die Form eines früher vorhandenen Krystalls überliefert erhalten. Naumann definiert demnach die Pseudomorphosen als krystallinische oder amorphe Minerale, welche, ohne selbst Krystalle zu sein, die Krystallform eines anderen Mineralen zeigen.

Die Pseudomorphosen werden ihrer Bildung nach eingetheilt in Ausfüllungs- und in Veränderungs-Pseudomorphosen, die letzteren noch weiter in Umwandlungs- und in Verdrängungs-Pseudomorphosen.

Wenn der hohle Abdruck eines Krystalls durch irgend ein Mineral ausgefüllt wird, so kann sich ein Abguss, eine positive Abformung bilden, welche die Gestalt eines Krystalls nachahmt. Solche seltene Bildungen werden Ausfüllungs-Pseudomorphosen genannt. Kennigott schlägt die Bezeichnung Pleromorphosen vor. Die Abgussformen aus Thon, welche die Würfelform des Steinsalzes erkennen lassen, gehören in diese Abtheilung. Sie werden damit erklärt, dass Steinsalzkristalle im Thon gebildet, später aber aufgelöst wurden, wobei sich allmählig eine feine Thonmasse in den Hohlraum einschlämte.

Die Ausfüllungen sind von keiner weitergehenden Bedeutung. Sie sind nur uneigentliche Pseudomorphosen. Die zweite Abtheilung hingegen, welche die Veränderungs-Pseudomorphosen umfasst, eröffnet ein weites, ausserordentlich interessantes Gebiet, in welchem die wichtigsten Thatsachen einer Physiologie der Minerale enthalten sind.

Diese Gebilde bezeichnen eine Metamorphose, welche vorhandene Krystalle erlitten, und zwar kann die letztere entweder nur das Gefüge betroffen haben (Paramorphosen) oder wie es in den meisten Fällen geschieht, auch die Substanz ergriffen haben, also eine chemische Veränderung sein. Von dieser chemischen Umbildung wird erst nach Betrachtung der substantiellen Eigenschaften der Minerale die Rede sein und gezeigt werden, dass dabei öfter ein Theil der Substanz erhalten bleibt (Umwandlung) oder die Substanz völlig ausgetauscht wird (Verdrängung).

Die Krystallform des ursprünglichen Mineralen ist an den Pseudomorphosen bisweilen vortrefflich erhalten, so dass die Winkel nur eine geringe Veränderung verrathen. Pseudomorphosen, aus Serpentin bestehend, gaben Haidinger Winkel, welche jenen der Olivinkristalle sehr nahe kommen. Die grünen, aus Malachit bestehenden Pseudomorphosen, welche die Krystallform des Atakamits erkennen lassen, lieferten v. Koksharov und dem Autor bei der Beobachtung der Winkel Zahlen, welche mit den für Atakamit geltenden beinahe übereinstimmen. Auch die feine Zeichnung und Riefung der Flächen ist bisweilen schön erhalten, wie an den Brauneisenkörpern mit der Form des Eisenkieses oder an den aus Speckstein bestehenden Pseudomorphosen, welche die Formen von Quarzkristallen bis

auf die feinste Riefung der Säulenflächen wohl erhalten an sich tragen. Die Form schwebender Krystalle wird durch die umhüllende Matrix conservirt, die Form sitzender Krystalle aber dadurch gut erhalten, dass sich zuerst ein dünner Ueberzug bildet und hierauf die Veränderung beginnt. So erhält sich nach Bischof die Form sitzender Cupritkrystalle zuweilen dadurch, dass die Umwandlung in Malachit unter einem Ueberzug von Brauneisenerz vor sich geht.

Die Textur der Pseudomorphosen ist in der Regel dicht bis feinkörnig oder wirr-blätterig, oder verworren-faserig. Gröber-körnige oder parallel-blätterige oder parallel-faserige Textur ist seltener. Die parallele Stellung der neu gebildeten Blättchen oder Fasern bringt es mit sich, dass derlei Pseudomorphosen sich in optischer Beziehung ähnlich wie Krystalle verhalten. Beispiele sind der blätterige Schillerspath, welcher eine aus Bronzit entstandene Pseudomorphose ist, der Uralit, welcher Augitform zeigt und im Inneren aus parallelen Hornblendefasern besteht.

Manche Pseudomorphosen bestehen aus einem einfachen Mineral, andere enthalten ausser dem herrschenden Mineral eine geringe Beimengung eines zweiten, manche endlich bestehen aus einem Gemenge zweier oder mehrerer Minerale. Man pflegt die Pseudomorphosen nach dem in ihnen herrschenden Minerale zu classificiren, also diejenigen, welche aus Kalkspath bestehen, in dieselbe Abtheilung, die aus Quarz bestehen, zusammengenommen in eine andere Abtheilung zu stellen. Man kann aber auch die Eintheilung nach dem ursprünglichen Minerale treffen, also z. B. diejenigen Pseudomorphosen, welche aus Augit entstanden sind, zusammenstellen, jene, welche aus Eisenkies hervorgegangen sind, nebeneinanderstellen u. s. f. Bei der Anführung der Pseudomorphosen pflegt man, nach dem Vorgange von Blum das Mineral, aus welchem die Pseudomorphose besteht, zuerst und hierauf das ursprüngliche zu nennen und beide Namen durch das Wörtchen »nach« zu verbinden. So wird eine der früher genannten als »Pseudomorphose von Serpentin nach Olivin«, eine andere als »Pseudomorphose von Speckstein nach Quarz«, eine dritte als »Pseudomorphose von Schillerspath nach Bronzit« bezeichnet. Pseudomorphosen, die aus einem Gemenge von Mineralien bestehen, erhalten eine entsprechende Bezeichnung, z. B. »Kaolin und Quarz nach Feldspath«.

Oft lässt sich die Verwandlung eines krystallisirten Minerals, also die Pseudomorphosenbildung, genau verfolgen. Dabei leistet, wie begreiflich die mikroskopische Untersuchung ganz Ausserordentliches. In vielen Fällen bildet das Umwandlungsproduct nur die äussere Schichte, während im Innern noch ein frischer Kern sichtbar ist. Die Umwandlung schreitet in solchen Fällen entweder unregelmässig, also nach krummen Flächen vor oder sie dringt nach ebenen Flächen gegen das Innere. Diese Art der Veränderung zeigen die rhomboëdrischen Krystalle von Eisenspath, welche sich in gewöhnliches Brauneisenerz (Limonit) verwandeln, oder Krystalle von Eisenkies, die sich in ein anderes Brauneisenerz (Göthit) verwandeln. Fig. 251 zeigt den Querbruch eines Würfels von Eisenkies, der noch einen frischen Kern enthält, im Uebrigen aber in dichten Göthit verwandelt ist.

Bisweilen schliessen der Kern und die neugebildete Rinde nicht eng aneinander, sondern es existirt ein Zwischenraum, ja der Kern verschwindet früher, bevor die von aussen vordringende Pseudomorphosenbildung zum Inneren gelangt, und es entstehen hohle Pseudomorphosen, die man schon oft für blosse Um-

hüllungen gehalten hat. Dies geschieht häufig bei der Bildung der Pseudomorphose von Quarz nach Calcit.

Die Umbildung schreitet zuweilen in der Weise vor, dass das zersetzende Medium in die feinen Sprünge des Krystalls eindringt. Diese Sprünge verlaufen gewöhnlich nach der Spaltbarkeit. Das neu entstehende Mineral bildet sich demzufolge in den Sprüngen und an den Wänden derselben. Hat es ein grösseres Volum als das ursprüngliche, so zersprengt es den Krystall von Neuem, die Verwandlung schreitet in gleicher Weise fort, bis die Sprünge wieder zusammenreffen und bis ein ganzes Netzwerk von Sprüngen, zugleich aber auch ein Netz des neuen Minerals entstanden ist. Endlich werden auch die Maschen des Netzes umgewandelt. Derart ist die Umwandlung des Olivins in Serpentin (Autor, Sitzungsber. d. W. Akad., Bd. 56). Fig. 252 gibt den mikroskopischen Durchschnitt eines Olivinkrystalls, an welchem nicht bloß eine Rinde von Serpentin entstanden, sondern die Serpentinbildung auch netzartig fortgeschritten ist. Weil bei dieser Umwandlung häufig auch etwas Magneteisenerz gebildet wird, so sieht man die schwarzen Körnchen desselben an den Stellen, wo sich früher Sprünge gebildet haben, nicht selten. Die folgende Fig. 253 zeigt den Durchschnitt der vollendeten Pseudomorphose, die ihre Bildungsweise an der netzförmigen Zeichnung deutlich erkennen lässt.

Fig. 251.



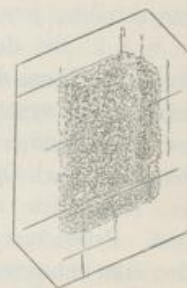
Fig. 252.



Fig. 253.



Fig. 254.



Bisweilen beginnt die Umwandlung im Innern des Krystalls, wie bei manchen Feldspathkrystallen, die in der äusseren Schichte noch kaum angegriffen sind, im Innern aber eine erdige Masse, wahrscheinlich Kaolin enthalten, wovon Fig. 254 eine Vorstellung gibt. Dieser sonderbare Anfang der Pseudomorphosenbildung kann dadurch veranlasst sein, dass der ursprüngliche Krystall aus Schichten von verschiedener Art zusammengesetzt war und der Kern aus einer leichten zersetzbaren Substanz bestand oder aber dadurch, dass im Innern der ursprünglichen Krystalle viele Lücken mit dampfförmigen oder flüssigen Einschlüssen vorhanden waren, so dass dem zersetzenden Medium, welches durch feine Sprünge in das Innere drang, dort eine grosse Oberfläche geboten war, also der Angriff daselbst rascher erfolgen konnte, als an der Oberfläche des Krystalls.

Da nicht nur Krystalle, sondern auch krystallinische Massen der Umwandlung unterliegen, so kommt es nicht selten vor, dass die durch Umwandlung entstandenen Minerale zwar keine Krystallform zeigen, aber durch ihr Gefüge den

Ursprung verrathen. Der rothe Glaskopf, welcher eine traubige oder nierförmige Oberfläche hat und jene doppelte Textur (Glaskopfstruktur) zeigt, die zugleich radialfaserig und concentrischschalig ist, geht aus dem braunen Glaskopf, einer Art des Limonits hervor, wobei Oberfläche und Textur erhalten bleiben. Haidinger sprach sich also dahin aus, dass der rothe Glaskopf eine Pseudomorphose nach braunem Glaskopf sei. Blätterige Massen von Aragonit, welche noch die Spaltflächen von Gyps erkennen lassen, (Schaumkalk) sind als Pseudomorphosen von Aragonit nach Gyps bezeichnet worden u. s. f. Hält man diese Bezeichnung fest, so muss dementsprechend die Naumann'sche Definition der Pseudomorphose erweitert und gesagt werden: Pseudomorphosen sind krystallinische oder amorphe Minerale, welche entweder die Form oder die Textur eines von ihnen verschiedenen Minerals oder auch beides an sich tragen.

Als ältere Schriften über Pseudomorphosen sind hervorzuheben: Breithaupt, Ueber die Echtheit der Krystalle. Freiberg 1815. Haidinger in Pogg. Annalen, Bd. 11, pag. 173 und 366, Bd. 62, pag. 161; als neuere Schriften: Scheerer, Ueber Afterkrystalle. Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie. 2. Aufl. 1837. L. Bischof, Lehrbuch der chemischen Geologie, 1. Aufl. 1847 und in der 2. Aufl. 1863—66. Bemerkungen über Ps. Delesse in den Annales de mines [5] Bd. 16, pag. 317. E. Geinitz, N. Jahrbuch f. Mineralogie, 1876, pag. 449. Eine Zusammenstellung eigener und fremder Beobachtungen sammt Angabe der Literatur gab R. Blum in dem sehr verdienstlichen Werke über die Pseudomorphosen des Mineralreiches. Stuttgart 1843, nebst erstem bis viertem Nachtrag aus den Jahren 1847, 1852, 1863, 1879, und auch Roth, Allgemeine und Chemische Geologie. Berlin 1879.

**78. Versteinerungen.** So bezeichnet man im Allgemeinen jene Formen einfacher Minerale und Gemenge, welche von Organismen herrühren, ob sie nun bloß die äusseren Formen oder bloß das Gefüge von organisirten Wesen, oder beides erkennen lassen. Da in den Versteinerungen ebenfalls Minerale mit erborgten Formen auftreten, so zeigt sich eine wesentliche Aehnlichkeit mit den Pseudomorphosen, daher auch wieder Abdrücke und Producte der Veränderung unterschieden werden können.

Hohle Abdrücke (Spurensteine) finden sich besonders häufig im Kalkstein, sonst auch im Dolomit, im Sandstein u. s. w. Sie entstehen durch die Abformung von Organismen, deren Substanz später in gelöster Form weggeführt wurde. Bei diesem Vorgange bleibt öfter der Abguss der Innenseite hohler Formen erhalten, wie dieses die Abgüsse des Innenraumes von Schnecken und Muscheln zeigen, welche Steinkerne genannt werden. Die eigentlichen Versteinerungen entstehen durch Veränderungen der Substanz, aus welcher die Organismen zusammengesetzt sind. Die Schalen und kalkigen Gerüste niederer Thiere liefern den grösseren Theil der Versteinerungen, wobei nur eine verhältnissmässig geringe Veränderung platzgreift, indem die Versteinerung wieder aus Kalkspath, seltener aus Aragonit besteht. Pflanzen und Thierkörper geben oft flachgedrückte Ueberreste, wie die Abdrücke von Blattpflanzen, Fischabdrücke, welche meist aus einer dünnen Schichte von Kohle bestehen. Die Anhäufung grösserer Mengen von

Pflanzenresten gibt schliesslich die verschiedenen Braun- und Schwarzkohlen, in welchen oft noch direct oder nach geschicktem Präpariren die pflanzliche Textur zu erkennen ist.

Das versteinerte Holz ist meistens verkieselt, aus Opal oder Quarz bestehend. Im ersteren Falle ist die ursprüngliche Textur so deutlich erkennbar, dass der Dünnschliff unter dem Mikroskop denselben Anblick gewährt, wie ein wohlgerathener Schnitt aus dem frischen Holze, und doch ist alles vollständig durch Opal ersetzt und von der Holzsubstanz nichts mehr vorhanden.

Man unterscheidet öfter zwischen *recent* und *fossil*, indem jener Ausdruck auf die wenig veränderten Reste jetzt noch lebender Organismen dieser auf die stärker veränderten Ueberbleibsel ausgestorbener Wesen angewandt wird.

Das Mineral, aus welchem die Versteinerung besteht, ist in vielen Fällen unbestimmt körnig, schuppig, dicht u. s. f. Manchmal gibt sich eine besondere Form des neu eintretenden Minerals kund, wie die »Kieselringe« des Chalcedons und Opals bei manchen Verkieselungen. Häufig hat das versteinerbildende Mineral seine Textur von dem organischen Ueberreste entlehnt. Hierher gehört das schalige Gefüge vieler Muschelversteinerungen, die radialfaserige Textur der Belemniten und als ein besonders auffallendes Beispiel die Orientirung der Kalkspathindividuen in jenen Versteinerungen, welche von Echiniden, Seesternen, Crinoiden herrühren. Jeder Stachel des Seeigels, jedes Stengelglied der Seelilie, jede Platte ihres Kelches etc. ist ein Kalkspathindividuum, dessen Hauptaxe entweder der Längsaxe des Stachels etc. parallel ist oder überhaupt eine bestimmte Stellung zu der Körperaxe einnimmt. Vergl. Hessel, Einfluss des organischen Körpers auf den unorganischen. Marburg 1826. Ebner, Sitzungsber. Ak. Wien, Bd. 95 (I), pag. 55.

Früher wurde schon erwähnt, dass manche krystallinische, selbstständige Bildungen Aehnlichkeit mit Versteinerungen besitzen. Die dendritischen oder die moosförmigen Bildungen sind früher einigemale als Pflanzenreste gedeutet worden.

Die erwähnten Minerale Kalkspath, Aragonit, Opal, Quarz, Kohle bilden hauptsächlich das Material für Versteinerungen, bisweilen aber treten Gyps, Baryt, Cölestin etc. an ihre Stelle. Wenn Minerale, die ein schweres Metall enthalten, wie Eisenkies, Brauneisenerz, Zinkspath, Rotheisenerz, Eisenspath, in der Form von Versteinerungen auftreten, so spricht man von *Vererzung*. Sowohl Thier- als Pflanzenreste finden sich öfter durch Eisenkies vererzt. Literatur über die Minerale der Versteinerungen in dem vorerwähnten Werke von Blum über die Pseudomorphosen des Mineralreiches.

## II. Mineralphysik.

**79. Elasticität. Cohärenz.** Aeussere Einwirkungen vermögen die Gestalt der starren Körper vorübergehend zu verändern. Dabei setzen die letzteren jedoch einen Widerstand entgegen, dessen Grösse als Maass der Elasticität gilt.

Werden die Körper in die Form von Stäbchen gebracht, so lässt sich durch Anhängung von Gewichten ein Zug, durch Auflegung von Gewichten ein Druck auf dieselben ausüben und die Verlängerung oder Verkürzung messen. Stäbchen,





die in horizontaler Stellung an einem Ende geklemmt werden, erfahren durch Gewichte, die am freien Ende senkrecht zur Längsaxe wirken, eine Biegung, ebenso Stäbchen, die an beiden Enden gestützt und in der Mitte belastet werden, und ebenso kreisrunde Scheibchen, die an den Endpunkten eines Durchmessers unterstützt und auf dem dazu senkrechten Durchmesser belastet werden. Die Biegung wird hier durch die Senkung der Mitte des Stäbchens oder Scheibchens gemessen. Auch die Drehung, welche das freie Ende eines einseitig geklemmten Stäbchens erfährt, lässt sich durch Gewichte hervorbringen. Je grösser das Gewicht ist, welches nöthig erscheint, um eine bestimmte Verlängerung oder Biegung oder Drehung vorübergehend hervorzurufen, desto grösser ist die Elasticität des untersuchten Körpers.

Die erforderlichen Gewichtsmengen werden als Elasticitätscoëfficienten bezeichnet, oft aber werden die reciproken Werthe jener Mengen so benannt.

Um an Stäbchen von 1 Quadratmillimeter Durchschnitt eine Dehnung hervorzubringen, welche 0·001 der Länge beträgt, wären erforderlich für

Blei . . . . .	1·727 Kilogramm
Gold . . . . .	5·585 »
Silber . . . . .	7·141 »
Fensterglas . . . . .	7·917 »
Stahldraht . . . . .	18·809 »

Werden solche Stäbchen aus krystallisirten Mineralen geschnitten, und zwar aus tesseralen Krystallen in der Richtung der Würfelkante, aus anderen in der Richtung der aufrechten Axe, so wären für die gleiche Dehnung erforderlich:

für Alaun . . . . .	1·793 Kilogramm
» Steinsalz . . . . .	4·199 »
» Baryt . . . . .	5·385 »
» Calcit . . . . .	5·838 »
» Quarz . . . . .	10·300 »
» Fluorit . . . . .	14·700 »
» Pyrit . . . . .	35·310 »

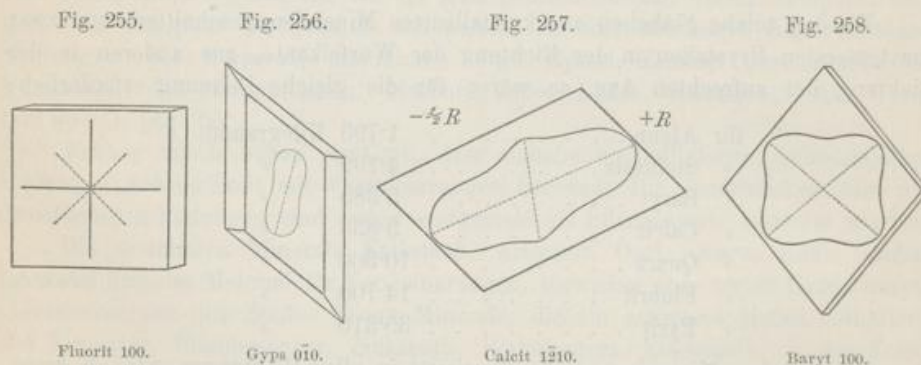
In amorphen Mineralen ist die Elasticität in allen Richtungen gleich gross, in Krystallen ist sie zwar in den krystallographisch gleichen Richtungen gleich, in ungleichen Richtungen aber häufig verschieden.

Stäbchen, welche aus einem Fluoritkrystall parallel den Würfelkanten geschnitten werden, zeigen alle dieselbe Elasticität. Alle erleiden, wenn ihr quadratischer Querschnitt 1 Quadratmillimeter und ihre Länge 4 Centimeter beträgt, eine vorübergehende Biegung von 0·1 Millimeter, wenn das in der Mitte des Stäbchens wirkende Gewicht 92 Gramm beträgt. Stäbchen von gleichen Dimensionen parallel der Diagonale der Würfelflächen geschnitten, verhalten sich alle gleich, sie erfahren aber jene Biegung von 0·1 Millimeter schon bei einer Belastung von 63 Gramm. Die Elasticität in der Richtung der Würfelkanten ist also 1·46mal so gross als in der Richtung der Diagonalen. In den Zwischenrichtungen ergeben sich mittlere Werthe.

Werden jene Gewichte durch Längen ausgedrückt und werden diese Längen als Linien von der Mitte der gezeichneten Krystallfläche aus in den angegebenen Richtungen gezogen, so ergibt sich eine Darstellung wie in Fig. 255. Denkt man sich auch die Werthe für die Zwischenrichtungen eingetragen und die Enden der Linien durch eine Curve verbunden, so erhält man die Elasticitätscurve oder Elasticitätsfigur<sup>1)</sup> auf der Krystallfläche, z. B. auf der Würfelfläche des Fluorits, Fig. 259.

Der Charakter der Elasticitätsfigur hängt mit der Symmetrie der bezüglichen Fläche zusammen. Dabei kommt jedoch in Betracht, dass die Elasticität für eine Richtung mit jener für die Gegenrichtung gleich ist. Dies folgt schon aus dem Dehnungsversuch, da sich die Dehnung gleich bleibt, ob der Zug an dem einen oder dem anderen Ende des Stäbchens wirkt. Demnach gibt es keine völlig un-symmetrischen und keine monosymmetrischen Elasticitätsfiguren.

Auf asymmetrischen Flächen ist die Elasticitätsfigur dimetrisch wie in Fig. 256, indem jeder Radius der Figur mit dem um  $180^\circ$  abliegenden Radius gleich ist. Die Maximaldurchmesser sind punktirt angegeben. Dem entsprechend würden triklone Krystalle auf allen Flächen eine dimetrische Figur ergeben, ebenso die monoklinen auf allen Flächen, die nicht senkrecht zur Symmetrieebene liegen.

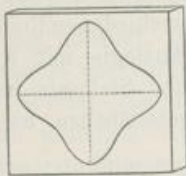


Monosymmetrischen und disymmetrischen Flächen entspricht eine disymmetrische Elasticitätscurve, z. B. in Fig. 258. Monokline Krystalle geben für die zur Symmetrieebene senkrechten Flächen, rhombische Krystalle für alle Endflächen und alle Prismenflächen disymmetrische Figuren. Tetragonale und hexagonale Krystalle geben für alle zur Hauptachse parallelen Flächen disymmetrische Figuren, ebenso rhomboëdrische Krystalle für die Flächen aller Rhomboëder und die des Protoprisma, während für die Flächen des Deuteroprisma eine dimetrische Figur gilt. Fig. 257.

<sup>1)</sup> Die Ableitung der Elasticitätscurve geschieht häufig auch in der Weise, dass die Grösse der Biegung bei gleicher Belastung durch proportionale Längen ausgedrückt wird. Die obige Darstellung entspricht aber einer analogen Behandlung der Elasticität und der Härte des Krystalls.

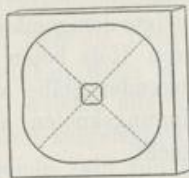
Tetrasymmetrischen Flächen entspricht eine Figur von tetrasymmetrischem Charakter, wie Fig. 259 (Würfelfläche des Fluorits) und Fig. 260 (Würfelfläche des Alauns). Für letztere gilt zufolge der geringen Elasticität des Alauns die innere kleine Figur. Der Deutlichkeit wegen ist dieselbe auch in achtfacher Vergrößerung wiederholt.

Fig. 259.



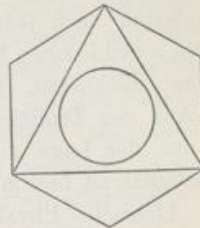
Fluorit 100.

Fig. 260.



Alaun 100.

Fig. 261.



Fluorit 111.

Trisymmetrische und hexasymmetrische Flächen werden sich gleich verhalten. Hier sollte man hexasymmetrische Curven erwarten. Da jedoch aus der Theorie der Elasticität folgt, dass die Elasticitätsfigur höchstens zwei Maximal- und zwei Minimaldurchmesser haben kann, so erübrigt für die Curve nur ein Kreis. Die Endflächen der hexagonalen und rhomboëdrischen Krystalle, die Oktaëderflächen der tesserale Krystalle haben einen Kreis als Elasticitätsfigur. Fig. 261.

Für hemiëdrische Krystalle kommt bisweilen in Betracht, dass die Elasticitätsfigur jeder Fläche sich mit der ihrer Gegenfläche combinirt, wie aus dem Biegungsversuche folgt. Der Würfelfläche eines tetraëdrischen Krystalls (vergl. Fig. 157 auf pag. 77) kommt sonach keine disymmetrische, sondern eine tetrasymmetrische Figur zu.

In anderen Fällen ist zu berücksichtigen, dass die Elasticität im selben Krystall in allen parallelen Richtungen dieselbe sein muss, wenngleich diesen Richtungen auf verschiedenen Flächen eine krystallographisch verschiedene Bedeutung zukommt.

An pyritoëdrischen Krystallen (vergl. Fig. 160 auf pag. 77) ist die Würfelfläche disymmetrisch. Wird aber die vordere Würfelfläche 100 mit der Seitenfläche 010 verglichen, so ergibt sich, dass die Verticalrichtung der ersteren Fläche krystallographisch gleich ist der Horizontalrichtung auf der zweiten Fläche und umgekehrt. Da jedoch die Verticalrichtungen für beide Flächen in elastischer Beziehung gleich sind, so folgt, dass auf jeder dieser Würfelflächen die verticale und die horizontale Richtung elastisch gleichwerthig sind, und dies führt auf eine tetrasymmetrische Figur. In der That geben die Versuche am Pyrit für die Würfelfläche eine Figur, welche der am Fluorit ähnlich ist.

Hemimorphe Krystalle werden sich wie die beiderseits gleichartig ausgebildeten verhalten. Damit stimmen die Versuche am Turmalin überein.

Savart bestimmte die Elasticität einiger Krystalle durch Beobachtung der Tonhöhe und der Klangfiguren an Platten, welche in verschiedenen Richtungen aus denselben geschnitten wurden. Platten von Bergkrystall gaben verschiedene

Töne, je nachdem sie parallel  $R$  oder  $-R$  oder parallel den Prismenflächen u. s. w. geschnitten waren. Der Unterschied ging bis auf eine Quinte. Von den Platten, welche der Hauptaxe parallel geschnitten waren, zeigten sich immer je drei unter einander gleich, welchen eine um  $120^\circ$  verschiedene Lage entsprach. Platten aus Calcit gaben ähnliche Resultate, indem sich jene Platten gleich verhielten, welche gemäss der Symmetrie des Rhomboëders krystallographisch gleichen Flächen parallel waren. Gypsplatten befolgten monokline Symmetrie. Amorphe Körper lieferten nach jeder Richtung gleiche Platten. Holz, welches nach drei Richtungen verschiedenen Bau hat, zeigte demgemäss nach verschiedenen Richtungen verschiedene Elasticität. Platten von Holz boten daher Analogie mit Krystallplatten. Aus der Tonhöhe schwingender Stäbe von Eis und Steinsalz hat auch Reusch, aus der Lage der Schwingungsknoten auf Steinsalzstäbchen hat Groth deren Elasticität zu bestimmen gesucht.

Lit. Liebisch, Physikal. Krystallographie, pag. 558. Savart, Pogg. Ann. Bd. 16, pag. 206. Angström, ebendas. Bd. 86, pag. 206. Neumann, ebendas. Bd. 31, pag. 177. Groth, ebendas. Bd. 157, pag. 115. Reusch, ebendas. Neue Reihe, Bd. 9, pag. 329. Beckenkamp, Zeitschr. f. Kryst. Bd. 10, pag. 41 und Bd. 12, pag. 419.

**80.** Wenn Minerale solchen mechanischen Angriffen ausgesetzt werden, welche ihre Gestalt bleibend ändern, so zeigen sie sich in ihrem Verhalten oft ungleich und man sagt daher, dass ihre Cohärenz oder ihre Tenacität verschieden sei.

Versucht man, dünne Blättchen oder Stäbchen zu biegen, so werden einige, wie z. B. Glimmer, Asbest, nach der Einwirkung wieder in ihre frühere Lage zurückspringen, also grosse elastische Vollkommenheit zeigen, während andere Minerale, wie Chlorit, Gyps oder Talk, in der neuen Lage verharren, sich also biegsam erweisen.

Beim Schaben, Theilen und Kratzen der Minerale beobachtet man gewöhnlich unter knisterndem Geräusch ein Fortspringen der Splitter und des Pulvers, ferner ein häufiges Ausbrechen des Schnittes und freiwilliges Fortsetzen der entstandenen Sprünge. Minerale dieses Verhaltens sind spröde, z. B. Flusspath, Feldspath, während man als milde solche bezeichnet, deren Pulver nicht heftig wegspringt, sondern beim Schaben auf der Klinge liegen bleibt, wie z. B. Speckstein, Graphit. Entstehen gar keine Sprünge, bilden sich gar keine Splitter, kein Pulver, sondern gibt das Mineral dem eindringenden Messer oder der Spitze vollständig nach, so wird das Mineral geschmeidig genannt, wie das Gold, Silber, der Silberglanz. Die hieher gehörigen Minerale sind meistens auch dehnbar oder ductil, da sie sich zu dünnen Blechen hämmern oder zu Draht ausziehen lassen. Wenn ein Mineral sich entweder gar nicht, oder nur sehr schwierig zerschlagen lässt, so wird es zähe genannt, wie z. B. Eisen und alle dehnbaren Metalle; ferner in geringerem Grade Nephrit, Chalcedon und mehrere wirrfaserige Minerale.

**81.** Die Festigkeit der Körper, d. i. der Widerstand gegen Trennung, äussert sich am einfachsten bei Anwendung eines durch Gewichte hervorgebrachten Zuges bis zum endlichen Zerreißen. Sohneke prüfte die Zugfestigkeit des Steinsalzkrystals und fand, dass, wofern ein Stäbchen, das senkrecht zur Würfelfläche

genommen war, durch ein Gewicht von 1 Kilogramm zerrissen wurde, ein gleiches zur Oktaëderfläche senkrecht Stäbchen das Doppelte und ein zur Fläche des Rhombendodekaëders senkrecht 2·6mal so viel bedurfte, um zu zerreißen; die Zerreißungsflächen waren immer die Würfelflächen, nach welchen auch die Spaltung erfolgt (Pogg. Ann. Bd. 137, pag. 177).

Die Festigkeit, welche die Minerale beim Zerdrücken erkennen lassen (rückwirkende Festigkeit), hat nur bei den Krystallen und amorphen Körpern eine bestimmte Grösse, während sie bei den krystallinischen Aggregaten von der Art der Verbindung abhängt, in welcher sich die Individuen befinden. Dasselbe Mineral zeigt grössere rückwirkende Festigkeit, wenn es dicht ist, als wenn es körnig erscheint. Würfel von Kalkstein, welche alle aus demselben Minerale, nämlich Kalkspath bestehen, wurden durch aufgelegte Gewichte zerdrückt, wobei für je einen Quadratmillimeter die folgende Zahl von Kilogrammen erforderlich war:

Dichter, dunkelfarbiger Kalkstein . . .	14·03
Körniger, weisser Kalkstein . . . . .	10·41
Harter, erdig aussehender Kalkstein . .	3·06
Weicher, erdig aussehender Kalkstein .	1·05

Ebenso verhält es sich mit den krystallinischen Mineralgemengen. Ein dichter Porphyr erforderte 24·78 Kilogr., während ein körniger Granit, welcher aus denselben Mineralen besteht, 17·31 und ein anderer Granit 10·1 Kilogr. erforderte. Die rückwirkende Festigkeit kommt bei der Schätzung des Werthes der Baumaterialie in Betracht.

**82. Spaltbarkeit.** Bei der Betrachtung der Krystallformen ist schon wiederholt auf die Eigenschaft vieler Krystalle, nach ebenen Flächen spaltbar zu sein, aufmerksam gemacht worden. Die Spaltflächen werden entweder absichtlich durch Anwendung eines Messers, eines Meissels etc. hervorgerufen, oder sie erzeugen sich ohne unsere Absicht durch Druck oder Erschütterung, welchen die Krystalle oder Individuen ausgesetzt sind. Zuweilen kommen die Minerale schon zerspalten in unsere Hände, wie z. B. mancher Glimmer, Gyps, Bleiglanz, so dass dieselben so aussehen, als ob sie aus Blättern oder Würfeln zusammengesetzt wären, die ohne Anstrengung auseinander genommen werden könnten. Unveränderte Individuen und Krystalle hingegen zeigen die Blätterung nicht und sind frei von Sprüngen. Die Spaltfläche bildet sich also an dem unveränderten Individuum erst im Augenblicke des mechanischen Eingriffes, und die Spaltung kann hierauf zu der einmal erhaltenen Fläche parallel wiederholt werden. Geht die Spaltung gut von statten, so erhält man den Eindruck, dass dieselbe immer weiter fortgesetzt werden könne und dass uns nur unsere mechanischen Hilfsmittel hindern, dieselbe bis ins unendlich Kleine zu verfolgen. Die Theorie sagt uns jedoch, dass dieselbe nur soweit getrieben werden kann, bis das erhaltene Blättchen eine einzige Molekelschicht enthält oder bis die einzelnen Molekel von einander getrennt werden.

Den Ebenen der Spaltbarkeit entsprechen Maxima, den dazu senkrechten Richtungen aber Minima der Cohäsion, was durch die genannten Erscheinungen beim Zerreißen bestätigt wird.

Die Spaltflächen liegen immer bestimmten Krystallflächen parallel. Wird ein Krystall gespalten, so sind die Spaltflächen entweder solchen Flächen parallel, die auch äusserlich am Krystall wahrgenommen werden, oder solchen, die am selben Krystall möglich sind. Bleiglanzwürfel sind parallel den äusseren Flächen spaltbar. Oktaëder von Bleiglanz spalten nach Flächen, welche die Ecken des Oktaëders abstumpfen und welche als dem Hexaëder entsprechend am selben Krystall möglich sind.

An einem krystallinischen Individuum ohne Flächenausbildung erfährt man durch Spaltung die Lage möglicher Krystallflächen, und man kann in solchem Falle durch die Beobachtung der Spaltflächen öfter das Krystallsystem oder sogar eine einfache Combination erkennen. Gleichen Krystallflächen sind auch gleiche Spaltungsflächen parallel, daher verrathen Spaltflächen, welche nicht in gleichem Grade eben sind, die Ungleichheit der zu ihnen parallelen Krystallflächen. Man kann demzufolge die Spaltbarkeit zur Classification der Krystallflächen benutzen oder die Richtigkeit der Auffassung einer Krystallform durch die Spaltbarkeit controliren.

Durch Spalten lässt sich zuweilen eine geschlossene Form, eine Spaltungsform erhalten. Dieselbe kommt in ihrer Beschaffenheit einem Krystalle gleich, doch wird sie meistens verzerrt aussehen. Bleiglanz liefert verzerrte Würfel, bei einiger Sorgfalt wird man ziemlich ebenmässige Würfel erhalten. Calcit gibt rhomboëdrische Spaltungsstücke oder auch Rhomboëder. Aus Flusspath kann man Oktaëder oder auch scheinbare Tetraëder erhalten. Blende, welche nach dem Rhombendodekaëder spaltbar ist, liefert nur bei grosser Sorgfalt die letztere Form, sonst aber verschiedene Gestalten, die weniger als zwölf Flächen haben. Glimmer, der blos nach einer einzigen Fläche spaltbar ist, gibt keine Spaltungsform. Die monokline Hornblende, welche nach dem aufrechten Prisma spält, gibt, weil dieses eine offene Form, auch keine eigentliche Spaltungsgestalt.

Wenn die erhaltenen Spaltflächen so glatt und eben sind, dass sie das Licht ausgezeichnet oder vollkommen reflectiren, so wird die Spaltbarkeit als höchst vollkommen bezeichnet, wie am Gyps und Glimmer, oder als sehr vollkommen, wie am Baryt oder Calcit, oder als vollkommen, wie am Augit, Fluorit, dagegen als unvollkommen, wenn die erhaltenen Flächen nicht eben erscheinen, wie am Granat und Vesuvian. Bisweilen lassen sich noch Spuren einer Spaltbarkeit erkennen, wie am Turmalin, dessen Spaltung sehr unvollkommen genannt wird. Die erhaltenen Flächen erscheinen in manchen Fällen fein gerieft, indem äusserst schmale Flächentheile unter ein- und ausspringenden Winkeln zusammentreffen. Dies rührt von wiederholter Zwillingsbildung her und ist vorzüglich am Plagioklas (triklinen Feldspath) zu beobachten. Zähre Minerale lassen sich schwieriger, spröde hingegen leichter spalten. Geschmeidigkeit und Biegsamkeit ist auch oft beim Spalten hinderlich, wie man beim krystallinischen Eisen und beim Chlorit wahrnimmt.

**83.** Die Spaltflächen liegen im tesserale System den primären Flächen parallel. Man beobachtet am häufigsten die Spaltbarkeit parallel dem Würfel (100), wie beim Steinsalz und Bleiglanz, seltener jene nach dem Rhombendodekaëder (110), wie bei der Blende, und nach dem Oktaëder (111), wie am Rothkupfererz.

Der Analogie wegen pflegt man auch in den übrigen Krystallsystemen dort, wo verschiedene Deutungen möglich sind, die Spaltebenen als primäre Flächen anzunehmen, doch ist dies zugleich eine Forderung der Theorie, welche schon Haüy dazu führte, die Spaltungsform als Grundform zu betrachten, und welche nach dem heutigen Ausdrucke die primären Molecularebenen, besonders die Endflächen, als Ebenen der grössten Cohäsion hinstellt [22].

Im tetragonalen System findet sich öfter die Spaltbarkeit nach der Endfläche (001), wie am Uranit, ferner nach einem aufrechten Prisma, welches als (100) oder als (110) aufgefasst wird, wie am Zinnerz, Rutil, Skapolith. Seltener ist die Spaltbarkeit nach (101), z. B. am Scheelith.

Das hexagonale System zeigt wieder als häufigste Spaltbarkeit die nach der Basis (0001), wie am Beryll, und nach einem Prisma, welches als Protoprisma (1010) aufgefasst wird, wie am Apatit, Nephelin. Nach der hexagonalen Pyramide bemerkt man selten eine Spaltbarkeit (Pyromorphit). Die rhomboëdrische Hemiëdrie bringt eine eigenthümliche Spaltbarkeit, nämlich jene parallel dem Rhomboëder mit sich. (Calcit, Dolomit.)

Im rhombischen Systeme beobachtet man am häufigsten Spaltbarkeit nach einer der drei Endflächen, wie z. B. am Topas, Diaspor. Selten zeigt sich Spaltbarkeit nach allen drei Endflächen, wie beim Anhydrit. Eine grössere Anzahl von Mineralen ist nach einem Prisma spaltbar, welches entweder als aufrechtes oder als Längs- oder als Querprisma genommen werden kann. Bronzit, Weissbleierz, Baryt sind Beispiele. Selten ist die Spaltbarkeit nach einer Pyramide, welche man als (111) annehmen wird, wie am Schwefel.

Von den monoklinen Krystallen bieten viele die Spaltbarkeit nach der Symmetrieebene (010) dar, wie der Gyps, der Orthoklas. Spaltungen senkrecht zur Symmetrieebene kommen auch häufig vor. Man wird ihre Richtungen als (100) oder (001) betrachten; beim Gyps wird sie als (100) genommen, während man sie beim Orthoklas als (001) bezeichnet. Ein Spaltungs-Prisma, welches parallel zur Symmetrieebene gestreckt ist, wird entweder als aufrechtes Prisma (110), wie bei Hornblende und Augit, oder als Längsprisma (011), oder als Grundpyramide (111) betrachtet, wie beim Gyps, an welchem die letztere Spaltbarkeit faserig erscheint.

Im triklinen Systeme werden die Spaltebenen vor Allem als Endflächen gedeutet, wie z. B. bei den Plagioklasen, welche in der Form Aehnlichkeit mit dem Orthoklas und die entsprechende Spaltbarkeit zeigen. Die beiden Ebenen der deutlicheren Spaltbarkeit werden hier als (010) und (001) aufgefasst, während eine dritte, weniger deutliche als Prismenfläche (110) genommen wird, da sie eine ähnliche Lage besitzt, wie die Fläche des aufrechten Prisma beim Orthoklas.

Haüy hat in seinen Krystallbildern die Flächen deutlichster Spaltbarkeit mit *P*, *M*, *T* bezeichnet (pri-mi-tif), was zugleich an die angenommene Grundform erinnert. Ein Beispiel ist Fig. 76 auf pag. 49.

Die Minerale derselben Art haben gleiche Spaltbarkeit. Diese anfangs überraschende Constanz, wie sie besonders schön am Kalkspath zu beobachten ist, hat schon die älteren Mineralogen auf den Bau der Krystalle aufmerksam gemacht und Haüy zur Begründung der Krystallographie angeregt. Die verschiedensten Rhomboëder und Skalenoëder, die sechsseitigen Säulen und Tafeln, alle die



verschieden combinirten Krystalle des Kalkspathes lassen sich in gleicher Weise nach einem Rhomboëder von  $105^\circ$  Flächenwinkel spalten, dessen Hauptaxe parallel der Hauptaxe der ganzen Form ist. Aber auch die Individuen des körnigen und stengeligen Kalkspathes geben beim Spalten dasselbe Rhomboëder, und in vielen Versteinerungen lässt sich dieselbe Spaltbarkeit verfolgen. Wie in diesem Beispiele verhält sich die Spaltbarkeit in allen anderen Mineralgattungen, daher sie ein ganz vorzügliches Merkmal ist, welches nicht bloß für Krystalle, sondern für alle krystallinischen Ausbildungen gilt und nur bei dem dichten Zustande eine Grenze findet, welche schliesslich noch durch die mikroskopische Beobachtung überschritten werden kann.

Obgleich nun aber durch sehr viele Fälle gezeigt ist, dass die Spaltbarkeit bei derselben Mineralart constant sei, kommen doch wieder solche Fälle vor, welche als Abweichungen von dieser Regel erscheinen. Diese scheinbaren Ausnahmen werden durch eine schalige Zusammensetzung hervorgebracht, welche ihren Grund in einer Zwillingsbildung oder in der schichtenförmigen Einlagerung eines fremden Minerals hat. Magnetisenerz, welches keine Spaltbarkeit besitzt, umfasst Varietäten, welche eine schalige Zusammensetzung parallel den Oktaëderflächen darbieten. Zur Gattung Pyroxen gehört eine Art (Diallag), welche eine ausgezeichnete schalige Zusammensetzung parallel der Querfläche zeigt, während andere Arten, wie der Salit, eine schalige Zusammensetzung nach der Endfläche zeigen. Durch Zersetzung des Minerals wird die schalige Zusammensetzung öfter noch deutlicher wie beim Diallag und Bronzit, worauf die Verwechslung mit Spaltbarkeit noch leichter möglich ist. Da jedoch die schalige Zusammensetzung bei einer bestimmten Dicke ihr Ende erreicht, während die Spaltung sich ins Unmerkliche fortsetzt, so lässt sich der Zweifel in den meisten Fällen lösen.

**84. Druckzwillinge.** Manche Krystalle biegsamer Minerale, wie Chlorit, Gyps, zeigen unregelmässige, durch Druck entstandene Verbiegungen. Auch spröde Krystalle, wie solche von Quarz, Epidot, erscheinen bisweilen durch den Gebirgsdruck verbogen. Werden diese letzteren genauer geprüft, so zeigt sich, dass sie fein zersprungen und dass die Sprünge wieder ausgeheilt sind. Derlei Deformationen sind unregelmässige.

Manche krystallisirte Minerale zeigen bei Anwendung von Druck solche Verschiebungen der Theilchen, welchen zufolge dieselben in eine neue Gleichgewichtslage kommen, die einer Zwillingsstellung entspricht. Hier ist die Deformation eine regelmässige. Die Flächen, nach welchen die Verschiebung erfolgt, nennt Reusch Gleitflächen.

Die Verschiebung mit Umstellung der Theilchen wurde zuerst am Kalkspath beobachtet. Wie Pfaff und Reusch gezeigt haben, entstehen in einem Kalkspathindividuum durch Druck dünne Lamellen, welche parallel der Fläche  $-\frac{1}{2}R$  lagern und sich gegen die Hauptmasse des Individuums in Zwillingsstellung befinden, nach dem Gesetze, dass  $-\frac{1}{2}R$  die Zwillingssebene. Siehe Fig. 262.

So wie hier einzelne Schichten in Zwillingsstellung gerathen, so kann durch Verschiebung vieler aufeinanderfolgender Schichten ein vollständiger Zwilling erzeugt werden, wie H. Baumhauer gefunden hat. Wenn ein Spaltungsstück

klaren Kalkspathes mit einer stumpfen Kante auf eine feste Unterlage gestützt wird, während die dazu parallele stumpfe Kante zu oberst erscheint, und wenn die Schneide einer Messerklinge senkrecht gegen die letztere Kante in das Mineral gedrückt wird, so dringt die Klinge so ein wie in einen geschmeidigen Körper. Die Sprödigkeit des Kalkspathes scheint verschwunden. Die vordringende Klinge schiebt fortwährend neue Schichten zur Seite, und zwar in beistehender Figur nach rechts, daher dort bald ein einspringender Winkel sichtbar wird, Fig. 263, bis endlich ein grosser Theil des Spaltungsstückes sich derart verschoben hat, dass das Ende rechts als ein richtiger Zwillings erscheint, Fig. 264. Man kann auf diese Weise und nach dem Wegspalten des Theiles links von dem Einschnitte vollständige künstliche Zwillinge erhalten. So wie der Kalkspath verhält sich nach den Beobachtungen des Autors auch der rhomboëdrische Natriumsalpeter. Dass auch in anderen Mineralen, wie im Anhydrit (rhombisch), Diopsid (monoklin), bei Anwendung von Druck solche Verschiebungen hervorgebracht werden und dass

Fig. 262.



Fig. 263.

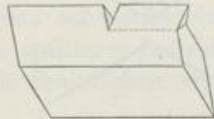
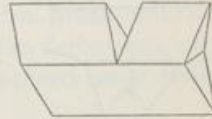


Fig. 264.



Zwillingslamellen entstehen, wurde von Mügge beobachtet. Krystalle, welche derlei durch Druck entstandene Lamellen enthalten, kommen gleichfalls in der Natur vor. Sie zeigen eine schalige Zusammensetzung. Diallag, Salit sind Beispiele dafür.

Später wird erwähnt werden, dass auch bisweilen durch Erwärmung Zwillingslamellen entstehen und verschwinden.

**85. Schlagfiguren.** Durch Druck oder Schlag werden in vielen krystallisirten Mineralen ebenflächige Trennungen hervorgebracht, deren Lage von jener der Spaltflächen verschieden ist. Drückt man Krystalle oder Spaltungsstücke von Steinsalz in einer Schraubenpresse, so erhält man leicht Risse parallel einer Fläche des Rhombendodekaëders, während die Spaltbarkeit nach den Würfelflächen verläuft. Auch durch Schlagen können solche Risse hervorgebracht werden. Die Glimmer lassen sich zwar durch Drücken oder Schlagen immer nur parallel der Endfläche spalten, doch zeigen grössere Individuen von Glimmer, welche durch die wellige Oberfläche den erlittenen Druck verrathen, häufig Trennungen schief zur Spaltung, die man schon öfter für Krystallflächen gehalten hat.

Man kann jene regelmässigen Risse in kleinem Maassstabe durch ein von innen nach aussen wirkendes Zersprengen hervorbringen, wenn man nach dem Vorschlage von Reusch einen zugespitzten Stahlstift (Körner der Metallarbeiter oder auch eine Gravirnadel der Lithographen) auf die zu prüfende Krystall- oder Spaltungsfläche setzt und hierauf durch einen leichten Schlag die Spitze eindringen macht. Die entstehenden Sprünge treten oft zu mehreren auf, welche sich in dem Schlagpunkte kreuzen und Sternchen bilden. Die so entstehenden Figuren werden Schlagfiguren genannt.

Weise  
uptaxe  
n des  
öeder.  
Wie in  
ngen.  
stalle.  
ichten  
pische

barkeit  
e vor,  
Aus-  
relehe  
erung  
esitzt.  
äeder-  
e eine  
hrend  
fläche  
öfter  
Spalt-  
g bei  
merk-

lorit.  
pröde  
birgs-  
ss sie  
De-

solche  
leich-  
e De-  
folgt.

Kalk-  
inem  
fläche  
ings-  
262.  
lurch  
illing  
stück

Am Steinsalze ist die Schlagfigur ein vierstrahliger Stern, aus zwei sich kreuzenden Rissen bestehend, welche gegenüber dem Quadrate der Würfel­fläche diagonal gestellt sind. Fig. 265 *a*. Da die Risse ausserdem auf der geprüften Würfel­fläche senkrecht stehen, so liegen sie den Flächen des Rhombendodekaeders parallel, wie dies schon früher bei jenen durch Druck entstandenen Sprüngen bemerkt wurde. Auf der Oktaeder­fläche ist die Schlagfigur dreistrahlig, indem Risse normal zu den Kanten  $(111):(100)$  entstehen, welche wiederum zu Flächen  $(110)$  parallel sind. Fig. 265 *b*.

Fig. 265.

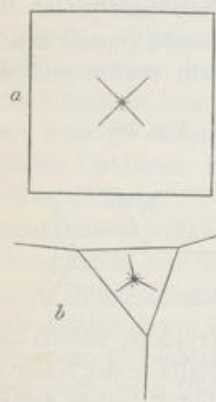


Fig. 266.

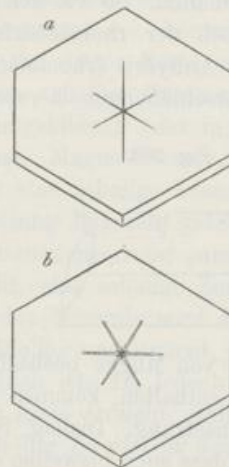
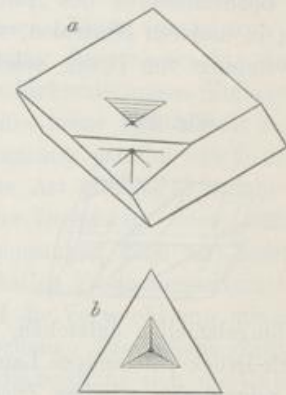


Fig. 267.



Glimmerblättchen liefern als Schlagfigur einen sechsstrahligen Stern, aus drei sich kreuzenden Rissen bestehend, wovon einer einfach ist und der Symmetrie­ebene des monoklinen Mineral­es parallel liegt, während die beiden anderen schief gegen die Endfläche treppenartig verlaufen und mehreren Flächen entsprechen, welche in der Zone zwischen Endfläche  $001$  und dem aufrechten Prisma  $110$  liegen. Fig. 266 *a*. M. Bauer fand ferner, dass beim Drücken mit einem abgestumpften Stifte in den Glimmerplatten Risse entstehen, welche zusammen auch einen sechsstrahligen Stern geben, aber von den Rissen der Schlagfigur um je  $30^\circ$  abweichen. Die Risse dieser Druckfigur liegen einem Querprisma  $(102)$  und zwei Pyramiden­flächen  $(133)$  parallel, genau so, wie dies an den in der Natur vorkommenden Trennungen am Glimmer zu sehen ist. Fig. 266 *b*.

Am Calcit erhält man auf den Spaltflächen eine monosymmetrische Schlagfigur, welche aus zwei den Rhomboederkanten parallelen Sprüngen und einem zwischenliegenden System feiner Zwillinglamellen nach  $-\frac{1}{2}R$  besteht, Fig. 267 *a*. Hier hat man gleichzeitig Trennung und Verschiebung der Theilehen in die Zwillingstellung. Auf der Prismen­fläche erhält man eine fünfstrahlige Schlagfigur mit Trennungen parallel  $OR$ ,  $R$  und  $\infty P2$ . Auf der Endfläche ist die Schlagfigur dreistrahlig mit Rissen parallel dem verwendeten Prisma und feinen Zwillinglamellen zwischen denselben. Fig. 267 *b*. Die Figuren entsprechen hier

wie überall dem Charakter der Flächen, da die Rhomboëderfläche und Prismenfläche monosymmetrisch, die Basis trisymmetrisch ist.

Am Gyps erhielt Reusch sowohl durch Schlag als durch Verschiebung bestimmte Trennungsf lächen.

Die Versuche bezüglich der Schlagfiguren haben ein begrenztes Gebiet, da sie nur an den weicheren Mineralen mit Erfolg ausgeführt werden können.

Literatur über die Erscheinungen bei Anwendung von Druck und Schlag: Reusch, Poggendorff's Ann. Bd. 132, pag. 441, Bd. 136, pag. 130. M. Bauer, Jahrb. für Min. 1882, Bd. I, pag. 138. H. Baumhauer, Zeitschr. für Krystallogr. Bd. 3, pag. 588. Ant. ebendas. Bd. 2, pag. 14, und Mineralog. Mitth. Bd. 4, pag. 99. Mügge, Jahrb. für Min. 1882, Bd. I, pag. 32, und ff. Bde. Liebisch, Nachrichten d. Ges. der Wissensch. zu Göttingen. 1887, pag. 435. Cesáro, Bull. soc. Min. Bd. 13, pag. 192.

**86. Bruch.** Durch Zerbrecben oder Zerschlagen der Minerale werden entweder ebene Flächen erhalten, welche als Spaltflächen früher besprochen wurden, oder es entstehen unebene Flächen, welche man den Bruch nennt. Je vollkommener die Spaltbarkeit, desto schwieriger ist es, den Bruch wahrzunehmen, während an den unvollkommen spaltbaren Individuen beim Zerbrecben vorwiegend Bruchflächen erhalten und die Spaltflächen erst bei aufmerksamer Beobachtung erkannt werden.

Betrachtet man in erster Linie die Krümmung der Bruchflächen, so zeigt sich, dass die Mehrzahl der Minerale Bruchflächen mit muschelähnlichen Vertiefungen und Erhabenheiten liefert, welche der muschelige Bruch genannt werden und wobei flach- und tiefmuscheliger, gross- und kleinmuscheliger Bruch, wohl auch vollkommen und unvollkommen muscheliger Bruch unterschieden werden. Die Ausdrücke ebener und unebener Bruch sind ohne weiteres verständlich. Bezüglich der anderen Eigenschaften der Bruchflächen unterscheidet man ausser dem glatten Bruche noch den splittrigen, wofern an der Bruchfläche kleine, halbabgelöste Splitter haften, wie beim Feuerstein, ferner den hakigen, wofern die Bruchfläche viele feine, hakenförmige Theilchen zeigt, wie dies nur bei den dehnbaren Mineralen vorkommt, endlich den erdigen bei matter, staubiger Bruchfläche, wie beim Thon und der Kreide.

**87. Härte.** Die Grösse der Cohärenz macht sich in sehr bestimmter Weise geltend, wenn die Körper auf ebenen Flächen geritzt oder wenn sie geschabt werden. Der Widerstand, welchen ein Körper der Trennung seiner Theilchen beim Ritzen oder Schaben entgegengesetzt, wird seine Härte genannt. Die Prüfung durch Ritzen wird in den Fällen, welche keine grosse Genauigkeit beanspruchen, mit freier Hand ausgeführt, indem eine Spitze von Stahl oder das scharfe Eck eines Minerals mit mässigem Drucke über die ebene Fläche des zu prüfenden Minerals geführt wird. Hierauf hat man sich zu überzeugen, ob ein Ritz entstanden ist oder ob nicht vielleicht die gebrauchte Spitze ein Pulver hinterlassen hat, weil dieselbe weicher ist als die zu prüfende Fläche. Ist die letztere nicht genug eben, so kann man bei der Härteprüfung leicht getäuscht werden, weil

sich  
fläche  
räftigen  
dode-  
denen  
ahlig,  
m zu

aus  
nme-  
leren  
ent-  
hten  
mit  
men  
um  
102)  
der

lag-  
nem  
37 a.  
die  
lag-  
die  
nen  
hier

durch die bewegte Spitze Theilchen der Oberfläche abgerissen werden und ein merkliches Pulver entsteht, obwohl die Fläche härter ist als die verwendete Spitze. Körnige, blätterige und faserige Minerale sind für diese Härteversuche wenig geeignet, weil die prüfende Spitze zwischen die einzelnen Individuen eindringt und sie voneinander reisst, anstatt sie zu ritzen. Erdige Minerale können gar nicht auf diese Weise geprüft werden. In solchen Fällen gewinnt man jedoch ein ziemlich sicheres Urtheil durch den Polirversuch, indem das Pulver des zu untersuchenden Minerals unter gelindem Drucke auf einer glatten Fläche von bekannter Härte verrieben wird, wobei die Fläche feine Ritze annimmt, wenn sie weicher ist als das in Frage stehende Mineral.

Man kann über die Härte eines Minerals auch durch Schaben desselben mit einem Messer ein beiläufiges Urtheil gewinnen. Das Resultat wird aber genauer, wenn man, wie dies zuerst Werner gethan, das Mineral auf eine Feile streicht, wobei das weichere mehr Pulver abgeben wird als das härtere. Wird die Feile auf einer Tischplatte oder auf einem Resonanzkästchen befestigt, so erzeugt sich beim Streichen auch ein Ton, welcher bei Anwendung des härteren Minerals heller sein wird als beim Streichen mit einem weicheren. Zum Zwecke des Vergleiches muss man aber beiläufig gleich grosse und gleich geformte Stückchen der Minerale verwenden. Für Körper, welche härter sind als die Feile, ist die Methode natürlich nicht mehr anwendbar.

Um die Härte eines Minerals in bestimmter Weise angeben zu können, wird ein Mineral aufgesucht, welches dem untersuchten Mineral in der Härte gleicht. Ausdrücke, wie Kalkspathhärte, Quarzhärte geben die gefundene Gleichheit an. Wird die Härte durch Ritzen bestimmt, so ist zu berücksichtigen, dass die Spitze oder das scharfe Eck auf einer Fläche von gleicher Härte bloß einen sehr schwachen Ritz hervorbringt. Kehrt man jetzt den Versuch um, d. h. nimmt man jetzt von dem geritzten Mineral ein spitzes Eck und prüft damit eine ebene Fläche des anderen Minerals, so wird man wieder ein schwaches Ritzen beobachten.

Man könnte zum Zwecke der Härtevergleichung eine grössere Reihe von Mineralen angeben, welche so aufeinander folgen, dass das vorangehende immer von dem folgenden geritzt wird, dass also die Härte mit jedem Gliede der Reihe steigt, worauf die Härte jedes Minerals durch die Nennung eines Minerals aus dieser Reihe oder Skale charakterisirt würde. Eine vielgliedrige Skale wäre jedoch bei der geringen Genauigkeit, welche die gewöhnlichen Versuche an sich tragen, unpraktisch. Mohs hat daher mit richtiger Würdigung des vorliegenden Zweckes eine bloß zehngliedrige Skale aufgestellt, deren man sich allgemein bedient:

Härtegrad 1 = Talk	Härtegrad 6 = Orthoklas
> 2 = Steinsalz	> 7 = Quarz
> 3 = Kalkspath	> 8 = Topas
> 4 = Flusspath	> 9 = Korund
> 5 = Apatit	> 10 = Diamant.

Um die Härte durch Ritzen zu prüfen und nach dieser Skale angeben zu können, hält man Stücke der genannten Minerale bereit, an welchen sowohl ebene Flächen als scharfe Ecken auftreten. Beim Versuche beginnt man immer in der

Weise, dass man, um die weicheren Glieder der Skale mehr zu schonen, mit dem zu prüfenden Mineral jenes Glied der Skale zu ritzen versucht, welches muthmasslich etwas härter ist, worauf man in der Skale abwärts geht. Für die Versuche mit der Feile hat man Stückchen von geringer Grösse in Bereitschaft. Findet man die Härte genau gleich der eines Gliedes der Skale, so kann man dies durch Angabe der Nummer dieses Gliedes ausdrücken, z. B.  $H = 4$  anstatt Härte des Flusspathes. Zeigt es sich, dass die gefundene Härte nicht genau gleich ist einem der aufgestellten Härtegrade, sondern zwischen zweien liegt, so kann man zur Ziffer des unteren Härtegrades ein halb hinzufügen. So heisst 3.5 ein Härtegrad, welcher zwischen dem des Kalkspathes und des Flusspathes liegt. Alle die Ziffern für die Härtegrade haben blos den Sinn von Nummern. Sie geben wohl die Steigerung der Härte an, doch sind die Unterschiede der Härte zwischen den einzelnen Stufen ungleich. Breithaupt wollte deshalb in die Skale zwei fernere Glieder einschalten; der Vorschlag fand jedoch keinen Anklang, weil die Mohs'sche Skale dem praktischen Bedürfnisse vollkommen genügt.

88. Zur genaueren Bestimmung der Härte dient ein Apparat, welcher zuerst von Seebeck construirt wurde und den man Sklerometer genannt hat.

Fig. 268.

Fig. 269.

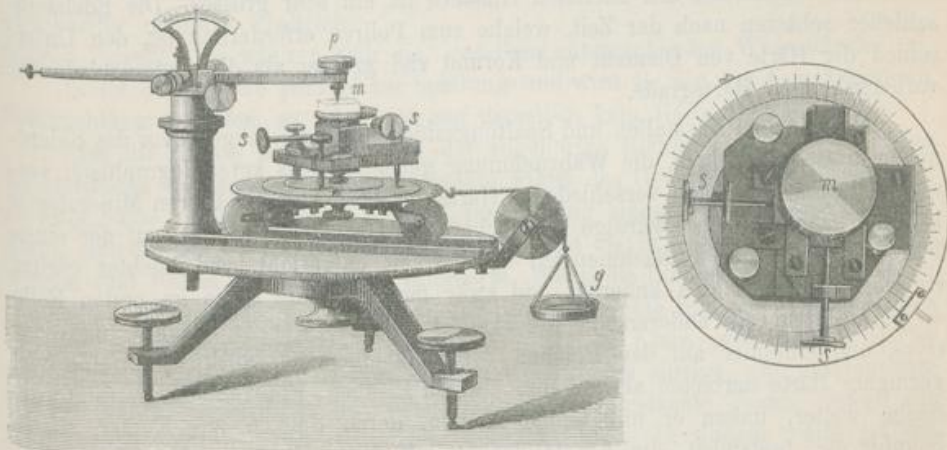


Fig. 268 und 269. Ein gleicharmiger Hebel trägt an einem Ende oberhalb eine Schale zur Aufnahme von Gewichten und unterhalb derselben eine abwärts gerichtete Spitze von Stahl oder Diamant. Die zu prüfende Mineralplatte wird auf der Unterlage  $m$  horizontal befestigt und bei dem Versuche durch Schiebung des Wagens  $w$  unter der Spitze vorbeigezogen, indem man ein constantes Gewicht bei  $g$  wirken lässt. Bei jeder Wiederholung des Versuches wird die Spitze durch Vermehrung der Gewichte auf  $p$  stärker belastet, bis endlich ein Ritz entsteht. Auf diese Weise lässt sich das Gewicht bestimmen, welches nöthig ist, um einen Ritz hervorzubringen; die Härte lässt sich also durch Gewicht ausdrücken. Bei der Untersuchung von Krystallplatten werden dieselben zuerst so eingestellt, dass

die Ritzung parallel einer Krystallkante geschieht. Ein Vollkreis erlaubt nach Beendigung des ersten Versuches die Krystallplatte um einen bestimmten Winkel zu drehen und so die Richtung anzugeben, nach welcher in der neuen Versuchsreihe die Ritzung erfolgt. Um die Krystallplatte parallel verschieben und den gleichen Versuch an mehreren Stellen wiederholen zu können, ist eine durch die Schrauben *s* verstellbare Schlittenvorrichtung angebracht.

Die Beobachtungen mit dem Sklerometer gestatten vor Allem eine Beurteilung der in der Mohs'schen Skale angenommenen Härtestufen. In dieser Beziehung sind die von Calvert und Johnson erhaltenen Resultate hervorzuheben. Sie verglichen die beobachteten Härten mit jener des Gusseisens, welche sie = 1000 setzten. Ihre Zahlen liefern folgenden Vergleich mit den Härtegraden nach Mohs:

	Sklerometer	Härtegrad		Sklerometer	Härtegrad
Stabeisen .	948	5	Gold . .	167	zwischen 3 u. 2.5
Platin . .	375	zwischen 4.5 u. 4	Wismut .	52	2.5
Kupfer . .	301	> 3 u. 2.5	Zinn . .	27	2
Silber . .	208	> 3 u. 2.5	Blei . .	16	1.5

Man sieht hieraus, dass der Unterschied der Härte zwischen den Anfangsgliedern der Härteskale viel geringer ist als zwischen den höheren Gliedern. Der Unterschied zwischen den höchsten Gliedern ist ein sehr grosser. Die Edelsteinschleifer schätzen nach der Zeit, welche zum Poliren erforderlich ist, den Unterschied der Härte von Diamant und Korund viel grösser als die Unterschiede der vorhergehenden Härtegrade.

An manchen Krystallen und Spaltungsstücken wurde, lange bevor das Sklerometer in Gebrauch kam, die Wahrnehmung gemacht, dass krystallographisch verschiedene Flächen einen verschiedenen Härtegrad besitzen. Die älteren Mineralogen kannten schon die merkwürdige Eigenschaft des Disthens (Cyanits), auf der einen Fläche, welche der vollkommensten Spaltbarkeit entspricht, viel leichter geritzt zu werden als auf den anderen, und zwar fand man die Härte im ersten Falle = 5, während sie andererseits bis 7 steigt. Ebenso war es bekannt, dass der Gyps und Glimmer auf den Flächen der vollkommensten Spaltbarkeit eine viel geringere Härte darbieten als auf den übrigen Flächen. Frankenheim verfolgte die Sache weiter, indem er mit feinen Nadeln, deren Spitzen aus Kupfer, Stahl, Saphir etc. bestanden, die Krystallflächen mit freier Hand zu ritzen versuchte. Dabei zeigte sich, was ehemals schon Huyghens am Kalkspath wahrgenommen hatte, dass auch öfter auf derselben Krystallfläche verschiedene Härtegrade auftreten, je nach der Richtung des Ritzens.

Von Seebeck, welcher das Sklerometer angab, ferner von Franz, Grailich und Pekarek, endlich von F. Exner sind seither viele Beobachtungen in dieser Richtung angestellt worden. Dieselben lassen den Zusammenhang erkennen, der zwischen dem Auftreten verschiedener Härtegrade auf den Krystallflächen (Flächenhärte) und der Spaltbarkeit besteht. Die allgemeinen Resultate sind folgende:

1. Härteunterschiede kommen blos an solchen Krystallen vor, welche eine Spaltbarkeit besitzen. An diesen zeigen jene Flächen, welche der Spaltbarkeit

parallel sind, die geringste, und jene Flächen, welche zur Spaltbarkeit senkrecht sind, die grösste Härte.

2. Ist eine Fläche zur Spalttrichtung senkrecht, so zeigt diese Fläche parallel zur Spaltung die geringste, senkrecht zur Spaltung die grösste Härte. Diese beiden Sätze harmoniren damit, dass parallel der Spaltebene ein Maximum, senkrecht dazu ein Minimum der Cohäsion existirt [82].

3. Ist eine Fläche schief zur Spaltebene, so ergibt sich sogar ein Unterschied der Härte auf derselben Linie, indem sich die grössere Härte zeigt, wenn die Spitze sich von dem stumpfen Spaltungswinkel gegen den scharfen zu bewegt (Richtung  $ac$  in Fig. 270), die geringere Härte hingegen, wenn die Spitze sich von der scharfen Kante gegen die stumpfe zu bewegt. (Richtung  $ab$ .)

4. Werden beim Ritzen gleichzeitig mehrere Spalttrichtungen getroffen, so addiren sich die denselben entsprechenden Widerstände.

5. Ist eine Fläche parallel zur Spaltung und wird sie von gar keiner ferneren Spalttrichtung getroffen, so zeigt sich auf derselben kein Härteunterschied.

Um die Grösse der Härte und die zugehörige Richtung auf die gedachte Krystallfläche auftragen zu können, drückte Franz das Gewicht durch Länge aus, so zwar, dass in der Richtung, welche zur Bildung eines Ritzes 3 Gramm erforderte, eine dreimal so lange Linie aufgetragen wird als in einer anderen Richtung, welche zum Ritzen bloß 1 Gramm erforderte. Wenn die Linien alle von demselben Punkte her strahlenförmig ausgezogen und ihre Endpunkte mit einander verbunden werden, so entsteht eine Härtecurve. Sie ist ein Kreis, wenn keine Härteunterschiede auftreten, sie ist eine Ellipse, wofern eine einzige, zur untersuchten Fläche senkrechte Spaltbarkeit existirt, sie ist eine gelappte Figur, wofern die Fläche von mehreren Spalttrichtungen getroffen wird. In diesem Falle ist die Symmetrie der Härtefigur dieselbe wie jene der geritzten Fläche.

Der monokline Glimmerkrystall in Fig. 271 zeigt bloß nach der Fläche 001 vollkommene Spaltbarkeit, demgemäss ist die Härtecurve auf der Seitenfläche 010 eine Ellipse, welche durch ihre längere Axe anzeigt, dass die Härte senkrecht zur Spaltung am grössten ist. Auf der Endfläche 001 ist die Härtefigur ein Kreis, weil hier kein Unterschied zu beobachten ist.

An dem Barytkrystall in Fig. 272 herrscht eine vollkommene Spaltbarkeit parallel dem horizontalen Prisma, ebenso eine parallel der Querfläche, die hier als Rhombus erscheint. Dementsprechend ist die Härtefigur auf der letzteren Fläche vierlappig, indem parallel zu den Prismenflächen Minimalrichtungen existiren. In der aufrechten Diagonale ergeben sich zwei Maxima, doch ist hier

Fig. 271.

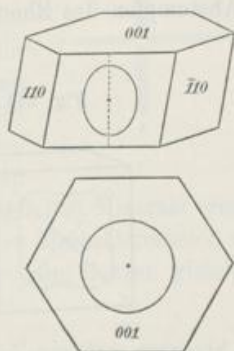
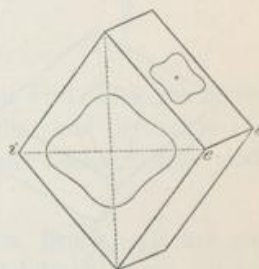


Fig. 270.



Fig. 272.



nach  
inkel  
chs-  
den  
die  
  
leur-  
iesel  
ben.  
sie  
aden  
  
2-5  
  
ngs-  
Der  
tein-  
nter-  
der  
  
lero-  
ver-  
ogen  
inen  
ritz  
falle  
der  
viel  
die  
ahl,  
hte.  
men  
auf-  
  
lich  
ieser  
der  
hen-  
  
eine  
rkeit



die Härte geringer als in den horizontalen Richtungen. Auf den Prismenflächen ist die Härtefigur auch vierlappig, Fig. 272, doch sollten die gegen die Kante  $ee$  gekehrten Lappen kürzer sein, weil nach diesen Richtungen die ritzende Spitze sich von der scharfen Spaltungskante gegen die stumpfe bewegt. Die Beobachtungen aber geben keinen deutlichen Unterschied.

Der Kalkspath, Fig. 273, zeigt die geringste Härte auf den Rhomboëderflächen, nach welchen er spaltbar ist. Die Härtecurve dieser Fläche ist vierlappig, der schwächste Lappen ist gegen den Pol des Rhomboëders gekehrt. Auf der Endfläche, die man durch Abstumpfen des Rhomboëderpoles erhält, ist die Härtefigur dreilappig.

Fig. 273.

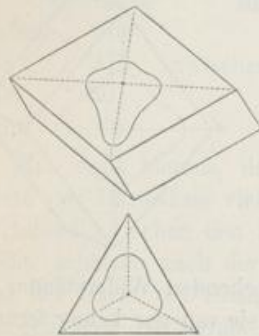


Fig. 274.

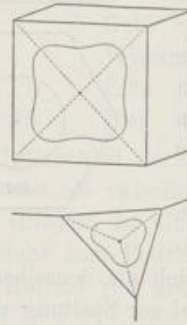
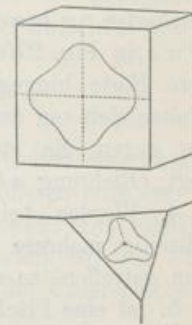


Fig. 275.



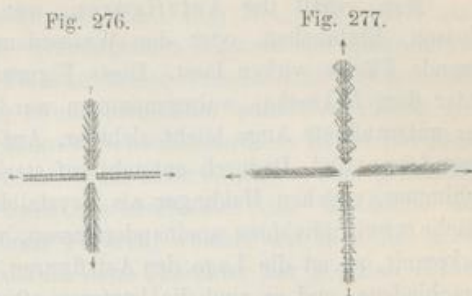
Das Steinsalz hat vollkommene Spaltbarkeit parallel den Würfelflächen. Demnach ist die Härtefigur auf diesen Flächen vierlappig, indem die Maxima der Härte den Diagonalen parallel sind, Fig. 274. Schleift man eine Oktaëderfläche an, so zeigt sich auf dieser dreieckigen Fläche die Härte am grössten beim Ritzen gegen die Würfelmanten zu, in entgegengesetzter Richtung am geringsten.

An dem Flusspath, Fig. 275, welcher eine andere Spaltbarkeit besitzt, indem er nach den Oktaëderflächen spält, sind die Härteverhältnisse andere. Auf 100 ist die Härte senkrecht zu den Kanten am grössten, und auf einer Oktaëderfläche findet man die grösste Härte, wenn man senkrecht gegen die Combinationskante vom Oktaëder und Würfel ritzt.

Die Verschiedenheit der Härte prägt sich oft in der mikroskopischen Beschaffenheit der erhaltenen Ritze aus. Auf der Querfläche des Baryts (vergl. Fig. 272) erscheinen die Ritze in den horizontalen Richtungen, welche die grösste Härte darbieten, fast wie einfache Rinnen, in den beiden senkrechten Richtungen aber mit feinen Sprüngen besetzt. Fig. 276. Auf den Spaltflächen des Calcits erscheinen die nach den horizontalen Richtungen erhaltenen Ritze gleich und mit einem einseitigen Bart besetzt. Fig. 277. Dem Härtemaximum nach abwärts entspricht eine Rinne mit zarter monosymmetrischer Zeichnung, das Ritzen nach aufwärts liefert hingegen eine mit losgesprengten Täfelchen besetzte Rinne.

Pfaff hat anstatt der Methode des einfachen Ritzens eine andere versucht, indem er aus der Menge des bei wiederholtem Ritzen gebildeten Pulvers die Tiefe der erhaltenen Rinne berechnete und daraus auf die Härte schloss.

Das Auftreten von merklichen Härteunterschieden an demselben Krystall ist für die Bestimmung des Härtegrades keine willkommene Erscheinung, denn die Angabe der Härte soll eine einfache sein, wenn sie als Merkmal beim Bestimmen der Minerale dient. Bei den Mineralen mit vollkommener Spaltbarkeit wird daher für letzteren Zweck die mittlere Härte angegeben, welche am besten an den dichten Varietäten des bezüglichen Minerals ermittelt wird. Pfaff gab hiefür ein bohrendes Instrument an, das er Mesosklerometer nannte, und bestimmte aus der Zahl der Umdrehungen, welche zum Bohren gleich tiefer Löcher nöthig sind, die mittlere Härte.



In neuerer Zeit wurde der Vorschlag gemacht, den Druck, welcher zur Hervorbringung einer Deformation auf einer glatten Krystallfläche durch ein belastetes hartes Kügelchen erforderlich ist, als Maass der Härte zu betrachten. Für den so gemessenen Widerstand dürfte jedoch nicht der Ausdruck Härte gebraucht, sondern es müsste eine andere, eine neue Bezeichnung eingeführt werden.

Literatur: Frankenheim, De crystallorum cohaesione. Vratislav. 1829, ausserdem in Baumgartner's Zeitschr. f. Physik, Bd. 9, pag. 94 und 194. Seebeck, Programm des Cöln. Realgymnasiums. Berlin 1833. Franz, Pogg. Ann. Bd. 80, pag. 37. Grailich und Pekarek, Sitzungsber. der Wiener Akad. Bd. 13, pag. 410 (1854). Exner, Unters. über die Härte an Krystallflächen. Wien 1873. Pfaff, Sitzungsber. der bayr. Akad., 1883, pag. 55, und 1884, pag. 255. Hertz, Verhandl. der Berliner phys. Ges. 1882, pag. 67.

**89. Aetzung.** Die Art der Cohärenz in krystallinischen Mineralen gibt sich in eigenthümlicher Weise zu erkennen, wenn glatte Flächen derselben durch auflösende Flüssigkeiten oder Dämpfe eine schwache Einwirkung erfahren. In diesem Falle bilden sich Aetzfiguren, d. i. Vertiefungen, welche nach vorsichtiger Ausführung des Versuches oft scharfe Umrisse darbieten und von ebenen Flächen, Aetzflächen nach Becke, begrenzt erscheinen. Die Form und Lage der Figur entspricht bei Krystallen der Symmetrie der geätzten Fläche, daher sie ein vorzügliches Mittel ergibt, das Krystallsystem und die holoëdrische, hemiëdrische, tetartoëdrische oder hemimorphe Classe zu erkennen, in welche der untersuchte Krystall gehört. Wofern die ursprüngliche Form des Krystalles keine charakteristischen Flächen zeigt, welche die genaue Einreihung ermöglichen, ist die Beobachtung der Aetzungsformen besonders zu empfehlen.

Die Regelmässigkeit der Aetzfiguren folgt aus der bestimmten Orientirung der Cohäsion. Die Form und das Auftreten dieser Figuren hängt jedoch nicht direct mit der Spaltbarkeit zusammen. Auch solche Minerale, die keine Spaltbarkeit erkennen lassen, zeigen oft die schönsten Aetzfiguren.

Man erhält die Aetzfiguren, wenn man die Flüssigkeit durch Uebergiessen, Eintauchen, oder den Wasserdampf durch Anhauchen etc. auf die zu ätzende Fläche wirken lässt. Diese Figuren sind oft sehr klein, so dass sie erst unter dem Mikroskop wahrgenommen werden können, zuweilen sind sie auch für das unbewaffnete Auge leicht sichtbar. Auf derselben Krystallfläche liegen sie alle einander parallel. Dadurch entsteht auf stark geätzten Krystallflächen ein orientirter Schimmer, welchen Haidinger als Krystalldamast bezeichnete. Wenn in derselben Fläche zwei Individuen aneinanderstossen, was bei Zwillingungsverwachsungen häufig vorkommt, so ist die Lage der Aetzfiguren auf den beiden Individuen häufig eine verschiedene, und es sind die letzteren oft schon durch den genannten Schimmer unterscheidbar. Aetzmittel von verschiedener chemischer Zusammensetzung bringen verschiedene Figuren hervor, auch wirkt dasselbe Aetzmittel je nach der Con-

Fig. 278.

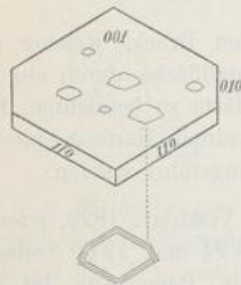


Fig. 279.

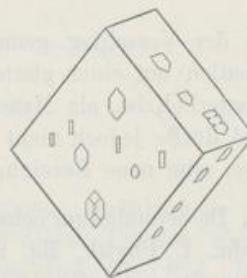
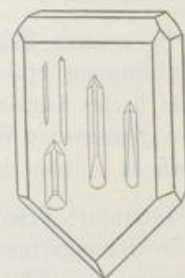


Fig. 280.



centration verschieden. Die Beobachtung der Aetzfiguren geschieht mittels des Mikroskopes entweder direct an der geätzten Fläche oder an Abdrücken, welche mittels Hausenblase oder Gelatine erhalten werden.

Als Beispiele mögen folgende Beobachtungen von Aetzfiguren dienen: Der Muscovit (Kaliglimmer), welcher früher für ein rhombisches Mineral gehalten wurde, zeigt nach dem Aetzen mit Flussäure auf der Fläche vollkommener Spaltbarkeit 001 monosymmetrische Figuren, die meist von krummen Linien eingeschlossen sind, Fig. 278, jedoch bilden sich auch solche mit geradlinigen Umrissen, wovon eine unterhalb vergrössert dargestellt ist. Durch diese Beobachtung ist das monokline System des Minerals angedeutet, welches auch durch andere Beobachtungen bestätigt wird. Krystalle von Baryt, welche zuerst mit einer heissen Lösung von kohlen saurem Natron und nachher mit Salzsäure behandelt werden, zeigen auf den Rhombenflächen, Fig. 279, vierseitige oder sechseckige, disymmetrische Figuren, auf den Flächen des horizontalen Prisma, welche einen monosymmetrischen Charakter haben, dementsprechend auch monosymmetrische Aetzfiguren. Die hemimorphen Krystalle des Kieselzinkerzes, Fig. 280, geben auf den Quer- und Längsflächen Figuren, welche oben und unten ungleich sind, was

wiederum dem Charakter dieser Flächen, welche zufolge des Hemimorphismus monosymmetrisch sind, entspricht. Da die Aetzfigur vertieft ist, so liegt ihre Spitze in Bezug auf das spitze Ende des Krystalls umgekehrt. Spaltungsstücke von Calcit geben beim Aetzen mit Salzsäure auf den Rhomboëderflächen Figuren, welche oft von krummen Linien eingeschlossen sind, Fig. 281, aber stets eine monosymmetrische Form haben. Die oft vorkommenden Figuren mit geradlinigen Umrissen haben die Form *b*, welche Flächen dreier verschiedener Skalenoëder und eines Rhomboëders nebst der dem Grundrhomboëder parallelen Fläche aufweisen. Geschieht die Aetzung mit verdünnter Schwefelsäure, so haben die Aetzfiguren eine etwas verschiedene Form, nämlich die unter *e*, welche aber gleichfalls monosymmetrisch ist. Wird an das Spaltungsrhomboëder eine Endfläche angeschliffen und diese geätzt, so erhält man Figuren, welche, wie in *c* und *d* erkennbar, trisymmetrisch sind, was wiederum dem Charakter der geätzten Fläche entspricht. Anders als der Calcit verhält sich der Dolomit, dessen durch Salzsäure hervorgerufene, asymmetrische Aetzfiguren auf *R* in der Fig. 284 dargestellt sind. Sie entsprechen der rhomboëdrischen Tetartoëdrie. Aetzt man Quarzkrystalle mit Flussäure, so bedecken sich die Flächen mit feinen Figuren, welche durch die Form oder durch ihre Lage den asymmetrischen Charakter aller Flächen darthun und zugleich den Unterschied der beiden Rhomboëder  $+R$  und  $-R$  hervorheben. Die Fig. 282 zeigt das Verhalten eines linken Krystalls. Ein rechter,

Fig. 282.



Fig. 281.

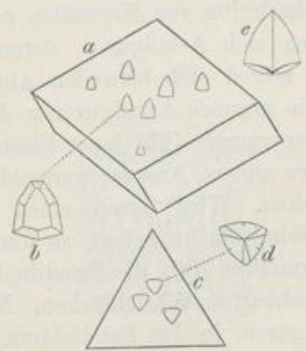


Fig. 283.



Fig. 283, zeigt dieselben Figuren in der anderen Stellung. Durch Aetzen mit einer warmen Lösung von Kaliumcarbonat oder Natriumcarbonat erhält man ähnliche Figuren, welche nach Molengraaff's Vergleichung den an natürlichen Quarzkrystallen beobachteten Aetzfiguren ungefähr entsprechen. Würfel von Steinsalz, welche feuchter Luft ausgesetzt waren, zeigen häufig vierseitige Vertiefungen, deren Umrisse den Würfelkanten parallel sind und deren Flächen einem Tetrakis-hexaëder entsprechen. Diese Erscheinung wurde schon von Mohs beobachtet. Aehnliche Figuren geben die Spaltungswürfel des gediegenen Eisens bei der Behandlung mit Säuren.

Die beim Aetzen entstehenden Vertiefungen schliessen bisweilen in solcher Weise aneinander, dass die zwischenliegenden Erhabenheiten eine selbständige

des  
elche

Der  
alten  
ener  
inien  
igen  
tung  
ndere  
issen  
rden,  
isym-  
nono-  
Aetz-  
f den  
was

charakteristische Form annehmen und als Aetzhügel erscheinen, die sich wie Subindividuen verhalten. Becke, welcher die Aetzhügel zuerst constatirte, beobachtete am Bleiglanz beim Aetzen mit Salzsäure auf den Würfflächen zuerst Vertiefungen und nach längerer Einwirkung der Säure die Bildung achtseitiger Pyramiden, wie sie Fig. 285 auf 001 vergrößert darstellt. An der Blende fand er bei gleicher Behandlung auf den positiven Tetraëderflächen dreiseitige trisymmetrische Vertiefungen, Fig. 286, auf den Flächen des Rhombendodekaëders

Fig. 284.

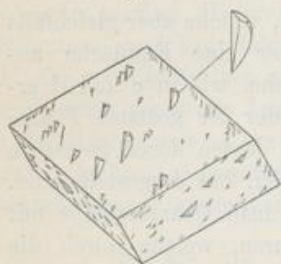


Fig. 285.

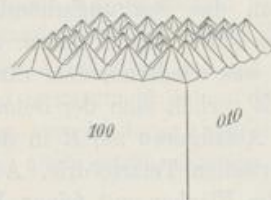
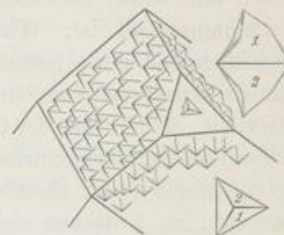


Fig. 286.



dagegen monosymmetrische Aetzhügel. Die Flächen beider haben aber, wie die Ziffern andeuten, dieselbe Lage, welche einem Trigondodekaëder entspricht.

Eine wichtige Anwendung der Aetzmethode ist jene bei der Prüfung des Baues mimetischer Krystalle, z. B. der des Boracits und des Perowskits.

Wenn künstliche Durchschnitte von Krystallen oder Individuen dem Aetzen unterzogen werden, so bilden sich Aetzfiguren, deren Symmetrie der Lage des Schnittes entspricht; jedoch zeigen sich bisweilen Abnormitäten, indem auf den Schnitten oder Spaltflächen die normale Aetzfigur nur dort auftritt, wo die Schnitt- oder Spaltebene die Anwachspyramide [65] jener Fläche trifft, zu der sie parallel ist, während überall dort, wo andere Anwachspyramiden durchschnitten werden, verzerrte Aetzfiguren entstehen. Wird durch einen Fluoritwürfel parallel der vorderen Würffläche eine Schnittfläche gelegt, so durchschneidet sie im Mittelfelde die vordere Anwachspyramide 100, die Randtheile aber durchschneiden die Anwachspyramiden der benachbarten Würfflächen. Nur auf dem Mittelfeld erscheinen die normalen Aetzfiguren, in den Randfeldern hingegen etwas rhombisch verzerrte und reihenförmig angeordnete Figuren. Dies spricht dafür, dass die Aetzfiguren vielfach durch unendlich kleine Lücken des Krystallbaues bedingt werden.

Durch die Aetzung wird auf Schnittflächen der Zwillingsbau, der netzförmige Bau, die parallele Verwachsung oder Schichtung sehr deutlich. Ein Beispiel geben viele Meteoreisen. An Schnittflächen, die polirt und nachher mit einer Säure geätzt wurden, tritt der Aufbau, welcher parallel den Oktaëderflächen gelagerte Lamellen zeigt, sehr deutlich hervor. (S. Meteoreisen im Anhang.)

90. Die verschiedenen Flächen und Kanten desselben Krystalls werden durch auflösende Mittel ungleich stark angegriffen. So zeigt sich am Calcit auf  $R$  ein rascheres Fortschreiten der Aetzung als auf  $OR$ . Beim Eintauchen eines Aragonit-

krystalls in verdünnte Säure beobachtet man eine raschere Aetzung der Prismenflächen gegenüber der Längsfläche 010. An den Quarzkrystallen mit sechsflächiger Endigung werden die abwechselnden Polkanten sehr stark, die anderen wenig angegriffen u. s. w. Auch bilden sich öfter an den Kanten der Krystalle, die ja beiderseits dem Einflusse des lösenden Mediums ausgesetzt sind, Abstumpfungen, welche bei sorgfältiger Ausführung des Versuches als ebene Flächen auftreten: Präerosionsflächen, nach Hamberg. Die Lage derselben entspricht nach den bisherigen Messungen dem Parametergesetze, wengleich die Indices öfter grössere Zahlen sind. Am Quarz wurden solche Flächen nach der Aetzung mit Flusssäure zuerst von Leydolt erkannt. Es sind die in Fig. 287 mit 1, 2, 3 bezeichneten Abstumpfungen. Rhomboëder *R* von Calcit verwandeln sich durch starkes Aetzen mit Salzsäure oder Salpetersäure in die Fig. 288 gezeichnete Combination eines Skalenoëders mit einem Rhomboëder.

Fig. 287.

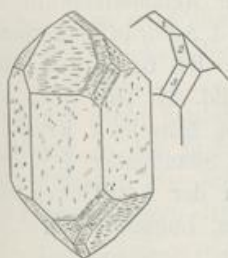


Fig. 288.

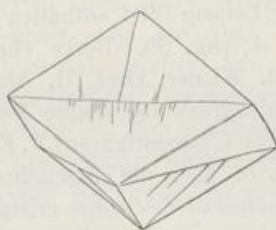


Fig. 289.

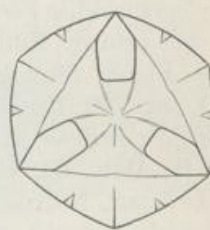


Fig. 290.

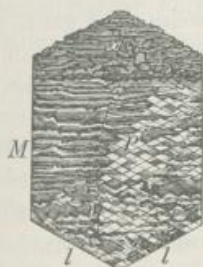
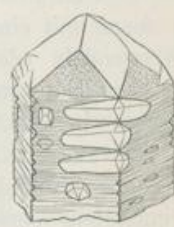


Fig. 291.



Fig. 292.



Interessant sind die Versuche mit Kugeln, welche aus Krystallindividuen geschnitten werden, weil hier keine vorhandenen Krystallflächen ein specielles Resultat bedingen, sondern alle die möglichen Corrosionsflächen gleichzeitig zum Vorschein kommen. Eine Calcitkugel verwandelt sich bei starker Aetzung in eine Combination, welche die Fig. 289 von oben gesehen darstellt. Es sind mehrere Skalenoëder, verwendete Rhomboëder und eine verwendete Pyramide zu erkennen, doch erscheinen die Flächen meist gekrümmt.

An den natürlichen Krystallen werden oft solche Flächen beobachtet, welche die grösste Aehnlichkeit mit Präerosionsflächen haben. Die Quarzkrystalle von Palombaja auf Elba, welche G. v. Rath beschrieb, die von Groth beschriebenen Amethyste aus Brasilien bieten Flächen dar, welche diesen Charakter an sich

tragen. Oft erscheinen Krystallflächen mannigfach corrodirt, wie jene an dem Adularkrystall, dessen Oberansicht in Fig. 290 dargestellt ist. Andere Krystalle zeigen Aetzfiguren und Prärosionsflächen zugleich, wie der corrodirt Beryllkrystall in Fig. 291, welcher auf der Endfläche tiefe Aetzfiguren, an den Ecken Prärosionsflächen wahrnehmen lässt. Manche Krystalle sehen wie zernagt und zerfressen aus. Dann treten ebene und gekrümmte Corrosionsflächen, auch Höhlungen auf wie an dem corrodirten Quarzkrystall in Fig. 292.

Literatur: Die merkwürdigen Aetzfiguren des schaligen Meteoreisens wurden 1808 von Widmannstädten in Wien entdeckt. Schreibers, Beitr. zur Gesch. meteorischer Stein- und Metallmassen. Wien, 1820, pag. 70. Später machte Daniell seine Beobachtungen über die Aetzung von Eisen, Kalkspath etc. bekannt. Schweigger's Jour. Bd. 19, pag. 38. Leydolt beschrieb 1855 die Erscheinungen an geätzten Achaten, später die am Aragonit und Quarz. Sitzungsber. d. Wiener Akad., Bd. 15, pag. 59, und Bd. 19, pag. 10. H. Baumhauer veröffentlichte seit 1874 seine hieher gehörigen Arbeiten, die in dem Werke: Die Resultate der Aetzmethode in der krystallographischen Forschung, Leipzig 1894, enthalten sind, d. Autor in Tschermak's Min. und petrogr. Mitth. Bd. 4, pag. 99. Becke ebendas. Bd. 5, pag. 457 und ff. Bde. Ebner, Sitzungsber. d. Wiener Akad. II. Abth., Bd. 87, pag. 368, und Bd. 91, pag. 760. Hamberg, Molengraaff und andere Aut. in d. Zeitschr. f. Kryst., in den Ber. der Berliner Akad. Ueber Lösungsfiguren: F. Exner, Sitzungsber. d. Wiener Akad. II. Abth., Bd. 69, pag. 6, über die Erscheinungen der Aetzflächen etc., auch Lavizzari, Nouveaux phénomènes des corps cristallisés, Lugano 1865.

**91. Verstäubung.** Manche wasserhaltige Minerale verlieren, wenn sie der trockenen Luft ausgesetzt sind, das enthaltene Wasser theilweise oder ganz, wobei sie sich zuerst mit einer trüben Rinde bedecken und schliesslich in eine lockere Masse verwandeln oder zu Pulver zerfallen. Dieser Vorgang soll hier als Verstäubung bezeichnet werden.<sup>1)</sup> Der Beginn der Erscheinung zeigt sich an den Krystallen oft in der Art, dass einzelne unregelmässig vertheilte trübe Pünktchen oder Flecken auftreten, die sich allmählig vergrössern. Der Umriss derselben ist zwar meistens krummlinig und nähert sich oft einem Kreise oder einer Ellipse, jedoch entspricht derselbe einer abgerundeten Aetzfigur, und nach Entfernung der verstäubten Partikelchen findet sich darunter ein Aetzgrübchen. Die Lage und die schärfere Form der Verstäubungsfiguren auf der Krystallfläche harmonirt daher immer mit der Symmetrie der letzteren. Beispiele für das Auftreten dieser Erscheinung liefern Krystalle von Borax, Zinkvitriol etc. Man hat nur selten Gelegenheit, die Verstäubungsfiguren an Mineralen zu beobachten, weil die bezüglichen Minerale nicht häufig in ausgebildeten Krystallen gefunden werden.

Pape in Pogg. Ann., Bd. 124, pag. 329, Bd. 125, pag. 513, Sohneke in d. Zeitschr. f. Kryst. Bd. 4, pag. 225. Blasius ebenda. Bd. 10, pag. 221.

<sup>1)</sup> Man bezeichnet ihn gewöhnlich als Verwitterung. Da jedoch dieser Ausdruck bereits für die chemische Veränderung der Minerale durch die Atmosphärilien in Verwendung gekommen ist, so wurde für die obgenannte Erscheinung ein anderes Wort gebraucht.

**92. Lichtreflexion.** Ebene glatte Flächen reflectiren das Licht in der Weise, dass 1. der einfallende und der zurückgeworfene Strahl in einer Ebene (Einfallsebene) liegen, welche auf der spiegelnden Fläche senkrecht ist, und dass 2. beide Strahlen mit einer im Reflexionspunkte auf der spiegelnden Fläche senkrecht gedachten Linie (Einfallslot) gleiche Winkel bilden. Die Gesetze der Reflexion finden Anwendung bei der Messung der Krystallwinkel mittels des Reflexionsgoniometers, von welchem früher die Rede war.

Flächen, welche zwar glatt sind, aber feine Riefen oder Leisten tragen, zeigen verschiedene Abänderungen der Reflexion. Geht ein einziger Zug paralleler Riefen, d. i. rinnenförmiger Vertiefungen, über eine Fläche, so wird man eine Lichtflamme gut reflectirt sehen, wenn die Einfallsebene der Riefung parallel ist, dagegen wird das Lichtbild verzerrt und in die Länge gezogen erscheinen, wenn die Fläche eine andere Lage hat, und zwar erscheint das Lichtbild senkrecht zur Riefung verlängert. Durch diesen Umstand wird gar manche Messung am Reflexionsgoniometer gehindert. Wenn eine Fläche nach zwei Richtungen gerieft erscheint, so wird die Reflexion noch mehr verändert. Hält man eine Krystallfläche von solcher Beschaffenheit nahe ans Auge und betrachtet nun das Bild einer Lichtflamme, die nicht zu nahe gerückt sein darf, so sieht man einen vierstrahligen Stern, bestehend aus zwei sich kreuzenden Lichtstreifen, deren Richtung senkrecht zu den Riefensystemen ist. Man hat häufig Gelegenheit, an natürlichen Krystallflächen die erstere Erscheinung wahrzunehmen, während das Auftreten des Sternes wegen der geringen Häufigkeit der mehrfachen Riefung seltener ist.

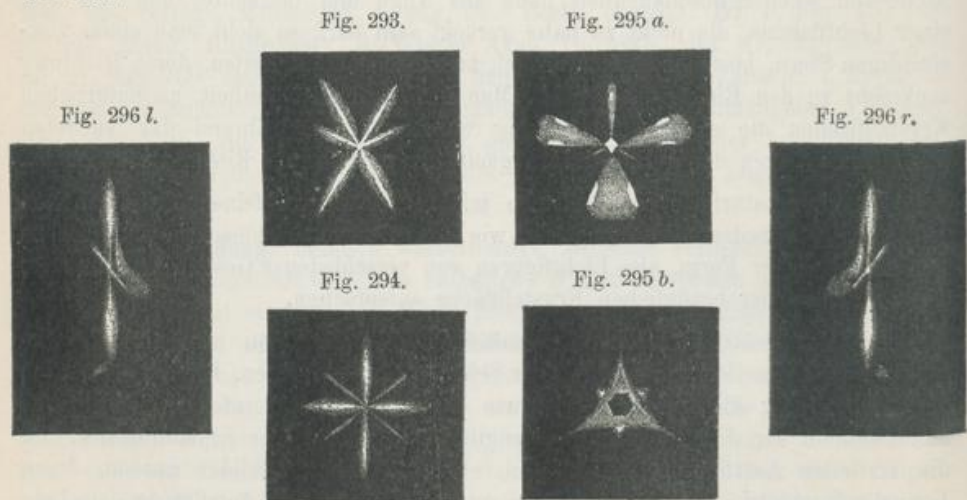
Ist eine natürliche Krystallfläche mit regelmässigen, feinen Erhabenheiten (Subindividuen) bedeckt, so erzeugt sie, wie Brewster zuerst beobachtet hat, Reflexe von mannigfacher Form, also Lichtfiguren von verschiedener Gestalt, welche stets der Symmetrie der bezüglichen Krystallfläche entsprechen.

An den geätzten Flächen krystallisirter Minerale kann man ähnliche Erscheinungen, zuweilen sogar in grosser Schönheit wahrnehmen. Brewster benützte die Beobachtung dieser durch orientirte Reflexion hervorgerufenen Lichtfiguren zum Studium der durch Aetzung erzeugten Veränderung der Krystallflächen. Da die vertieften Aetzfiguren von kleinen, ebenen Flächen gebildet werden, deren Lage der Symmetrie der geätzten Fläche entspricht, und da die Aetzfiguren derselben Fläche einander parallel sind, so müssen bei der Beobachtung des Reflexes einer Flamme mit genähertem Auge Lichtfiguren wahrgenommen werden, deren Gestalt ebenfalls der genannten Symmetrie gehorcht. Jede Fläche der Aetzfigur erzeugt einen Reflex, daher besitzt die Lichtfigur so viele Aeste, als die durch Aetzung entstandenen Vertiefungen Seiten haben. Da beim Aetzen jene kleinen Flächen, welche unter stumpfen Winkeln zusammenstossen, häufig zu krummen Flächen verschmelzen, so zeigen die Lichtfiguren auch öfter krumme Formen, das Auge erblickt Lichtbögen oder Figuren, die aus bogenförmigen Elementen zusammengesetzt sind. Die Lichtfiguren werden entweder direct an der geätzten Krystallfläche oder an den durchsichtigen Abdrücken, welche mit Hausenblase erhalten werden, beobachtet. An diesen letzteren sowie an geätzten, durchsichtigen Krystall-Lamellen erhält man auch im durchfallenden Lichte die entsprechenden Figuren.



Die nachstehenden Beispiele von Lichtfiguren beziehen sich auf die früher bei der Aetzung angeführten Krystallflächen und haben Stellungen, welche jenen der dort bezeichneten Aetzfiguren entsprechen.

Der Muscovit zeigt auf 001 eine sechsstrahlige Lichtfigur von monosymmetrischer Form, Fig. 293, jeder Strahl ist senkrecht zu einer Seite der Aetzfigur. Der Baryt lässt auf jener Endfläche, nach welcher er spaltbar ist, nach der Aetzung eine achtstrahlige Lichtfigur erkennen, Fig. 294, welche man leicht mit der Gestalt der Aetzfigur in Zusammenhang bringt. Der Calcit bietet auf der Fläche *R* nach der Aetzung mit Salzsäure eine monosymmetrische Lichtfigur, welche an manche Blumen erinnert, Fig. 295 *a*. Jede stumpfe Kante der Aetzfigur liefert zwei Flammenbilder, welche durch einen Bogen verbunden sind. Die geätzte Endfläche liefert eine trisymmetrische Lichtfigur, Fig. 295 *b*, welche wiederum der in Fig. 281 *d* abgebildeten Aetzfigur entspricht. Der Quarz gibt auf der mit Flusssäure geätzten *R*-Fläche eine asymmetrische Lichtfigur, und zwar liefert ein linker Krystall die erste, ein rechter Krystall die zweite Figur in 296, die geätzte Steinsalzfläche gibt einen rechtwinkligen, vierstrahligen Stern mit gleichen Strahlen.



93. Eine den Lichtfiguren verwandte Erscheinung ist der Asterismus. Mancher Saphir zeigt einen sechsstrahligen Stern, wenn man durch eine zur Hauptaxe dieses rhomboëdrisch krystallisirten Minerals senkrechte Platte eine Lichtflamme betrachtet. Auch beim Daraufsehen auf den Saphir erblickt man den Stern, und zwar besonders deutlich, wofern der Stein halbkugelig über die Hauptaxe geschnitten ist. Dieser Effect, welchen schon A. Quist im Jahre 1768 beschrieb, rührt höchstwahrscheinlich von ungemein feinen, röhrenförmigen Hohlräumen her, welche parallel den Seiten des sechsseitigen Prisma auftreten. Mancher Glimmer lässt nach G. Rose ebenfalls einen sechsstrahligen Stern wahrnehmen, wenn man durch denselben gegen eine Lichtflamme sieht. Hier kann man sich aber durch mikroskopische Untersuchung überzeugen, dass feine stabförmige oder leistenförmige Einschlüsse, wahrscheinlich von Rutil, welche in drei Richtungen

lagern, die sich unter  $60^\circ$  schneiden, in grosser Anzahl darin auftreten. S. Fig. 249. Senkrecht zu diesen Richtungen erblickt man die Lichtstreifen, und es bleibt kein Zweifel, dass die Einschlüsse das Phänomen veranlassen.

Jeder Zug von parallelen, stabförmigen Einschlüssen bringt in der dazu senkrechten Richtung eine Verzerrung des Lichtbildes hervor. Daher sieht man in Mineralen, welche blos ein System von feinen gestreckten Einschlüssen enthalten, blos einen Lichtstreifen. Ebenso verhalten sich parallelfaserige Minerale. Wird eine Platte senkrecht gegen die Fasern geschnitten, so bemerkt man beim Durchsehen gegen die Lichtflamme einen Lichthof oder Halo. Faserige Minerale, welche über die Fasern rundlich oder halbkugelig geschliffen sind, zeigen einen wogenden Lichtschein, wie man dies am Fasergyps, am Katzenauge und am brasilianischen Chrysoberyll wahrnehmen kann.

Das Schillern, welches an manchen Krystallen auftritt, ist ebenfalls eine Reflexionserscheinung. Im Sonnenstein und im rothen Carnallit sind es parallel gelagerte Schüppchen von Eisenglanz oder Göthit, im Bronzit und Diallag feine Tafelchen von Mineralen oder Ausfüllungen von negativen Krystallen; im Adular, Mondstein, im Apatit sind es parallele, tafelförmige oder prismatische Hohlräume (negative Krystalle), welche das Schillern verursachen. Somit ist unter dem Ausdrucke Schillern eine Lichtreflexion an kleinen Flächen zu verstehen, welche in krystallisirten Körpern parallel gelagert sind.

Literatur über Lichtfiguren: Brewster in d. Edinburgh Transactions Bd. 14 (1837) und im Philosophical Magazine 1853. F. v. Kobell, Sitzungsber. d. bayr. Akademie, 1863, pag. 60. Haushofer, Asterismus und Lichtfiguren des Calcits, München 1865. — Ueber Asterismus: Haüy, *Traité de Minéralogie*, 2. ed. 1822. II., pag. 90. Babinet, *Comptes rend.* 1837, pag. 762, und *Pogg. Ann.* Bd. 41. Volger, *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* 1856, Bd. 19, pag. 103. G. Rose, *Monatsberichte der Berliner Akad.* 1862, pag. 614, und 1869, pag. 344. Grüel, *Pogg. Ann.* Bd. 120, pag. 511. Autor. *Zeitschr. für Krystallogr.* Bd. II, pag. 36. — Ueber das Schillern: Scheerer, 1845. *Pogg. Ann.* Bd. 64, pag. 153. Reusch ebendas. 1862, Bd. 116, pag. 392, und 118, pag. 256. Bd. 120, pag. 95. Judd, *Quarterly Journ. of the geol. Soc.*, Bd. 41, pag. 354.

94. Eine besondere Art der Reflexion wird öfter beobachtet, wenn der Strahl sich in einem dichteren Medium bewegt und die Grenze gegen das dünnere Medium erreicht. Hält man bei geeigneter Beleuchtung ein mit Wasser gefülltes Glas so, dass man von unten her auf die Grenzfläche des Wassers gegen die Luft blickt, so findet man leicht eine Richtung, in welcher diese Fläche wie Silber glänzt.

Der Effect rührt daher, dass das einfallende Licht total reflectirt wird und kein Theil desselben in die Luft übergeht. Von letzterem kann man sich überzeugen, wenn man das Wasser in der jetzigen Stellung belässt und hierauf von oben her gegen das einfallende Licht hinsieht. Die Grenzfläche erscheint nun schwarz und undurchsichtig.

Die totale Reflexion erzeugt die grellen, blitzenden Lichteffecte geschliffener Edelsteine, besonders des Diamants. In optischen Instrumenten spielt sie zuweilen

eine Rolle. Für die mikroskopische Beobachtung ist ihre Kenntniss ebenfalls von Wichtigkeit. Die schwarzen Ringe, welche die Gas- und Dampfbläschen unter dem Mikroskope zeigen [68], sind eine hierhergehörige Erscheinung, ausserdem kommen noch manche andere Wirkungen der totalen Reflexion vor, welche leicht missdeutet werden können. Da feine Sprünge in den Dünnschliffen von Gesteinen und Krystallen in bestimmten Lagen schwarz erscheinen, so werden dieselben von dem Anfänger für undurchsichtige Körper gehalten. Sind die Sprünge krumm, so glaubt man öfter haarförmige Einschlüsse zu sehen, liegen die Sprünge den Gleitflächen parallel, so bemerkt man schwarze Striche, welche wie krystallisirte Einschlüsse aussehen. Ein Beispiel liefern die Druckflächen im Glimmer, wenn derselbe in Dünnschliffen beobachtet wird.

**95. Glanz.** Das Licht wird umso vollständiger nach derselben Richtung zurückgeworfen, je glatter und ebener die Oberfläche ist, welche die Reflexion bewirkt. Minerale mit glatter Oberfläche zeigen demnach einen Glanz, der aber verschiedene Grade haben kann, welche man mit den Worten stark glänzend, glänzend und wenig glänzend bezeichnet. Ist nur noch ein höchst geringer Glanz bemerklich, so ist die Oberfläche schimmernd, wie die Bruchfläche des dichten Kalksteins oder Alabasters. Die Abwesenheit jeden Glanzes wird durch das Wort matt ausgedrückt. Erdige Minerale, wie Kreide oder Kaolin, sind Beispiele dafür.

Das Licht erleidet bei der Reflexion mancherlei Veränderung, auch mischt sich solches bei, welches in das Mineral eingedrungen und von dort wieder zurückgekehrt ist. Das Zusammenwirken dieser Lichtarten ergibt verschiedene Arten des Glanzes, von welchen man folgende unterscheidet:

**Metallglanz,** der stärkste Glanz, wie er an glatten Metallflächen zu beobachten ist. Man bezeichnet als Abstufungen den vollkommenen und den unvollkommenen Metallglanz.

**Diamantglanz,** ein sehr lebhafter Glanz, wie er am Diamant, an der Zinkblende vorkommt. Er nähert sich zuweilen schon dem Metallglanz und wird dann als metallartiger Diamantglanz bezeichnet.

**Glasglanz,** die gewöhnlichste Art des Glanzes, welchen das gemeine Glas, der Quarz, der Baryt zeigen.

**Fettglanz,** der Glanz eines mit fettem Oele bestrichenen Körpers, wie er auf Bruchflächen des Schwefels zu sehen ist. Minerale, welche viele krystallinische Einschlüsse enthalten oder Gemische aus amorphen und krystallinischen Theilchen sind, haben häufig diesen Glanz. Beispiele sind der Eläolith, der Pechstein.

**Perlmutterglanz,** nach dem eigenthümlichen Glanze der Perlmutter. Minerale, welche aus durchsichtigen Blättchen bestehen, die sich nicht vollkommen berühren, zeigen Perlmutterglanz, wie der Talk. Eine Glimmertafel, welche vordem Glasglanz zeigte, wird durch Druck und Biegung, welche ein Aufblättern erzeugen, perlmutterglänzend. Auf den Flächen vollkommener Spaltbarkeit zeigt sich Perlmutterglanz, wofern schon eine Trennung der Schichten eingetreten ist, so am Glimmer, am Gyps. Hat das perlmutterglänzende Mineral

zugleich eine Farbe, so entsteht der metallartige Perlmutterglanz, wie z. B. an manchem braunen Glimmer.

Seidenglanz, an feinfaserigen Mineralen, wie am Fasergyps, Asbest vorkommend, wie die vorige Art des Glanzes von der Textur des Minerals herührend.

Lit. Haidinger i. d. Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1848, November 9, pag. 137, Brücke, ebendas. Bd. 43 (1861). Wundt, Heidelberger Jahrb. Bd. 54 (1861). Dove, Pogg. Ann. Bd. 83, pag. 169.

**96. Durchsichtigkeit.** Ein Mineral, welches in dicken Schichten so klar ist, dass man eine Schrift durch dasselbe erkennen kann, wird durchsichtig genannt. Wenn aber die Färbung eines Minerals intensiv ist, so wird eine dickere Schichte desselben die Schriftzeichen nicht mehr erkennen lassen und das Mineral wird undurchsichtig erscheinen. So z. B. ist eine dünne Platte von Augit oder Epidot grün und durchsichtig, eine dickere dunkelgrün, ein mässig dicker Krystall schwarzgrün und undurchsichtig. Verschieden von den undurchsichtigen sind die trüben Minerale. Wenn eine an sich durchsichtige Masse in Folge ihres Gefüges oder durch beigemengte Theilchen oder durch feine Hohlräume, welche eine Reflexion an ihrer Begrenzung veranlassen, getrübt ist, so wird sie auch in dünnen Schichten keine Klarheit zeigen, sondern sich bloß durchscheinend erweisen, wie z. B. der Chaledon, der Milchquarz, Feuerstein. Wenn bloß an den scharfen Kanten etwas Licht hindurchgeht, nennt man sie kantendurchscheinend. Wenn feine Risse die Ursache der Trübung sind, so wird das Mineral zuweilen durch Flüssigkeiten durchscheinend, wie der Hydrophan, welcher im Wasser auffallend durchscheinend gemacht werden kann.

Die Minerale, welche einen deutlichen Metallglanz besitzen, lassen auch in solchen dünnen Schichten, wie sie durch Schleifen erzeugt werden können, gar kein Licht hindurch. Körper von dieser Eigenschaft nennt man opak. Echter Metallglanz und Opacität sind mit einander enge verbunden.

In ganz ausserordentlich dünnen Schichten lassen auch die Metalle eine geringe Menge Licht hindurch, wie dies an den Metallhäutchen von Gold, Platin, Silber zu sehen ist, welche bei bestimmten chemischen Operationen erhalten werden können.

**97. Lichtbrechung.** Von dem Lichte, welches an die Grenze zweier Medien gelangt, wird im Allgemeinen bloß ein Theil reflectirt. Ein anderer Theil dringt in das neue Medium ein, in welchem, wofern es durchsichtig ist, der Lichtstrahl weiter verfolgt werden kann. Fällt der einfallende Strahl schief auf die Grenzfläche, so erfährt derselbe bekanntlich eine Ablenkung von seiner früheren Richtung, er wird gebrochen. Der Winkel, welchen der einfallende Strahl mit dem Einfallslot bildet, heisst Einfallswinkel  $e$ , der Winkel des gebrochenen Strahles mit dem Einfallslot aber Brechungswinkel oder Refractionswinkel  $r$ . Anfänglich kannte man bloß das Verhalten durchsichtiger Flüssigkeiten und des Glases bei der Brechung. Für solche Körper gelten die von Snell aufgefundenen Gesetze:

1. Der gebrochene Strahl liegt in der Einfallsebene. 2. Der Einfallswinkel und der Brechungswinkel haben für denselben Körper ein constantes Verhältnis ihrer Sinus, welches Brechungsexponent oder Brechungsquotient  $n$  heisst.

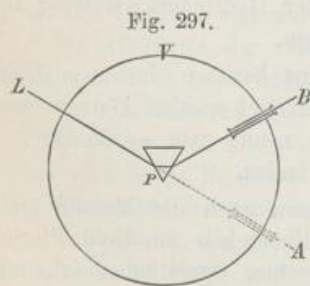
$$\frac{\sin e}{\sin r} = n$$

Der Brechungsquotient ist immer so aufzufassen, dass er für Licht gilt, welches aus dem leeren Raume in den bezüglichen Körper gelangt. Beim Eintritt in Luft erfolgt eine äusserst schwache Brechung. Brechungsqu. für Luft 1.000294. Für alle flüssigen und starren Körper ist er bedeutend grösser als 1, z. B. bei 19° C. für:

Wasser	= 1.3336	Steinsalz	= 1.5448
Schwefelkohlenstoff	= 1.6272	Diamant	= 2.4195

Der Theorie nach rührt die Ablenkung des Lichtstrahls beim Eintritt in ein dichteres Medium von dem Widerstande des letzteren her, welcher die Geschwindigkeit des Lichtes verringert. In der That ergibt sich aus den Versuchen von Foucault, dass das Licht im Wasser eine Geschwindigkeit hat, welche bloß  $\frac{3}{4}$  von derjenigen in Luft beträgt. Da der Brechungsquotient des Wassers fast genau  $\frac{4}{3}$  ist, so erkennt man hier ein Beispiel für den allgemeinen Satz: dass die Lichtgeschwindigkeiten sich umgekehrt verhalten wie die Brechungsquotienten.

98. Die Bestimmung des Brechungsquotienten wird an einem starren Körper in der Weise ausgeführt, dass der letztere in die Form eines Prisma gebracht,



dieses mit der scharfen Kante gegen einen Limbus senkrecht gestellt und nun die Minimalablenkung beobachtet wird, welche das Prisma auf einfallendes Licht ausübt. Man kann dazu eines der beiden Goniometer Fig. 16 und 17 benutzen. Ist  $V$  der Limbus oder Theilkreis, Fig. 297, so erscheint das senkrecht dazu gestellte Prisma als ein Dreieck  $P$ . Hat man nun mit Zuhilfenahme eines Fernrohres die Richtung des einfallenden Lichtes  $LA$  bestimmt, so findet man durch Probiren die Stellung, in welcher das Prisma die geringste Ablenkung hervorbringt. Nun wird mit Hilfe des Fernrohres die Richtung des gebrochenen Strahles  $PB$  bestimmt und so der Betrag per Minimumablenkung  $a = AB$  gefunden. Kennt man den brechenden Winkel  $w$  des Prisma, so ergibt sich der Brechungsexponent aus:

$$n = \frac{\sin \frac{1}{2}(a + w)}{\sin \frac{1}{2}w}$$

Hat man den Brechungsquotienten einer Flüssigkeit zu bestimmen, so wendet man ein hohles Glasprisma mit planparallelen Wänden an, in welches die zu untersuchende Flüssigkeit gegossen wird, und verfährt, wie zuvor angegeben wurde.

Auch durch die Beobachtung der Totalreflexion kann der Brechungsexponent an vielen Mineralen ermittelt werden.

Ein Lichtstrahl  $D$ , der im Innern einer Flüssigkeit gegen die Oberfläche unter dem Winkel  $r$  einfällt, wird in die Luft mit einem grösseren Winkel  $e$  austreten, Fig. 298, während gleichzeitig ein Theil seines Lichtes nach  $T$  reflectirt wird. Denkt man sich beide Winkel,  $r$  und  $e$ , grösser werdend bis  $e = 90^\circ$ , so würde das austretende Licht die Oberfläche streifen, während  $r$  einen bestimmten Werth  $t$  erreicht, welcher die Grenze oder den Anfang der totalen Reflexion angibt. Wird  $r$  noch grösser als die Zahl  $t$ , so tritt kein Licht mehr durch die Oberfläche in die Luft, sondern alles einfallende Licht wird im Innern total reflectirt.

Fig. 298.

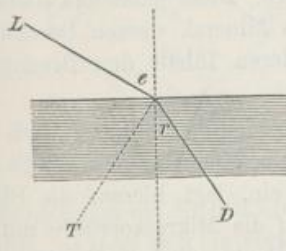


Fig. 299 b.

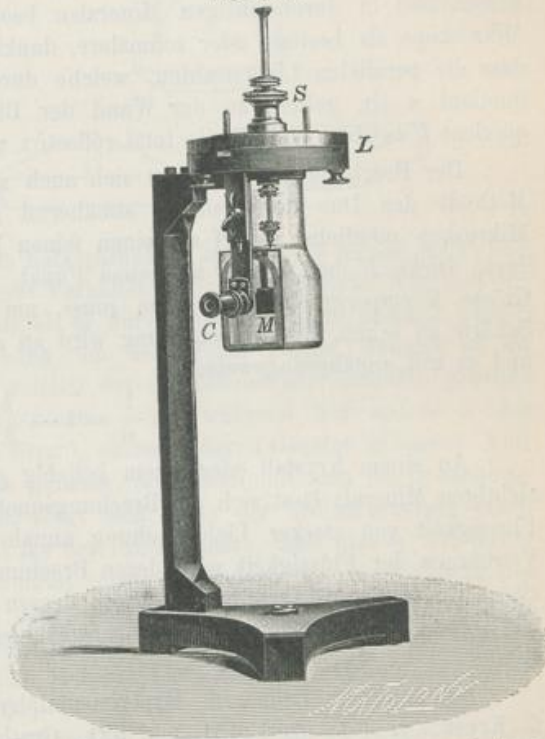
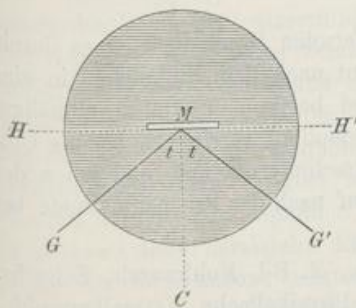


Fig. 299 a.



Verwendet man als Flüssigkeit ein Medium von hohem Brechungsverhältnis, so wird ein eingetauchtes, glattes Mineral, das einen geringeren Brechungsquotient besitzt, wie Luft wirken und Totalreflexion hervorrufen. Ein rundes Glasgefäss mit matter, durchscheinender Wand, welches die Fig. 299 von oben gesehen darstellt, wird mit Schwefelkohlenstoff, Methylenjodid oder einer anderen stark brechenden Flüssigkeit gefüllt, ferner die glatte Fläche des Minerals  $M$  in der Mitte des Gefässes vertical gestellt. Ringsum kann Licht durch die Wand auf jene Fläche einfallen. Von  $G$  und von  $G'$  angefangen, also in den Räumen  $G M H$  und  $G' M H'$  beobachtet man totale Reflexion. Die Hälfte des Winkels  $G M G'$  ist demnach  $= t$ . Kennt man den Brechungsexponenten der benützten Flüssigkeit, z. B. des Schwefelkohlenstoffs  $s$ , so berechnet sich der Brechungsexponent des angewandten Minerals  $n$  aus:

$$n = s \sin t.$$

winkel  
hältnis

gilt,  
intritt  
0294.  
3. bei

itt in  
r die  
Ver-  
hat,  
t des  
einen  
ungs-

Körper  
macht,  
imbus  
nkung  
endes  
eiden  
V der  
t das  
ek P.  
ohres  
immt,  
g, in  
Hilfe  
so der  
enden

endet  
inter-  
turde-  
onent

Anstatt von  $G$  und  $G'$  aus auf die Fläche  $M$  zu visiren, kann man auch in einer fixen Richtung, z. B.  $CM$  beobachten, hingegen das Mineral  $M$ , welches an einem horizontalen Limbus  $L$  hängend befestigt ist, in der einen und der anderen Richtung drehen und die Stellungen bestimmen, bei welchen die Grenze der totalen Reflexion am Verticalfaden des Fernrohres erscheint. Dem entspricht das Totalreflectometer von Kohlrausch, Fig. 299b. Andere Totalreflectometer wurden von Liebisch, Pulfrich, Abbe, Czapski angegeben.

Ein anderer Fall, in welchem die totale Reflexion in Betracht kommt, wurde schon früher [68] erwähnt. Die kleinen, kugelrunden Blasen, welche häufig als Einschlüsse in durchsichtigen Mineralen beobachtet werden, erscheinen in dem Mikroskope als breitere oder schmalere, dunkle Ringe. Diese entstehen dadurch, dass die parallelen Lichtstrahlen, welche durch das Mineral, dessen Brechungsquotient  $n$  ist, gehen, an der Wand der Blase, deren Inhalt den Brechungsquotient  $b$  besitzt, zum Theile total reflectirt werden.

Der Brechungsquotient lässt sich auch an durchsichtigen Platten nach der Methode des Duc de Chaulnes annähernd genau bestimmen. Man stellt ein Mikroskop möglichst scharf auf einen feinen Punkt ein, legt hierauf die Platte, deren Dicke  $E$  man kennt, auf jenen Punkt, worauf die Mikroskopröhre um die Grösse  $h$  emporgeschoben werden muss, um den Punkt wieder mit derselben Schärfe zu sehen. Die Verschiebung wird an einer Mikrometerschraube abgelesen und es gilt annäherungsweise:

$$\frac{1}{n} = 1 - \frac{h}{E}$$

An einem Krystall oder einem beliebig geformten Bruchstück eines durchsichtigen Minerals lässt sich der Brechungsquotient nach dem Eintauchen in eine Flüssigkeit von starker Lichtbrechung annähernd bestimmen. Durch allmähiges Verdünnen der Flüssigkeit wird deren Brechungsquotient verringert, bis die Umrisse des Minerals verschwinden, weil dessen Brechungsquotient und jener der Flüssigkeit nun gleich sind. Letzterer wird hierauf nach der Prismenmethode bestimmt.

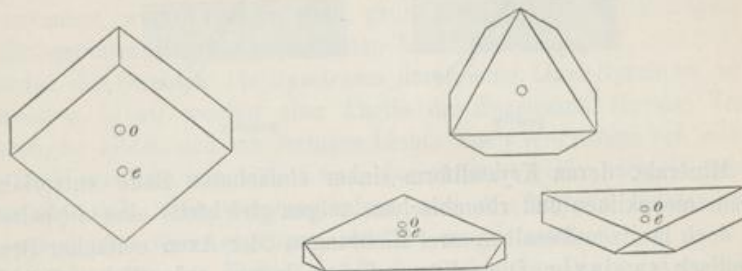
Lit. Wüllner, Lehrb. d. Experimentalphysik, 2. Bd. Kohlrausch, Zeitschr. f. Kryst., 4. Bd., pag. 451 und 621. Groth, Physikalische Krystallographie, pag. 654 ff.

99. Während alle amorphen sowie die tesseral krystallisirten Minerale die bisher betrachtete einfache Lichtbrechung zeigen, verursachen die übrigen krystallisirten Minerale im Allgemeinen eine Spaltung des eintretenden Lichtstrahles in zwei Theile, sie lassen eine doppelte Lichtbrechung erkennen, welche Erscheinung bekanntlich am Kalkspath, dessen Doppelbrechung eine sehr starke ist, zuerst von Erasmus Bartholin beobachtet wurde.<sup>1)</sup> Die einfach brechenden Körper nennt man isotrop, die doppelt brechenden anisotrop.

<sup>1)</sup> Experimenta crystalli islandici disdiaclastici quibus mira et insolita refractio detegitur. Havniae 1669.

Ein durchsichtiges Spaltungsstück von Kalkspath (isländischem Doppelspath) auf ein weisses Papier gelegt, worauf ein schwarzer Punkt, lässt diesen doppelt erscheinen. Die durch einen Nadelstich in einem Papierblatt erzeugte helle Öffnung erscheint, durch jenes Spaltungsstück gesehen, als ein doppeltes Lichtbild. Das eintretende Lichtbündel wird also in zwei Strahlen zerlegt. Fig. 300.

Fig. 300.



Dreht man nun die doppelt brechende Kalkspathplatte so, dass sie immer das Papier berührt, so zeigt sich ein verschiedenes Verhalten in beiden Strahlen. Während der eine an derselben Stelle verharret, als ob er durch eine Glasplatte gesehen würde, wandert der andere bei der Drehung um den ersten herum. Daraus ist zu schliessen, dass der eine Strahl  $o$ , welcher der ordentliche oder ordinäre genannt wird, dem gewöhnlichen Brechungsgesetze folgt, während der andere  $e$ , der ausserordentliche oder extraordinäre Strahl, einem anderen Gesetze gehorcht. Verfolgt man den Weg beider Strahlen genauer, oder bestimmt man die Brechungsquotienten beider, also  $\omega$  und  $\varepsilon$ , so zeigt sich, dass der ordinäre Strahl einen grösseren Brechungsquotienten hat als der extraordinäre, dass also  $\omega > \varepsilon$ , ferner dass der letztere Brechungsquotient nicht constant, sondern mit der Richtung des einfallenden Lichtes variabel ist. Für gelbes Licht ist nämlich  $\omega = 1.6585$ , während der Brechungsquotient des extraordinären Strahles von diesem Betrage bis zu  $\varepsilon = 1.4864$  herabgeht. Endlich bemerkt man, dass der extraordinäre Strahl oft aus der Einfallsebene heraustritt.

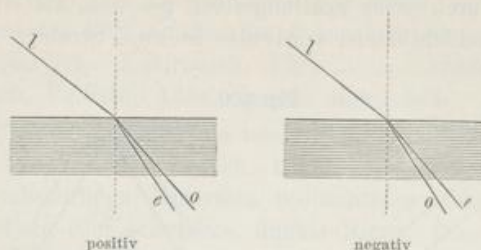
Schleift man an einem Spaltungsrhomboëder von Kalkspath die beiden Polecken weg, so dass die angeschliffenen Flächen zur Hauptaxe senkrecht sind, und blickt man geradeaus durch eine solche Basisplatte gegen die helle Oeffnung im Papierblatte, so bemerkt man blos ein einziges Lichtbild, dagegen erscheinen wiederum zwei Lichtbilder, wofern man schief hindurchsieht. Der Kalkspath besitzt also eine Richtung oder Axe einfacher Brechung, welche der krystallographischen Hauptaxe parallel ist, in allen übrigen Richtungen aber zeigt er doppelte Lichtbrechung.

So wie der Kalkspath verhalten sich alle durchsichtigen Minerale, deren Individuen einen wirteligen Bau besitzen, also jene, welche dem tetragonalen oder dem hexagonalen Systeme angehören. Sie sind optisch einaxig. Dabei zeigt sich nur der Unterschied, dass zwar viele dem Kalkspath entsprechend  $\omega > \varepsilon$  haben, dass aber in anderen, wie z. B. im Quarz  $\omega < \varepsilon$  ist. Die Doppelbrechung mit



$\omega < \varepsilon$  wird positiv oder attractiv, die andere mit  $\omega > \varepsilon$  wird negativ oder repulsiv genannt. Fig. 301.

Fig. 301.



Die Minerale, deren Krystallform einem einfacheren Baue entspricht, also die triklinen, monoklinen und rhombischen, zeigen gleichfalls eine doppelte Lichtbrechung, doch besitzen dieselben zwei Richtungen oder Axen einfacher Brechung. Sie sind optisch zweiachsig. Diese Körper liefern keinen ordentlichen Strahl, denn beide Strahlen haben variable Brechungsquotienten, sind also ausserordentliche Strahlen. Dennoch unterscheidet man in Folge einer Analogie, die später zu besprechen ist [123], auch hier positive und negative Krystalle.

Nur wenige der doppelt brechenden Minerale erlauben die Prüfung mittels ebener Platten, wie der Kalkspath, denn nur wenige vermögen die beiden Strahlen so weit von einander zu trennen, wie es in diesem Minerale geschieht. Schleift man jedoch Prismen und beobachtet durch dieselben einen Lichtspalt, wie es bei der Bestimmung des Brechungsquotienten geschieht, so kann man die doppelte Brechung an allen Körpern ausser den tesselalen und amorphen durch die Verdoppelung des Lichtbildes erkennen, und so die beiden Brechungsquotienten für bestimmte Richtungen ermitteln, oder auch die einfache Brechung nach den optischen Axen constatiren. Letzteres geschieht jedoch einfacher nach dem später zu besprechenden Verfahren im polarisirten Lichte.

Die entstandene doppelte Brechung kann auch wieder aufgehoben werden. Legt man auf ein Spaltungsstück von Calcit ein zweites von gleicher Dicke, jedoch in einer um  $180^\circ$  verschiedenen Stellung, bildet man also einen künstlichen Zwilling nach dem Gesetze: Zwillingsene die Fläche  $R$ , so wird ein Punkt bei gerader Durchsicht durch diese Doppelplatte einfach erscheinen. Sind die beiden Platten von ungleicher Dicke, so wird die Doppelbrechung wenigstens geschwächt. Man sieht zwei Punkte, aber nahe beisammen.

Die Brechungsquotienten der doppelt brechenden Körper werden so wie jene der einfach brechenden an Prismen mittels des Goniometers bestimmt, doch lässt sich, wie Kohlrausch gezeigt hat, auch eine andere Methode mit Erfolg anwenden. Da jedem Brechungsquotienten eine bestimmte Grenze der totalen Reflexion entspricht, so geben Platten von doppelt brechenden Mineralen auch eine zweifache Grenze der totalen Reflexion, wofern der Strahl so auffällt, dass der gebrochene Strahl sich verdoppelt. Man kann daher mittels des Totalreflectometers an vielen Mineralen, selbst an undurchsichtigen, die Brechungsquotienten bestimmen.

**100. Farbenzerstreuung.** Ein Strahlenbündel weissen Sonnenlichtes, welches durch ein Glasprisma geleitet worden, erscheint nicht nur von seiner früheren Richtung abgelenkt, sondern auch in Farben aufgelöst. Auf einem weissen Schirm aufgefangen, liefert es ein Spectrum, in welchem die rothen Strahlen am schwächsten, die violetten am stärksten abgelenkt erscheinen. Werden die einzelnen Strahlen des Spectrums mit einem ferneren Prisma untersucht, so zeigt sich, dass dieselben verschiedene Brechbarkeit besitzen, indem dem Roth der geringste Brechungsquotient zukommt, worauf orange, gelb, grün, blau, indigo, violett folgen, welches letztere den grössten Brechungsquotienten hat.

Werden die Strahlen des Spectrums durch eine Linse vereinigt, so entsteht wieder weisses Licht, werden aber Theile des Spectrums vor der Vereinigung weggelassen, so bildet sich ein farbiges Licht. Nach Wegnahme von roth entsteht grün, nach Wegnahme von violett und blau entsteht gelb, nach Wegnahme des Grün entsteht roth. Die weggenommene und die hernach entstandene Farbe würden einander zu weiss ergänzen, sie sind complementär.

Die Zerstreuung des Lichtes in Farben oder die Dispersion spielt auch bei der doppelten Lichtbrechung eine wichtige Rolle. Ein Kalkspathprisma, dessen Kante parallel der Hauptaxe, liefert zwei Spectra von gleicher Farbenfolge, und dementsprechend verhalten sich alle übrigen doppelt brechenden Körper. Der Betrag der Dispersion wird mittels des Reflexionsgoniometers bestimmt, nach Soret lässt sich auch das Totalreflectometer dazu benutzen.

Wenn man ein ausgedehntes Spectrum des Sonnenlichtes betrachtet, so bemerkt man eine Anzahl schwarzer Linien (Fraunhofer'sche Linien) darin. Es fehlen also im Sonnenspectrum einige Lichtarten. Das Spectrum glühender Körper, z. B. des glühenden Platins, ist frei von solchen Linien, es zeigt alle Lichtarten. Das Licht einer Alkoholflamme, deren Docht mit Kochsalz eingerieben ist, gibt ein Spectrum, welches bloß aus einer gelben Doppellinie besteht und daneben einige Linien enthält, welche vom verbrennenden Alkohol herrühren. Der Dampf des Kochsalzes gibt also einfaches gelbes Licht, er erzeugt monochromatisches Licht. Lithiumsalze geben ziemlich einfaches rothes, Thalliumsalze einfaches grünes Licht.

**101. Absorption.** Das weisse Licht wird von vielen Körpern beim Durchgange in der Weise verändert, dass ein oder mehrere Bestandtheile desselben verlöscht werden, während der Rest als farbiges Licht hindurch geht. Die verschiedenen Medien vermögen also bestimmte Lichtarten zu verschlucken oder zu absorbiren, während sie andere durchlassen. Das Sonnenlicht, welches durch Kobaltglas gegangen ist, zeigt bei der Untersuchung mit dem Prisma ein Spectrum, in welchem alle Farben ausser roth und blau geschwächt erscheinen. Bei grösserer Dicke des Kobaltglases bleiben nur roth und blau übrig. Das rothe Glas, welches durch Kupferoxydul gefärbt ist, liefert ein Spectrum, in welchem alle Farben ausser roth fehlen. Das durchfallende Licht ist fast monochromatisch. Platten, welche aus manchem Granat oder Zirkon geschnitten sind, liefern bei demselben Versuche ein Spectrum, welches viele Unterbrechungen in der Form dunkler Bänder zeigt. Es sind also beim Durchgange durch diese Platten eine Anzahl

verschiedener Lichtarten vollständig absorbiert worden. Die Mehrzahl der farbigen Minerale geben bei dieser Behandlung Spectra, in welchen die verschiedenen Theile sehr ungleichartig geschwächt oder ausgelöscht erscheinen. In allen diesen Fällen bleiben verschiedene Lichtarten übrig, welche nach dem Austreten eine Mischfarbe erzeugen.

Literatur: Theoretisches: M. Voigt, Wiedem. Annalen, Bd. 23, pag. 577. S. ferner: Pleochroismus.

**102. Farben.** Da bei der Beobachtung im auffallenden Lichte, wofern der Glanz nicht stört, Strahlen wahrgenommen werden, welche in das Mineral eingedrungen und daraus wieder zurückgekehrt sind, so werden sich dabei im Allgemeinen dieselben Farben zeigen wie im durchgehenden Lichte. Dieselben lassen sich aber, weil sie meistens Mischfarben sind, nicht nach den Spectralfarben classificiren. Bei ziemlich gleichförmiger Absorption aller Lichtarten wird grau, schliesslich schwarz entstehen, welche also hier nebst weiss auch zu den Farben gezählt werden.

Die eigentlichen Farben zeigen drei verschiedene Hauptcharaktere, je nachdem sie an opaken Körpern auftreten, also metallische Farben sind, oder an trübe Medien gebunden sind, oder an durchsichtigen Medien vorkommen (Deckfarben und Lasurfarben der Maler). So ist goldgelb eine metallische Farbe, während ockergelb für trübe, weingelb für durchsichtige Körper gilt. Man pflegt aber nur die metallischen Farben schärfer von den übrigen zu trennen.

Von den metallischen Farben unterscheidet man:

Rothe: kupferroth; gelbe: bronzegelb, messinggelb, goldgelb, speisgelb; braune: tombackbraun; weisse: silberweiss, zinnweiss; graue: bleigrau mit den Abarten reinbleigrau, weisslich-, röthlich-, schwärzlich-bleigrau; schwarze: eisenschwarz.

Die nicht metallischen Farben werden nach dem Vorgange von Werner unter die acht Abtheilungen weiss, grau, schwarz, blau, grün, gelb, roth und braun gebracht und wird die reinste Farbe als Charakterfarbe hervorgehoben.

Weiss: schneeweiss, röthlichweiss, gelblichweiss, grünlichweiss, bläulichweiss, graulichweiss.

Grau: aschgrau, grünlichgrau, bläulichgrau, röthlichgrau, gelblichgrau, rauchgrau oder bräunlichgrau, schwärzlichgrau.

Schwarz: graulichschwarz, sammtschwarz, bräunlichschwarz oder pechschwarz, röthlichschwarz, grünlichschwarz oder rabenschwarz, bläulichschwarz.

Blau: schwärzlichblau, lasurblau, violblau, lavendelblau, pflaumenblau, berlinerblau, smalteblau, indigoblau, himmelblau.

Grün: spangrün, seladongrün, berggrün, lauchgrün, smaragdgrün, apfelgrün, pistaciengrün, schwärzlichgrün, olivengrün, grasgrün, spargelgrün, ölgrün, zeisiggrün.

Gelb: schwefelgelb, strohgelb, wachsgelb, honiggelb, citrongelb, ockergelb, weingelb, isabellgelb, erbsengelb, pomeranzengelb.

Roth: morgenroth, hyacinthroth, ziegelroth, scharlachroth, blutroth, fleischroth, carminroth, cochenilleroth, rosenroth, carmoisinroth, pfirsichblüthroth, colombinroth, kirschroth, bräunlichroth.

Braun: röthlichbraun, nelkenbraun, haarbraun, kastanienbraun, gelblichbraun, holzbraun, leberbraun, schwärzlichbraun.

Die Abstufung oder Sättigung der Farbe wird durch die Worte hoch, tief, licht, dunkel, blass ausgedrückt, welche man der Farbenanzeige beifügt. Um die Farben, welche durch spezifische Bezeichnungen angegeben werden, wie ölgrün, isabellgelb, colombinroth, kennen zu lernen, ist es nöthig, eine Farbenskala, am besten durch ausgewählte Mineralstücke dargestellt, zu studiren. Derjenige, welcher Andeutungen von Farbenblindheit an sich wahrnimmt, wird bei der Bestimmung der Farbe besonders vorsichtig sein müssen und eine Farbenskala sowie das Urtheil Anderer zu benützen haben.

Ueber Farben: Haidinger, Sitzungsber. d. Wiener Akad., Bd. 8. Brücke, Physiologie der Farben. Leipzig 1866.

**103.** Da die farbigen Medien nicht alle Lichtarten, welche sie absorbiren, in gleicher Weise vernichten, so tritt zuweilen die Erscheinung ein, dass ein Medium in dünneren Schichten eine andere Farbe hat als in dickeren, wie z. B. mancher Granat.

An Krystallen bemerkt man zuweilen zwei oder mehrere Farben an demselben Individuum, was von der isomorphen Schichtung [65] herrührt. Beispiele liefern manche Krystalle von Flusspath, welche entweder Schichten verschiedenartiger Färbung erkennen lassen oder an welchen die Würfelecken anders gefärbt sind wie der übrige Krystall. Der ungleiche Ansatz der isomorphen Schichten bedingt bei säulenförmigen Krystallen, welche vorzugsweise nach einer Richtung wachsen, die Bildung heller oder dunkler Köpfe, wie am Beryll, Diopsid vom Zillerthal, Turmalin von Elba (Mohrenköpfe).

Krystallinische Minerale können entweder zufolge ihrer Bildung oder in Folge späterer Veränderungen verschiedene Farbenzeichnungen haben, die man als punkirt, gefleckt, wolkig, geflammt, geadert, gestreift, gebändert, wellig, ringförmig, festungsartig, breccienartig u. s. w. bezeichnet.

**104.** Manche Minerale kommen jederzeit mit derselben bestimmten Farbe vor und sind niemals farblos. Sie werden eigenfarbig oder idiochromatisch genannt. Beispiele sind Gold, Bleiglanz, Kupferlasur. Andere Minerale hingegen finden sich bei sonst gleichen Eigenschaften in verschiedenen Farben und kommen auch farblos vor. Ihre Farbe ist also nichts Eigenthümliches, daher solche in Farben auftretende Minerale gefärbt oder allochromatisch genannt werden. Ihre Farbe ist nicht mit der Substanz untrennbar verbunden, sondern rührt von einem beigemischtem Pigment her. Beispiele sind der Flusspath, welcher in vielerlei Farben vorkommt, der Baryt, der Quarz. Das Pigment ist zuweilen durch das Mikroskop zu erkennen, wie z. B. das Rotheisenerz in dem Heulandit, zuweilen aber höchst fein vertheilt, wie im Flusspath.

Ein Uebergang zwischen der farbigen und gefärbten Beschaffenheit wird durch manche isomorphe Mischung [65] hervorgebracht, indem farblose und farbige

Mineralarten zu einem gleichartig aussehenden Individuum zusammenkrystallisiren, welches eine mittlere Farbe zeigt; so z. B. mischt sich der farblose Spinell mit dem schwarzen, opaken Magnetisenerz und liefert den Pleonast, welcher in dünnen Schichten braun erscheint.

Das Pigment einiger gefärbter Minerale ist so zart, dass es am Lichte verbleicht und die Minerale verblassen. So verliert mancher Topas, Rosenquarz, Chrysopras allmählig die Farbe. Einige der eigenfarbigen Minerale verändern dem Lichte ausgesetzt, an der Oberfläche ihre Farbe, wie z. B. das Realgar und Rothgiltigerz. Die chemische Veränderung, welche hier stattfindet, greift dann allmählig tiefer. Endlich tritt auch zuweilen der Fall ein, dass farblose oder blass gefärbte Minerale zufolge der Einwirkung der Luft und Feuchtigkeit von der Oberfläche aus verändert werden und eine dunklere Farbe annehmen, sich verfärben, wie der Eisenspath, Manganspath und Braunspath.

**105. Strich.** Farblose Minerale liefern beim Zerreiben weisses Pulver, gefärbte geben ein weisses oder schmutzigweisses Pulver, weil das neu entstandene Weiss die Farbe des Pigments ganz oder theilweise verdeckt. So liefert blaues Steinsalz ebenso wie das farblose ein weisses Pulver. Eigenfarbige Minerale von satter Farbe zeigen auch in Pulverform einen entschiedenen Farbenton, und zwar wird derselbe bei durchsichtigen Mineralen wegen des beigemischten Weiss heller sein, als die ursprüngliche Farbe des Minerals, während bei trüben Mineralen die beiden Farben sich wenig oder gar nicht unterscheiden. So gibt der an sich durchsichtige, cochenillerothe Zinnober ein scharlachrothes Pulver, der durchsichtige, lasurblaue Azurit ein smalteblaues Pulver, während die trübe, apfelgrüne Abänderung des Malachits ein gleichfarbiges Pulver liefert. Die opaken Minerale sind in Pulverform häufig schwarz oder dunkel, weil der Metallglanz fehlt und die Absorption allein wirkt. Der speisgelbe Schwefelkies gibt ein bräunlich-schwarzes, der zinnweisse Speiskobalt ein graulichschwarzes Pulver.

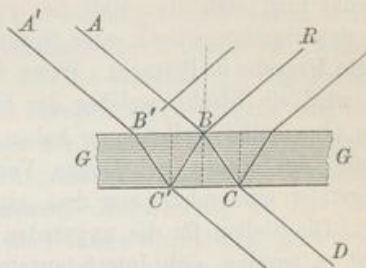
Die Farbe des Pulvers wird von den Mineralogen der Strich genannt, weil man sich durch Streichen des Minerals auf einer weissen rauhen Fläche, z. B. einer Platte von Porzellan-Biscuit, am leichtesten eine kleine Menge des Pulvers auf geeignetem Hintergrunde verschafft. Da die eigenfarbigen Minerale einen Strich von bestimmter Farbe zeigen, welche zu den Eigenthümlichkeiten des Minerals gehört, so ist der Strich in diesem Falle ein wichtiges Kennzeichen.

Beim Ritzen mit einer stumpfen Spitze wird man den Strich weniger deutlich erkennen, manche Minerale liefern aber dabei eine glänzende Rinne und man sagt, sie seien im Striche glänzend.

**106. Interferenz.** Glimmerblättchen von ausserordentlich geringer Dicke zeigen im auffallenden Lichte prachtvolle Farben, welche denen gleichen, die man an dünnen Seifenblasen sieht. Eben solche Farben treten häufig an den feinen Spaltungsrissen von Kalkspath, Orthoklas und anderen Mineralen auf. In bunter Folge zeigen sich dieselben an den feinen Sprüngen im Bergkrystall und an anderen wasserhellen Mineralen. Die Erscheinung heisst das Irisiren.

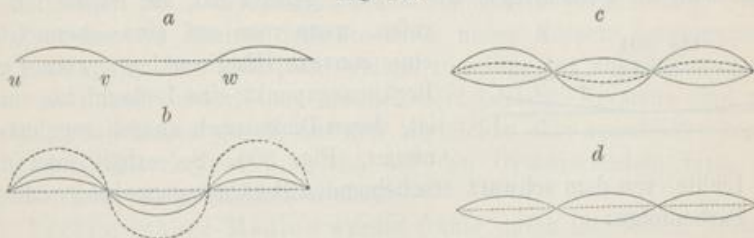
Um sich zuerst über die Entstehung der Farben an dünnen Blättchen Rechenschaft zu geben, betrachtet man den Weg des reflectirten Lichtes. Von den parallelen Strahlen, welche auf das Blättchen  $GG$  fallen, Fig. 302, hat einer den Weg  $ABR$  zurückgelegt, indem er an der Oberfläche reflectirt wird, während stets ein zweiter in Folge der inneren Reflexion den Weg  $A'B'CBR$  nimmt, also zuletzt mit dem vorigen gleichen Lauf hat. Die Wegdifferenz  $B'C'B$  in dem anders brechenden Medium, welche dem einen der beiden Strahlen zukommt, ist die Ursache, dass die beiden gleichlaufenden Strahlen auf einander einwirken (interferiren).

Fig. 302.



Von dieser Einwirkung erhält man eine anschauliche Vorstellung, wenn man die Undulations-Theorie zu Hilfe nimmt, gemäss welcher das Licht als die schwingende Bewegung eines unwägbaren Mediums, des Aethers, aufgefasst wird. Die Aethertheilchen oder Aethermolekel schwingen senkrecht zu der Richtung des Lichtstrahles, und ihre Bewegung pflanzt sich wellenförmig in dieser Richtung fort. Die Aethermolekel, welche sich im Ruhezustande auf der Linie des Strahles neben einander befanden, haben in dem Lichtstrahl eine solche Bewegung, dass ihre Verbindungslinie in jedem Augenblicke eine Wellenlinie darstellt. Die Distanz  $uw$ , welche für jede Lichtart eine bestimmte Grösse hat, Fig. 303 a, heisst Wellenlänge. Die Strecke  $uv$  ist sonach eine halbe Wellenlänge.

Fig. 303.



Wenn Lichtstrahlen gleicher Art denselben Lauf haben, so werden sie auf einander einwirken, indem sich ihre Bewegungen summiren. Haben die Schwingungen beider dieselbe Richtung, wie in Fig. b, so entsteht eine verstärkte Bewegung, die Helligkeit des Strahles nimmt zu; haben die Schwingungen entgegengesetzte Richtung wie in Fig. c, so wird eine Schwächung eintreten. In dem Falle als beide Strahlen von gleicher Intensität sind, jedoch der eine um eine halbe Wellenlänge verspätet erscheint, wie in Fig. d, sind die Schwingungen genau entgegengesetzt, sie heben sich daher auf. Durch das Zusammentreffen zweier solcher Strahlen in gleichem Laufe entsteht Dunkelheit. Dasselbe geschieht aber auch, wenn die Verspätung des einen Strahles drei, fünf, überhaupt eine ungerade Zahl von halben Wellenlängen beträgt.

Diese Verspätung kann dadurch eintreten, dass der eine Strahl einen längeren Weg durchläuft als der andere, oder auch dadurch, dass der eine seine Bewegung in einem widerstehenden Medium verzögert. In einem sehr dünnen Glimmerblättchen oder der dünnen Schichte einer Seifenblase wirken beide Umstände zusammen. Denkt man sich aber statt des Blättchens  $GG$  eine dünne Luftschichte, wie sie in den Spaltungsrissen oder Sprüngen vorhanden ist, so kommt vorzugsweise die erste Ursache in Betracht. Wenn das Blättchen oder die Luftschichte keilförmig ist, so wird ein Strahl, welcher der Schärfe des Keiles nahe liegt, eine Verzögerung um eine halbe Wellenlänge haben, ein anderer, welcher schon durch eine dickere Stelle des Keiles geht, eine Verzögerung von zwei halben Wellenlängen, ein folgender eine solche von drei, ein anderer von vier halben Wellenlängen und so fort. Die Stellen für die ungeraden Zahlen werden immer eine Auslöschung geben, und es werden sich Interferenzstreifen zeigen. Hat die Luftschichte eine solche Form, dass ihre Dicke rings um einen Punkt allmählig zunimmt, so entstehen um diesen Punkt Interferenzringe.

Wenn Tageslicht angewandt wird, so geschieht an den bestimmten Punkten die Auslöschung nur in einer bestimmten Lichtart oder Farbe, die anderen Farben bleiben übrig und geben für jede solche Stelle eine bestimmte Mischfarbe. Im auffallenden Tageslichte haben daher parallelfächige Blättchen und Luftschichten eine einzige Mischfarbe, andere von wechselnder Dicke hingegen zeigen Farbenstreifen oder verschiedene Farbenzeichnungen. Im durchfallenden Lichte zeigen sich ebenfalls Farben, sie sind complementär zu den vorigen, doch viel blasser. Dieselben erklären sich daraus, dass (Fig. 302) immer ein Strahl den Weg  $ABCD$ , ein anderer den Weg  $A'B'C'BCD$  nimmt, worauf beide denselben Lauf haben, aber eine Wegdifferenz aufweisen, die zweimal die Strecke  $BC$  beträgt.

Man kann die Farbenringe, wie Newton gezeigt hat, am leichtesten hervorrufen, wenn man auf eine ebene Glasplatte eine convexe Glaslinse legt, worauf um den Berührungspunkt eine Luftschichte vorhanden ist, deren Dicke nach aussen regelmässig zunimmt, Fig. 304. So erhält man im auf-

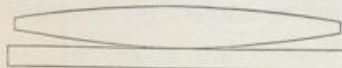
fallenden Lichte, von dem schwarz erscheinenden Berührungspunkte gezählt, nachstehende Farbenfolge:

1. Ordnung: schwarz, bläulichgrau, weiss, strohgelb, braungelb, orange, roth.
2. Ordnung: purpur, violett, indigo, himmelblau, hellgrün, gelb, orange, roth.
3. Ordnung: purpur, violett, indigo, blau, meergrün, grün, gelbgrün, isabellgelb, blass fleischroth.
4. Ordnung: carmoisin, bläulichgrün, grün, graugrün, blass fleischroth.
5. Ordnung: schwachgrün, weiss, schwachroth.

Die folgenden Ringe haben schwach blaugrüne und blass fleischrothe Farben und verblassen immer mehr. Eine keilförmige Luftschichte gibt nicht Ringe, sondern Farbenstreifen von derselben Farbenfolge. (Vergl. Fig. 1, Tafel I.)

**107.** Die Farben dünner Blättchen kommen an den Mineralen in verschiedenen Formen vor. Ausser dem Irisiren feiner Sprünge an durchsichtigen

Fig. 304.



Mineralen gehört vor Allem das Farbenspiel hieher, welches am Edelopal zu beobachten ist. Man sieht die prächtigen Farben in jeder Richtung, in welcher man auf den Stein blickt. Brewster nahm an, dass die Erscheinung von höchst feinen Poren herrühre, welche in der Masse des Opals regelmässig vertheilt sind, doch konnte Behrens bei der mikroskopischen Untersuchung nichts davon wahrnehmen und glaubte die Farben von feinen Opal-Lamellen ableiten zu können, welche eine etwas andere Brechbarkeit haben, als die Umgebung. Die Farben können aber nur von Lamellen herrühren, welche unregelmässig vertheilt sind und einen Brechungsquotienten haben, welcher von jenem der Umgebung sehr verschieden ist. Man wird sie daher am sichersten von feinen Sprüngen abzuleiten haben, umso mehr, da das Vorkommen feiner Risse im Opal eine bekannte Erscheinung ist.

Ein anderes hierhergehöriges Phänomen ist die Farbenwandlung, als welche man das Auftreten schöner Farben in krystallographisch bestimmter Richtung bezeichnet. An manchem Labradorit und Orthoklas erblickt man auf bestimmten Flächen entweder leuchtende Farben oder doch einen bläulichen Lichtschein, an manchem Chrysoberyll immer nur den letzteren. Brewster erklärte die Erscheinung durch die Annahme feiner viereckiger Hohlräume, Bonsdorff und Vogelsang glaubten sie von Einschlüssen herleiten zu können. In diesem Falle scheint es, dass Brewster der richtigen Auffassung am nächsten gekommen sei und die Farben von äusserst feinen Hohlräumen, welche von Krystallebenen begrenzt sind, also von negativen Krystallen, herrühren.

Die Anlauffarben sind ebenfalls Farben dünner Blättchen, und zwar solcher dünner Schichten, die sich an der Oberfläche mancher Minerale abgesetzt haben. Das Wismut, der Eisenglanz von Elba, mancher Magnetit sind oft mit schönen Farben angelaufen. Das Anlaufen des Stahles gehört auch hieher. In allen diesen Fällen ist es der Beginn einer chemischen Veränderung, welche die Bildung einer äusserst dünnen Schichte eines neuen Körpers hervorgerufen hat. Von dem Eisenspath, dem Kalkspath, welche zuweilen zart angelaufen sind, weiss man, dass die dünne Schichte aus Brauneisenerz besteht. Krystalle sind zuweilen auf den gleichen Flächen gleich, auf den ungleichen aber verschieden angelaufen, wie manche Bleiglanzkrystalle, welche auf den Oktaëderflächen blau, auf den Würfelflächen aber nicht angelaufen sind.

Die Farben trüber Medien wurden früher durch Interferenz, später durch eine eigenthümliche auswählende Reflexion erklärt. Die feinen Partikelehen, welche die zarte Trübung eines durchsichtigen Körpers veranlassen, werfen Licht von kleinerer Wellenlänge (roth, gelb) zurück, während sie lange Lichtwellen (blau) ohne Reflexion durchlassen, ähnlich wie Pfähle, die im Grunde eines Teiches stecken, kleine Wasserwellen zum Theil zurückwerfen, die langen Wellen unverändert vorüberziehen lassen. Derlei Medien erscheinen im auffallenden Lichte bläulich, namentlich deutlich auf dunklem Grunde, im durchfallenden aber gelblich bis bräunlich. Der bläuliche Rauch der Cigarren ist im durchfallenden Lichte bräunlich, die Strahlen der untergehenden Sonne, welche einen langen Weg durch die zartgetrübte Atmosphäre zurückgelegt haben, besitzen eine rothe Farbe. Das Blau des Himmels ist die Farbe der zartgetrübten Luft auf dem dunklen Grunde des Weltraumes; bei stärkerer Trübung durch grössere Wasserkügelchen und



Bläschen verschwindet es. An Mineralen werden die Farben trüber Medien häufig beobachtet. Der bläuliche Opal, Chalcedon, sind im durchfallenden Lichte gelblich oder röthlich, die trüben Krystalle von Feldspath, Nephelin etc. zeigen bei der Untersuchung im Dünnschliffe im durchfallenden Lichte eine bräunliche Farbe. Bei farbigen Mineralen mischen sich die durch Trübung entstandenen blassen Farbentöne mit der eigentlichen Farbe.

Ueber Farbenspiel: Brewster, *Optics*. Behrens, *Sitzungsber. d. Wiener Akad.*, Bd. 64, December 1871. Farbenwandlung: Brewster, *Optics*. Hessel. Kastner's Archiv f. ges. Naturlehre, Bd. 10, pag. 273. Vogelsang, *Archives Néerlandaises*, Tome III (1868). Reusch, *Poggendorff's Ann.*, Bd. 116, pag. 392, Bd. 118, pag. 256, Bd. 120, pag. 95. Anlauffarben: Hausmann, *Neues Jahrb. f. Min.*, 1848, pag. 326. Farben trüber Medien: Brücke, *Sitzungsber. d. Wiener Akad.*, Bd. 9, pag. 530 (1852). Tyndall, *Das Licht*. Lampa, *Sitzungsber. d. Wiener Akad.*, Bd. 100, Abth. II a, pag. 730 (1891).

**108. Polarisation.** Das Licht erlangt durch eine bestimmte Art der Reflexion seitliche Eigenschaften. Der Strahl verhält sich nachher nicht mehr rings um seine Fortpflanzungsrichtung gleich, wie im ursprünglichen Zustande, sondern in einer bestimmten Ebene anders, als in der dazu senkrechten, er ist polarisirt.

Fig. 305.

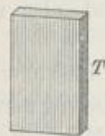
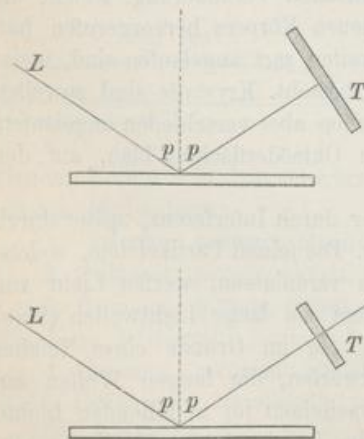


Fig. 306.



Die Einfallsebene, welche bei diesem Versuche vertical ist, wird Polarisationsebene genannt. Man sagt demnach: wenn die Turmalinplatte so steht, dass ihre Hauptaxe zur Polarisationsebene senkrecht ist, so lässt sie das polarisirte Licht hindurch, wenn aber ihre Hauptaxe zur Polarisationsebene parallel ist, verlöscht sie den polarisirten Strahl, Fig. 306.

Nimmt man eine Platte von farbigem Turmalin, welche parallel zur Hauptaxe des Krystalls geschnitten ist, Fig. 305, und betrachtet durch dieselbe eine weisse Wolke, ein Lampenlicht etc., so zeigt sich keine Aenderung, wenn man die Platte vor den Augen nach links oder nach rechts dreht. Untersucht man jedoch Licht, welches von einer horizontalen Glastafel oder von einer Tischplatte reflectirt wird, so bemerkt man bei der Drehung der vor das Auge geschobenen Turmalinplatte einen auffallenden Wechsel der Helligkeit. Die Glastafel oder die Tischplatte erscheint hell und glänzend, wenn die Hauptaxe des Turmalins horizontal ist, hingegen verdunkelt, wenn die Platte so gedreht wurde, dass die Hauptaxe vertical zu stehen kommt. Das reflectirte Licht hat also von  $90^\circ$  zu  $90^\circ$  wechselnde Beschaffenheit, es ist polarisirtes Licht.

Um die Sache anschaulicher zu machen, darf man sich den Turmalin wie ein Gitter vorstellen, dessen Stäbe zur Hauptaxe parallel sind. Den polarisirten Strahl denkt man sich aus Theilchen bestehend, welche parallel zu der reflectirenden Ebene hin- und herschwingen. In dem genannten Experimente ist die Schwingung des polarisirten Strahles horizontal, die Theilchen können also ihre Bewegung durch das Gitter hindurch fortsetzen, wenn dessen Stäbe auch horizontal sind, dagegen nicht, wofern diese vertical sind.

Wenn man bei einem zweiten Versuche die spiegelnde Glastafel vertical stellt und den reflectirten Strahl untersucht, so findet man Helligkeit, wofern die Hauptaxe des Turmalins vertical ist, hingegen Verdunkelung, wenn dieselbe horizontal ist. Das Verhältnis zwischen der Polarisationsebene und der Stellung des Turmalins bei der Verdunkelung bleibt immer dasselbe.

Bei mehrfacher Wiederholung solcher Versuche findet man, dass beim Einfallen des Lichtes unter einem bestimmten Winkel das reflectirte Licht vom Turmalin bei geeigneter Stellung nicht bloß verdunkelt, sondern total ausgelöscht wird. Der reflectirte Strahl ist jetzt vollständig polarisirt. Der zugehörige Einfallswinkel wird Polarisationswinkel genannt. Für gewöhnliches Glas beträgt derselbe  $56^\circ$ , für Wasser  $53^\circ$ , für Fluorit  $55^\circ$ , für Blende  $67^\circ$ . Nach dem von Brewster gefundenen Gesetze berechnet sich dieser Winkel  $p$ , wofern der Brechungsquotient des reflectirenden Mediums  $n$  bekannt ist, aus der Formel  $\tan p = n$ , woraus folgt, dass die vollständige Polarisation eintritt, sobald der reflectirte und der gebrochene Strahl auf einander senkrecht sind. Doppeltbrechende Medien haben demnach zwei Polarisationswinkel.

Wenn man das Licht, welches von metallglänzenden Flächen wiederkehrt, mit dem Turmalin untersucht, so findet man kaum Spuren von der Verdunkelung. Die Körper mit Metallglanz verhalten sich also verschieden von den nicht metallischen.

**109.** Das Licht wird nicht nur bei einer bestimmten Reflexion polarisirt, sondern auch bei einer bestimmten Art der Brechung. Hat man eine Glastafel gegen das einfallende Licht so gestellt, dass der reflectirte Strahl vollständig polarisirt ist, so gibt auch das gebrochene, durch das Glas kommende Licht bei der Untersuchung mit dem Turmalin einen Wechsel, und zwar gibt es Helligkeit, wenn die Hauptaxe des Turmalins zur Einfallsebene parallel ist, und Dunkelheit, wenn sie dazu senkrecht ist. Der durch Brechung polarisirte Strahl ist also um  $90^\circ$  anders polarisirt, wie der reflectirte. Dies übersetzt man sich in die früher gebrauchte Sprache wie folgt: Wenn ein Lichtstrahl unter dem geeigneten Winkel auf einen glatten durchsichtigen Körper fällt, so theilen sich viele seiner Schwingungen in solche, welche zur reflectirenden Ebene parallel sind und den reflectirten Strahl bilden, und in solche, welche in einer zur vorigen senkrechten Ebene stattfinden und in den gebrochenen Strahl übergehen.

Eine einzige Glasplatte gibt bei diesem Versuche noch keine vollständige Auslöschung des durchgehenden Strahles; dieser ist noch nicht vollständig polarisirt, jedoch erhält man durch Wiederholung der Erscheinung, indem das Licht durch eine grössere Anzahl parallel gelagerter Glasplatten, durch einen Glassatz, ge-

brochen wird, das gewünschte Resultat. Ein Paket von Glastafeln ist also ein geeignetes Mittel, polarisirtes Licht zu erhalten.

110. In dem früher beschriebenen Versuche wird vollkommen polarisirtes Licht, welches von einer horizontalen Glasplatte kommt, von einem Turmalin, dessen Hauptaxe vertical ist, ausgelöscht. Sobald man aber den Turmalin in derselben Ebene ein wenig dreht, so dass nun seine Hauptaxe nicht mehr vertical ist, so fängt derselbe an, etwas heller zu werden, er lässt also etwas Licht hindurch. Die Helligkeit nimmt mit der Drehung zu, bis endlich bei der Horizontalstellung des Turmalins die grösste Helligkeit auftritt, Fig. 307.

Fig. 307.

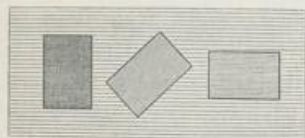


Fig. 309.

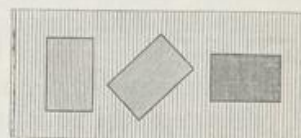


Fig. 308.

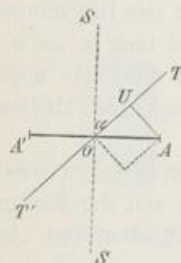


Fig. 311.

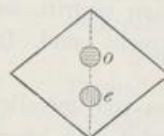
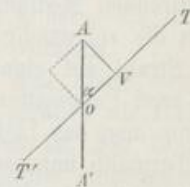


Fig. 310.



Wie es kommt, dass der Turmalin, welcher nur solche Schwingungen durchlässt, die parallel zu seiner Hauptaxe gerichtet sind, doch auch demjenigen Lichte einen beschränkten Durchgang gestattet, welches schief gegen seine Hauptaxe schwingt, wird aus Folgendem erklärlich.

Ist in Fig. 308  $TT'$  die Richtung dieser Hauptaxe und wird angenommen, dass die Schwingungen des polarisirten Lichtes horizontal stattfinden, nämlich zwischen  $A$  und  $A'$  durch  $O$  hindurch, so werden die Schwingungen nicht in dieser Form durch den Turmalin gelangen können, wohl aber nach einer bestimmten Anpassung an diese Stellung der Turmalinplatte. Wie jede Bewegung kann auch die Schwingung zwischen  $O$  und  $A$  in zwei Componenten zerlegt gedacht werden. Fällt man von  $A$  aus eine Senkrechte auf  $TT'$  und ist deren Fusspunkt  $U$ , so erscheint jetzt  $OA$  als Diagonale eines Kräfteparallelogrammes und  $OU$  als die eine Componente, welche den Schwingungen parallel  $TT'$  entspricht, die also durchgelassen werden, während  $AU$  als die andere Componente zu betrachten ist, welche den zu  $TT'$  senkrechten Schwingungen entspricht und durch Absorption vernichtet wird. Die neue Schwingung  $OU$  ist kürzer als die ursprüngliche  $OA$ , dementsprechend ist die Helligkeit geringer. Das Verhältnis von  $OU$  zu  $OA$  ist aber wie  $\sin \alpha : 1$ .

Das Licht, welches aus dem schief gestellten Turmalin kommt, schwingt demnach nicht mehr in der früheren Richtung, sondern seine Polarisationssebene ist geändert, das Licht ist unpolarisirt worden. Daraus ist zu ersehen, dass das polarisirte Licht durch Zerlegung in Componenten seine Schwingungsebene zu ändern vermag, wofern das neue Medium nur bestimmte Schwingungen gestattet.

Benutzt man zu dem Versuche vollständig polarisirtes Licht, welches von einer verticalen Glasplatte kommt, so wird ein Turmalin, dessen Hauptaxe vertical ist, Helligkeit zeigen. Dreht man jetzt den Turmalin, so wird seine Helligkeit abnehmen und endlich Dunkelheit eintreten, sobald die Hauptaxe in horizontale Stellung kommt, Fig. 309. Die Erklärung ist ähnlich wie vorhin. Die beiden Componenten sind jetzt *OV*, welche den durchgehenden Schwingungen entspricht, und *AV*, welche jene Schwingungen repräsentirt, die verlöscht werden. *OV* und *OA* verhalten sich wie  $\cos \alpha : 1$ . Fig. 310.

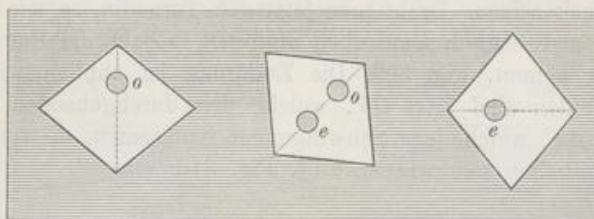
III. Die beiden Strahlen, welche ein doppeltbrechender Körper liefert, sind vollständig polarisirt, und zwar im einfachsten Falle senkrecht gegen einander. Schiebt man, wie bei einem früheren Versuch [99], den Doppelpath zwischen das Auge und ein durchbohrtes Papierblatt, so erblickt man zwei Strahlenbündel, *o* und *e*, beide in einer Ebene liegend, welche dem geometrischen Hauptschnitt des Rhomboëders parallel ist oder damit zusammenfällt, Fig. 311, worin der geometrische Hauptschnitt punktirt ist. Werden die Strahlenbündel mittels eines Turmalins geprüft, so wird der ordentliche Strahl *o* hell erscheinen, sobald die Hauptaxe des Turmalins zum Hauptschnitte des Doppelpathes senkrecht ist. Der ausserordentliche Strahl ist jetzt verlöscht. Wird nun der Turmalin gedreht, bis seine Hauptaxe zu jenem Hauptschnitt parallel ist, so erscheint der ausserordentliche Strahl hell, während der ordentliche verlöscht ist. Nach der früheren Ausdrucksweise wird man sagen, der ordentliche Strahl schwingt senkrecht zum Hauptschnitt, der ausserordentliche parallel zu demselben.

Wird eine Platte von Doppelpath, welche senkrecht zur Hauptaxe geschnitten ist, angewandt, so zeigt sich der einfache Strahl, welcher beim senkrechten Durchsehen beobachtet wird, nicht polarisirt, die beiden Strahlen aber, welche man beim schiefen Durchsehen erhält (vgl. Fig. 300), erweisen sich wiederum polarisirt, und zwar in dem Sinne, dass man sagen würde: der ordentliche Strahl schwingt senkrecht, der ausserordentliche schwingt parallel zu einer durch den Strahl und die Hauptaxe gelegten Ebene. Jede derartige Ebene wird ein optischer Hauptschnitt genannt.

So wie die beiden Strahlen des Kalkspathes sind auch die Strahlen polarisirt, welche die übrigen Krystalle von wirteligem Bau liefern. Platten, die aus einem Krystall von einfacherem Baue genommen sind, liefern im allgemeinen zwei ausserordentliche Strahlen. Auch diese bestehen aus polarisirtem Lichte, und zwar ist unter gleichen Umständen wiederum der eine senkrecht gegen den andern polarisirt. Man hat daher auch in diesen Platten, wofern das Licht vertical einfällt, zwei bestimmte zu einander senkrechte Schwingungsrichtungen anzunehmen.

112. Polarisirtes Licht zeigt beim Durchgange durch einen Doppelpath zum Theile andere Erscheinungen als gewöhnliches Licht. Lässt man vollständig polarisirtes Licht, welches von einer horizontalen Glasplatte kommt, durch die Oeffnung eines Papierblattes gehen und bringt zwischen dieses und das Auge ein Spaltungsstück von Doppelpath, und zwar so, dass der Hauptschnitt vertical steht, so sieht man bloß einen einzigen Strahl, es ist der ordentliche, Fig. 312.

Fig. 312.



Das in den Doppelpath eintretende Licht schwingt horizontal, kann sich also hier nur als ordentlicher Strahl fortpflanzen, die zweite Art der Schwingung, nämlich die verticale, existirt nicht. Das polarisirte Licht wird demnach hier einfach gebrochen. Dreht man jetzt den Doppelpath um einen Winkel  $\alpha$ , so taucht auch der ausserordentliche Strahl auf und nimmt bei fernerer Drehung an Helligkeit zu, während sich der ordentliche verdunkelt. Nach der Drehung um  $45^\circ$  haben beide gleiche Helligkeit. Bei fortgesetzter Drehung nimmt der ausserordentliche beständig an Helligkeit zu, bei  $90^\circ$  ist er allein sichtbar, der ordentliche ist verschwunden.

Das polarisirte Licht, welches in den in schiefer Stellung befindlichen Doppelpath gelangt, wird hier getheilt, wird hier doppelt gebrochen. Der Doppelpath, welcher bloß Schwingungen parallel und senkrecht zum Hauptschnitte durchlässt, kann die schief gerichtete Schwingung nur so fortpflanzen, dass er dieselbe in zwei Componenten zerlegt, welche jene beiden Schwingungsarten besitzen. Geht man auf Fig. 308 zurück, so erkennt man, dass der ordentliche Strahl nach der Drehung des Doppelpathes um den Winkel  $\alpha$  die Componente  $AU$ , der ausserordentliche Strahl die Componente  $OU$  zugetheilt erhält, welche beiden sich wie  $\cos \alpha : \sin \alpha$  verhalten. Für  $\alpha = 45^\circ$  sind also beide gleich, für  $\alpha = 90^\circ$  verschwindet die erstere Componente. Ist also der Hauptschnitt horizontal, so geht das polarisirte Licht, dessen Schwingung horizontal ist, bloß als ausserordentlicher Strahl hindurch, die Brechung ist jetzt wieder eine einfache.

Bei verticaler und bei horizontaler Stellung des Hauptschnittes herrscht also einfache, in allen Zwischenstellungen doppelte Brechung. Das entsprechende Resultat ergibt sich, wenn man polarisirtes Licht anwendet, das von einer verticalen Glasplatte kommt.

Liegen also die Schwingungsrichtungen der Mineralplatte schief zu jenen des einfallenden polarisirten Lichtes, so ergibt sich doppelte, sonst aber einfache Brechung. Diese Regel befolgen alle doppelt brechenden Körper.

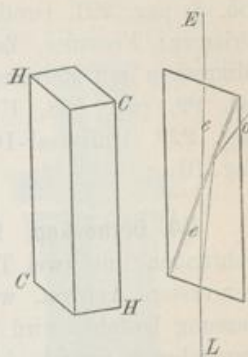
113. Wenn das Instrument, welches zur ersten Erkennung des polarisirten Lichtes dienlich war, nämlich die gefärbte Turmalinplatte, für sich betrachtet wird, so erscheint dieselbe als ein Medium, welches bloß Schwingungen parallel der Hauptaxe hindurchläßt, also einen ausserordentlichen Strahl gibt. Der Turmalin ist demnach ein doppelt brechender Körper, welcher den ordentlichen Strahl vernichtet und bloß den ausserordentlichen durchläßt. Dieser ist aber polarisirt. Die Turmalinplatte bietet also ein einfaches Mittel, polarisirtes Licht zu erhalten. Bei den Versuchen, welche Farbenerscheinungen veranlassen, würde es aber als eine unangenehme Beigabe des polarisirten Lichtes erscheinen, dass dasselbe schon selbst gefärbt ist. Man kann aber leicht ungefärbtes polarisirtes Licht erhalten, wenn man einen der beiden Lichtstrahlen, welche der farblose Doppelspath liefert, für sich auffängt.

Das Instrument, welches dies gestattet, ist das Nicol'sche Prisma. Dasselbe ist aus einem länglichen Spaltungsstück von Doppelspath so angefertigt, dass anstatt des Flächenpaares  $CH$ , Fig. 313, welches die kleinsten Flächen bildet, in der Zone  $R:OR$  ein neues Flächenpaar angeschliffen wird, welches gegen die Hauptaxe um  $3^\circ$  weniger steil geneigt ist, und dass hierauf das Spaltungsstück nach einer in derselben Zone liegenden, auf dem vorigen Paar senkrechten Fläche durchgeschnitten wird. Die beiden so erhaltenen Stücke werden mittels Canada-balsams wieder zusammengekittet. Dieser Einrichtung zufolge wird ein Lichtstrahl  $L$ , welcher in das Prisma, Fig. 314, eintritt, in zwei Strahlen zerlegt, wovon der eine, der ordinäre  $o$  unter dem Winkel der totalen Reflexion auf die Balsamschicht trifft und von da zur Seite reflectirt wird, wo ihn die geschwärzten Flächen absorbiren, während der ausserordentliche Strahl  $e$  in der Richtung  $LE$  durch das Prisma geht.

Das Nicol'sche Prisma liefert also, gerade wie der Turmalin, bloß den ausserordentlichen Strahl, es liefert polarisirtes Licht, dessen Schwingungen parallel der kürzeren Diagonale des Prisma stattfinden. Diese ist aber einem Hauptschnitt des dazu benutzten Calcitindividuums  $CHCH$  parallel. Wenn daher vom Nicol-hauptschnitt gesprochen wird, so ist immer jene durch die kürzere Diagonale und längs des Nicols gelegte Ebene zu verstehen. Gegenwärtig benutzt man häufig auch ein von Prazmowsky angegebenes polarisirendes Prisma, welches Leinölkitt enthält und zwei horizontale Endflächen besitzt.

Literatur. Ueber die Anwendung des polarisirten Lichtes bei der Untersuchung der Krystalle, sowie über die Krystalloptik überhaupt kann man sich des Genaueren in folgenden Werken unterrichten: Brewster, Treatise on optics, London 1832, deutsch von Hartmann, Quedlinburg 1835. Beer, Einleitung in die höhere Optik, 2. Aufl., bearb. von V. v. Lang, Braunschweig 1882. Dove, Darstellung der Farbenlehre und optische Studien, Berlin 1853. Grailich, Krystallographisch-optische Untersuchungen, Wien 1858. Descloizeaux, Mémoire sur l'emploi du microscope polarisant etc., Paris 1864. Rosenbusch, Mikroskopische Physio-

Fig. 313. Fig. 314.

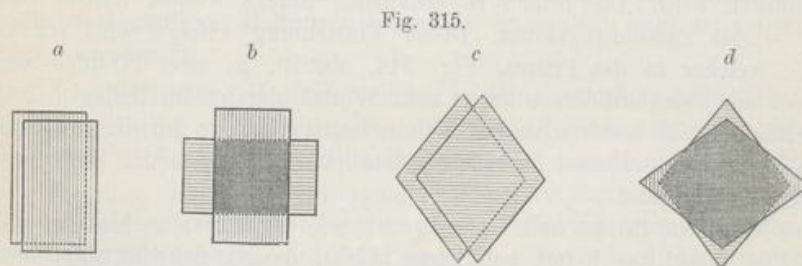
zum  
polari-  
föhrung  
ungs-  
siehtsich  
gung,  
ein-  
α, so  
ng an  
g um  
asser-  
tlicheoppel-  
spath,  
lässt,  
be in  
Geht  
h der  
asser-  
a wie  
ver-  
geht  
licheralso  
sultat  
Glas-jenen  
fache

graphie der petrograph. wichtigsten Mineralien, Stuttgart 1892. Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, 2. Bd., Leipzig 1875. Groth, Physikalische Krystallographie, Leipzig 1895. Mallard, Traité de Cristallographie, Paris 1884, 2. Bd.

Ueber Apparate und Beobachtungsmethoden ausserdem: V. v. Lang, Sitzungsber. d. W. Akad., Bd. 55 (1867). Carl, Repertorium f. physikal. Technik, Bd. 3, pag. 201. Groth, Pogg. Ann., Bd. 154, pag. 34 (1871). Ueber Nicol'sche Prismen: Feussner, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Bd. 4, pag. 42. Ueber ein Mikroskop mit Refractometer, Axenwinkel-Apparat etc. Bertrand, Comptes rend. Bd. 99, pag. 538. Universaltischehen: Fedorow, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 22, pag. 229. Universal-Drehapparat: Klein, Sitzungsber. d. Berliner Akad. 1895, pag. 91.

**114. Orthoskop.** Für Untersuchungen im polarisirten Lichte können Vorrichtungen mit zwei Turmalinplatten oder mit zwei Nicol'schen Prismen dienen. Der erstere Apparat, welcher blos aus zwei parallelen Turmalinplatten und einer Fassung besteht, wird Turmalinzange genannt. Er eignet sich aus dem früher angegebenen Grunde blos zu rohen Versuchen und wird daher wenig mehr angewendet. Dagegen werden Instrumente, welche im wesentlichen aus zwei Nicols zusammengesetzt sind, gegenwärtig in verschiedenen Formen allgemein von den Mineralogen für optische Untersuchungen benutzt.

Stellt man die beiden Platten der Turmalinzange mit den Hauptaxen parallel, Fig. 315 *a*, und blickt durch dieselben gegen eine Lichtquelle, so wird man



Helligkeit wahrnehmen, denn der aus der ersten Platte austretende Strahl schwingt parallel zur Hauptaxe und kann diese Schwingungsart auch in der zweiten Platte ungestört fortsetzen. Dreht man jetzt die eine Platte gegen die andere, so wird das Gesichtsfeld, soweit sich die Turmaline bedecken, allmähig dunkler und bei einer Drehung von  $90^\circ$  werden die nunmehr gekreuzten Turmaline Dunkelheit geben, Fig. *b*. Das polarisirte Licht, welches die erste Platte verlässt, hat jetzt eine Schwingung, welche zur Hauptaxe der zweiten Platte senkrecht ist, also absorbiert wird.

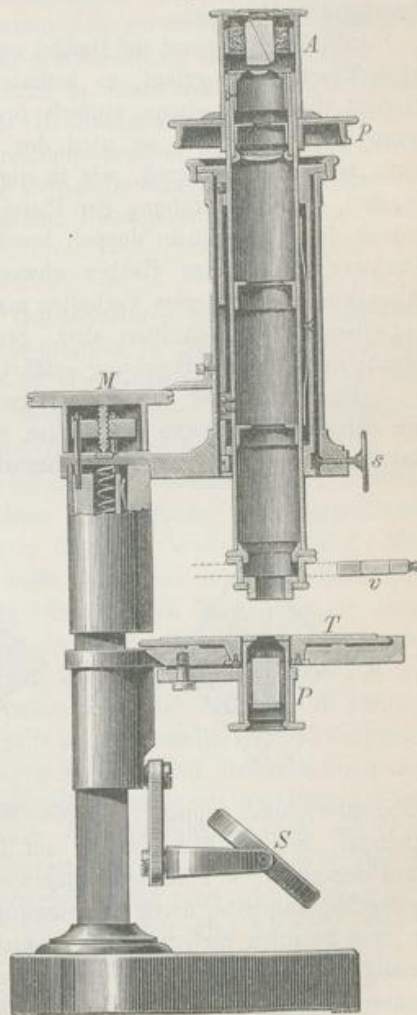
Entsprechend verhalten sich parallele, Fig. *c*, und gekreuzte Nicols, Fig. *d*. Die letzteren geben ein dunkles Gesichtsfeld, weil der polarisirte Strahl, welcher den ersten Nicol verlässt, in den zweiten mit einer solchen Schwingung eintritt, welche dem dortigen ordentlichen Strahl entspricht, wonach er seitlich reflectirt

und vernichtet wird. Gekreuzte Turmaline und gekreuzte Nicols verhalten sich wesentlich gleich, es wird also genügen, weiter von den Nicols allein zu sprechen.

Der eine Nicol, welcher das gewöhnliche Licht in polarisirtes verwandelt, heisst Polarisator, der zweite, welcher zur weiteren Prüfung der im polarisirten Lichte auftretenden Erscheinungen dient, Analysator. Um auch kleine Plättchen

prüfen zu können, setzt man die Nicols mit einem Mikroskop in Verbindung. Der Polarisator wird unter dem Tisch des Mikroskopes angebracht, der Analysator über dem Ocular, in welchem ein feiner Faden durch den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes gespannt ist. In einem solchen Instrumente, Fig. 316 (Modell Fuess), gelangt das gewöhnliche Tageslicht nach der Reflexion am Spiegel *S* in parallelen Strahlen durch den Polarisator *P* in die Mineralplatte, hierauf durch die Mikroskopröhre in den Analysator *A*. Der Tisch *T* des Mikroskopes ist kreisrund, drehbar und am Rande mit einer Kreistheilung versehen. Ausserhalb des Tisches neben dieser Theilung befindet sich eine fixe Marke. Die Platte des zu prüfenden Minerals, welche auf die Oeffnung des Tisches gelegt worden, dreht sich mit diesem und kann daher in verschiedene Lagen gegen die Schwingungsebenen der Nicols gebracht und es kann erforderlichen Falles der Drehungswinkel abgelesen werden. Um die beiden Nicols in bestimmter Weise gegen einander stellen zu können, ist sowohl an dem Polarisator als auch an dem kleinen Limbus *p* des Analysators eine Kreistheilung und ausserhalb eine Marke angebracht. Damit das Mikroskop centrirt, d. h. die Axe des Tubus oder der Mikroskopröhre mit der Drehaxe des Tisches in Uebereinstimmung gebracht werden könne, ist durch zwei rechtwinkelig gegeneinander gestellte Schrauben, von welchen im Bilde bloß die eine *s* erscheint, eine genaue Stellung des Tubus ausführbar. Nach richtiger Centrirung bleibt bei der Drehung des Tisches auch ein sehr kleines Krystallplättchen in der Mitte des Gesichtsfeldes. Eine Zugabe, von der später gesprochen wird, ist die kleine Quarzplatte *v*, welche oberhalb des Objectivlinsensystems, das hier nicht gezeichnet ist, horizontal eingeschoben wird. Von der Mikrometerschraube *M*, durch welche die Hebung und Senkung des Tubus genau bestimmt werden kann, ist schon

Fig. 316.



bleibt bei der Drehung des Tisches auch ein sehr kleines Krystallplättchen in der Mitte des Gesichtsfeldes. Eine Zugabe, von der später gesprochen wird, ist die kleine Quarzplatte *v*, welche oberhalb des Objectivlinsensystems, das hier nicht gezeichnet ist, horizontal eingeschoben wird. Von der Mikrometerschraube *M*, durch welche die Hebung und Senkung des Tubus genau bestimmt werden kann, ist schon

rbuch  
stallo-  
d.  
Lang,  
chnik.  
l'sche  
r ein  
rend.  
. 22,  
1895,

Vor-  
enen.  
einer  
rüher  
r an-  
Nicols  
den  
allel,  
man

ingt  
latte  
wird  
bei  
heit  
jetzt  
also

. d.  
cher  
ritt,  
etirt



früher pag. 156 die Rede gewesen. Weil in diesem Instrumente paralleles polarisiertes Licht in senkrechter Richtung durch die zu prüfende Platte geht, wird dasselbe hier als Orthoskop bezeichnet, wonach die Untersuchung im parallelen polarisierten Lichte orthoskopische Prüfung genannt wird.<sup>1)</sup>

**115. Erkennung der Doppelbrechung.** Die erste wichtige Anwendung des Orthoskopes ist die Unterscheidung der einfach brechenden und der doppelt brechenden Minerale.

Wird der Apparat auf Dunkel gestellt und wird auf den Tisch des Instrumentes eine Mineralplatte gelegt, so befindet sich dieselbe zwischen gekreuzten Nicols. Gehört die Platte einem einfach brechenden, also einem tesseralen oder einem amorphen Mineral an, so wird der polarisierte Strahl in der Platte ebensowenig eine Aenderung erfahren, wie in der Luft, folglich wird das Gesichtsfeld dunkel bleiben, auch die Drehung der Platte wird keine Aenderung hervorbringen. Gehört jedoch die Platte einem doppelt brechenden Mineral an, so wird dieselbe bei der Drehung mittels des Tisches abwechselnd hell und dunkel erscheinen. Eine Ausnahme von letzterem Verhalten machen nur jene Platten, welche senkrecht zur optischen Axe geschnitten sind. Sie geben Dunkelheit, weil der durchgehende Strahl nur einfache Brechung erfährt.

Die Aufhellung der doppeltbrechenden Platte wird immer eintreten, wenn die Schwingungsebenen der beiden Strahlen gegen die Nicolhauptschnitte schief liegen. Dieser Fall ist hier schematisch so dargestellt, dass in Fig. 317 der

Fig. 317.

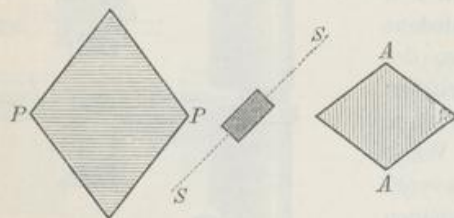
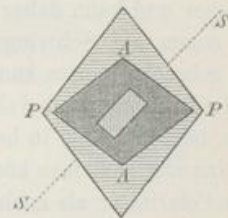


Fig. 318.



Polarisator, das doppeltbrechende Mineralplättchen und der Analysator neben einander, in Fig. 318 aber in der Durchsicht über einander folgen. Demnach wird der aus dem Polarisator kommende Strahl, welcher parallel  $PP$  schwingt, in der Mineralplatte, deren Schwingungsebenen parallel und senkrecht zu  $SS$  sind, in zwei Strahlen zerlegt, welche parallel und senkrecht zu  $SS$  schwingen. Beide gelangen an den Analysator, welcher diese Schwingungen, welche schief gegen seinen Hauptschnitt  $AA$  erfolgen, in dieser Form nicht hindurch lässt, wohl aber jene Componenten, welche zu  $AA$  parallel sind, während er die anderen Componenten vernichtet. Dadurch wird Helligkeit erzeugt.

<sup>1)</sup> Man hat früher das mit Nicols versehene Mikroskop als »Mikroskop mit Polarisation« bezeichnet, ferner den Namen Polarisationsmikroskop auf ein später zu besprechendes Instrument angewandt. Es wurde aber mehrfach der Wunsch ausgesprochen, zwei besser unterscheidbare kurze Namen zu besitzen, daher der Autor die Worte Orthoskop und Konoskop in Vorschlag brachte.

Die Dunkelheit wird bei der Drehung der Platte dann eintreten, sobald die Schwingungsebenen des Minerals zu den beiden Nicolhaupt schnitten parallel sind. Das vom Polarisator kommende, parallel *PP* schwingende Licht findet jetzt die Platte in der Stellung, in welcher sie dieser Schwingung ungestörten Durchgang gestattet, worauf dieselbe an den Analysator gelangt und darin ausgelöscht wird.

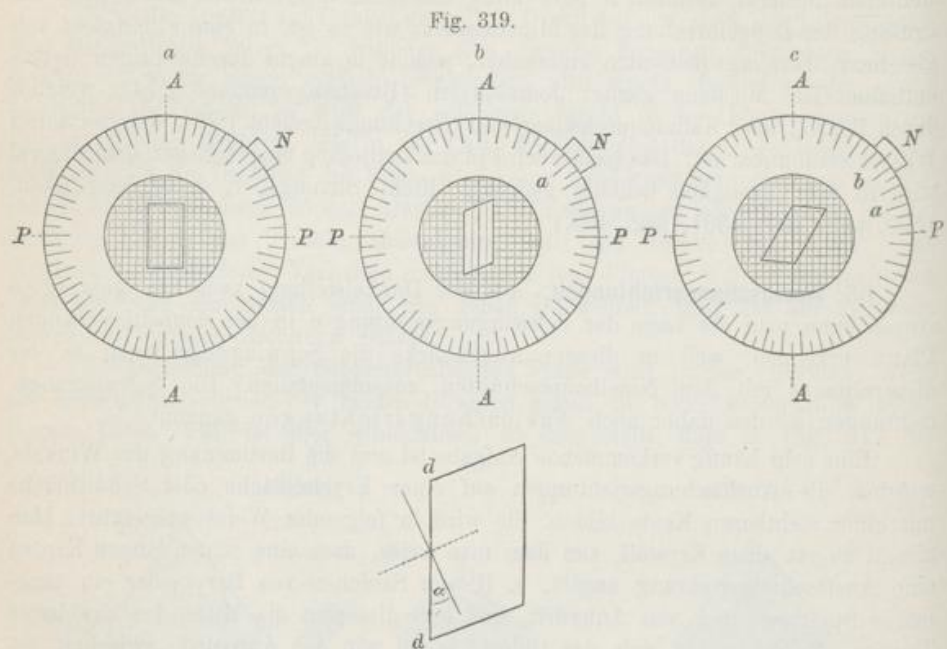
In dem Falle, als die Herstellung einer Platte aus dem zu prüfenden durchsichtigen Mineral unthunlich oder allzu umständlich erscheint, kann man zur Prüfung der Doppelbrechung das Mineralstück, wie es ist, in eine Flüssigkeit von gleichem Brechungsquotienten eintauchen, welche in einem durchsichtigen Gefäß enthalten ist. Meistens genügt Jodmethylen (Brechungsquotient 1.74), welches durch Benzol, oder Kaliumquecksilberjodid (Brechungsquotient 1.72), welches durch Wasser verdünnbar ist. Das Gefäß wird in das Orthoskop eingeschaltet, das Mineral wird in der Flüssigkeit beliebig gedreht. (Klein, Sitzungsber. d. Berliner Akad. 1890, pag. 709; 1891, pag. 435.)

**116. Auslöschungsrichtungen.** Aus der Dunkelstellung zwischen gekreuzten Nicols kann man die Lage der Schwingungsrichtungen in der doppeltbrechenden Platte erkennen, weil in diesem Augenblicke die Schwingungsebenen in der Mineralplatte mit den Nicolhaupt schnitten zusammenfallen. Die Schwingungsrichtungen werden daher auch Auslöschungsrichtungen genannt.

Eine sehr häufig vorkommende Aufgabe ist nun die Bestimmung des Winkels, welchen die Auslöschungsrichtungen auf einer Krystallfläche oder Schnittfläche mit einer sichtbaren Kante bilden. Sie wird in folgender Weise ausgeführt: Man nimmt zuerst einen Krystall, von dem man weiss, dass eine seiner langen Kanten eine Auslöschungsrichtung angibt, z. B. ein Säulchen von Baryt oder ein längliches Spaltungsstück von Anhydrit, und legt dieses in die Mitte des drehbaren Tisches. Nun befindet sich das Object, sagen wir der Anhydrit, zwischen gekreuzten Nicols, und durch Drehen des Tisches wird der Anhydrit in Dunkelstellung gebracht. Die lange Kante des Anhydrits ist jetzt parallel der Schwingungsrichtung des einen, nehmen wir an des oberen Nicols. Wird dieser abgenommen, das Ocular gedreht, bis der in demselben gespannte Faden mit der langen Kante des Anhydrits parallel ist, und nun das Ocular festgeklemmt, endlich der obere Nicol wieder in der vorigen Stellung aufgesetzt, so ist das Orthoskop für die Messung vorbereitet (justirt), denn der Ocularfaden gibt jetzt die Schwingungsrichtung des oberen Nicols an, Fig. 319a. Der Anhydrit wird hierauf entfernt.

Soll nun an irgend einer Krystallplatte oder einem Spaltungsstück der Winkel zwischen einer daran sichtbaren Kante und der Auslöschungsrichtung bestimmt werden, so bringt man jene Platte in die Mitte des Objecttisches und dreht letzteren, bis jene Kante mit dem Ocularfaden übereinstimmt, Fig. 319b. Die Stellung des Tisches wird an der Gradeintheilung mittels der fixen Marke *N* bestimmt, nämlich die bei *a* befindliche Zahl abgelesen. Wenn die Auslöschungsrichtung in der zu prüfenden Platte von der Richtung jener Kante abweicht, so wird die Platte jetzt hell erscheinen. Man dreht nun den Tisch so lange, bis die

Platte dunkel erscheint, also eine Auslöschungsrichtung derselben mit einem Nicolhauptschnitt zusammenfällt, Fig. 319 *c*, worauf man die neue Stellung des Tisches bestimmt, also an der Marke *N* die Zahl *b* abliest. Der Betrag der vollzogenen Drehung ist der Bogen *ab*, welcher dem Winkel  $\alpha$  entspricht, den die beobachtete Auslöschungsrichtung mit der früher genannten Kante bildet, Fig. 319 *d*. Das hier beschriebene Verfahren kann in mannigfacher Weise modificirt werden, worüber noch später Angaben folgen.



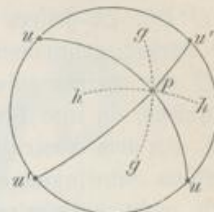
Ist die Kante *dd* einer Krystallaxe parallel, so ist der spitze Winkel  $\alpha$  die Auslöschungsschiefe auf der gegebenen Krystallfläche. Zeigt sich keine solche Schiefe, sondern sind die Auslöschungen so wie in dem bekannten Krystall parallel und senkrecht zu einer Axenkante, so ist die Auslöschung eine gerade.

Die Lage der Auslöschungsrichtungen auf Krystallflächen folgt dem Grundsatz, dass die einer Fläche zukommende Symmetrie niemals durch die Auslöschungsrichtungen gestört wird. Demzufolge gibt die Linie, in welcher eine Krystallfläche von dem dazu senkrechten Hauptschnitte getroffen wird, also die Symmetrielinie der Krystallfläche [26] immer eine Auslöschungsrichtung an.

Im hexagonalen und im tetragonalen System zeigen demnach alle Prismenflächen gerade Auslöschung, die Flächen der hexagonalen und tetragonalen Pyramide haben die eine Auslöschung parallel zur horizontalen Kante, die Flächen der Rhomboëder haben die Auslöschungen parallel den Diagonalen. Im rhombischen Systeme bieten die Prismen und Endflächen gerade Auslöschung, ebenso im monoklinen Systeme die Querprismen, die Quer- und Endfläche, während die Längsfläche schiefe Auslöschung zeigt. Im triklinen Systeme gibt es keine Fläche mit gerader Auslöschung.

Wenn es sich darum handelt, die Auslöschungsrichtungen auf einer beliebigen Krystallfläche oder Schnittfläche specieller anzugeben, so benützt man folgende Regel: Man legt durch die Flächennormale und die beiden optischen Axen zwei Ebenen und halbirt den Winkel, welchen sie bilden, durch eine dritte Ebene. Diese ist die eine Schwingungsebene. Ist also  $p$  der Durchschnitt der Flächennormale mit der Kugel, Fig. 320, und sind  $u$  und  $u'$  die Durchschnittspunkte der beiden optischen Axen mit derselben Kugelfläche, so schneiden die durch je eine der beiden letzteren und durch  $p$  gelegten Ebenen die Kugel in zwei grössten Kreisen. Wird nun der Winkel  $upu'$  halbirt, ebenso der anliegende stumpfe Winkel, so hat man die beiden Hauptschwingungsebenen  $gg$  und  $hh$ , welche auf der Fläche  $p$  die beiden Auslöschungsrichtungen angeben.

Fig. 320.



Bei den optisch einaxigen Krystallen (Axenwinkel = 0) gibt dieses Verfahren die schon bekannte Regel, dass die eine Auslöschungsrichtung stets in der durch die Hauptaxe und die Flächennormale gehenden Ebene liegt. In triklinen und in monoklinen Krystallen sind die Auslöschungsrichtungen für verschiedene Farben etwas verschieden. Bei genauen Untersuchungen muss man daher die Auslöschung für jede Farbe besonders bestimmen.

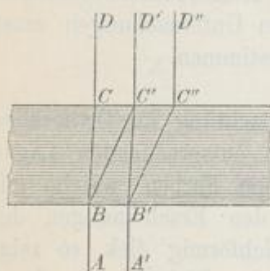
**117. Erscheinungen dünner Platten.** Bei der Beobachtung im Orthoskope zeigen dünne Platten doppelbrechender Körper in den entsprechenden Lagen Dunkelheit und Helligkeit, im letzteren Falle aber schöne Farben, welche mit denjenigen übereinstimmen, welche schon früher bei den Erscheinungen der Interferenz angeführt wurden. Ist die Krystallplatte gleichförmig dick, so zeigt sie eine einzige Farbe, ist sie keilförmig, so folgen der Dicke entsprechend mehrere Farben in Uebergängen auf einander. Ist die Platte treppenartig und ungleich dick, wie es bei Spaltblättchen vorkommt, so treten die verschiedenen Farben unvermittelt neben einander auf. Die Platte muss, wenn sie Farben zeigen soll, um so dünner sein, je stärker die Doppelbrechung in der Richtung des durchgehenden Lichtes, also je mehr die beiden Brechungsquotienten von einander abweichen.

Dünne Platten von Gyps und Glimmer, dickere von Quarz zeigen die Farben sehr schön. Oft werden derlei Platten in das Orthoskop eingeschaltet, um, anstatt die Beobachtung der Auslöschungsrichtungen mit Hell und Dunkel auszuführen, bestimmte Farbentöne zum Anhaltspunkte zu gewinnen. In der Fig. 316 ist die kleine Quarzplatte, welche oberhalb des Objectivsystems eingeschoben wird, mit  $r$  bezeichnet.

Die Beobachtung der Farben dünner Platten leistet bei der Prüfung von Zwillingsbildungen doppelbrechender Minerale wichtige Dienste, da in einem Schnitte die symmetrische Stellung der Theilkrystalle durch die Farben erkannt wird. Auch die Unterscheidung von doppelbrechenden Mineralen, die neben einander vorkommen, wird dadurch sehr erleichtert. Die schwächer doppelbrechenden, wie Quarz und Feldspath, geben nämlich Farben, während stark doppelbrechende, wie Kalkspath, bei gleicher Dicke keine geben.

Die hier genannten Farben sind eine Interferenzerscheinung. Die vom Polarisator kommenden Lichtstrahlen werden in der Mineralplatte in je zwei Strahlen verschiedener Brechung gespalten. Der Strahl  $AB$  zerlegt sich in die Strahlen  $BCD$  und  $BC'D'$ , Fig. 321, ein zweiter  $A'B'$  in die beiden  $B'C'D'$  und  $B''C''D''$ . Zu jedem Strahl  $AB$  wird nun ein zweiter sich so verhalten, dass der stärker gebrochene Antheil  $BC'$  des einen mit dem schwächer gebrochenen  $B'C'$  des andern zuletzt gleichen Lauf hat, während sie einen Gangunterschied aufweisen, da ihre Brechungsquotienten, also ihre Geschwindigkeiten, verschieden sind. Bei dem Austritte aus der Mineralplatte haben aber die beiden gleichlaufenden Strahlen Schwingungen, welche zu einander senkrecht sind, sie können daher noch nicht interferiren. Werden jetzt durch den Analysator die Schwingungen beider auf dieselbe Ebene gebracht, so vollzieht sich hier eine Interferenz, welche bei Anwendung weissen Lichtes eine Farbe ergibt. Wenn der Unterschied der beiden Brechungsquotienten grösser, also die Doppelbrechung stärker ist, so wird eine geringere Dicke der Platte genügen, um den Gangunterschied von einer halben Wellenlänge hervorzurufen. Bei schwächerer Doppelbrechung wird die

Fig. 321.



Mineralplatte dicker sein müssen, um denselben Gangunterschied, also dieselbe Farbe zu erzeugen. Die Farbe hängt mithin auch von der Dicke der Platte ab. Da ferner die beiden Strahlen, wenn ihre Richtung von jener der optischen Axe nur wenig abweicht, einen geringen Unterschied ihrer Brechungsquotienten aufweisen, wenn ihre Richtung stärker abweicht, aber einen grösseren Unterschied, so ergibt sich, dass der Gangunterschied, also die Farbe, auch von der Richtung der Strahlen gegenüber den optischen Axen, also davon abhängt, wie die Platte aus dem doppelbrechenden Krystall geschnitten ist. Da endlich der Gangunterschied derselbe bleibt, wenn die Platte mit dem Tisch des Orthoskopes gedreht wird, so zeigt die Platte bei dieser Drehung, abgesehen von den beiden Dunkelstellungen, immer dieselbe Farbe.

Der Farbenton dünner Blättchen zeigt sich am reinsten bei der grössten Aufhellung, also in der Stellung von  $45^\circ$  gegen die beiden Nicolhauptsschnitte, auch Diagonalstellung genannt. Wird nunmehr an irgend einer Stelle zwischen den beiden Nicols ein zweites Blättchen desselben Mineralen, und zwar in gleicher Stellung, eingeschoben, so wirkt dies wie eine Verdickung desselben Blättchens, und es zeigt sich jetzt eine höhere Interferenzfarbe als vorher, die Farbe steigt. Ebenso wirkt ein Blättchen aus einem anderen doppelbrechenden Mineral, wenn in diesem die Doppelbrechung von derselben Art ist, also wenn z. B. beide Blättchen optisch negativ sind. Im anderen Falle zeigt sich eine tiefere Interferenzfarbe als vorher, die Farbe fällt.

Wird aus einem doppelbrechenden Mineral ein keilförmiges Stück mit sehr geringer Divergenz der beiden Flächen geschnitten, so gibt dieses die Farben, welche verschiedenen Dicken entsprechen, neben einander. Am häufigsten werden Quarzkeile verwendet, deren lange Seite der Hauptaxe parallel, deren scharfe,

schmale Seite dazu senkrecht ist. Ein solcher liefert in der Diagonalstellung die Newton'schen Farben [106] in der Form von Streifen, gewöhnlich von der ersten bis zur fünften Ordnung, wie in Fig. A auf Taf. I. Er dient dazu, die Farben, welche doppelbrechende Blättchen zeigen, ihrer Ordnung nach zu bestimmen, ferner um an solchen Blättchen durch das vorgenannte combinirende Verfahren an dem Steigen oder Fallen der Farbe die Art (den Charakter) der Doppelbrechung zu erkennen.

Ueber die Prüfung der Krystalle in Dünnschliffen: Autor, Sitzungsber. d. Wiener Akad., Bd. 59, Mai 1869. Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie der petrogr. wichtigen Minerale, 1892. Liebisch, Physikal. Krystallographie, 1891. Lévy et Lacroix, Les minéraux des roches, Paris 1888. Groth, Physikal. Krystallographie, 1895.

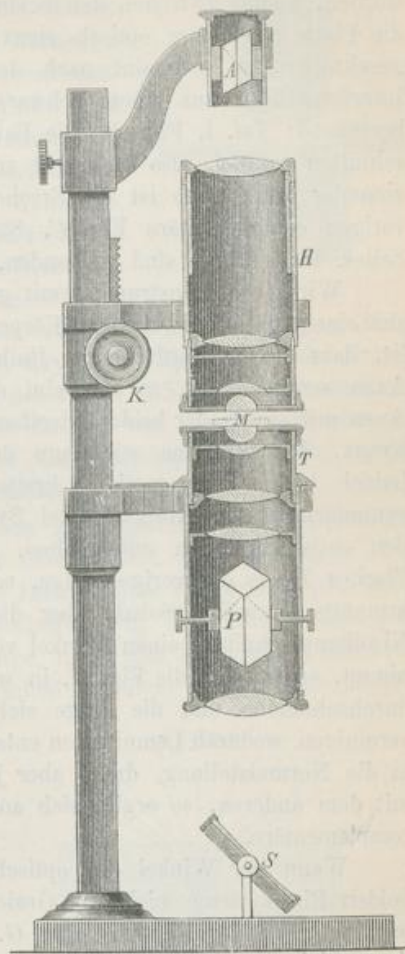
**118. Interferenzfiguren.** Man kann die Erscheinungen im polarisirten Lichte bedeutend verändern, wenn man statt des einfallenden parallelen Lichtes convergentes Licht in die zu untersuchende Platte gelangen lässt. Bei der Beobachtung mit der Turmalinzange geschieht es in der Weise, dass man die letztere nach Einschiebung der Platte nahe an das Auge bringt. Dieses empfängt jetzt schief einfallende Strahlen, es beobachtet im Lichtkegel.

Einen praktischen Apparat, in welchem der Lichtkegel durch stark convexe Linsen hervorgebracht wird, hat zuerst Nörrenberg angegeben. Derselbe ist seither durch Anwendung der Nicol'schen Prismen modificirt und auch sonst umgestaltet worden und dient jetzt zur Prüfung von grösseren Krystallplatten. Der Apparat soll hier als Konoskop angeführt werden. S. Fig. 322. Die Untersuchung im convergenten polarisirten Lichte wird demnach als konoskopische Prüfung bezeichnet.<sup>1)</sup>

Die von dem Spiegel *S* in das Instrument eintretenden Strahlen gelangen durch eine Linse in den Polarisator *P* und werden hierauf durch ein Linsensystem, besonders aber durch eine halbkugelige Linse convergent gemacht, worauf sie

<sup>1)</sup> Der Apparat wurde früher als Polarisationsmikroskop oder Polarisationsinstrument bezeichnet.

Fig. 322.

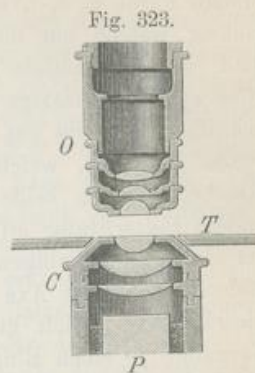


durch die zu prüfende Platte *M*, ferner durch eine zweite halbkugelige Linse und ein ferneres Linsensystem in den Analysator *A* sich fortpflanzen. Das Stück *T* ist drehbar und am Rande mit einer Gradeintheilung versehen. Der obere Theil *H* kann durch den Trieb bei *K* auf- und abgeschoben werden, so dass die Platte *M* zuerst mit freier Hand zurecht gelegt werden kann, worauf sie, nachdem *H* gesenkt worden, knapp zwischen den beiden halbkugeligen Linsen zu liegen kommt. Ist die Platte aus einem optisch einaxigen Individuum senkrecht zur optischen Axe geschnitten, so erscheint nach dem Zusammenschieben des Instrumentes eine Interferenzfigur aus einem schwarzen Kreuz und concentrischen farbigen Ringen bestehend; Taf. I, Fig. *B*. Die Balken des Kreuzes sind den beiden Nicolhauptschnitten parallel, also senkrecht zu einander. Stellt man die beiden Nicols zu einander parallel, so ist die Erscheinung verändert und es ergibt sich die zur vorigen complementäre Fig. *C*. Statt des schwarzen Kreuzes bemerkt man ein helles. Farbenringe sind vorhanden, jedoch in complementärer Lage und Färbung.

Wird in das Instrument mit gekreuzten Nicols eine Platte geschoben, welche aus einem optisch zweiaxigen Körper, z. B. einem Aragonitkrystall, so geschnitten ist, dass die Schnittfläche zur Halbirungslinie des spitzen Winkels der optischen Axen senkrecht ist, so erscheint die Fig. *F*, wofern die Ebene der optischen Axen mit einem der beiden Nicolhauptschnitte parallel ist. Man sieht ein schwarzes Kreuz, dessen Arme wiederum den beiden Nicolhauptschnitten parallel sind; jedoch ist der eine merklich breiter, der andere schmaler. An letzterem liegen symmetrisch zum vorigen zwei Systeme von Farbenringen, deren Mittelpunkte den optischen Axen entsprechen. Bringt man die Platte durch Drehung des Tisches *T* aus der vorigen Lage, so trennt sich das Kreuz und bildet zwei gekrümmte Schweife. Sobald aber die Ebene der optischen Axen mit den beiden Nicolhauptschnitten einen Winkel von  $45^\circ$  bildet, also eine Diagonalstellung einnimmt, ergibt sich die Fig. *G*, in welcher zwei dunkle Hyperbeln die Ringsysteme durchschneiden und die Ringe sich zum Theil in der Mitte des Gesichtsfeldes vereinigen, wodurch Lemniscaten entstehen. Bringt man die Aragonitplatte wiederum in die Normalstellung, dreht aber jetzt den einen Nicol bis zur Parallelstellung mit dem anderen, so ergibt sich anstatt der früher erhaltenen Figur *F* die dazu complementäre.

Wenn der Winkel der optischen Axen sehr gross ist, so erscheinen die beiden Ringsysteme nicht im Gesichtsfelde, sondern es zeigt sich dort blos der mittlere Theil der Figur *F* oder *G*. Wenn hingegen der Winkel der optischen Axen klein ist, wie im Glauberit, so zeigt sich im mittleren Theile der erhaltenen Figur nichts von einem farbigen Ringe, weil die beiden Ringsysteme sich aussen zu elliptischen Formen vereinigen. In der Normalstellung gibt also der Glauberit die Figur *D*, welche sich dem Bilde nähert, das ein optisch einaxiger Körper liefert. In der Diagonalstellung aber zeigt er die Erscheinung in Figur *E*, welche durch die Trennung der beiden Hyperbeln die Existenz zweier optischer Axen anzeigt. Aus Individuen mit grossem Axenwinkel können Platten senkrecht gegen eine optische Axe geschnitten werden, welche blos ein einziges Ringsystem mit einem dunklen Schweif zeigen; die Form entspricht aber ganz den Figuren *F* und *G*.

Zur Prüfung von kleinen Mineralblättchen und von Kryställchen, welche frei liegen oder in Dünnschliffen enthalten sind, wird dasselbe Mikroskop Fig. 316 verwendet, welches zur orthoskopischen Untersuchung dient. Es bedarf nur einer leicht ausführbaren Veränderung desselben, um das in das Mineralblättchen einfallende polarisirte Licht convergent zu machen. Zu diesem Zwecke schiebt man in die Oeffnung des Tisches *T* (Fig. 323) von unten her ein Linsensystem, einen Condensator *C*, welcher auf den Polarisator *P* passt, und nimmt das Ocular, welches sich unter dem Analysator befand, heraus. Jetzt gibt das Instrument dieselben Erscheinungen wie das vorher beschriebene Konoskop, denn das Mineralblättchen befindet sich wiederum zwischen halb-kugeligen Linsen und gekreuzten Nicols. Das Orthoskop ist in ein Konoskop verwandelt. Diese bequeme Modification wurde von A. von Lasaulx angegeben. (Jahrb. f. Min. 1878, pag. 377.) Zur Aufsuchung der optischen Axen in einem Krystall, in Spaltungs- oder Bruchstücken von Krystallen dient in vielen Fällen das früher [115] erwähnte, von Klein empfohlene Verfahren des Eintauchens in eine Lösung von gleichem Brechungsquotienten. Das durchsichtige Gefäß wird in das Konoskop oder in den später zu beschreibenden Axenwinkelapparat eingeschaltet.



Um die Entstehung der Interferenzfiguren zu begreifen, kann man zuerst die Farbenringe, welche die optisch einaxige Platte liefert, berücksichtigen. Das von der unteren halb-kugelförmigen Linse des Instrumentes kommende, polarisirte Licht bildet in der Mineralplatte einen Doppelkegel, Fig. 325, und in dem einfacheren Falle, wie z. B. in der Turmalinzange, bildet das Licht einen einfachen Kegel, Fig. 324, daher die meisten Strahlen schief einfallen, in der Platte doppelt

Fig. 324.

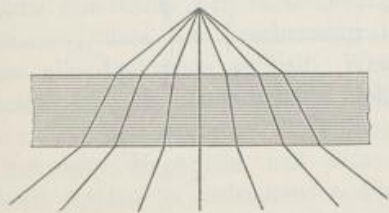
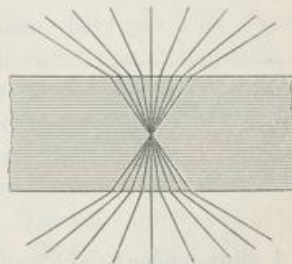


Fig. 325.



gebrochen und unpolarisirt werden. Demzufolge ist hier, wie bei der Anwendung parallelen Lichtes [117], eine Farbenercheinung durch Interferenz zu erwarten. Den einfallenden Lichtkegel kann man sich aus ungemein vielen Kegelmänteln zusammengesetzt denken, welche alle dieselbe Höhe, aber verschiedene Weite haben. Die Strahlen desselben Kegelmantels haben gleiche Neigung gegen die optische Axe des Minerals, geben also bei der Interferenz dieselbe Farbe. Die

Linse frei  
rück *T*  
teil *H*  
tte *M*  
senkt  
t. Ist  
Axe  
eine  
ingen  
haupt-  
ls zu  
e zur  
n ein  
bung-  
relche  
nitten  
schen  
farzes  
sind;  
liegen  
unkte  
g des  
ei ge-  
beiden  
g ein-  
steme  
feldes  
lerum  
ellung  
dazu  
n die  
s der  
schen  
tenen  
ussen  
überit  
körper  
relche  
Axen  
gegen  
n mit  
en *F*



Strahlen des folgenden inneren Kegels fallen schon steiler auf die Platte, haben in derselben einen kürzeren Weg zurückzulegen und liefern demgemäss eine andere Farbe u. s. f. In einer optisch einaxigen Platte müssen daher Farben entstehen, welche um die Hauptaxe ringförmig angeordnet und von derselben Art sind, wie die mittels des Newton'schen Glases erzeugten Interferenzringe [106]. Eine optisch zweiaxige Platte, welche senkrecht gegen eine der beiden Axen geschnitten ist, gibt aus demselben Grunde wie die vorige ein Ringsystem. Eine Platte hingegen, welche, wie die früher bezeichneten Platten von Aragonit und Glauberit, gegen beide optische Axen gleich schief geneigt ist, wird eine etwas andere Betrachtung erfordern. Unter den Strahlen des Lichtkegels, welche sehr verschiedene Neigungen haben, wird es solche geben, welche der einen und der anderen optischen Axe parallel sind, aber auch solche, die rings um eine und dieselbe Axe gleich geneigt sind. Diese werden bei dem früher geschilderten Vorgange je einen Ring von gleicher Farbe geben, der aber jetzt etwas verzerrt erscheinen muss, und ebenso werden noch fernere concentrische Farbenringe entstehen.

Um nunmehr die Auslöschungen in der einaxigen Platte zu verfolgen, wird man wiederum zuerst einen einzigen Kegelmantel des einfallenden Lichtes ins Auge fassen. Bestünde derselbe aus gewöhnlichem Lichte, so würden beim Eintritt in die Platte alle Strahlen doppelt gebrochen, so dass daraus zwei Kegelmäntel entstünden, die auf der Platte zwei concentrische Kreise geben. Bei einem negativen Mineral, wie Calcit, bestünde der äussere Kreis durchwegs aus ordinären Strahlen, deren Schwingungen tangential, der innere aber aus extraordinären Strahlen, deren Schwingungen radial wären. Da jedoch das einfallende Licht polarisirt ist, so wird, wenn dessen Schwingungsrichtung parallel  $PP$  ist, Fig. 326.

Fig. 326.

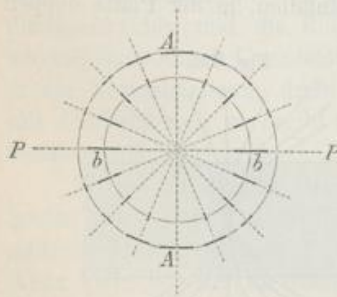
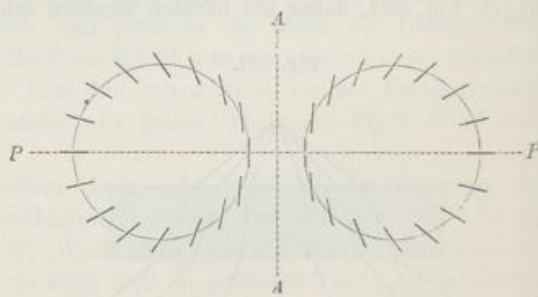


Fig. 327.



ein bei  $A$  eintretender Strahl ungetheilt als ordinärer Strahl durchgehen, während die folgenden Strahlen des Mantels gespalten und unpolarisirt werden, so dass jeder einen ordinären und einen extraordinären Strahl bildet. An der Stelle  $b$  jedoch wird der eintretende Strahl wieder ungetheilt, und zwar als ausserordentlicher Strahl durchgehen. Die zerlegten Strahlen kommen im Analysator zur Interferenz und liefern Ringe, die einfachen bei  $A$  und  $b$  werden ausgelöscht. So entstehen in jedem Kegelmantel vier dunkle Stellen, in allen Mänteln zusammen genommen entsteht das dunkle Kreuz.

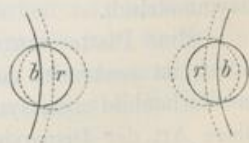
Bei der zweiaxigen Platte sind ebenfalls die Strahlen zu betrachten, welche um jede Axe herum gleich geneigt sind, also auf der Platte zwei ovale Ringe ergeben, Fig. 327. Wird für einzelne Punkte jedes Ringes je eine Schwingungsrichtung bestimmt, indem Linien nach jeder Axe gezogen und die entstandenen Winkel halbirt werden [116], so erhält man die in der Figur dicker ausgezogenen Striche; senkrecht zu denselben wäre immer die zweite Schwingungsrichtung hinzuzudenken. Ist nun wieder die Schwingung des einfallenden polarisirten Lichtes parallel  $PP$ , so werden die Stellen auf der Linie  $PP$  Dunkelheit geben, nicht aber die übrigen Stellen der Ringe. Alle um die Axen gedachten, concentrischen Ringe haben sonach zwei dunkle Stellen, wodurch der horizontale Balken der Fig.  $D$  und  $F$  auf Tafel I entsteht. Prüft man ferner die Schwingungsrichtungen auf der punktirten Linie  $AA$  in Fig. 327, so erkennt man, dass alle Punkte derselben Dunkelheit geben, woraus der verticale Balken in den Figuren  $D$  und  $F$  entsteht. Es ist nun auch leicht, die Form der dunklen Hyperbeln abzuleiten, welche bei der Diagonalstellung entstehen, ebenso die übrigen abgebildeten Erscheinungen.

**119. Dispersion der Axen.** An dem Axenbilde der optisch zweiaxigen Körper, wie es im Konoskop erscheint, bemerkt man oft Farbenvertheilungen, welche von der gleichförmigen Anordnung um die optische Axe abweichen und von einer Dispersion der optischen Axen abgeleitet werden. Man erkennt dieselben besonders deutlich an dem Saume der dunklen Hyperbeln und an den ersten Farbenringen. So erscheinen in Fig.  $G$  auf Tafel I, welche das Axenbild des Aragonits darstellt, die Hyperbeln dort, wo sie die Axenpunkte durchsetzen, gegen die Mitte des Gesichtsfeldes blau, nach aussen roth gesäumt. Das Blau ist also gegen die Mitte des Gesichtsfeldes oder Axenbildes geschoben, das Roth aber nach aussen hin gerückt. Dementsprechend sind auch an der Diagonalstellung  $G$  die Farben verschoben, und zwar ist in beiden Fällen das Roth in dem gegen die Mitte der Figur gewendeten Theile des Ringes stärker entwickelt.

Um den Grund der Verschiebung einzusehen, hat man sich zuerst daran zu erinnern, dass die Erscheinung im gewöhnlichen weissen Lichte auftritt, welches alle Lichtarten enthält. Wendet man monochromatisches, z. B. orangefarbiges Licht an, welches der Kürze wegen hier als roth bezeichnet wird, so erhält man schwarze Hyperbeln und blos schwarze Ringe. (Punktirte Linien in beistehender Fig. 328.) Wendet man sodann monochromatisches blaues Licht an, so erhält man wiederum schwarze Hyperbeln und schwarze Ringe, aber nicht mehr genau an derselben Stelle, wie vorhin im rothen Lichte, sondern um etwas verschoben. (Ausgezogene Linien der Figur.) Die Axenpunkte, für roth  $r$  und für blau  $b$ , liegen demnach an verschiedenen Stellen.

Bei Anwendung von Tageslicht wird nun dort, wo die punktirten Linien angegeben sind, rothes Licht vernichtet, die übrigen Lichtarten aber bleiben er-

Fig. 328.



haben  
eine  
ent-  
Art  
106].  
ge-  
Eine  
und  
etwas  
sehr  
l der  
und  
werten  
erzert  
ehen.  
wird  
s ins  
Ein-  
Regel-  
inem  
ären  
ären  
Licht  
326.

---P

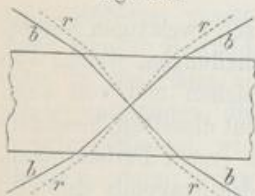
rend  
dass  
ille  $b$   
asser-  
sator  
sicht.  
men-

halten und geben ein complementäres Blau. An der Stelle, wo die ausgezogenen Linien liegen, wird nur blaues Licht vernichtet, die übrigen Lichtarten liefern ein complementäres Roth. Die an den Hyperbeln und am ersten Ring verschoben auftretenden Farben sind also gleichsam verkehrt zu deuten. Wo roth erscheint, dort ist eigentlich die Hyperbel und der Ring für blau, wo blau erscheint, dort ist eigentlich die Hyperbel und der Ring für roth.

Wo die Hyperbel auch im Tageslichte grau ist, dort werden alle Lichtarten vernichtet.

Genau genommen hat also jede Lichtart ihren besonderen Ring und ihre besondere Hyperbel, also ihr besonderes Axenbild. Weil aber die einzelnen Hyperbeln etwas breiter sind, so fallen sie zum Theil übereinander. Da jede Farbe ihr Axenbild an einer anderen Stelle hat, so wird im allgemeinen auch die Distanz zwischen den Mittelpunkten beider Axenbilder und somit der Axenwinkel für jede Farbe ein anderer sein. Fig. 329. In dem vorigen Beispiele ist der Axenwinkel für roth kleiner als für violett, was man durch  $\rho < \nu$  ausdrückt.

Fig. 329.



Man erkennt dieses daran, dass die Hyperbeln gegen aussen roth gesäumt und die ersten Ringe immer gegen die Mitte des Axenbildes roth gefärbt sind. Wenn hingegen die Ringe innen nach jener Seite hin blau gefärbt sind und ebenso die Hyperbeln nach aussen blau gesäumt sind, wie in Fig. A und B auf Taf. II (Adular), so wird man schliessen, dass der Axenwinkel für roth grösser sei als für blau, was durch  $\rho > \nu$  ausgedrückt wird.

Was nun weiter die Vertheilung der Farben in dem ganzen Bilde betrifft, so kann dieselbe symmetrisch oder unsymmetrisch sein, und zwar herrscht auch hier das Gesetz, dass die Anordnung der Farben dem Charakter der Flächen entspricht, zu welcher die untersuchte Platte parallel ist. Da in dem rhombischen, monoklinen und triklinen Systeme nur disymmetrische, monosymmetrische und asymmetrische Flächen möglich sind, so wird die Dispersion im ganzen Bilde entweder disymmetrisch, monosymmetrisch oder asymmetrisch sein.

Die Aragonitplatte (rhombisch), welche die Bilder F und G auf Taf. I gibt, ist einer Endfläche parallel, also disymmetrisch. Zieht man in den genannten Bildern eine Linie durch die Axenpunkte, eine zweite senkrecht zur vorigen durch die Mitte des Bildes, so sind dieselben Symmetrielinien. Beide Bilder sind disymmetrisch.

Eine Platte von Gyps (monoklin), welche die Bilder C und D auf Taf. II liefert, ist senkrecht gegen die Symmetrieebene geschnitten. Dementsprechend ist das Farbenbild monosymmetrisch, die Symmetrielinie geht durch beide Axenpunkte. Diese Art der Dispersion nennt Neumann geneigte Dispersion.

Der Adular (monoklin) liefert die Bilder A und B auf Taf. II. Die Platte ist senkrecht zur Symmetrieebene, die Dispersion dementsprechend monosymmetrisch. Die Symmetrielinie ist aber senkrecht zur Verbindungslinie der Axenpunkte. Diese Art der Dispersion wird die horizontale genannt.

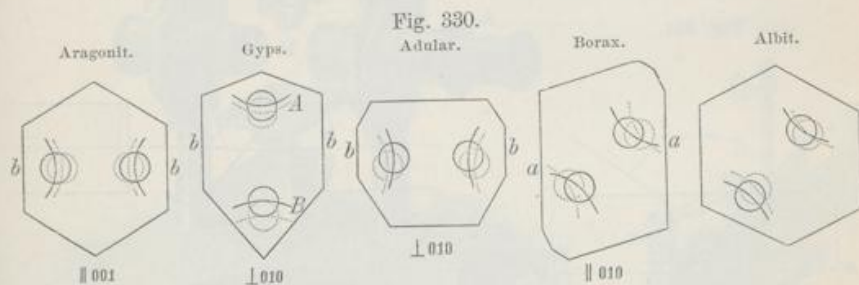
Die asymmetrische Dispersion ist ebenfalls von zweierlei Art. Eine Platte von Borax (monoklin), welche der Symmetrieebene parallel ist, hat einen dimetrischen

Charakter [26]. Sie gibt die Bilder *E* und *F* auf Taf. II, deren Farbenvertheilung dimetrisch ist. Diese Art der Dispersion wird die gedrehte genannt.

Der Oligoklas (triklin) liefert die Bilder *G* und *H* auf Taf. II, welche eine asymmetrische Dispersion zeigen.

Die Erklärung der verschiedenen Dispersionen ist in den schematischen Zeichnungen, Fig. 330, angedeutet, welche beiläufig angeben, wie die Bilder der Axen für verschiedene Farben zu liegen kommen; doch sind die Abweichungen übertrieben dargestellt. Die Ringe für roth sind wiederum punktirt, jene für blau ausgezogen.

Im Aragonit sind die Axen für alle Farben parallel der Querfläche und zugleich symmetrisch zur Längsfläche *b* angeordnet, daher die disymmetrische Zeichnung und Farbenvertheilung des Doppelbildes. Im Gyps liegen alle Axen in der Symmetrieebene, bei *B* sind aber die Axen für roth und blau stärker abweichend als bei *A*, daher die Axenbilder von einander verschieden. Denkt man sich die Mitte zwischen den Axen für roth, sodann die Mitte zwischen jenen für blau, so sind beide in der Symmetrieebene, weichen aber von einander ab. Die Halbierungen der Axenwinkel erscheinen also dispergirt. Im Adular bilden die Axen für jede Farbe mit der Symmetrieebene gleiche Winkel, im übrigen sind sie verschieden gelagert, daher geben sie wiederum eine monosymmetrische Anordnung.



Von Borax muss man eine Platte parallel zur Symmetrieebene nehmen, um die Axen zu sehen. Sowohl jene für blau, als jene für roth bilden mit der Normale auf *b* gleiche Winkel, im übrigen ist ihre Lage verschieden, dies ergibt eine dimetrische Anordnung. Im Adular sind die Halbierungen der spitzen Axenwinkel für verschiedene Farben dispergirt, im Borax fallen sie zusammen, dagegen sind hier die Ebenen der optischen Axen für verschiedene Farben verschieden, also diese Ebenen dispergirt. Der Albit als triklines Mineral zeigt für jede Farbe eine andere Lagerung der Axen ohne Regel, daher die Anordnung eine unsymmetrische, die Axenbilder sind verschieden, die Halbierungen der Axenwinkel und die Ebenen der optischen Axen für verschiedene Farben sind dispergirt.

Eine besondere Art der Dispersion entsteht dadurch, dass die Abweichung der Axenebene für einige Farben  $90^\circ$  beträgt. Fig. *D* und *E* auf Taf. I geben die Erscheinung am Glauberit an, in welchem die Axen für roth in einer Ebene liegen, die in den Figuren horizontal ist, die Axen für blau aber in einer zur vorigen verticalen Ebene. Eine ähnliche Erscheinung zeigt auch der Brookit.

Lit. über die Interferenzfig. etc. in: v. Lang, Einleitung i. d. theoret. Physik.

**120. Axenwinkelapparat.** Die Beobachtung der Interferenzfiguren dient nicht nur zur Unterscheidung der optisch einaxigen und zweiaxigen Minerale und zur Erkennung der Dispersion, sondern auch zur Messung des Winkels der optischen Axen. Zu diesem Zwecke spaltet oder schneidet man eine Platte senkrecht zur Halbirungslinie des spitzen Winkels der optischen Axen, Fig. 331. In dieser bildet jede der beiden Axen mit jener Linie denselben Winkel  $V$ , und es ist  $2V$  der Winkel, welchen die optischen Axen thatsächlich mit einander einschliessen und welcher der wahre Winkel der optischen Axen heisst. Der Lichtstrahl aber, welcher in der Richtung einer optischen Axe durch die Platte  $MM$  gegangen ist, wird beim Austritte in die Luft von dem Einfallslot abgelenkt und bildet nun mit demselben den Winkel  $E$ . Ebenso verhält sich der Strahl, welcher parallel zur zweiten Axe hindurehgeht. Demgemäss ist  $2E$  der Winkel, den man bei der Beobachtung in Luft erhält. Er ist der scheinbare Winkel der optischen Axen in Luft und ist immer grösser als der wahre. Im Folgenden wird nach dem Vorschlage von Descloizeaux die Hälfte des wahren spitzen Winkels mit  $V_0$ , die Hälfte des wahren stumpfen Winkels mit  $V_0'$ , ferner die Hälfte des scheinbaren Winkels in Luft mit  $E_0$  und  $E_0'$  bezeichnet.

Um den scheinbaren Winkel zu messen, bringt man die Platte in ein Instrument, welches wie ein Konoskop gebaut ist und ein Fadenkreuz im Ocular

Fig. 331.

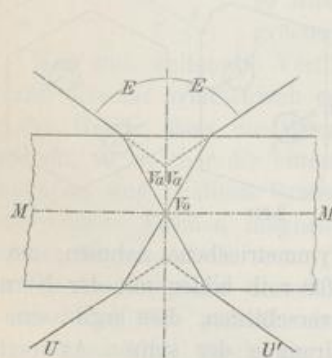


Fig. 332.

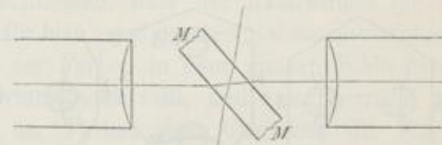
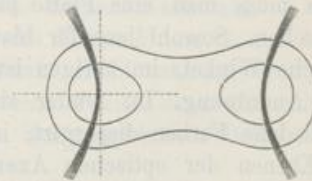


Fig. 333.



hat, und stellt in diesem zuerst das eine, dann das zweite Axenbild an dem Kreuzpunkte ein. Die zwischen beiden Einstellungen erfolgte Drehung wird an dem Limbus oder Vollkreis  $V$ , mit welchem die untersuchte Platte in Verbindung steht, abgelesen.

Die Fig. 332 zeigt die Stellung der Platte von oben gesehen in dem Augenblicke der Beobachtung der einen Axe, die Fig. 333 gibt die entsprechende Coincidenz des Fadenkreuzes mit dem Centralpunkte des Axenbildes an. Fig. 334 liefert die Ansicht des Axenwinkelapparates nach der v. Lang'schen Construction. Die verticale drehbare Axe hat oberhalb des Limbus  $V$  einen Zeiger, unterhalb

desselben eine Vorrichtung *C* zum Centriren und eine solche *J* zum Justiren der in der Pincette befindlichen Platte.<sup>1)</sup>

Um den Axenwinkel auch bei höheren Temperaturen zu bestimmen, setzt man auf den Träger *T* einen durchsichtigen Luftkasten, in welchen man das Mineralplättchen hinabsenkt, Fig. 335. Die Temperatur, welche die Umgebung des letzteren in Folge der Erhitzung durch die Flammen *FF* angenommen hat, wird an zwei Thermometern abgelesen.

Fig. 334.

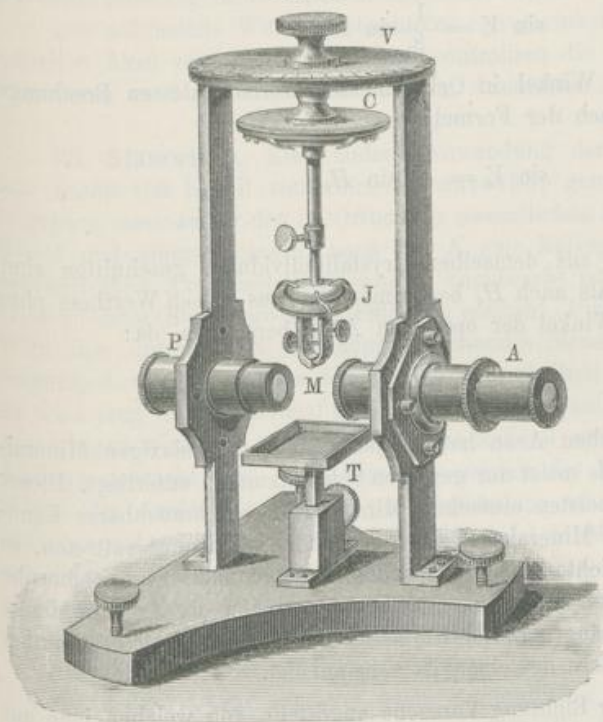


Fig. 336.

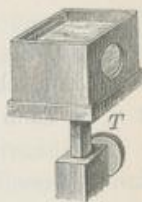
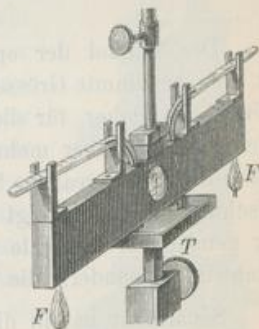


Fig. 335.



Wenn der Axenwinkel so gross ist, dass  $V_a$  den Winkel der totalen Reflexion erreicht oder überschreitet, so sieht man in der Luft kein Axenbild mehr. Man kann sich aber in vielen Fällen damit helfen, dass man die Platte in Oel taucht, welches in einem durchsichtigen Behälter enthalten ist und welches die totale Reflexion an der Grenze von Mineral und Luft aufhebt. Fig. 336. Die hier beobachteten Winkel werden mit  $H_a$  und  $H_o$  bezeichnet.

<sup>1)</sup> Man kann an jedem Konoskop einen Limbus mit drehbarer Axe anbringen und dadurch die Messung des Axenwinkels ermöglichen. In dem Apparat von G. Adams und E. Schneider sind die beiden halbkugeligen Linsen sammt Mineralplatte drehbar. Man erhält hier den Axenwinkel in Glas. Der Apparat gestattet die Messung sehr stumpfer Axenwinkel und ist für die erste Orientirung sehr brauchbar. (Becke in Tschermak's Mineral. u. petr. Mitth., Bd. 2, pag. 430.) Eine annähernde Bestimmung des Axenwinkels gelingt in jedem Konoskop einfach dadurch, dass eine in Glas geätzte Skale an geeigneter Stelle eingelegt wird, nachdem die Theilung empirisch ausgewerthet worden.

Um in sehr kleinen Mineralblättchen den Axenwinkel bestimmen zu können, wird auf den Tisch des Mikroskopes, Fig. 316, nachdem der Condensor eingeschoben worden, ein kleiner Apparat aufgestellt, welcher aus einer horizontalen drehbaren Axe besteht, an welcher das Blättchen befestigt wird, ferner aus einem getheilten Halbkreis, welcher vertical auf den Tisch des Instrumentes zu stehen kommt.

In der Richtung der optischen Axen herrscht einfache Brechung. Der zugehörige Brechungsquotient wird  $\beta$  genannt. Man kann den wahren Winkel der optischen Axen aus dem scheinbaren berechnen, wofern man die Formel:

$$\sin V_a = \frac{1}{\beta} \sin E_a$$

benutzt. Ist der scheinbare Winkel in Oel gemessen worden, dessen Brechungsquotient  $n$ , so kann man nach der Formel:

$$\sin V_a = \frac{n}{\beta} \sin H_a$$

rechnen.

An zwei Platten, die aus demselben Krystallindividuum geschnitten sind, kann man öfter sowohl  $H_a$  als auch  $H_o$  bestimmen und aus diesen Werthen, ohne  $\beta$  zu kennen, den wahren Winkel der optischen Axen berechnen, da:

$$\operatorname{tg} V_a = \frac{\sin H_a}{\sin H_o}$$

Der Winkel der optischen Axen hat bei jeder optisch zweiaxigen Mineralart eine bestimmte Grösse, die meist nur geringen Schwankungen unterliegt. Dieser Winkel ist daher für die meisten einfachen Mineralarten ein brauchbares Kennzeichen. Wenn aber mehrere Mineralarten in isomorpher Schichtung auftreten, so hat jede anders geartete Schichte auch einen anderen Axenwinkel. Eine isomorphe Mischung hingegen zeigt einen Axenwinkel, dessen Grösse von der Art und Menge der gemischten Minerale abhängt. Derlei Krystalle haben also keinen bestimmten Axenwinkel, sondern die Grösse desselben ist schwankend.

Sénarmont hat in dieser Richtung Versuche angestellt, von welchen jene am wichtigsten sind, welche er an isomorphen Mischungen von weinsaurem Natronkali und von weinsaurem Natronammoniak, welche auch Seignettesalze genannt werden, ausführte. Die beiden einfachen Salze haben ungefähr gleichen Axenwinkel und  $\rho > v$ , jedoch liegen die Axenebenen in dem einen und in dem anderen Salze senkrecht zu einander. Die Mischkrystalle zeigen nun bei steigendem Gehalte an dem Ammonsalze immer kleinere Axenwinkel, bis bei einem bestimmten Gehalte der Axenwinkel für roth, dann jener für violett gleich Null wird und hierauf die Axen in der zur vorigen senkrechten Ebene wieder auseinander gehen. (Pogg. Ann. Bd. 86, pag. 35 und 70.)

Die Dispersionserscheinungen an den Axenbildern haben schon erkennen lassen, dass der Axenwinkel für verschiedene Farben nicht genau dieselbe Grösse habe; daher ist bei genaueren Bestimmungen der Axenwinkel für jede einzelne Farbe zu ermitteln. In diesem Falle verwendet man für die Beobachtung solche

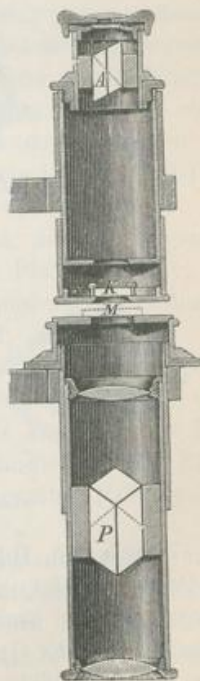
Vorrichtungen, welche möglichst monochromatisches Licht in den Apparat senden. Gewöhnliches Licht durch gefärbte Gläser gehen zu lassen, ist nur für wenige Glassorten zu empfehlen. Das Kupferoxydulglas gibt fast monochromatisches Roth, das grüne Glas ist schon weniger geeignet, die blauen Gläser noch weniger, die gelben gar nicht. Dagegen erhält man vollständig oder nahezu vollständig monochromatisches Licht durch gefärbte Flammen. Die Flamme des Bunsen'schen Gasbrenners mit Lithiumsalz gefärbt, liefert ziemlich reines Roth, mit Natriumsalz, z. B. Kochsalz, oder besser mit Bromnatrium gefärbt, monochromatisches Gelb, mit Thalliumsalz gefärbt, monochromatisches Grün.

Die auf solche Weise beobachteten Axenwinkel geben die Dispersion der optischen Axen zahlenmässig an und controliren die vorhin geschilderten Wahrnehmungen an der Farbenvertheilung im Axenbilde.

**121. Stauroskop.** Eine andere Anwendung der Interferenzfiguren wird in dem zuerst von Kobell construirten Stauroskop gemacht. Dieses Instrument ist so gebaut, dass ausser den im Orthoskop wesentlichen Stücken, nämlich den beiden Nicols und einigen Linsen, noch bei *K* eine Kalkspathplatte, welche senkrecht zur optischen Axe geschnitten wurde, angebracht ist, und zwar an einer Stelle, wo ein Lichtkegel entsteht. Fig. 337. Wird nun unterhalb *K* ein doppeltbrechendes Mineral so eingeschoben, dass es ohne den Kalkspath Dunkelheit gäbe, so wird jetzt die Interferenzfigur des Kalkspathes auftreten. Diese Figur wird aber gestört, sobald das Mineral aus jener Stellung gebracht wird. Man kann also mittels des Stauroskopes die Auslöschungsrichtungen bestimmen, und zwar etwas genauer als mit dem Orthoskop. Jedoch ist die Methode des Stauroskopes nur dann vorzuziehen, wenn die zu untersuchende Platte völlig klar ist. Anstatt der einfachen Kalkspathplatte empfiehlt Brezina, zwei derlei Platten zu nehmen, welche gegen einander etwas schief liegen, weil diese eine Interferenzfigur liefern, welche noch empfindlicher ist als die einfache Figur des Kalkspathes, indem die Störung mehr auffällt.

Um auch gefärbte Minerale prüfen zu können, wendet L. Calderon eine Calcitplatte an, welche aus einem künstlichen Zwillings nach *R* so geschnitten ist, dass die Zwillingsebene vertical zu stehen kommt, und entfernt die Sammellinse, daher nun der Apparat in ein Orthoskop verwandelt erscheint. Die Einstellung geschieht auf genau gleiche Dunkelheit der beiden Hälften der Calcitplatte. (Zeitschr. f. Kryst., Bd. 2, pag. 69.) Die Genauigkeit der Resultate ist grösser als bei dem einfachen Orthoskop und dem vorgenannten Stauroskop. Bertrand wendet ein Plattensystem an, welches aus zwei rechtsdrehenden und zwei linksdrehenden Quarzplatten von gleicher Dicke besteht, deren Grenzen ein rechtwinkeliges Kreuz bilden.

Fig. 337.



men,  
oben  
aren  
älten  
zu-  
der

ngs-

sind,  
ohne

eral-  
leser  
enn-  
t, so  
rphe  
enge  
nten

am  
ron-  
annt  
xen-  
eren  
alte  
Ge-  
rauf  
hen.

men  
össe  
elne  
lehe



**122. Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung.** Um an optisch einaxigen Mineralen zu erkennen, ob dieselben positive oder negative Doppelbrechung haben, schiebt man die zur optischen Axe senkrecht geschnittene Platte in das Konoskop, wodurch die Interferenzfigur *B* auf Taf. I entsteht. Hierauf wird in den freien Raum unterhalb des Analysators eine Glimmerplatte (Viertelundulations-Glimmerplatte) gebracht. Dieselbe ist aus Kaliglimmer (Muscovit) so dünn gespalten, dass sie die nachstehende Erscheinung veranlasst. An der Glimmerplatte hat man sich die Ebene der optischen Axen durch einen Pfeil angemerkt. Sie wird horizontal so eingeschoben, dass der Pfeil in der Diagonalstellung erscheint. Jetzt ist die Interferenzfigur gestört, das Kreuz ist geöffnet, und es treten zwei Hyperbeln auf, welche an ihren Scheiteln zu grauen Punkten angeschwollen sind. Fig. 338. Die Ringe sind innerhalb jeder Hyperbel hinausgeschoben, während sie in dem Raume zwischen beiden Hyperbeln hereingeschoben und verengert erscheinen.

Wenn die Verbindungslinie der beiden grauen Punkte so liegt, dass ihre Richtung den Pfeil senkrecht kreuzt, so ist die untersuchte Platte positiv, wenn aber jene Verbindungslinie dieselbe Lage hat, wie der Pfeil, ist die untersuchte Platte negativ.

Fig. 338.

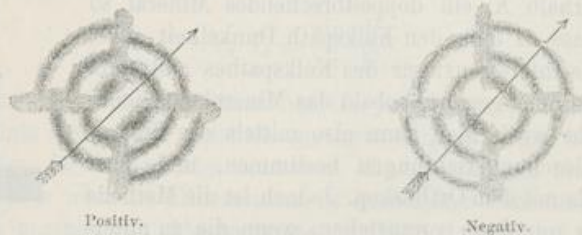
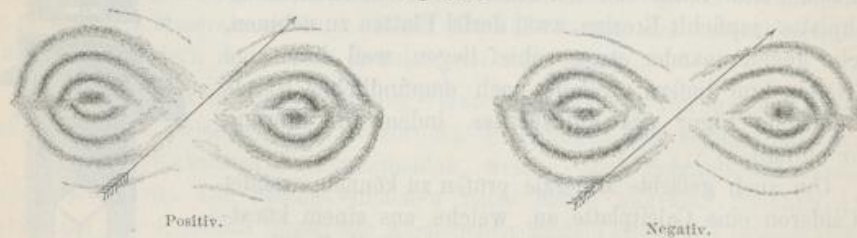


Fig. 339.



Auch mit Hilfe eines Gypsblättchens, welches als Polarisationsfarbe Roth I. Ordnung zeigt, und an welchem man die Lage der Auslöschungsrichtungen angemerkt hat, lässt sich die Bestimmung leicht und bequem ausführen. Nach Einschiebung der Gypsplatte in der Diagonalstellung erscheinen die vier Quadranten des Interferenzbildes um den Mittelpunkt herum abwechselnd blau und gelb gefärbt. Das Verhalten der optisch positiven und der optisch negativen Platten ist wieder um  $90^\circ$  verschieden.

Optisch zweiaxige Medien können auch als positive und negative unterschieden werden, weil von den beiden Strahlen, welche sich den Halbirungslinien

des spitzen und des stumpfen Axenwinkels entlang bewegen, der eine sich zu dem anderen verhält wie ein ordentlicher Strahl zum ausserordentlichen.

Hat man die Interferenzfigur der optisch zweiaxigen Platte erzeugt, und ist diese in der Normalstellung, wie Fig. *F* auf Taf. I, so schiebt man die vorgenannte Glimmerplatte so ein wie im vorigen Falle, also in der Diagonalstellung. Auch hier erscheint nunmehr die Interferenzfigur gestört. In zweien der Quadranten sind die Ringe erweitert, in den abwechselnden Quadranten aber verengert. Fig. 339. Die Unterscheidung erfolgt entsprechend der früheren. Geht die Richtung des Pfeiles durch die Quadranten der verengerten Ringe, so ist die untersuchte Platte positiv, geht sie durch die Quadranten der erweiterten Ringe, so ist die untersuchte Platte negativ.

Auch mit Quarzkeilen und Quarzplatten kann die Unterscheidung der optisch zweiaxigen Platten ausgeführt werden. Man hat zur optischen Axe senkrecht geschnittene Quarzplatten von verschiedener Dicke vorrätig, aus welchen man in jedem Falle eine solche auswählt, welche die folgende Erscheinung am deutlichsten zeigt. Nachdem die Interferenzfigur, aber diesmal in der Diagonalstellung, also wie Fig. *G* auf Taf. I, erzeugt worden, wird die Quarzplatte in den Raum unterhalb des Analysators horizontal eingeschoben. Die Figur erscheint verändert. Jetzt wird die Quarzplatte mit freier Hand ein wenig um eine horizontale Axe gedreht, so dass die Lichtstrahlen durch eine immer dickere Quarzschicht gehen müssen. Man macht nun den Versuch zweimal, und zwar einmal so, dass die Drehungsaxe senkrecht zur Ebene der optischen Axen ist, und einmal so, dass die Drehungsaxe zu dieser Ebene parallel ist. In einem der beiden Versuche zeigt sich eine deutliche Vergrösserung der Ringe in der Interferenzfigur, so dass dieselben in der Mitte des Gesichtsfeldes zusammenlaufen. Diese Vergrösserung ist entscheidend. Erfolgt sie, wenn die Drehungsaxe senkrecht zur Ebene der optischen Axen, so ist die untersuchte Platte positiv, tritt sie aber ein, wenn die Drehungsaxe parallel zur Ebene der optischen Axen, so ist die untersuchte Platte negativ.

Macht man den Versuch mit einem Quarzkeil, so achtet man auf die Stellung der scharfen kürzeren Kante desselben. Der Quarzkeil wird, nachdem die zu prüfende Platte diagonal gestellt worden, einmal so eingeschoben, dass die längere Kante mit der Ebene der optischen Axen in der Platte parallel, folglich die kürzere Kante zu dieser senkrecht ist, und einmal so, dass die kürzere Kante der Ebene der optischen Axen parallel ist. Vergrössern sich die Ringe im ersten Fall, so ist die Platte optisch positiv, vergrössern sie sich im zweiten Fall, so ist sie optisch negativ.

In Dünnschliffen lässt sich der optische Charakter bei Anwendung des früher bezeichneten combinirenden Verfahrens [117] mittels dünner Blättchen von Glimmer oder Gyps durch Beobachtung des Steigens oder Fallens der Interferenzfarbe leicht bestimmen. Für sehr kleine lose Blättchen eignet sich der Quarzkeil, dessen Farbstreifen durch das Blättchen im Sinne des Steigens oder Fallens verschoben erscheinen.

Zuweilen lässt sich die Prüfung eines Mineralen sowohl im spitzen wie im stumpfen Axenwinkel anstellen. In dem ersteren zeigt sich immer ein anderes Verhalten als im zweiten, gibt der eine das Resultat positiv, so gibt der andere

ein-  
hung  
das  
rd in  
ions-  
ge-  
platte  
Sie  
neint.  
zwei  
sind.  
rend  
ngert

ihre  
wenn  
rechte

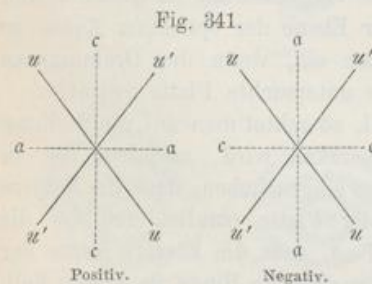
Roth  
gen  
fach  
aten  
ge-  
ist

ter-  
nen

das Resultat negativ. Wenn man aber im allgemeinen von positiv oder von negativ spricht, so bezieht sich dies immer auf den spitzen Axenwinkel.

**123. Optische Orientierung.** Um bei den optisch zweiaxigen Körpern sowohl die Lage der optischen Axen gegen die Krystallform angeben als auch den optischen Charakter bezeichnen zu können, bedient man sich der in der theoretischen Optik üblichen Hilfsmittel und Ausdrücke. Die Halbierungslinie des spitzen Winkels der optischen Axen heisst erste Mittellinie oder Bisectrix, die Halbierungslinie des stumpfen Winkels der optischen Axen heisst zweite Mittellinie oder Bisectrix. Diese beiden Mittellinien liegen in der Ebene der optischen Axen und sind senkrecht zu einander. Fig. 340. Eine Linie, welche zu den beiden Mittellinien, also auch zur Ebene der optischen Axen senkrecht ist, wird die optische Normale genannt. Sie erscheint nicht in der Zeichnung. Die drei Ebenen, welche durch die drei genannten Linien gehen, heissen optische Hauptsecte. Der eine davon ist also die Ebene der optischen Axen, der zweite geht durch die eine Mittellinie und die Normale, der dritte geht durch die andere Mittellinie und die Normale.

Die vorher benannten drei Linien werden auch Elasticitätsachsen und Hauptschwingungsrichtungen genannt. Man unterscheidet eine Axe der grössten Elasticität  $a$ , eine der mittleren Elasticität  $b$  und eine der kleinsten Elasticität  $c$ . Die Normale ist immer zugleich Axe der mittleren Elasticität. Die beiden Mittellinien kommen mit den beiden übrigen Elasticitätsachsen überein, und zwar entsprechend dem Charakter der Doppelbrechung. Fig. 341.



Man bezeichnet häufig  $a$  als negative,  $c$  als positive Mittellinie.

Die drei Elasticitätsachsen erscheinen in jedem optisch zweiaxigen Krystall so gelagert, dass in den holoëdrischen Krystallen durch das Einfügen der Elasticitätsachsen die Symmetrie nicht gestört wird und dass in den hemiëdrischen Krystallen die Stellung der Elasticitätsachsen dieselbe ist wie in den entsprechenden holoëdrischen. Demnach sind in jedem rhombischen Krystall, mag derselbe ein holoëdrischer oder ein hemiëdrischer sein, die Elasticitätsachsen den drei Krystallachsen parallel; in monoklinen Krystallen ist eine der drei Elasticitätsachsen der Symmetrieaxe parallel, während die beiden anderen Elasticitätsachsen in der Symmetrieebene liegen. In triklinen Krystallen folgt die Lage der Elasticitätsachsen keiner bestimmten Regel.

kleine  
optisc  
der l  
keine  
Kryst  
des r  
ist, v  
der  
Schie  
geben  
und  
folgli  
der  
Man  
sicht  
scha  
nisse  
vari  
als  
besit  
ist,

der  
lieg  
Gre  
(rho  
um  
grös  
win  
sch  
Bei  
zuv  
Bei

Denkt man sich in einem positiven zweiachsigem Krystall den Axenwinkel kleiner werdend, bis zur Grenze Null, so gelangt man zur Vorstellung eines optisch positiven einaxigen Körpers. In diesem ist die Hauptaxe zugleich Axe der kleineren Elasticität  $c$ , und die beiden anderen Elasticitätsachsen bieten hier keinen Unterschied, sie sind einander gleich. Wird in einem negativen zweiachsigem Krystall der Axenwinkel bis zur Grenze Null verfolgt, so ergibt sich das Schema des negativen einaxigen Krystalls, dessen Hauptaxe eine Axe grösserer Elasticität  $a$  ist, während senkrecht dazu allenthalben gleiche, aber kleinere Elasticität herrscht.

Die Lage der optischen Axen, der Winkel derselben, die Dispersion und der optische Charakter sind in jedem Mineral, welches nicht aus isomorphen Schichten aufgebaut ist oder eine isomorphe Mischung darstellt, constant, folglich geben diese Eigenschaften bestimmte Merkmale solcher Minerale an. Jeder Krystall und jedes Krystallbruchstück von Gyps zeigt dieselbe Lage der optischen Axen, und jedes Krystallbruchstück von Gyps zeigt dieselbe Lage der optischen Axen, folglich auch dieselbe Lage der Auslöschungsrichtungen, ergibt denselben Winkel der optischen Axen, dieselbe Dispersion und den gleichen optischen Charakter. Man kann daher winzige Splitter oder Körnchen von Gyps, wenn dieselben durchsichtig sind, auf optischem Wege als zum Gyps gehörig bestimmen.

Minerale, welche isomorphe Mischungen sind, haben variable optische Eigenschaften, doch bleiben sie oft auch in solchen Mineralen die optischen Verhältnisse beiläufig gleich. Wenn aber der Winkel der optischen Axen  $u$  und  $u'$  stark variiert, so kann es vorkommen, dass in der einen Mischung jener Winkel kleiner als  $90^\circ$ , in der anderen Mischung, welche gleiche Form und gleiche Spaltbarkeit besitzt, jener Winkel bei gleicher krystallographischer Stellung grösser als  $90^\circ$  ist,  $a$  und  $b$  in Fig. 342. Dann zeigt die eine Mischung in dem spitzen Winkel

Fig. 342.

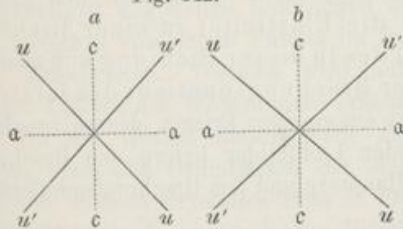
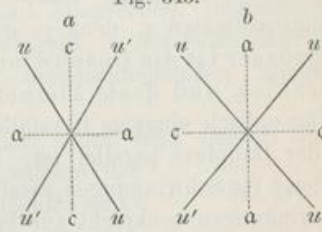


Fig. 343.



der optischen Axen den positiven, die andere den negativen Charakter, und doch liegen die Elasticitätsachsen in beiden gleich. Der Winkel von  $90^\circ$  ist eben die Grenze zwischen positivem und negativem Charakter. Ein Beispiel gibt der Bronzit (rhombisch), von welchem einige Exemplare positiv sind, weil die optischen Axen um die aufrechte Axe einen spitzen Winkel bilden, während andere, durch grösseren Eisengehalt dunkler gefärbte Exemplare negativ sind, weil jener Axenwinkel ein stumpfer ist.

Zuweilen kommen Minerale, welche eine verschiedene Orientirung des optischen Charakters besitzen, in isomorpher Schichtung oder Mischung vor. Fig. 343. Bei isomorpher Schichtung oder ungleichförmiger Mischung zeigt der Krystall zuweilen an einem Punkte positives, an einem anderen aber negatives Verhalten. Bei gleichförmiger Mischung sind oft einige Krystalle positiv, die anderen negativ,

je nach dem Vorwalten der einen oder der anderen Mineralart. Beispiele solcher optisch zweiaxiger Mischungen bieten die Chlorite, optisch einaxiger der Apophyllit.

**124. Hauptbrechungsquotienten.** In geeignet geschnittenen Platten doppeltbrechender Körper geben die Auslöschungsrichtungen [116] zugleich die Richtungen der Elasticitätsaxen an.

Wird aus einem optisch zweiaxigen Krystall eine Platte parallel der Ebene der optischen Axen geschnitten, so liefert dieselbe Auslöschungsrichtungen, welche der Axe der grössten und jener der kleinsten Elasticität parallel sind. Eine zur vorigen senkrechte Platte liefert zwei Auslöschungsrichtungen, von welchen eine der Axe der mittleren Elasticität parallel ist. Eine Platte, die aus einem optisch einaxigen Körper parallel zur Hauptaxe geschnitten ist, liefert Auslöschungsrichtungen parallel den Richtungen der grössten und der kleinsten Elasticität. Die Auslöschungsrichtungen geben aber die Schwingungsrichtungen der austretenden Strahlen an.

Schneidet man aus jenen Platten optisch zweiaxiger Krystalle Prismen derart, dass die brechenden Kanten der Prismen den Auslöschungsrichtungen parallel sind, so kann man die Brechungsquotienten jener Strahlen, deren Schwingungen den Elasticitätsaxen parallel sind, die Hauptbrechungsquotienten bestimmen. Jedes dieser Prismen liefert zwei Spectren, von welchen man dasjenige benutzt, welches zufolge der Prüfung mit dem Nicol jenen Schwingungen entspricht, welche der brechenden Kante parallel sind. Man erhält also mittels des einen Prisma, dessen brechende Kante der Elasticitätsaxe  $a$  parallel ist, den kleinsten Brechungsquotienten  $\alpha$ , mittels des Prisma, dessen brechende Kante der Elasticitätsaxe  $b$  parallel ist, den mittleren Brechungsquotienten  $\beta$  und mittels des Prisma, dessen brechende Kante der Elasticitätsaxe  $c$  parallel ist, den grössten Brechungsquotienten  $\gamma$ , denn je grösser die Elasticität in einer Richtung, desto grösser ist die Geschwindigkeit des in dieser Richtung schwingenden Strahles, und desto kleiner ist der Brechungsquotient des letzteren.

Für optisch einaxige Krystalle genügt ein einziges Prisma, dessen brechende Kante der Hauptaxe parallel ist. Die beiden Lichtbilder liefern den Brechungsquotienten  $\varepsilon$  für Schwingungen parallel zur Hauptaxe und den Brechungsquotienten  $\omega$  für Schwingungen senkrecht zur letzteren.

Die Differenz  $\gamma - \alpha$  gibt die Grösse der Doppelbrechung optisch zweiaxiger Körper an. Für optisch einaxige ist  $\varepsilon - \omega$  die Grösse der Doppelbrechung optisch positiver,  $\omega - \varepsilon$  die Grösse der Doppelbrechung optisch negativer Krystalle. In Platten und Dünnschliffen lassen sich diese Differenzen mittels des Compensators von Babinet bestimmen, während zur Ermittlung der absoluten Grösse der Brechungsquotienten wiederum die Methode des Duc de Chaulnes [98] unter Anwendung eines Nicols dient.

**125. Theoretische Erläuterung.** Um den Zusammenhang zwischen der Art der Lichtbrechung und der Bauweise der Krystalle zu erkennen, denkt man sich der von Fresnel begründeten Theorie gemäss den Aether in den Krystallen so vertheilt, wie es der Anordnung der Krystallmolekel in denselben entspricht, und berücksichtigt, dass die Lichtbewegung wellenförmig fortgepflanzt wird.

In den tesserale Krystallindividuen, die einen regulären Bau besitzen, herrscht eine gleichförmige Vertheilung des Aethers, daher Licht, welches von einem Punkte im Inneren ausgehend gedacht wird, sich kugelförmig ausbreiten wird. Die Welle ist in diesem Falle eine einfache, demgemäss die Lichtbrechung eine einfache, wie in den amorphen Körpern, in welchen zwar die Vertheilung des Aethers keine vollkommen regelmässige, doch im Ganzen und Grossen eine solche ist, dass keine Richtung vor der anderen einen Vorzug hat.

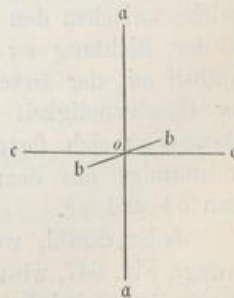
Die Krystalle von wirteligem Baue besitzen in allen Ebenen parallel zur Basis eine reguläre, senkrecht dazu eine andere Anordnung. In jenen Ebenen ist der Aether gleichförmig vertheilt, daher Licht, welches in einer solchen Ebene schwingt, sich so fortpflanzt, wie in einem tesserale Krystall. Denkt man sich nun Licht von einem Punkte im Innern ausgehend, so wird nur jener Strahl, welcher zur Hauptaxe parallel ist, als gewöhnlicher Strahl fortschreiten, weil seine Schwingungen sämmtlich der Basis parallel sind. Jeder der übrigen Strahlen aber wird sich zerlegen müssen, weil den Schwingungen, welche parallel zur Basis erfolgen, eine andere Fortpflanzungs-Geschwindigkeit zukommt als den anderen. Diese Strahlen werden demnach durchwegs gespalten und polarisirt. Die einen (ordentlichen) Strahlen schreiten als kugelförmige Welle fort. Durch die Pole der Kugel geht die Hauptaxe, die Schwingungen erfolgen alle parallel zu den Ebenen der Parallelkreise. Die anderen (ausserordentlichen) Strahlen geben eine ellipsoidische Welle. Die Axe des Ellipsoides liegt in der Hauptaxe, die Schwingungen erfolgen alle parallel den Meridianebenen.

In den Krystallen von einfacherem Baue ist die Vertheilung des Aethers nach den drei Richtungen des Raumes verschieden. Ein gewöhnlicher Strahl, welcher in ein solches Medium eintritt, wird sich zerlegen müssen, weil seine Schwingungen ungleichen Richtungen im Krystall entsprechen. Demgemäss wird Licht, welches von einem Punkte im Inneren ausgeht, in der Form einer Doppelwelle fortschreiten. Dieselbe wird auf jeder durchschneidenden Ebene zwei krumme Linien, die Wellenlinien, erzeugen.

Um die Gestalt dieser Welle zu erkennen, wird man darauf Rücksicht nehmen, dass den Grundsätzen der Mechanik zufolge der Aether in solchen Krystallen stets in drei aufeinander senkrechten Richtungen, den optischen Elasticitätsaxen, sich verschieden verhalten muss. Nach einer bestimmten Richtung  $aa$  ist die Elasticität am grössten, nach einer zur vorigen senkrechten Richtung  $cc$  am kleinsten, und eine zu den beiden vorigen senkrechte Richtung besitzt einen Grad der Elasticität, welcher zwischen jenen Grenzen liegt. Die drei Elasticitätsaxen  $aa$ ,  $bb$  und  $cc$  haben demnach eine Lage wie die drei Krystallaxen im rhombischen System. Fig. 344. Die Bezeichnung der Elasticitätsaxen ist in den folgenden vier Figuren hinzuzudenken.

Denkt man sich nun in Fig. 345 von einem Punkte  $o$  innerhalb des Krystalls einen Lichtstrahl in der Richtung  $oa$  fortschreitend, so würden dessen Schwingungen, wenn er sich als gewöhnliches Licht fortpflanzen könnte, senkrecht zur

Fig. 344.



Linie  $oa$  in allen Azimuthen stattfinden. Hier aber, wo der Strahl zweierlei Elasticitäten antrifft, schwingt derselbe, jeder der beiden Elasticitäten entsprechend, erstens parallel  $cc$ , wobei er in der Zeiteinheit von  $o$  bis  $c$  fortschreitet, zweitens aber schwingt er parallel  $bb$ , wobei er in derselben Zeit bis  $b$  fortschreitet. Somit besteht der Strahl eigentlich aus zwei polarisirten Strahlen von verschiedener Geschwindigkeit. Ferner würde ein Strahl, welcher die Richtung  $ob$  einschlägt, aus zwei Theilen bestehen, von welchen der eine wiederum parallel  $cc$  schwingt und in der Zeiteinheit bis  $c$  gelangt, während der andere, parallel  $aa$  schwingend, die Geschwindigkeit  $oa$  besitzt. Ein jeder Strahl, welcher sich von  $o$  aus zwischen den beiden Linien  $oa$  und  $ob$  fortpflanzt, zerfällt in zwei Theile, wovon der eine wiederum parallel  $cc$  schwingt und in der Zeiteinheit einen Weg macht, welcher so lang als  $oc$  ist, während der andere in einer Zwischenrichtung zwischen  $aa$  und  $bb$  schwingt und demgemäss eine zwischen  $oa$  und  $ob$  liegende Geschwindigkeit hat. Strahlen also, welche, von  $o$  ausgehend, nach allen Richtungen in der Ebene  $a b$  sich fortpflanzen, bilden mit ihren Endpunkten zwei Wellenlinien, eine innere kreisförmige mit dem Radius  $oc$ , und eine äussere elliptische mit den Halbachsen  $oa$  und  $ob$ .

Fig. 345.

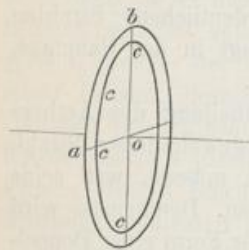


Fig. 346.

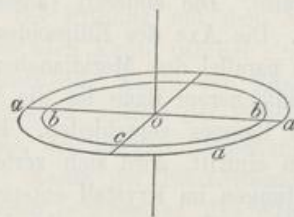
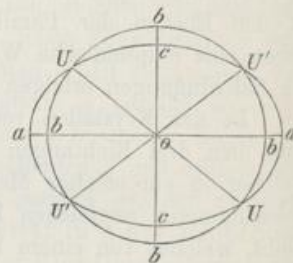


Fig. 347.



Jeder Strahl, welcher von  $o$  aus zwischen den Linien  $ob$  und  $oc$  sich bewegt, Fig. 346, wird in zwei Theile zerfallen, deren einer parallel  $aa$  schwingt und die Geschwindigkeit  $oa$  besitzt, während der andere eine zwischen  $bb$  und  $cc$  liegende Schwingungsrichtung hat und demgemäss eine Geschwindigkeit, welche zwischen den Grenzen  $ob$  und  $oc$  liegt. Ein Strahl hingegen, welcher in der Richtung  $oc$  fortgeht, gibt wiederum einen parallel  $aa$  schwingenden Antheil mit der Geschwindigkeit  $oa$  und einen parallel  $bb$  schwingenden von der Geschwindigkeit  $ob$ . Strahlen also, welche von  $o$  ausgehen und in der Ebene  $boc$  sich fortpflanzen, erzeugen eine doppelte Wellenlinie, eine äussere kreisförmige mit dem Radius  $oa$ , und eine innere elliptische mit den Halbachsen  $ob$  und  $oc$ .

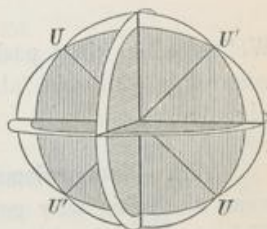
Jeder Strahl, welcher von  $o$  aus zwischen den Linien  $oa$  und  $oc$  sich bewegt, Fig. 347, wird in zwei Theile zerlegt, wovon der eine parallel  $bb$  schwingt, also in der Zeiteinheit den Weg  $ob$  zurücklegt, während der andere in einer zwischen  $aa$  und  $cc$  liegenden Richtung schwingt und eine entsprechende Geschwindigkeit hat. Wird nun dasjenige hinzugenommen, was über die Richtung  $oa$  und  $oc$  gesagt ist, so ergibt sich, dass Strahlen, welche von  $o$  aus in der

Ebene  $aoc$  sich verbreiten, zwei Wellenlinien bilden, wovon die eine wieder kreisförmig ist, mit dem Radius  $ob$ , während die zweite elliptisch ist, mit den Halbachsen  $oa$  und  $oc$ . Diese beiden Wellen schneiden sich aber in vier Punkten  $U$ , welche auf zwei durch  $o$  gehenden Linien liegen.

Strahlen, welche sich nicht in einer der drei bisher besprochenen Ebenen, sondern in anderen Richtungen bewegen, werden sich in ihrem Verhalten im Allgemeinen den früher betrachteten anschliessen. Jeder derselben wird in zwei Theile zerfallen, welche einer inneren und einer äusseren Welle entsprechen.

Denkt man sich also vom Inneren des Krystalls, und zwar von  $o$  aus, nach allen Richtungen des Raumes Licht ausgehend, so wird sich dasselbe in einer doppelten Welle, einer inneren und einer äusseren, fortpflanzen, welche sich in vier Punkten durchschneiden. Beide durch eine Zeichnung darzustellen, ist nicht möglich, jedoch gibt die Figur 348, welche drei Durchschnitte der Doppelwelle darstellt, eine ausreichende Vorstellung. Die beiden Linien  $UU$  und  $U'U'$  sind die Richtungen der sogenannten secundären optischen Axen. Sie entsprechen in ihrer Lage nahezu den wahren optischen Axen, nach welchen das Licht in einfacher Welle fortschreitet.<sup>1)</sup>

Fig. 348.



Das Gesagte macht es erklärlich, dass die Krystalle von einfacherem Baue zwei Richtungen einfacher Brechung besitzen, ferner zeigt es, wie der Unterschied der positiven und der negativen Krystalle aufzufassen sei, endlich lässt es erkennen, dass man aus den drei Geschwindigkeiten  $oa$ ,  $ob$  und  $oc$  den Winkel der optischen Axen berechnen könne. Da nun die Lichtgeschwindigkeiten den Brechungsquotienten umgekehrt proportional sind, so ist die Kenntnis der Hauptbrechungsquotienten erforderlich, die sich ergeben, wofern man polarisirte Strahlen beobachtet, welche den Elasticitätsachsen  $aa$ ,  $bb$  und  $cc$  parallel schwingen. Werden diese drei Brechungsquotienten wie vorher  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  genannt, so lautet die Formel bezüglich des Winkels, welchen die eine optische Axe mit  $cc$  bildet:

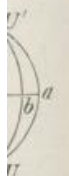
$$\cos V = \sqrt{\frac{\frac{1}{\beta^2} - \frac{1}{\gamma^2}}{\frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{\gamma^2}}}$$

Man rechnet jedoch bequemer nach der Formel von Bertolini:

$$\cos V = \frac{\tan \varphi}{\tan \psi}, \text{ worin } \cos \varphi = \frac{\beta}{\gamma} \text{ und } \cos \psi = \frac{\alpha}{\gamma}$$

<sup>1)</sup> Um die Richtungen der wahren optischen Axen zu construiren, legt man an die Fig. 347, in welcher  $oa = \frac{1}{\alpha}$ ,  $ob = \frac{1}{\beta}$ ,  $oc = \frac{1}{\gamma}$ , Linien, welche den Kreis und die Ellipse gleichzeitig berühren. Dies gibt zwei Linienpaare. Senkrecht zu diesen werden hierauf durch  $o$  zwei Linien gezogen, welche die Richtungen der Axen sind.

sierlei  
hend,  
eitens  
reitet.  
dener  
hlägt,  
wingt  
gend,  
schen  
i der  
acht,  
schen  
igkeit  
ne a b  
nnere  
baxen



sich  
wingt  
und  
igkeit,  
lehr  
nden  
von  
der  
ssere  
Halb-

sich  
ingt,  
einer  
Ge-  
tung  
der



Die Brechungsquotienten werden aber selten so genau ermittelt, dass der beobachtete Axenwinkel mit dem berechneten völlig übereinstimmt. Meistens ist diese Controle eine beiläufige.

Aus der Gestalt der Wellenfläche zweiachziger Körper lässt sich auch die

Fig. 349.

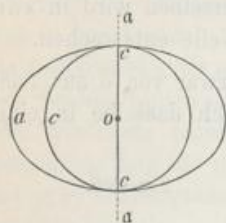
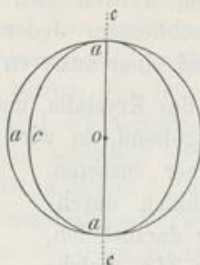


Fig. 350.



Wellenflächen eines positiven einaxigen Krystals, und zwar als innere Fläche ein gestrecktes Ellipsoid, als äussere eine Kugel, beide in der Achse  $c$  sich berührend, Fig. 350.

**126. Pleochroismus.** Die doppeltbrechenden Krystallindividuen zeigen, wenn sie farbig oder gefärbt sind, im durchfallenden Lichte nach verschiedenen Richtungen nicht immer dieselbe, sondern häufig verschiedene Farben. Ist die Erscheinung deutlich, so geben optisch einaxige Minerale in allen Richtungen senkrecht zur Hauptaxe dieselbe, parallel zur Hauptaxe aber eine andere Farbe: Dichroismus. Optisch zweiachsig Minerale geben beim Durchsehen in drei aufeinander senkrechten Richtungen drei verschiedene Farben: Trichroismus. Unter den Krystallen von Beryll (hexagonal) finden sich manche grüne Exemplare, welche beim Durchsehen parallel zur Hauptaxe eine blaue, in allen Richtungen senkrecht zur Hauptaxe aber eine grüne Farbe liefern. Der Cordierit von Bodenmais (rhombisch) liefert oft Krystalle, welche dunkelblau erscheinen. Wird aus einem derselben ein Würfel geschnitten, dessen Flächen den krystallographischen Endflächen parallel sind, so gibt derselbe beim Durchsehen durch die Querflächen (100) eine blaugraue, durch die Längsflächen (010) eine gelbe und durch die Endflächen (001) eine indigoblaue Farbe. Blickt man durch den Beryll oder Cordierit nicht in den vorgenannten Richtungen, sondern in einer Zwischenrichtung, so beobachtet man die entsprechenden Uebergangs- oder Mischfarben. Jene Farben, welche man beim Durchsehen durch die bestimmten Flächen mit freiem Auge wahrnimmt, nannte Haidinger Flächenfarben.

Die Erscheinungen im gewöhnlichen Lichte zeigen schon, dass in den krystallographisch verschiedenen Richtungen eine verschiedene Absorption herrscht, denn die Farben kommen hier durch Absorption zu Stande [101]. Demnach ist voranzusehen, dass bei Anwendung von polarisiertem Lichte für verschiedene Schwingungsrichtungen auch verschiedenartige Absorptionen eintreten, also verschiedene Farben zur Erscheinung kommen werden. In der That ergeben die Versuche, dass in jenem Beryll die Schwingungen parallel zur Hauptaxe grün,

die z  
angil  
wen  
und  
Unte  
Bery  
wen  
Lich  
schn  
schn  
Niec  
Alle  
sorp



ma  
wu  
Co  
en  
[C  
[C  
[C

di

die zur Hauptaxe senkrechten aber blau liefern, wie dies Fig. 351 *a* schematisch angibt. Man kann die Farben für bestimmte Schwingungsrichtungen ermitteln, wenn man von dem Orthoskop (Fig. 316) den oberen Nicol (Analysator) entfernt und die zu prüfende Mineralplatte auf den Tisch des Instrumentes bringt. Die Untersuchung wird also bloß mit einem Nicol ausgeführt. Nimmt man von jenem Beryll eine zur Hauptaxe parallel geschnittene Platte, so erscheint dieselbe blau, wenn der Hauptschnitt des Nicols, also die Schwingungsebene des polarisierten Lichtes zur Hauptaxe des Berylls senkrecht ist, und grün, wenn der Nicolhauptschnitt zur Hauptaxe parallel ist. Fig. 351 *c* und *d*.

Anders ist die Erscheinung, wenn man eine senkrecht zur Hauptaxe geschnittene Platte in das Instrument bringt. Nun kann man den Nicol, also den Nicolhauptschnitt beliebig drehen, die erhaltene Farbe bleibt immer blau, Fig. *e*. Alle zur Hauptaxe senkrechten Richtungen verhalten sich also bezüglich der Absorption gleich.

Fig. 351.

Beryll.

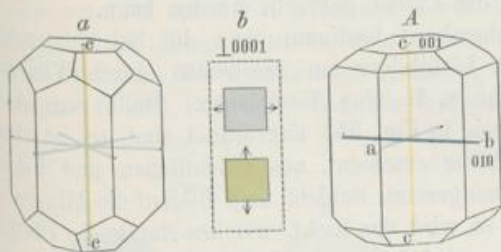
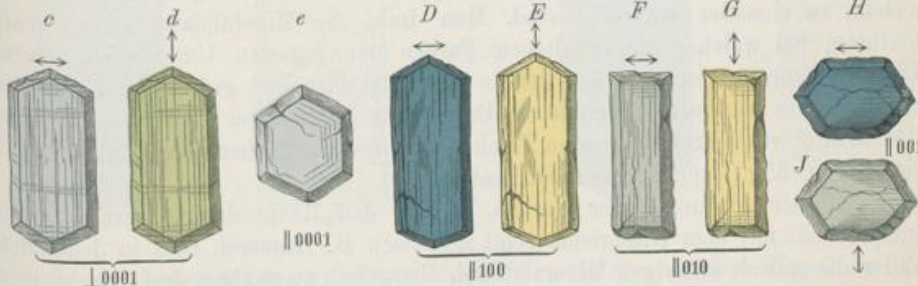
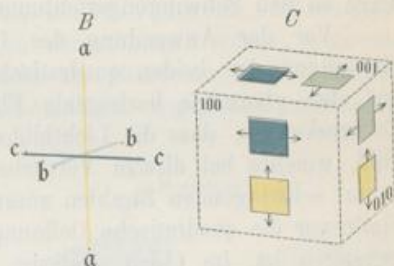


Fig. 352.

Cordierit.



Prüft man Platten des genannten Cordierits in derselben Weise, so erhält man für jede der drei Platten, welche parallel zu den Endflächen geschnitten wurden, je zwei Farben. Ein Blick auf die Fig. 352 *A*, welche einen Krystall von Cordierit vorstellt und angibt, welche Farben den drei Hauptschwingungsrichtungen entsprechen, macht dies leicht verständlich. Die Platte

(100) gibt für Schwingungen . . . . .  $\parallel b$  dunkelblau  $\parallel c$  blassgelb, Fig. *D, E*,  
 (010) > > >  $\parallel a$  graublau . . . . .  $\parallel c$  blassgelb, > *F, G*,  
 (001) > > >  $\parallel a$  graublau,  $\parallel b$  dunkelblau . . . . . > *H, J*.

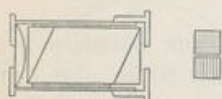
Man reicht bei der Prüfung des Pleochroismus mit zwei Platten aus, weil diese schon sämtliche drei Farben liefern. Haidinger hat jene Farben, welche

ss der  
ens ist  
h die  
wel-  
und c  
Macht  
ch oc,  
eines  
und  
Kugel,  
ipsoid,  
ch be-  
hin-  
an die  
he ein  
rend.  
eigen,  
denen  
st die  
ungen  
farbe:  
drei  
smus.  
Exem-  
allen  
rdierit  
einen.  
stallo-  
durch  
gelbe  
den  
einer  
fisch-  
ichen  
den  
rscht,  
h ist  
edene  
ver-  
die  
grün,

den Hauptschwingungsrichtungen entsprechen, Axenfarben genannt. Die Flächenfarben sind aus den Axenfarben zusammengesetzt.

Die beiden Farben, welche von derselben Platte geliefert werden, kann man auch nebeneinander erhalten, wenn man statt des Nicols ein Spaltungsstück von Calcit benutzt, welches zwei Lichtbündel, deren Schwingungen gegen einander senkrecht sind, liefert. Jetzt hat man die Farben, welche der einen und der

Fig. 353.



anderen Schwingungsrichtung entsprechen, gleichzeitig vor sich. Haidinger brachte dies in dem einfachen Instrumente, welches Dichroskop genannt wird, zur Anwendung. Dieses besteht aus einem länglichen Spaltungsstück von Calcit, welches in einer Röhre enthalten ist. Letztere hat an dem einen Ende eine quadratische Oeffnung und an dem zweiten Ende, welches gegen das Auge gewendet wird, eine runde Oeffnung mit einer schwachen Linse. Beim Durchsehen erscheint die quadratische Oeffnung doppelt. Fig. 353. Nach der Verbesserung, welche v. Lang angab, ist das Stück mit der quadratischen Oeffnung drehbar, so dass die daran befestigte Mineralplatte in jede Lage zu den Schwingungsrichtungen des Calcits gebracht werden kann.

Vor der Anwendung des Dichroskops bestimmt man die Schwingungsrichtungen der beiden quadratischen Lichtbilder am raschesten durch Visiren auf eine glänzende horizontale Fläche, z. B. eine Tischfläche. Stellt man das Dichroskop so, dass die Lichtbilder wie in Fig. 353 angeordnet sind, so ist das Bild, welches bei diesem Versuche heller erscheint, aus ordentlichen und horizontal schwingenden Strahlen zusammengesetzt. Schiebt man hierauf die Mineralplatte vor die quadratische Oeffnung, so wird das Licht, welches durch die Platte gegangen ist, im Calcit analysirt, es wird in zweierlei Schwingungen zerlegt, welche zu einander senkrecht sind. Man dreht die Mineralplatte bis zu jener Stellung, bei welcher die erhaltenen Farben den grössten Unterschied zeigen. Die zur Hauptaxe parallele Beryllplatte gibt jetzt blau und grün. Fig. 351 b. Die zur Hauptaxe senkrecht geschnittene Beryllplatte liefert zwei gleich blaue Bilder. Der Würfel von Cordierit, dessen Flächen den drei Endflächen parallel sind, liefert die in Fig. 352 C angegebenen Farbenbilder.

Bei der Prüfung jener Farben, welche den Hauptschwingungsrichtungen entsprechen, mit dem Glasprisma zeigt sich nach H. Bequerel, dass in deutlichen Fällen die optisch einaxigen Minerale zwei, die optisch zweiaxigen drei verschiedene Absorptionsspectra zeigen, wodurch die Ausdrücke Dichroismus und Trichroismus gerechtfertigt erscheinen.

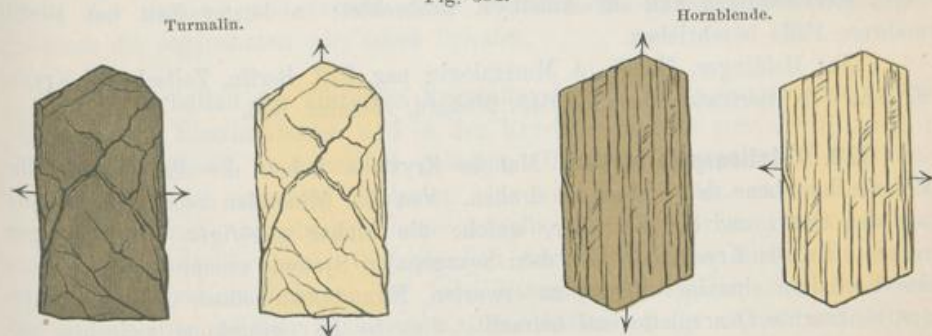
Jene zwei oder drei Farben können, obwohl sie verschieden sind, doch ungefähr gleiche Helligkeit zeigen, die Absorption für die verschiedenen Schwingungsrichtungen kann von verschiedener Art und doch von ungefähr gleicher Stärke sein. Häufig ist aber der Grad der Absorption merklich oder bedeutend verschieden, wie schon das Beispiel der dunkelfarbigen Turmaline zeigte [113]. In dünnen Platten derselben wird der zur Hauptaxe senkrecht schwingende, der ordentliche Strahl, viel stärker absorhirt als der ausserordentliche, in etwas dickeren Platten wird er ganz vernichtet. Man kann also für den Turmalin als Schema der Absorption  $\omega > \varepsilon$  schreiben. Für den Cordierit, dessen Elasticitätsaxen in

Fig. 352 B bezeichnet sind, kann man das Farbenschema: a gelb, b graublau, c dunkelblau, und weil die Farbtöne merklich verschieden sind, für die Stärke der Absorption das Schema  $c > b > a$  schreiben.

Das Maximum oder das Minimum der Absorption trifft in den optisch einaxigen Körpern mit der Hauptaxe, in den rhombischen mit je einer Elasticitätsaxe zusammen. Die Absorptionsaxen haben hier dieselbe Lage wie die Elasticitätsaxen. In monoklinen Krystallen zeigt sich öfter dieselbe Uebereinstimmung, doch fanden Laspeyres und Ramsay in zwei Arten von Epidot zwischen den Absorptionsaxen der Symmetrieebene und den Elasticitätsaxen daselbst eine merkliche Abweichung. In triklinen Krystallen würde die Abweichung an allen drei Elasticitätsaxen stattfinden können.

Bei mikroskopischen Untersuchungen kann man den Pleochroismus in der Weise prüfen, dass man auf das Ocular ein Dichroskop stellt; es empfiehlt sich jedoch, anstatt dessen so vorzugehen, wie es vorher angegeben wurde, und in der Art zu beobachten, dass man einen einzigen Nicol, und zwar denjenigen, welcher unter dem Tisch des Mikroskopes angebracht ist, dreht, oder auch so, dass man bei ruhendem Nicol den Tisch dreht, auf welchem die Mineralplatte liegt. Nach dieser Methode, welche vom Autor vorgeschlagen wurde, beobachtet man dieselben Farbtöne nach einander, welche das Dichroskop neben einander zeigt. In der Fig. 354 sind die Farbenercheinungen angegeben, welche bei

Fig. 354.



solcher Beobachtung an zwei Beispielen, und zwar an manchen Krystallen von Turmalin und von Hornblende, welche in einem Dünnschliffe enthalten sind, wahrgenommen werden. Die Stellung des Nicolhauptschnittes ist jedem Bilde beigelegt.

In den allochromatischen Mineralen rührt der Pleochroismus von der regelmässigen Einfügung idiochromatischer Partikelchen her, doch gelingt es selten, eine solche Beimischung künstlich zu erzeugen. Sénarmont vermochte Krystalle von salpetersaurem Strontian durch beigemischtes Pigment aus Fernambukholz pleochroitisch zu machen.

Ueber d. Pleochroismus: Haidinger in Pogg. Ann., Bd. 65, pag. 1, und Sitzber. d. Wiener Akad., Bd. 13, pag. 3 und 306; Sénarmont, Pogg. Ann., Bd. 91, pag. 491. Autor in d. Sitzungsber. d. Wiener Akad., Bd. 59, Mai.

Lang, ebendas., Bd. 82, pag. 174; Laspeyres, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 4, pag. 444; Pulfrich, ebenda, Bd. 6, pag. 142; Ramsay, ebenda, Bd. 13, pag. 97; Voigt, Jahrb. f. Min. 1885, I., pag. 117; Mallard, Bull. soc. min., Bd. 6, pag. 45; H. Bequerel, ebenda, Bd. 10, pag. 120, und Comptes rendus, Bd. 108, pag. 282.

**127.** Zu den Erscheinungen, bei welchen die orientirte Absorption im Spiele ist, gehören auch die dunklen Büschel und Ringe, welche manche Krystalle im durchfallenden Lichte mit freiem Auge wahrnehmen lassen und welche Axenbilder in veränderter Form sind. Man kann dieselben, mit Benützung eines Ausdruckes von Haidinger, idiophane Axenbilder nennen.<sup>1)</sup> Man beobachtet die dunklen Büschel an manchen Platten von Kaliglimmer (Muscovit) oder von Epidot, Andalusit, Cordierit, und zwar in den Richtungen der optischen Axen. Sie haben die Lage der dunklen Hyperbeln, welche im Konoskop erhalten werden, und auch so ziemlich deren Gestalt, jedoch erscheinen sie viel breiter und sind an den Axenpunkten unterbrochen. An einem einaxigen Körper, dem Magnesiumplatinocyanür, wurde von Bertrand eine andere Erscheinung, nämlich ein kreisrunder, violetter Fleck auf rothem Grunde, beobachtet. So lässt sich also an manchen Krystallen schon mit freiem Auge die Lage der optischen Axen erkennen. Alle diese Krystalle haben eine ziemlich starke Färbung, daher die theilweise Absorption des durchgehenden Lichtes hier die Hauptursache ist.

Haidinger hat sich mit dieser Erscheinung mehrfach beschäftigt und auch einen merkwürdigen Fall am Amethyst beobachtet; in letzter Zeit hat Bertin mehrere Fälle beschrieben.

Lit.: Haidinger, Handb. d. Mineralogie, pag. 378. Bertin, Zeitschr. f. Kryst., 3. Bd., 449. Bertrand, ebendas. 645. Mallard, ebendas. 646.

**128. Rotationspolarisation.** Manche Krystalle haben die Eigenschaft, die Polarisationssebene des Lichtes zu drehen. Von den Mineralen kennt man bisher nur den Quarz und den Zinnober, welche die hierher gehörigen Erscheinungen zeigen. Da die Krystalle beider dem hexagonalen Systeme entsprechen, so wäre das Verhalten einaxiger Körper zu erwarten. Nimmt man jedoch eine zur Hauptaxe senkrechte Quarzplatte und betrachtet dieselbe im Orthoskope zwischen gekreuzten Nicols, so erscheint sie nicht dunkel, sondern hell. Benutzt man einfarbiges Licht, z. B. Natriumlicht, so zeigt sich ebenfalls Helligkeit, dreht man aber jetzt allmähig den oberen Nicol, so tritt nach einer bestimmten Drehung, z. B. um  $22^\circ$ , Dunkelheit ein, wofern die Platte 1 Millimeter dick ist. Nimmt man vom selben Quarzkrystall eine doppelt so dicke Platte wie vorhin, so tritt erst nach der Drehung um  $44^\circ$  Dunkelheit ein. Daraus ist zu ersehen, dass die Polarisationssebene des Lichtstrahles, welcher sich parallel der Hauptaxe bewegt, im Quarz gedreht wird, und zwar proportional der Dicke der Quarzschichte. Für jede Farbe ist aber der Betrag der Drehung ein anderer. Platten aus Rechts-

<sup>1)</sup> Diese Erscheinung wird öfter mit den zuerst von Brewster beschriebenen epoptischen Figuren zusammengeworfen, welche mit freiem Auge am Calcit, Aragonit etc. beobachtet werden, wenn durch den Reflex an eingeschalteten Zwillingslamellen farbige Axenbilder entstehen. (Müller, Pogg. Ann., Bd. 41, pag. 110.)

krystallen [42] drehen rechts, Platten von Linkskrystallen in gleichem Grade links. Das Verhalten ist derart, als ob die Polarisationssebene im Quarz schraubenartig gewunden wäre. Die optische Theorie erklärt die vorgenannte und die folgende Erscheinung daraus, dass die parallel der Hauptaxe einfallenden und auch die wenig davon abweichenden Strahlen polarisirten Lichtes eine kreisförmige (circulare) Schwingung annehmen, daher der Ausdruck Circularpolarisation.

Wird im Tageslichte beobachtet und wird eine Quarzplatte von 1 mm Dicke in das Konoskop gebracht, so erzeugt sie eine Interferenzfigur, wie Fig. H auf Tafel I. Dieselbe gleicht jener der normalen optisch einaxigen Krystalle, doch ist das Kreuz in der Mitte blasser. In dickeren Platten verschwindet das Kreuz in der Mitte des Feldes immer mehr und von 4 mm Dicke an wird der innere Theil der Figur von einer farbigen Scheibe gebildet, Fig. J auf Tafel I; die Farben aber sind, je nach der Dicke der Platte, verschieden.

Dreht man jetzt den oberen Nicol (Analysator) nach rechts, so verändert sich die Farbe des Mittelfeldes und beginnen die Ringe zu wandern. Ist die Platte rechtsdrehend, so verändert sich die Farbe in dem Sinne von gelb durch blau, violett zu roth, und die Ringe erweitern sich, ist aber die Platte linksdrehend, so verändert sich die Farbe des Mittelfeldes bei der gleichen Drehung in dem Sinne von gelb durch roth, violett zu blau, und die Ringe verengen sich.

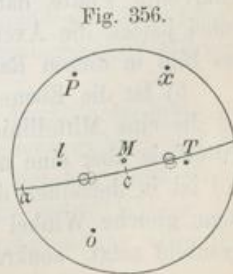
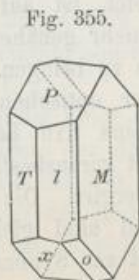
Legt man eine linksdrehende und eine rechtsdrehende Platte von gleicher Dicke über einander und schiebt diese Combination in das Konoskop, so erscheinen die sogenannten Airy'schen Spiralen.

**129. Verhalten der einzelnen Krystallsysteme.** Die optischen Axen und mit ihnen die Elasticitätsaxen sind in den Krystallindividuen stets der Symmetrie des inneren Baues entsprechend gelagert. Hieraus folgt, dass die optische Orientirung in den einzelnen Systemen eine verschiedene ist, dass jedoch für die hemiädrischen Abtheilungen immer dasselbe gilt wie für die holoädrischen.

**Triklines System.** Die optischen Axen, sowie die Mittellinien haben keine voraus bestimmte Lage; für jede Mineralart gilt daher eine besondere Orientirung aller optischen Richtungen. Das Aufsuchen der Axen und Mittellinien erfolgt durch blosses Probiren. Die Dispersion der Axen ist eine asymmetrische. Genau genommen haben also die Axen für jede Farbe eine andere Lage in verschiedenen Ebenen und zugleich eine andere Mittellinie. Man sagt daher, im triklinen Systeme sind sowohl die Axen als auch die Axenebenen und die Mittellinien dispergirt.

Als Beispiel mag der Albit dienen. Fig. 355 stellt einen einfachen Krystall dar.

Fig. 356 gibt eine Projection der Flächen auf die Kugel. Die optischen Axen, welche durch den Mittelpunkt der Kugel gelegt gedacht werden, treffen deren



444;  
Voigt,  
t. 45;  
282.

1 im  
stalle  
Axen-  
Aus-  
t die  
von  
Axen-  
orden,  
sind  
sium-  
kreis-  
o an  
Axen  
die

auch  
bertin

ryst.,

die  
isher  
ngen  
wäre  
aupt-  
ge-  
ein-  
man  
ung,  
immt  
tritt  
s die  
vegt.  
Für  
chts-

sehen  
erden,  
fälliger.

Oberfläche in Punkten, welche in der Zeichnung durch kleine Kreise angedeutet werden, und zwar so, dass die punktierten den Axen für rothes Licht, die ausgezogenen Kreise den Axen für blaues Licht entsprechen, wobei die Abweichung beider etwas übertrieben dargestellt ist. Die Ebene der optischen Axen schneidet die Kugel in einem grössten Kreise. (Ausgezogene Linie.) Beim Albit weicht die erste Mittellinie  $c$  nur wenig von der Normalen auf  $M$  ab. Die Axen sind verschieden dispergirt, ihr wahrer Winkel  $2V = 58^\circ$ . Optischer Charakter positiv, da  $c$  erste Mittellinie ist.

**Monoklines System.** Eine Elasticitätsaxe liegt senkrecht zur Symmetrieebene, folglich der Krystallaxe  $b$  parallel, die beiden anderen liegen in der Symmetrieebene. Die Ebene der optischen Axen ist daher entweder parallel oder senkrecht zur Symmetrieebene, so dass es hier nur zwei wesentlich verschiedene Orientirungen gibt.

Bestimmt man an einer Platte, welche zur Längsfläche parallel ist, die Auslöschungsrichtungen, so hat man damit die Lage der zwei Elasticitätsaxen ermittelt, welche der Symmetrieebene parallel sind, und es erübrigt nur noch, an Platten, welche senkrecht zu den Elasticitätsaxen geschnitten sind, die Axenebene und den Charakter der ersten Mittellinie zu bestimmen. Ist die erste Mittellinie parallel zur Symmetrieaxe  $b$ , so zeigt schon die zur Längsfläche parallele Platte das Axenbild, ist das nicht der Fall, dann gibt eine der beiden anderen Platten, welche senkrecht zur Symmetrieebene geschnitten werden, die gesuchten Erscheinungen.

*a)* Ist die Ebene der optischen Axen parallel zur Symmetrieebene, so ist die Normale  $b$  parallel der Symmetrieaxe  $b$ , während  $a$  und  $c$  zur Symmetrieebene parallel sind, aber weiter keine vorausbestimmte Lage haben. Demgemäss sind die optischen Axen und die Mittellinien in einer Ebene dispergirt: Geneigte Dispersion.

Ein hieher gehöriges Beispiel hat man am Gyps. In einem Gypskrystall, Fig. 357, bildet die Elasticitätsaxe  $c$  mit der Normale zu  $a$  einen Winkel von  $36^\circ 20'$ . Die optische Axe, welche in diesem spitzen Winkel  $c$   $a$  liegt, ist stärker dispergirt als die andere.<sup>1)</sup> Der optische Charakter ist positiv.  $2V = 57^\circ 18'$  für roth,  $2V = 56^\circ 13'$  für violett, also  $\rho > v$ . Die geneigte Dispersion, welche die zu  $c$  senkrechte Platte darbietet, ist auf Taf. II in den Fig.  $C$  und  $D$  dargestellt, wobei jedoch die Axen mehr genähert wurden, als sie es in der That sind, um das Bild in diesen Raum zu bringen.

*b)* Ist die Ebene der optischen Axen senkrecht zur Symmetrieebene, so hat die eine Mittellinie eine fixe Lage parallel der Symmetrieaxe, die andere Mittellinie aber eine nicht vorausbestimmte Lage innerhalb der Symmetrieebene und ist in derselben dispergirt. Die optischen Axen bilden mit der Symmetrieebene gleiche Winkel und sind gleich dispergirt. Ist die Platte, welche das Axenbild zeigt, senkrecht zur Symmetrieebene, so ist die Dispersion eine monosymmetrische: Horizontale Dispersion, wie in Fig. 360, ist aber jene Platte parallel

<sup>1)</sup> Die stärker dispergirt erscheint auf Taf. II in der Fig.  $D$  links. Ueber die hier herrschende anormale Dispersion: V. v. Lang, Sitzungsber. d. Wiener Akad., Bd. 86, Dec. 1877.

zur Symmetrieebene, so ist die Dispersion dimetrisch: Gedrehte Dispersion, wie in Fig. 361.

Als Beispiel des ersteren Falles kann der Adular, Fig. 359, angeführt werden. Die zweite Mittellinie  $c$  ist parallel der Symmetrieaxe, während die erste Mittellinie  $a$  mit einer Normale zu 100 einen Winkel bildet, der, über  $P = 001$  gemessen, für roth  $159^\circ 11'$ , für violett  $159^\circ 37'$  beträgt. Der Charakter der Doppelbrechung ist negativ.  $2V = 69^\circ$ . Die horizontale Dispersion um die Mittellinie  $a$  ist auf Taf. II in den Fig.  $A$  und  $B$  dargestellt. Dieselbe ist auch aus der Projection in beistehender Fig. 360 ersichtlich. Eine Platte von Adular, parallel  $M$  geschnitten und in einem geeigneten Apparate geprüft, zeigt hingegen gedrehte Dispersion, wie aus Fig. 361 erkennbar.

Fig. 357.

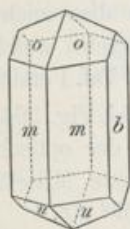


Fig. 358.

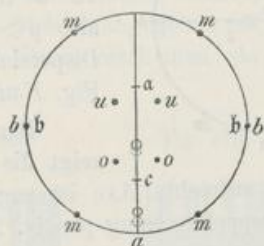


Fig. 359.

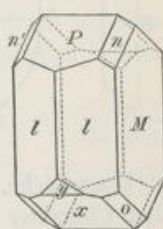


Fig. 360.

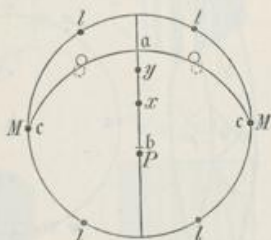
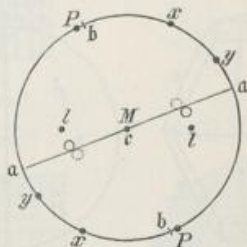


Fig. 361.



Der Borax, welcher die erste negative Mittellinie  $a$  parallel der Symmetrieaxe  $b$  und einen Axenwinkel von  $59^\circ 30'$  hat, liefert parallel der Längsfläche Platten, die im Konoskop ohne weiteres das Axenbild und dementsprechend gedrehte Dispersion zeigen. Fig.  $E$  und  $F$  auf Taf. II.

Der Gleichförmigkeit wegen wird auch in der Folge bei Angaben der optischen Orientierung monokliner Krystalle zuerst die Lage der Axenebene und hierauf der Winkel angeführt werden, welchen die Normale auf 100 mit den folgenden Mittellinien  $a$  oder  $c$  bildet, indem dieser Winkel in der Richtung von 100 über 001 gezählt wird. Also für Gyps  $100. c = 36^\circ 30'$ , Fig. 358; für Adular aber  $100. a = 159^\circ 11'$ , Fig. 361.

Rhombisches System. Die Elasticitätsachsen sind den drei Krystallachsen parallel, die Ebene der optischen Axen ist demnach einer der drei Endflächen parallel. Die optischen Axen erscheinen gleich dispergirt. Disymmetrische Dispersion.

lentet  
aus-  
hung  
heidet  
t die  
ver-  
sitiv,  
etrie-  
der  
oder  
edene

die  
saxen  
noch,  
saxen-  
erste  
fläche  
eiden  
die

ist  
ebene  
sind  
eigte

stall,  
von  
irker  
für  
zu c  
tellt,  
um

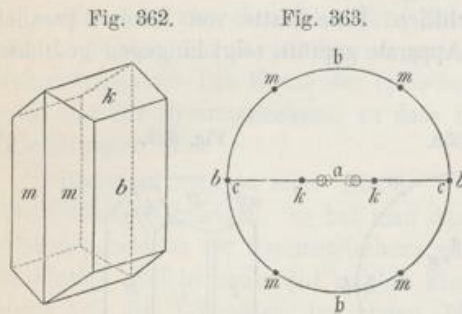
so  
udere  
ebene  
etrie-  
das  
ono-  
rall

herr-



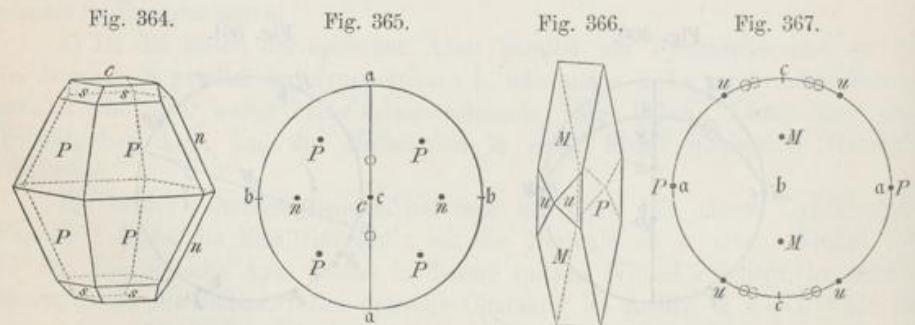
Werden von einem Krystallindividuum dieses Systemes Platten parallel zu den drei Endflächen geschnitten, so liefert eine derselben das Axenbild. Denkt man sich alle Krystalle des rhombischen Systemes so aufgestellt, dass die längste krystallographische Axe als *c*-Axe aufrecht, die kürzeste als *a*-Axe auf den Beobachter zulaufend gedacht wird, so kann die Ebene der optischen Axen drei verschiedene Lagen haben.

In dem Krystall von Aragonit, Fig. 362, ist die Ebene der optischen Axen parallel der Querfläche, also senkrecht zu *b* und *k*. Die erste Mittellinie *a* ist parallel der aufrechten



Axe, Fig. 363. Charakter der Doppelbrechung demnach negativ.  $2V = 18^\circ 5'$  für roth,  $18^\circ 40'$  für violett, also  $\rho > \nu$ , wie dies auch aus der Dispersion hervorgeht, welche in den Fig. *F* und *G* auf Taf. I ersichtlich ist,

Der Schwefel, Fig. 364 und 365, zeigt die Ebene der optischen Axen parallel der Längsfläche. Die aufrechte Axe ist zugleich erste Mittellinie, und zwar *c*, daher Charakter der Doppelbrechung positiv.  $2V = 69^\circ 40'$ .



Der Krystall von Baryt, Fig. 366 und 367, hat die Ebene der optischen Axen parallel zur basischen Endfläche, also senkrecht zu *P* und *u*. Parallel der Längsaxe liegt die erste Mittellinie. Diese ist *c*. Charakter der Doppelbrechung also positiv.  $2V = 37^\circ 2'$  roth,  $38^\circ 30'$  blau, demnach  $\rho < \nu$ .

Tetragonales und hexagonales System. Die Symmetrie dieser Systeme erlaubt bloß die Existenz einer einzigen optischen Axe, welche der Hauptaxe parallel sein muss. In den Krystallen von positiver Doppelbrechung herrscht parallel zur Hauptaxe zugleich die kleinste Elasticität *c*, senkrecht dazu aber ringsum die grösste *a*. Bei den Krystallen von negativer Doppelbrechung ist es umgekehrt.

Tesserales System. Die Krystalle dieses Systems haben, wie schon früher ausgesprochen wurde, einfache Lichtbrechung.

polan  
meh  
schie  
zuw  
Indi  
eben  
Fig.  
von  
dure  
gest  
ist  
stell  
eine  
com

für  
Sin  
ver  
gib  
La  
wie  
we  
auf

**130. Erscheinungen an Zwillingen und mimetischen Krystallen.** Im parallelen polarisirten Lichte lassen alle Zwillingsbildungen die Zusammensetzung aus mehreren Individuen durch Unterschiede der Helligkeit oder durch Farbenunterschiede erkennen. Die Grenzen der Individuen sind oft scharf und geradlinig, zuweilen aber krumm und manchmal undeutlich, wofern an der Grenze mehrere Individuen über einander zu liegen kommen. Ist die Platte senkrecht zur Zwillings-ebene, so liegen die Auslöschungsrichtungen symmetrisch zu derselben, wie in Fig. 368, die eine Platte angibt, welche parallel 010 aus einem Zwillingskrystall von Hornblende genommen ist. Zwillings-ebene 100. Je eine Auslöschung erscheint durch einen Strich angezeigt.

Die Wiederholungszwillinge liefern Platten, welche im polarisirten Lichte gestreift sind, z. B. die Albitplatte in Fig. 369, die senkrecht zu  $M$  geschnitten ist (vergl. Fig. 183). Die abwechselnden Individuen erscheinen bei der Nicolstellung, welche durch helle Striche angegeben ist, dunkel, die anderen hell. Bei einer anderen Stellung der Nicols erscheinen sie bei geringer Plattendicke in complementären Farben [117].

Fig. 368.

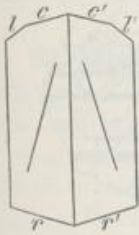


Fig. 368 a.



Fig. 369.



Fig. 369 a.



Fig. 370.



Fig. 370 a.



Fig. 371.

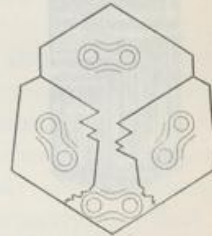
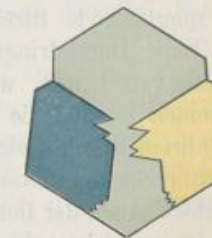


Fig. 371 a.



Wendezwillinge geben Platten, die oft aus dreiseitigen Theilen oder kreisförmig angeordneten Sektoren zusammengesetzt erscheinen. Fig. 371 a. Aragonit. Sind die Individuen gleichzeitig nach verschiedenen Zwillings-ebenen mit einander verwachsen, so entstehen gitterartige oder parquettirte Zeichnungen. Ein Beispiel gibt die parallel 100 geschnittene Platte aus einem Individuum des triklinen Labradorits. Fig. 370. Dieselbe zeigt erstens die wiederholte Zwillingsbildung wie der Albit in voriger Figur, zweitens noch eine Schaar von dünnen Platten, welche nach einem anderen Zwillings-gesetze, und zwar nach dem in Fig. 183 auf pag. 85 angegebenen eingeschaltet sind.

Um in jedem Falle die einzelnen Individuen eines Zwillinges nicht durch die Grade der Helligkeit, sondern durch Farben unterscheiden zu können, schaltet man unter dem Analysator eine dünne Platte von Gyps oder Quarz ein. Die Fig. 368 *a* bis 371 *a* geben die Farbenercheinungen an, welche die vorher abgebildeten Präparate bei einer bestimmten Stellung der Nicols und einer bestimmten Dicke der angewandten Quarzplatte darbieten.

Im Konoskope geben die Zwillinge nur dann bestimmte Erscheinungen, wenn die einzelnen Individuen gross genug sind, um für sich Axenbilder zu liefern, z. B. die Individuen der Aragonitplatte in Fig. 371. Bei genügender Dicke der Platte treten hier Interferenzfiguren in drei Stellungen auf, welche dem früher, pag. 87, Fig. 192, dargestellten Gesetze folgen.

Bei den mimetischen Krystallen ergeben sich im allgemeinen dieselben Erscheinungen wie an Zwillingsskrystallen, doch erweist sich die Zusammensetzung meistens viel feiner und scheinbar weniger regelmässig. Ein Beispiel ist der Mikroklin, von welchem eine Platte parallel 001 das in Fig. 372 dargestellte

Fig. 372.



Fig. 373.

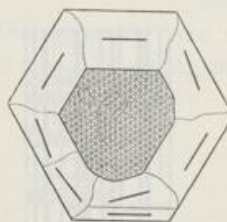
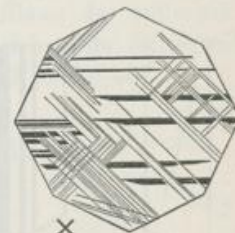


Fig. 374.



Verhalten zeigt. Im Orthoskop wird eine feine Zeichnung durch die schon früher, pag. 91, bezeichneten Lamellen parallel *M* hervorgebracht, jedoch treten auch querlaufende Streifen auf, die oft eine gitterartige Zeichnung veranlassen.

Eine Durchdringung mehrerer Systeme von Lamellen ergeben Durchschnitte von Leucit, wie jener in Fig. 374, welcher parallel der Würfelfläche genommen ist und die Lagerung der Zwillingtblättchen in der früher, pag. 93, angeführten Regelmässigkeit erkennen lässt. Brewster hat schon 1821 das Gewebe doppeltbrechender Lamellen im Leucit bemerkt, später hat Zirkel dasselbe beschrieben. Auch der Boracit, dessen mimetische Natur von Mallard erwiesen wurde, zeigt im polarisirten Lichte die vielfache Zusammensetzung sehr deutlich und gibt im Konoskop die Bilder optisch zweiachziger Medien.

Die mimetischen Krystalle von rhomboëdrischer oder hexagonaler Symmetrie sind gewöhnlich Wendezwillinge. Die Krystalle des Milarits, welche hexagonale Symmetrie darbieten und die Form eines sechsseitigen Prisma mit verwendeter Pyramide und Basis nachahmen, zeigen im polarisirten Lichte die Anordnung eines Wendezwillinges ähnlich wie Aragonit, jedoch ist die Zusammensetzung complicirter, wie der senkrecht zur Hauptaxe geführte Schnitt in Fig. 373 angibt, worin je eine Auslöschungsrichtung durch einen einfachen Strich angegeben ist. Der Kern ist nach einem anderen Zwillingsgesetze gebaut als die Rinde.

Die regelmässige Wiederholung von Lamellen in bestimmter Stellung veranlasst aber auch besondere Erscheinungen. In manchen der Krystalle finden sich Richtungen einfacher Brechung, oder die Doppelbrechung ist sehr geschwächt. So zeigt die Platte von Milarit in der Mitte einen Kern, welcher zwischen gekreuzten Nicols stets dunkel bleibt, obwohl im übrigen die Doppelbrechung eines optisch zweiaxigen Krystalls herrscht. Diese und ähnliche Erscheinungen sind darauf zurückzuführen, dass die durch eine Platte hervorgerufene Doppelbrechung durch eine zweite Platte von gleicher Dicke, aber verwendeter Lage aufgehoben wird. [99.]

Nörremberg hat gezeigt, dass dünne Glimmerblättchen, deren jedes für sich zweiartig ist, nach Aufschichtung in abwechselnd gekreuzter Lage ein Säulehen liefern, welches das schwarze Kreuz und die Farbenringe optisch einaxiger Körper fast vollkommen darbietet. Da nun ein solcher Wechsel von Blättchen in den mimetischen Krystallen anzunehmen ist, so stimmt die eben genannte Erscheinung mit dem Baue der Krystalle überein.

Lit. Ausser den früher, pag. 93, angeführten Schriften: Brewster, Edinburgh Philos. Journ., Bd. 5, pag. 218, Zirkel, Zeitschr. d. D. geol. Ges., Bd. 20, Reusch, Pogg. Ann., Bd. 148, pag. 628. Aut. in Tschermak's Min. Mitth. 1877, pag. 350. Brauns, Die optischen Anomalien der Krystalle, Leipzig 1891.

### 131. Aenderungen des optischen Verhaltens durch Druck und Spannung.

Brewster hat durch viele Versuche gezeigt, dass tesserale und amorphe Körper durch Zusammenpressen sowie durch Spannung doppeltbrechend werden. Wenn ein Steinsalzwürfel oder eine Glasplatte in einer Schraubenpresse zusammengedrückt werden, so liefern sie zwischen gekreuzten Nicols die Erscheinungen doppelter Brechung und im convergenten Licht Interferenzcurven, jedoch von anderer Form als die zweiartigen Krystalle. Wenn ein Steinsalzcyylinder durch einen um den runden Umfang gelegten Draht, welcher zusammengezogen wird, einem central wirkenden Drucke ausgesetzt ist, so gibt derselbe ähnliche Erscheinungen wie ein negativer, optisch einaxiger Körper.

In allen diesen Fällen kann man aber leicht den Unterschied gegenüber den Krystallen wahrnehmen. Verschiebt man den gepressten Körper im Instrument in jener Weise, welche bei einem Krystall keine Veränderung hervorbringt, so bewegt sich hier das ganze Bild, und man merkt, dass die dunklen Streifen und Ringe an bestimmten Stellen des Präparates haften. Die Doppelbrechung ist vorübergehend und hört auf, sobald der Druck nachlässt.

Kieselgallerte, Leim, Kautschuk und alle Harze, überhaupt alle Colloide, d. i. jene Körper, welche nicht krystallisirbar sind und beim Eintrocknen amorphe Producte liefern, zeigen schon durch geringen Druck oder Zug Doppelbrechung.

Auch in doppelt brechenden Mineralen werden die optischen Erscheinungen durch Anwendung von Druck modificirt. Bei der Pressung senkrecht zur Hauptaxe wird der optisch positive Quarz zweiartig, wobei die Axenebene der Druckrichtung parallel ist. Der optisch negative Turmalin wird auch zweiartig, wobei die Axenebene senkrecht zur Druckrichtung ist. Am Kalkspath werden ähnliche Veränderungen beobachtet, jedoch treten hier leicht Umlagerungen ein [84].

Glasstücke, welche zuerst erhitzt, hierauf rasch abgekühlt wurden, zerspringen beim Ritzen oder Brechen in unzählige Partikel, was eine Spannung der oberflächlichen Theile verräth. Solches rasch gekühltes Glas zeigt eine deutliche Doppelbrechung, ähnlich wie die gepressten amorphen Körper. Auch einfachbrechende Krystalle, z. B. solche von Steinsalz, Fluorit werden durch Erhitzen und rasches Abkühlen doppeltbrechend, so zwar, dass nun Platten derselben eine Theilung in verschieden orientirte Felder darbieten. Viele Colloide sind infolge der beim Eintrocknen entstehenden Spannungen schon ursprünglich doppeltbrechend. Die fossilen Harze, der Opal, der Kieselsinter zeigen daher oft energische Doppelbrechung.

Lit. Brewster, Optics. Bücking, Jahrb. f. Min. 1881, Bd. I, pag. 177 (Referat). Brauns, Jahrb. f. Min. 1887, Bd. I, pag. 47. Pockels, Jahrb. f. Min., 8. Beilageb., pag. 217.

**132. Anomale Krystalle.** Von den mimetischen Krystallen abgesehen, gibt es auch solche, die äusserlich nichts von einer Zwillingsstruktur erkennen lassen, doch aber ein anomales, d. i. ein solches optisches Verhalten zeigen, welches nicht mit der Symmetrie der Krystallform übereinstimmt. Hieher gehören aus der Reihe der tesserale Krystalle jene von Grossular, Senarmonit, welche eine energische Doppelbrechung zeigen, jene von Alaun und Analcim, die nur eine schwache Doppelbrechung darbieten. Unter den tetragonalen sind hervorzuheben jene von Vesuvian, Mellit, von hexagonalen jene von Apatit, Beryll, welche öfter optisch zweiachsig erscheinen.

Viele dieser Krystalle liefern Platten, welche im polarisirten Lichte eine Theilung in verschieden orientirte Felder wahrnehmen lassen. Diese Feldertheilungen entsprechen den Anwachs-pyramiden [65] jener Flächen, welche den Krystall äusserlich begrenzen.

In diesen Fällen wird gegenwärtig von vielen Beobachtern das Vorhandensein von Spannungen angenommen, ähnlich wie bei den eingetrockneten Colloiden, und als Ursache derselben wurde im Alaun von Brauns das Stattfinden einer isomorphen Mischung verschiedener Gattungen, im Analcim von Klein der eingetretene theilweise Verlust des Krystallwassers erkannt.

Lit. R. Brauns, Die optischen Anomalien der Krystalle, Leipzig 1891.

**133. Durch Textur bedingtes Verhalten.** Parallelfaserige oder krummfaserige Minerale, welche durchsichtig und für sich doppeltbrechend sind, geben im Orthoskop meist gerade oder wellig gekrümmte Auslöschung. Durchsichtige Minerale, welche radialfaserige Kugeln oder Halbkugeln bilden, liefern Schnitte, in welchen schmale Krystalle radial angeordnet sind. Dieselben geben sowohl im parallelen, als im convergenten polarisirten Lichte ein dunkles Kreuz, dessen Aeste von dem Mittelpunkte der Faserung ausgehen. Auch die ganzen Kügelehen zeigen das Kreuz. Beispiele sind die Sphärolithe im Obsidian.

Alle Minerale, welche diese Anordnung zeigen, sind an sich doppeltbrechend. Unter den Fasern, welche radial gestellt sind, werden immer vier, welche um

90° verschieden liegen, ebenso deren nächste Nachbarn, gleichzeitig dunkel erscheinen müssen, also zusammen ein dunkles Kreuz liefern.

**134. Fluorescenz und Phosphorescenz.** Eine Erscheinung, welche nur an wenigen Mineralen beobachtet wird, hat nach dem Fluorit oder Flusspath den Namen Fluorescenz erhalten. Brewster, Herschel und Stokes haben sich mit derselben eingehender beschäftigt.

Mancher Fluorit, namentlich solcher aus Cornwall, hat im durchfallenden Lichte eine meergrüne Farbe, während er im auffallenden Lichte schön violblau erscheint. Lässt man im verdunkelten Raume auf einen solchen Fluorit ein Bündel Tageslicht auffallen, so leuchtet dieses beim Eintritt in das Mineral mit schöner blauer Farbe, in tieferen Schichten hört das Leuchten und die Farbe auf. Ein Lichtbündel, welches durch eine Platte solchen Fluorits gegangen ist, vermag beim Eintritt in einen zweiten solchen Fluorit nichts mehr von dem leuchtenden Blau zu erregen. Die Fluorescenzfarbe dieses Fluorits ist also blau oder man sagt, dieses Mineral fluorescirt blau. Die Eigenschaft rührt aber bloß von dem Farbstoff her, welcher höchst wahrscheinlich ein Kohlenwasserstoff ist.

Mancher Bernstein, z. B. solcher aus Sicilien, fluorescirt blau, manches Erdwachs und ebenso manches Erdöl fluorescirt grün. Prüft man die Erscheinung im Farbenspectrum, so zeigt sich, dass das Fluorescenzlicht immer eine kleinere Brechbarkeit besitzt als das erregende Licht.

Ueber Fluorescenz im allgemeinen: Stokes in Pogg. Ann., Bd. 96, pag. 523 und Ergänzungsband 4, pag. 188. Pisko, Die Fluorescenz des Lichtes. Wien 1861. Hagenbach, Pogg. Ann. Bd. 141, 146.

Eine andere Erscheinung, welche etwas häufiger auftritt, ist die Phosphorescenz, welche zuerst von Placidus Heinrich 1811 etwas aufmerksamer geprüft wurde. Man versteht bekanntlich unter Phosphorescenz das selbständige Leuchten bei verhältnismässig niedriger Temperatur und ohne erkennbare Substanzveränderung. Eingehende Untersuchungen wurden von E. Becquerel angestellt.

Durch Stoss, Reibung oder durch Trennung von Mineralen entstehen öfter ziemlich starke Lichterscheinungen, z. B. an manchem Dolomite und an der Blende von Kapnik durch Kratzen, an Glimmertafeln durch rasche Trennung nach der Spaltrichtung, am Quarz durch Reiben zweier Stücke gegen einander.

Einige Minerale, z. B. manche Diamanten, geben im Dunklen ein blaues Licht, wenn sie vorher den Sonnenstrahlen oder gar nur dem Tageslicht ausgesetzt waren. Mancher Aragonit, Apatit, Kalkspath zeigt auch die Erscheinung. Baryt phosphorescirt sehr merklich, nachdem er gebrannt worden.

Durch Erwärmung werden nicht wenige Minerale phosphorescirend. Mancher Diamant, Topas, Fluorit leuchtet schon in der warmen Hand, mancher grüne Fluorit bei Temperaturen über 60°, Apatit bei solchen über 100° etc. Die nach vorheriger Beleuchtung phosphorescirenden Körper erhalten alle dieselbe Eigenschaft gleichfalls durch Erwärmung.

Auch durch elektrische Entladung werden Minerale wie Saphir, Diamant im Dunklen leuchtend. Das ausgestrahlte Licht zeigt nach Crookes ein discontinuirliches Spectrum.

Merkwürdig ist auch die von H. Rose beobachtete Lichterscheinung beim Krystallisiren der arsenigen Säure und das Aufleuchten eines zuvor geschmolzenen und dann gelösten Gemenges von Kali- und Natronsulfat im Augenblicke des Krystallisirens.

Lit. E. Becquerel, Annales de chim. et de physique. 3. Serie, Bd. 55, und dessen Werk: La lumière, sa cause et ses effets. 1. Bd., Paris 1867. H. Rose, Pogg. Ann., Bd. 35.

**135. Wärmestrahlung.** Wenn sich die Wärme strahlenförmig fortpflanzt, so zeigt sie nach den Arbeiten von Melloni und Knoblauch dasselbe Verhalten wie das Licht. Wärmestrahlen erfahren demnach Reflexion, einfache Brechung, doppelte Brechung, Polarisirung, Absorption wie die Lichtstrahlen, und es sind bloß die numerischen Verhältnisse verschieden. Dies erklärt sich durch die Annahme, dass die Wärmestrahlen ebenfalls Aetherschwingungen sind, welche senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung stattfinden, die aber auf die Netzhaut des Auges keine Wirkung ausüben.

Um geringe Wirkungen von Wärmestrahlen sichtbar zu machen, construirte Melloni einen Apparat, welcher aus einer Thermosäule und einem Galvanometer besteht. Die auf die Säule fallenden Wärmestrahlen erzeugen einen galvanischen Strom, dessen Existenz durch die Bewegung der Magnetnadel im Galvanometer angezeigt wird. Am leichtesten lässt sich mittels dieses Apparates die verschiedene Durchgängigkeit für Wärme, welche den verschiedenen Graden der Durchsichtigkeit analog ist, prüfen. Steinsalz erweist sich am meisten durchgängig oder diatherman, weniger der Kalkspath, noch weniger Gyps. Kupfervitriol, Alaun, Wasser sind fast undurchgängig oder adiatherman, Metalle vollständig adiatherman oder, wie auch gesagt wird, atherman. Die Diathermanie ist von der Durchsichtigkeit unabhängig. Eine Platte dunklen Glimmers ist diatherman, eine ebenso dicke Schichte Wassers ist adiatherman.

Lit. in A. Wüllner, Lehrb. d. Experimentalphysik.

**136. Wärmeleitung.** Bei der Fortpflanzung der Wärme durch Leitung macht sich bekanntlich jene Ungleichheit bemerkbar, welcher zufolge wir unter den Mineralen gute und minder gute Wärmeleiter unterscheiden. Wiedemann und Franz beobachteten die Leitung an Stäben mittels Anlegung einer Thermosäule und erhielten für Silber den höchsten Werth, welcher hier = 100 gesetzt ist, für andere Metalle aber geringere Zahlen, z. B.:

Silber .....	100·0	Eisen .....	11·9
Kupfer .....	73·6	Blei .....	8·5
Gold .....	53·2	Platin .....	8·4
Zinn .....	14·5	Wismut .....	1·8

Marmor und steinartige Minerale gaben anderen Beobachtern noch geringere Zahlen als Wismut.

Die Wärmeleitung ist öfter nach der Richtung verschieden. Um dies zu zeigen, überzog Sénarmont Platten von den zu prüfenden Körpern mit einer dünnen Wachsschichte und steckte durch eine Bohrung einen Draht, welcher

erwärmt wurde. Rings um den letzteren erfolgte Schmelzung des Waxes und nach Unterbrechung des Versuches blieb ein kreisförmiger oder elliptischer Wall als Isothermenlinie zurück. Die Durchmesser der Ellipsen gaben das Verhältnis der Leitung in den entsprechenden Richtungen. Röntgen modificirt das Verfahren, indem er auf die angehauchte Krystallplatte eine erhitzte Metallspitze aufsetzt, hierauf, nachdem rings um die Spitze der Hauch verschwunden ist, die Platte mit Lycopodiumsamen bestreut und dann vorsichtig abklopft. Die nun freie kreisförmige oder elliptische Fläche zeigt schärfere Begrenzungen als bei der vorigen Methode.

Tesserale Krystalle gaben auf allen Flächen und Schnittebenen kreisförmige Isothermenwalle, die Krystalle von wirteligem Baue lieferten auf den Basisflächen Kreise, auf den Prismenflächen Ellipsen, die Krystalle von einfacherem Baue auf allen Flächen Ellipsen. Die Wärme pflanzt sich also in den tesseralen Körpern kugelförmig fort, die isotherme Fläche ist eine Kugel, in den Krystallen von wirteligem Baue ist sie ein Rotationsellipsoid, in den Krystallen von einfacherem Baue ein dreiaxiges Ellipsoid.

Amorphe Körper geben kreisförmige Isothermenlinien. Sénarmont zeigte aber, dass durch Pressen von Glas und Porzellan die Leitung in der Richtung des Druckes vergrößert wird, daher auf einer Glasfläche während der Pressung eine elliptische Isothermenlinie entsteht.

Lit. Wiedemann u. Franz, Pogg. Ann., Bd. 89. Sénarmont, Annales de chimie et de phys. 3. Ser., Bd. 22, pag. 179. v. Lang., Sitzber. d. Wiener Ak. Bd. 54. Röntgen, Pogg. Ann., Bd. 151, pag. 603. Jannettaz, Zeitsch. f. Kryst., Bd. 3, pag. 637.

**137. Wirkungen der Wärme in Krystallen.** Die Ausdehnung, welche Krystalle durch die Wärme erfahren, ist viel geringer als jene der Flüssigkeiten. Während bei der Erwärmung von  $0^{\circ}$  auf  $100^{\circ}$  C. das Wasser sich um  $\frac{1}{23}$ , das Quecksilber um  $\frac{1}{55}$  ausdehnt, beträgt die Ausdehnung des Steinsalzes  $\frac{1}{247}$ , die des Diamants  $\frac{1}{8480}$ . Einzelne Körper lassen eine Zusammenziehung beim Erwärmen erkennen, jedoch nur in bestimmten Regionen der Temperatur, wie z. B. Wasser unter  $4^{\circ}$ , der Diamant unter  $-24^{\circ}$ .

Während die tesseralen und amorphen Minerale sich nach allen Richtungen gleich ausdehnen, ist in den Krystallen der übrigen Systeme die Ausdehnung nach verschiedenen Richtungen oft eine verschiedene. Werden aus derlei Krystallen Stäbchen geschnitten, so wird die Länge derselben bei der Erwärmung von  $100^{\circ}$  um einen Bruchtheil  $\alpha$  sich vergrößern, dessen Werth für die gewählte Richtung gilt. In dem seltenen Falle der Verkürzung ist  $\alpha$  negativ. Die Versuche von Pfaff und Fizeau, besonders die genauen Messungen des letzteren haben das Resultat ergeben, dass die Ausdehnung bei allen Krystallen innerhalb der gewöhnlich angewandten Temperaturgrenzen so erfolgt, dass die Symmetrie der Krystalle nicht geändert wird.

Tesserale Krystalle erfahren eine gleichförmige Volumänderung. Die Winkel der Flächen bleiben bei allen Temperaturen dieselben. Eine Kugel, aus einem solchen



Krystall geschnitten, bleibt auch beim Erwärmen eine Kugel. Die Krystalle der übrigen Systeme erfahren eine Gestaltänderung.

Krystalle von wirteligem Baue haben in allen zur Hauptaxe senkrechten Richtungen dieselbe, parallel zur Hauptaxe aber eine andere Ausdehnung. Quarz lieferte parallel der Hauptaxe  $\alpha = 0.000781$  und senkrecht dazu  $\alpha' = 0.001419$ . Kalkspath lieferte  $\alpha = 0.002621$  und  $\alpha' = -0.000540$ . Dieser zieht sich also bei der Erwärmung in allen zur Hauptaxe senkrechten Richtungen zusammen, doch vergrößert sich sein Volumen. Wird aus einem Krystall von wirteligem Baue eine Kugel geschnitten, so verwandelt sich dieselbe beim Erwärmen in ein Rotationsellipsoid. Beim Quarz ist es ein abgeplattetes, beim Kalkspath ein verlängertes. An Krystallen dieser Abtheilung ändern sich die Winkel der Prismenzone und die rechten Winkel zwischen dieser und der Basis gar nicht, während die Winkel aller zur Hauptaxe geneigten Formen, also jene der Pyramiden, Rhomboëder etc., sich ändern. Die Polkante des Grundrhomboëders am Kalkspath wird nach Mitscherlich bei der Erwärmung um  $100^\circ$  C. um  $8\frac{1}{2}$  Minuten, jene des Eisenspathes bloß um  $2\frac{1}{2}$  Minuten schärfer, die Rhomboëder werden demnach spitzer.

Krystalle von einfacherem Baue dehnen sich nach einer bestimmten Richtung am stärksten, nach einer dazu senkrechten am schwächsten aus. Nimmt man noch eine zu den beiden vorigen senkrechte Richtung von mittlerer Ausdehnung hinzu, so hat man die drei thermischen Axen. Diese liegen in rhombischen Krystallen parallel den Krystallaxen, im monoklinen ist eine davon senkrecht zur Symmetrieebene, also parallel der Queraxe, im triklinen System ist die Lage unbestimmt. Beim Aragonit hat man für  $\alpha$  die drei Werthe bezüglich der Axen:  $0.001016$ ,  $0.001719$ ,  $0.003460$ . Eine Kugel, welche aus Krystallen von einfacherem Baue geschnitten wird, verwandelt sich beim Erwärmen in ein dreiaxiges Ellipsoid. Die Flächenwinkel dieser Krystalle ändern sich im triklinen System insgesamt, im monoklinen Systeme bleiben bloß die rechten Winkel erhalten, welche die Längsflächen mit anderen Flächen bilden, im rhombischen Systeme bloß die rechten Winkel zwischen den Endflächen unverändert. Dass das Krystallsystem dabei unverändert bleibt, wurde an mehreren Beispielen wie Orthoklas, Augit, Gyps (monoklin) und von Beckenkamp am Anorthit und Axinit (triklin) erwiesen.

Eine merkwürdige Erscheinung, welche manche Krystalle bei der Erhitzung zeigen, ist die Umlagerung von Theilchen in die Zwillingstellung. Klein beobachtete am Boracit, Mallard am Glaserit, Mügge am Anhydrit das Entstehen von Zwillinglamellen beim Erhitzen. Die Verschiebung der Theilchen, welche durch Druck hervorgebracht werden kann [84], erfolgt demnach auch öfter durch Erwärmung. Umgekehrt wurde im Calcit und Leucit das Verschwinden von Zwillinglamellen beim Erwärmen wahrgenommen. Am Leucit beobachtete Rosenbusch auch äusserlich das Verschwinden der Zwillingriefung beim Erhitzen.

Zwillingkrystalle verhalten sich wie einfache Krystalle, wofern sich die Individuen an der Zwillingsebene berühren. Ist dies nicht der Fall, sind die Individuen des Zwillings mit anderen Flächen aneinander gelagert, so werden derlei Zwillinge bei Temperaturveränderungen sich krümmen, ähnlich wie bei dem

Versuche Fresnels, welcher zwei Gypsblättchen in gekreuzter Stellung zusammenleimte und sodann erwärmte.

In den mehrfach zusammengesetzten Zwillingen und in den mimetischen Krystallen, in welchen die Individuen ganz verschränkt sind und keine Krümmungen gestatten, werden bei jeder Temperatur, welche von der Entstehungstemperatur des Krystalles verschieden ist, Spannungen vorhanden sein. Diese würden sich bei grösserer Stärke optisch anzeigen [132].

138. Aenderungen der Temperatur sind auch mit Aenderungen der optischen Elasticität verbunden und dementsprechend wird auch die Lichtbrechung in Krystallen durch die Temperatur beeinflusst. Die Untersuchungen von Rudberg, Fizeau, van der Willigen, Stefan, Arzruni ergeben eine Abnahme der Brechungsquotienten mit dem Steigen der Temperatur bei allen Krystallen mit Ausnahme des Kalkspathes, der eine Zunahme zeigt. Dabei ist ein Zusammenhang zwischen Ausdehnung des Krystalls und Aenderung der Brechungsquotienten keineswegs zu bemerken.

Der Einfluss der Temperatur auf die Verhältnisse der Lichtbrechung zeigt sich namentlich in den Aenderungen, welche die Grösse des Winkels der optischen Axen, die Lage der Axenebene und der Mittellinien erfahren.

Die rhombischen Krystalle erlauben Aenderungen im Axenwinkel. Eine merkliche Vergrösserung desselben durch Temperaturerhöhung wurde schon vom älteren Soleil am Cerussit beobachtet. Von den monoklinen Krystallen wurde zuerst der Gyps durch Mitscherlich geprüft. Die Untersuchung wird mit dem auf pag. 187 in Fig. 334 dargestellten Apparate ausgeführt. Descloizeaux, welcher viele Beobachtungen in dem thermisch-optischen Gebiete angestellt hat, erkannte, dass beim Erwärmen einer Gypsplatte jenes Axenbild, welches auf Taf. II in Fig. D links liegt, sich schneller gegen innen zu bewegt als das andere Axenbild, dass sich also die erste Mittellinie nach rechts bewegt. Bei  $115^{\circ}$  vereinigen sich beide Hyperbeln zu einem Kreuz und gehen bei höherer Temperatur in einer Ebene auseinander, welche zur vorigen Axenebene senkrecht ist. Beim Eintritt in die neue Ebene gehen die Axen für blau voran, jene für roth folgen nach. Beim Abkühlen folgen alle Erscheinungen umgekehrt. Aehnlich wie der Gyps verhält sich der Glauberit. Im Adular vom Gotthard verkleinert sich der Axenwinkel bei der Erwärmung, wird hierauf Null, und bei Temperaturen über  $200^{\circ}$  sind beide Axen in eine zur vorigen senkrechte Ebene übergetreten, während ihr Winkel sich vergrössert. Die Axen für blau gehen voran. Abkühlung führt Alles in verkehrter Folge zum ursprünglichen Zustande zurück; wenn aber die Erhitzung bis zur Rothgluth getrieben worden ist, bleibt die eingetretene Aenderung permanent, und die Platte zeigt jetzt die Axen in der neuen Ebene, es ist die Symmetrieebene. Merkwürdig ist die Thatsache, dass einige Krystalle, deren Form sich einem Krystallsysteme von höherem Symmetriegrade nähert, beim Erhitzen ein optisches Verhalten annehmen, welches dieser letzteren Symmetrie entspricht. Beim Abkühlen kehrt der ursprüngliche Zustand zurück. Nach Mallard wird Boracit (mimetisch tesseral) bei  $265^{\circ}$  einfach brechend, Glaserit (rhombisch) bei  $650^{\circ}$  optisch einaxig, Kalisalpeter (rhombisch) beim Erweichen auch einaxig. Nach

Klein wird Leucit (mimetisch tesseral) beim Erhitzen einfach brechend, nach Merian wird Tridymit (mimetisch hexagonal) optisch einaxig.

Demnach werden hier die Krystallmolekel, welche schon bei gewöhnlicher Temperatur ähnlich gelagert sind wie in einem System höherer Ordnung, durch Erhitzen vorübergehend in die letztere Stellung gebracht. Dass durch Erwärmen auch die Drehung der Polarisationssebene im Quarz beeinflusst wird, haben Fizeau, v. Lang, Sohneke gezeigt.

Lit. Arzruni, Zeitschr. f. Krystallogr., Bd. 1, pag. 165. Fletcher, ebendas., Bd. 4, pag. 337. Beckenkamp, ebendas., Bd. 5, pag. 436. Descloizeaux, Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux. Paris 1867. Klein, Jahrb. f. Min. 1884, Bd. I, pag. 182. Göttinger Nachrichten 1884, pag. 129. Mallard. Bull. soc. min., Bd. 5, pag. 144 und 216. Mügge, Jahrb. f. Min. 1883, Bd. II, pag. 258. Merian, ebendas., 1884, Bd. I, pag. 193. Sohneke, Wiedem. Ann., Bd. 3, pag. 516. Rosenbusch, Jahrb. f. Min., 1885, Bd. II, pag. 59. Erhitzungsapparate: Brännée, Jahrb. f. Min. 1890, II, pag. 87. Fuess, ebenda 1891, I, pag. 65.

**139. Schmelzen und Verdampfen.** Durch Erwärmen können viele starre Körper in Flüssigkeiten verwandelt werden. Der Uebergang ist meist ein plötzlicher, indem aus dem starren Körper sogleich eine Flüssigkeit entsteht. Die Temperatur, bei welcher dies geschieht, die Schmelztemperatur oder der Schmelzpunkt, ist sehr verschieden, wie dies folgende Beispiele zeigen, in welchen die höheren Temperaturen von Pouillet bestimmt sind:

Schmiedeeisen ..1600°	Blei.....334°
Gold .....1200	Wismut .....270
Kupfer.....1090	Schwefel .....115
Silber .....1000	Eis ..... 0
Antimon ..... 425	Quecksilber ... — 39

Die Temperatur beim Schmelzen und jene beim Erstarren sind unter gewöhnlichen Umständen gleich. Quecksilber erstarrt also bei  $-39^{\circ}$ , Wasser bei  $0^{\circ}$ , flüssiger Schwefel bei  $115^{\circ}$ .

Minerale von hohem Schmelzpunkte werden in einer bestimmten Flamme schwer oder gar nicht schmelzen, während Minerale von niederem Schmelzpunkte darin zerfliessen. Bei Anwendung derselben Flamme werden sich demnach verschiedene Grade der Schmelzbarkeit ergeben, welche zur Charakterisirung der Minerale ungemein dienlich sind. Als constante Flamme benützt man entweder die Flamme einer Kerze mit starkem Dochte, welche mit dem Löthrohr angeblasen wird, oder, wenn man stets Leuchtgas zur Disposition hat, dem Vorschlage Bunsen's gemäss, den blauen Saum der Gasflamme des Bunsen'schen Brenners. Die zu prüfenden Minerale werden in der Form feiner Splitter von möglichst gleicher Grösse angewandt und entweder in eine Pincette mit Platinspitzen gethan oder in das Ohr eines feinen Platindrahtes gefasst. Minerale von metallischem Aussehen werden auf eine Unterlage von Holzkohle gebracht.

Kobell hat eine sehr praktische Scala der Schmelzbarkeit angegeben:

1. Antimonglanz schmilzt schon in der gewöhnlichen Kerzenflamme.
2. Natrolith, stänglicher, schmilzt in der Löthrohrflamme leicht zur Kugel.
3. Almandin, rother Granat, gibt vor dem Löthrohr ein Kügelchen.
4. Strahlstein schmilzt v. d. L. am Ende des feinen Splitters zu einem runden Köpfchen.
5. Orthoklas schmilzt v. d. L. an den Kanten und in feiner Spitze.
6. Bronzit zeigt auch in feinen Splittern kaum Spuren von Schmelzung.
7. Quarz, vollständig uneschmelzbar.

In einer stärkeren Flamme werden begreiflicherweise andere Resultate erzielt. In der Knallgasflamme schmilzt Platin, dessen Schmelztemperatur zu 2500° angenommen wird, ebenso schmilzt Quarz darin, Bronzit mit Leichtigkeit. Die gewöhnlichen Angaben bei der Beschreibung der Minerale beziehen sich jedoch immer auf die Löthrohrflamme.

Obwohl das Schmelzen der starren Körper im Allgemeinen von Aussen her beginnt, zeigen doch manche Minerale ein Schmelzen im Innern, wobei oft negative Krystalle gebildet werden. Tyndall beobachtete die Entstehung negativer, mit Wasser gefüllter Krystalle im Eise dort, wo die Sonnenstrahlen durch eine Linse vereinigt wurden. Chrustschoff erkannte die Bildung negativer Krystalle im Quarz, welcher stark geglüht worden war.

Manche Minerale lassen sich unverändert schmelzen und kehren nach dem Erstarren wieder in den früheren Zustand zurück, wie das Steinsalz, andere sind nach dem Schmelzen verändert, wie die Granate, welche im ursprünglichen Zustande durch die gewöhnlichen Säuren unzersetzbar sind, umgeschmolzen aber durch Säuren zersetzt werden. Viele Minerale zeigen beim Erhitzen eine auffällige Veränderung, wie der Gyps, welcher dabei trübe wird und Wasserdämpfe ausgibt, oder wie der Pyrit, der Bernstein, welche sich beim Erhitzen an der Luft entzünden und verbrennen.

Die starren Minerale, welche sich unverändert verflüchtigen lassen, liefern einen Dampf, der beim Abkühlen dieselbe Substanz in der Form von Pulver oder von kleinen Krystallen absetzt [10]. Der Vorgang wird Sublimation genannt. Schwefel, Arsenit lassen sich sublimiren, bei höheren Temperaturen auch andere Verbindungen, wie Bleiglanz.

Die flüssigen Minerale zeigen bei höheren Temperaturen die Erscheinung des Siedens. Dabei verwandelt sich die Flüssigkeit allmähig in Dampf, der nach dem Auffangen und Abkühlen wiederum die ursprüngliche Flüssigkeit liefert. Letzterer Vorgang wird Destillation genannt. Die Siedetemperatur ist bei bestimmtem Drucke eine constante. Bei Normalbarometerstand siedet Quecksilber bei 350°, Schwefel bei 450°, Wasser bei 100°. Lösungen von Salzen in Wasser haben einen höheren Siedepunkt als dieses, z. B. eine gesättigte Kochsalzlösung 108°, eine gesättigte Salpeterlösung 115°. Beim Destilliren solcher Lösungen erhält man reines Wasser. Das Steinöl, welches eine Mischung mehrerer Flüssigkeiten ist, hat mehrere Siedepunkte. Durch Auffangen und Abkühlen der bei jedem einzelnen Siedepunkte gebildeten Dämpfe (fractionirte Destillation) lassen sich jene Flüssigkeiten sondern.

nach

licher  
durch  
irmen  
izeau,ndas.,  
velles  
urb. f.  
allard.  
d. II.  
Bd. 3.  
arate:starre  
plötz-  
Die  
melz-  
a dieöhn-  
i 0°,amme  
unkte  
ver-  
der  
veder  
an-  
lage  
ners.  
ichst  
than  
hem

**140. Elektrizität.** Alle starren Minerale, sowie allgemein die starren Körper zeigen die Eigenschaft, nach dem Reiben leichte Körper anzuziehen und überhaupt in den elektrischen Zustand zu gerathen. Der Versuch gelingt jedoch bei den einen, welche die Elektrizität schlechter leiten, wie Bernstein, Quarz, ohne weiteres, indem das Mineral in der Hand gehalten wird, während die anderen, welche gute Leiter sind, wie die Metalle, zuvor in eine Fassung oder auf eine Unterlage von Harz, Glas u. s. w. gebracht (isolirt) werden müssen. Die ersten genaueren Versuche rühren von Aepinus, Hauy, Brewster her. Der elektrische Zustand ist bekanntlich zweierlei: positiv, wie am geriebenen Quarz und Glas, oder negativ, wie am geriebenen Schwefel und Bernstein. Diese beiden Elektrizitäten sind einander entgegengesetzt, heben einander auf.

Um geringe Grade der elektrischen Erregung zu erkennen, bedient man sich nach Hauy des elektrischen Pendels, welches aus einer isolirten, horizontal beweglichen Metallnadel besteht, oder eines der gebräuchlichen Elektroskope, von welchen das durch Behrens construirte nach der Modification durch Riess am empfindlichsten ist und zugleich die Art der Elektrizität angibt, oder endlich des Thomson'schen Elektrometers.

Sowie durch Reibung werden die Minerale auch durch Schaben, Spalten, Zerbrechen oder Zerreißen elektrisch. Werden Blättchen von Gyps oder Glimmer abgespalten, so zeigt sich die eine Spaltfläche positiv, die andere negativ elektrisch. Druck erregt ebenfalls Elektrizität (Piezoelektrizität), wie dies am Aragonit, Flussspath, Quarz, besonders aber am durchsichtigen Kalkspath beobachtet wurde, welcher letzterer schon durch den Druck zwischen den Fingern elektrisch wird. Turmalinkrystalle geben nach den Versuchen von J. und P. Curie bei der Pressung an den beiden Enden verschiedene Elektrizitäten.

**141.** Durch Erwärmung oder Abkühlung der Krystalle schlecht leitender Minerale wird ebenfalls eine elektrische Erregung veranlasst. Die Erscheinungen werden als Pyroelektrizität zusammengefasst. Am bekanntesten ist das Verhalten des Turmalins. Durchsichtige und halbdurchsichtige Stücke desselben sind bei gleichbleibender Temperatur unelektrisch, beim Erwärmen wird jeder Krystall an einem Ende positiv, am anderen aber negativ elektrisch. Bei Umschlag der Temperatur ist er wieder unelektrisch, beim Abkühlen aber zeigt sich an jedem der beiden Enden eine Elektrizität, welche der beim Erwärmen daselbst auftretenden entgegengesetzt ist. G. Rose nannte hier und in ähnlichen Fällen den beim Erwärmen positiv werdenden Pol analog, den anderen antilog.

Die Beobachtungen von Köhler, G. Rose und von Riess, namentlich aber die ausführlichen, mühevollen Untersuchungen Hankel's haben gezeigt, dass an den Krystallen durch Temperaturwechsel ganz allgemein beide Elektrizitäten entstehen, welche auf der Oberfläche oft mannigfach vertheilt sind, jedoch immer so, dass gleiche Flächen, Kanten, Ecken ein gleiches Verhalten darbieten, wonach also die elektrische Erregung genau der Symmetrie des Krystalles folgt.

Der monokline Krystall von Gyps, Fig. 357 auf pag. 205, wird auf der Längsfläche negativ, während die anderen Flächen positiv werden. Der mono-

kline Diopsid von Ala (vergl. Fig. 62 auf pag. 41) verhält sich wie Gyps, der Diopsid aus dem Zillerthal hingegen umgekehrt, er wird auf der Längsfläche positiv, auf der Querfläche negativ. Der rhombische Aragonit, Fig. 362, wird auf der Längsfläche negativ, auf der vorderen Kante des aufrechten Prisma positiv. Ein beiderseits ausgebildeter Topaskrystall wird nach Hankel an beiden Enden positiv, ein abgebrochener Krystall, der an einem Ende die Spaltfläche 001 zeigt, wird auf dieser negativ. Vesuvian (tetragonal) wird auf der Endfläche positiv, auf den Säulenflächen negativ. Entsprechend verhält sich der Smaragd (hexagonal). Der Kalkspath (rhomboëdrisch) wird in den meisten Krystallen am Pol des Rhomboëders positiv, seitlich negativ. Manche Krystalle verhalten sich entgegengesetzt. Holoëdrisch tesserale Krystalle zeigen keine Pyroelektricität, wohl aber die hemiëdrischen. Bende (tetraëdrisch) entwickelt an den Ecken des Tetraëders eine andere Elektricität als auf den Flächen.

Dass die hemimorphen Krystalle wie jene des Turmalins und des Kieselzinkerzes an den Enden entgegengesetzte Elektricitäten zeigen, sich also polar verhalten, folgt schon aus dem allgemeinen Gesetze.

Während bei der Untersuchung mit elektroskopischen Vorkehrungen die Vertheilung der Elektricitäten auf den Krystallen anschaulich zu machen unmöglich ist, gelingt dies nach der von Kundt angegebenen Bestäubungsmethode. Die in Erwärmung oder in Abkühlung begriffenen Krystalle oder Krystallplatten werden mit einem Pulver, das ein Gemenge von Schwefel und Mennige ist und durch ein Sieb von Baumwolle-Mousselin fällt, bestäubt. Dabei wird Schwefel negativ, Mennige positiv elektrisch. An den bestäubten Stellen werden demnach die positiven Stellen gelb, die negativen roth. Die Druckelektricität kann gleichfalls durch Bestäuben ersichtlich gemacht werden.

Fig. 375 zeigt das Ansehen eines sich abkühlenden Turmalinkrystalles nach dem Bestäuben. Der elektrisch neutrale Gürtel ist frei von Pulver. Fig. 376

Fig. 375.

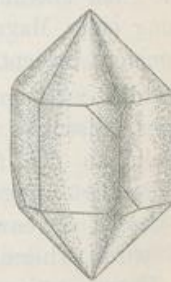


Fig. 377.



■ Mennige ■ Schwefel

Fig. 376.



gibt das Verhalten eines einfachen Quarzkrystalles unter denselben Umständen an. Die Kanten, an denen die Trapezflächen und Rhombenflächen auftreten, werden beim Abkühlen negativ, die damit abwechselnden positiv elektrisch. Da jedoch die Mehrzahl der Quarzkrystalle aus mehreren Individuen besteht, so ergeben solche Krystalle nach dem Bestäuben oft bunte Zeichnungen. Fig. 377 liefert das Bild eines bestäubten Boracitkrystalles. Die Ecken mit den grösseren, glatteren Flächen

werden beim Abkühlen positiv, die anderen vier negativ elektrisch. Interessant ist die Beobachtung, dass der mimetische Boracit beim Erwärmen über  $265^{\circ}$  hinaus, da er einfach brechend, also tesseral geworden [138], keine Elektrizitätsentwicklung mehr zeigt.

Gaugain fand, dass der Turmalin bei stärkerer Erhitzung nicht mehr elektrisch erscheint, weil er leitend wird und die beiden Elektrizitäten sich ausgleichen. Hankel hat auch beobachtet, dass mancher Flusspath durch den Einfluss des Lichtes elektrisch erregt wird (Aktinoelektrizität), ferner, dass nicht nur die geleitete, sondern auch strahlende Wärme am Bergkrystall Elektrizität entwickelt.

Um die Leitungsfähigkeit nach verschiedenen Richtungen an Krystallen zu prüfen, bestreute Wiedemann die einzelnen Flächen derselben mit einem feinen, schlechtleitenden Pulver, z. B. Lycopodiumsamen, und theilte einer darauf gesetzten Nadelspitze Elektrizität mit. In der Richtung der besseren Leitung wird das Pulver stärker fortgeschleudert, und so bilden sich um die Nadelspitze entblösste Stellen, die entweder elliptisch oder kreisförmig sind. Es zeigte sich dieselbe Beziehung zur Krystallform wie bei den Sénarmont'schen Versuchen über Wärmeleitung [136].

Lit. Riess, Die Lehre von der Reibungselektrizität. Berlin 1853. Köhler, Pogg. Ann., Bd. 17. G. Rose u. Riess, ebendas. Bd. 59. Hankel, Abhandlungen der math.-phys. Classe d. k. sächs. Gesellsch. d. Wiss. seit 1857. Friedel, Bulletin d. l. soc. minéralogique, Bd. 2, pag. 31 (1879). Gaugain, Annales de chim. et phys. (3), Bd. 57, pag. 5 (1859). Wiedemann, Pogg. Ann., Bd. 76, pag. 77. J. u. P. Curie, Comptes rend., Bd. 102, pag. 350 (1881). Kundt, Wiedem. Ann., Bd. 20, pag. 592. Mack, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 8, pag. 503 (Boracit). Kolenko, ebendas., Bd. 9, pag. 1 (Quarz).

**142. Galvanismus.** Die Minerale, welche sehr gute Leiter der Elektrizität sind, vermögen unter bestimmten Bedingungen einen elektrischen Strom zu erregen. Man erkennt das Vorhandensein des Stromes am leichtesten durch die Ablenkung einer Magnetnadel, daher man sich für die folgenden Versuche eines Galvanometers bedient.

Werden zwei gut leitende Minerale, z. B. zwei von den Mineralen Kupfer, Kupferkies, Eisenkies, Bleiglanz, mit einander einerseits in Berührung gebracht, andererseits an den freien Enden mit einem Metalldraht verbunden, und wird hierauf die Berührungsstelle der beiden Minerale erwärmt, so erhält man einen Strom, dessen Gegenwart an einem in den Draht eingeschalteten Galvanometer erkannt wird (Thermoelektrizität). Auf solche Weise hervorgebrachte Ströme werden Thermostrome genannt. Wird heisses Kupfer mit krystallographisch verschiedenen Flächen in Berührung gebracht, so ist die Wirkung verschieden. Eisenglanzkrystalle geben bei Berührung der Endfläche weniger Strom als bei Berührung einer zur vorigen senkrechten Fläche, Arsenkies auf 101 mehr Strom als auf 110.

Wenn zwei der genannten Minerale einerseits mit einander in Berührung gebracht oder durch einen Draht verbunden werden, während die freien Enden

derselben in eine Salzlösung oder eine verdünnte Säure getaucht sind, so entsteht ein elektrischer Strom, der wie im vorigen Falle controlirt werden kann.

Da die Berührung leitender Minerale auf Erzgängen nicht selten vorkommt und solche Minerale auf ihrer Lagerstätte von Lösungen bespült werden, so ist die Möglichkeit galvanischer Ströme auf Erzgängen vorhanden. Dies ist von einiger Bedeutung, weil solche Ströme bekanntlich die Lösungen zersetzen, also chemische Veränderungen hervorrufen.

Die Leitungsfähigkeit für den galvanischen Strom ist dieselbe wie für die Reibungselektricität. Aus den Zahlen, welche man durch Beobachtungen des Stromes in guten Leitern erhalten hat, ergibt sich, dass die Leitungsfähigkeit für die Elektricität dieselbe ist, wie für Wärme. Wird wiederum die Leitungsfähigkeit des Silbers = 100 gesetzt, so geben die von Matthiessen für die Elektricität erhaltenen Zahlen die erste Columnne, während in der zweiten die früher [136] von Wiedemann und Franz für Wärme erhaltenen angeführt sind.

Silber .....	100.0	100.0	Eisen .....	14.4	11.9
Kupfer .....	77.4	73.6	Blei .....	7.8	8.5
Gold .....	55.9	53.2	Platin .....	10.5	8.4
Zinn .....	14.5	11.5	Wismuth .....	1.2	1.8

Um zu erkennen, ob ein Mineral zu den guten Leitern gehört, nimmt man nach Kobell ein frisch geschlagenes Stückchen zwischen die Enden eines hufeisenförmig gebogenen Zinkstreifens (Zinkkluppe) und taucht es in eine Lösung von Kupfervitriol. Gute Leiter, wie Schwefelkies, Bleiglanz, Magnetit, bedecken sich mit einer Schichte von gediegenem Kupfer.

Die Leitungsfähigkeit für den galvanischen Strom in Krystallen ist nach kristallographisch verschiedenen Richtungen ungleich, z. B. in Eisenglanzkrystallen nach der Hauptaxe kleiner als senkrecht dazu. Das Verhältnis ändert sich aber mit der Temperatur. (Bäckström, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 17, pag. 424, 425.)

**143. Magnetismus.** Manches Magneteisenerz, und zwar immer solches, das in einer beginnenden Veränderung begriffen ist, hat die Eigenschaft, Eisenfeilspäne anzuziehen und festzuhalten. Wird ein solches Stück an einem Faden aufgehängt, so orientirt sich dasselbe wie eine Magnetnadel. Auch ohne diesen Versuch erfährt man durch Prüfung mit einer Magnetnadel aus der Anziehung und Abstossung, dass ein Nord- und Südpol vorhanden ist, dass also das Mineral polar-magnetisch ist. Kein anderes Mineral zeigt diese Eigenschaft in solchem Grade. Manches Platin, mancher Magnetkies lassen einen schwachen polaren Magnetismus erkennen.

Einige Minerale wirken auf beide Pole der Magnetnadel anziehend und werden von einem kräftigen Magneten angezogen, verhalten sich also wie Eisen, zeigen einen einfachen Magnetismus. Die Anziehung ist am stärksten am Eisen, gut erkennbar am gewöhnlichen Magneteisenerz und am Magnetkies, schwieriger am Eisenglanz, Rotheisenerz.



Zur Prüfung von geringen Graden des einfachen Magnetismus wird nach Haüy eine Magnetnadel angewandt, deren einem Pol der gleichnamige eines Magnetstabes in der Richtung der Axe genähert wurde, so dass die Nadel auf dem Punkte ist, in Folge der Abstossung umzuschlagen. (Doppelter Magnetismus.) Eine in solcher Art empfindlich gemachte Nadel gibt Ausschläge bei Annäherung sehr schwach magnetischer Körper.

Nach dem Glühen oder Schmelzen werden Minerale von beträchtlichem Eisengehalte, wie z. B. dunkler Granat, Augit, einfach magnetisch, daher bedient man sich öfter der Magnetnadel bei der Bestimmung der Minerale.

Gesteine, in welchen Magneteisenerz in erheblicher Menge vorhanden ist, wirken oft schon in grösserer Entfernung auf die Magnetnadel, zuweilen macht sich an einzelnen Gesteinsblöcken oder in ganzen Bergen ein polarer Magnetismus bemerklich in der Weise, dass zwei oder eine grössere Anzahl von Polen durch die Magnetnadel daran erkannt werden.

Der einfache Magnetismus, welcher nach den früheren Erfahrungen bloss einigen wenigen Mineralen eigenthümlich zu sein schien, ist aber, wie Faraday zeigte, eine allgemeine Eigenschaft der Körper, indem die einen vom Magnete angezogen werden, paramagnetisch sind, während die anderen vom Magnete abgestossen werden, diamagnetisch sind. Zur Untersuchung dieses Verhaltens dienen sehr kräftige Elektromagnete, welchen die zu untersuchenden Körper als Krystalle oder in der Form von Kügelchen oder Stäbchen ausgesetzt werden. Kügelchen werden von den einzelnen Polen angezogen oder abgestossen, Stäbchen stellen sich zwischen den Polen im Falle der Anziehung mit ihrer Längsaxe in die Verbindungslinie der Pole (axial) oder im Falle der Abstossung senkrecht zur vorigen Richtung (äquatorial). An einem und demselben Krystall können verschiedene Grade der Anziehung oder Abstossung vorkommen, bisweilen Anziehung in der einen, Abstossung in der anderen Richtung. Durch die Versuche von Faraday, Plücker, Grailich und v. Lang wurde gezeigt, dass die Vertheilung der magnetischen Wirkung in den Krystallen vollständig der Symmetrie des Baues entspricht.

Tesserales Krystalle werden nach allen Richtungen in gleichem Grade angezogen oder abgestossen. So z. B. verhält sich das tesserale Magneteisenerz nach allen Richtungen gleich paramagnetisch. Krystalle von wirteligem Baue verhalten sich in allen zur Hauptaxe senkrechten Richtungen gleich, parallel zur letzteren aber anders. Spathisenstein (rhomboëdrisch), Turmalin (rhomboëdrisch) und Vesuvian (tetragonal) sind paramagnetisch, doch stellt sich die Hauptaxe bei dem ersten axial, bei den beiden anderen äquatorial. Wismut und Kalkspath, beide rhomboëdrisch und diamagnetisch, orientiren sich verschieden, das erste stellt die Hauptaxe axial, der zweite äquatorial. Die Krystalle von einfacherem Baue zeigen in drei zu einander senkrechten Richtungen stets verschiedenes Verhalten. Am Aragonit (rhombisch), welcher diamagnetisch ist, wurden die grössten Unterschiede der Abstossung bemerkt, als die Wirkung parallel den drei Krystallaxen geprüft wurde. Die aufrechte Axe  $c$  wirkt am stärksten, die Längsaxe  $a$  am schwächsten.

Die Ebene, in welcher die Richtung der stärksten und jene der schwächsten Anziehung liegt, ist der Ebene der optischen Axen analog. Sie liegt aber in den rhombischen und den übrigen optisch zweiaxigen Krystallen bald parallel, bald senkrecht zur letzteren.

Amorphe Minerale verhalten sich wie die tesseralen. Durch Pressung erhalten sie jedoch eine bestimmte Orientirung, ähnlich wie bei der Einwirkung der Wärme und des Lichtes.

Eine wichtige Anwendung des Magnetismus findet bei der Trennung von Mineralgemengen statt. Seit langer Zeit bedient man sich des gewöhnlichen Hufeisenmagnetes, um gediegenes Eisen aus dem Pulver der Meteoriten oder um das Magneteisenerz oder den Magnetkies aus dem Pulver der Gesteine herauszuziehen. Fouqué hat zuerst den Elektromagneten angewandt, um nach dieser Operation fernere eisenhaltige Minerale, wie Augit und Olivin, von den eisenfreien, wie die Feldspathe, zu trennen.

Plücker, Pogg. Ann. Ad. 72, 74. Philos. Transactions. f. 1858. Greiss, Pogg. Ann., Bd. 98. Faraday, Experimental researches. Ser. 22. Knoblauch und Tyndall, Pogg. Ann., Bd. 81. Grailich u. v. Lang, Sitzungsber. d. Wiener Akad., Bd. 32, pag. 43. Fouqué, Mémoires d. l. Académie fr., Bd. 22, No. 11.

**144. Bestimmung des specifischen Gewichtes.** Das Gewicht der Volumeneinheit: specifisches Gewicht, Eigengewicht, Volumgewicht, ist für jedes einfache Mineral eine bestimmte Grösse, wofern immer bei derselben Temperatur gewogen wird. Nimmt man als Volumeinheit den Kubikcentimeter, als Gewichtseinheit das Gramm, so sind die Zahlen für das specifische Gewicht dieselben wie für die Dichte, wofern man unter dieser das Verhältnis zwischen dem Gewichte eines Körpers und dem Gewichte eines gleich grossen Volumens reinen Wassers versteht.

Von den Methoden der Bestimmung des specifischen Gewichtes sind gegenwärtig mehrere im Gebrauche, welche durch die Anwendung der hydrostatischen Wage, des Pyknometers und der schweren Flüssigkeiten bezeichnet werden.

Die hydrostatische Wage erlaubt, das absolute Gewicht  $M$  des zu prüfenden Minerals zu bestimmen, ferner das Mineral mittels eines dünnen Fadens an die eine Wagschale zu hängen und nach hergestelltem Gleichgewichte das Mineral in reines Wasser zu tauchen. Da jetzt die Wagschale steigt, das Mineral in Folge des Auftriebes leichter geworden zu sein scheint, so hat man, um wiederum Gleichgewicht herzustellen, auf die Wagschale, an welcher das Mineral hängt, ein Gewicht  $a$  aufzulegen. Das specifische Gewicht ist demnach:

$$s = M : a.$$

Bei der Anwendung dieser Methode ist darauf zu achten, dass das angewandte Mineral ein Aussehen besitzt, welches das Vorhandensein von fremden Beimengungen oder von Hohlräumen ausschliesst. An dem eingetauchten Stücke sollen keine Luftbläschen haften. Man vermeidet sie dadurch, dass man das Stück vor dem Eintauchen mit Wasser einreibt. Die Vorschläge von A. Gadolin und vom Autor, statt der Gewichte einen Läufer, wie bei der römischen Wage, anzu-

nach  
eines  
el auf  
mus.)  
erung

chem  
dient

n ist.  
nach  
netis-  
Polen

blös  
raday  
gnete  
gnete

ltens  
örper  
rden.  
Stäb-  
saxe  
recht  
nnen

An-  
uche  
lung  
des

an-  
nach  
alten  
eren

Ve-  
dem  
beide  
stellt

Baue  
lten.  
nter-  
stall-  
re a

wenden, ferner der Vorschlag von Jolly, die Wage sammt Gewichten durch eine schraubenförmige Feder zu ersetzen, haben den Zweck, in den Fällen, da eine beiläufige Bestimmung hinreicht, die hydrostatische Wage und auch die Gewichte zu ersparen.

Die am häufigsten benutzte Methode ist die des constanten Glases oder Pyknometers. Letzteres ist ein niederes Fläschchen, welches mit einem eingeschlifenen Stöpsel, der einen feinen Canal hat, genau geschlossen werden kann. Das Gewicht  $P$  des mit Wasser gefüllten Pyknometers hat man ein- für allemal bestimmt. Das Mineral wird in der Form feiner Splitter oder in Pulverform angewandt. G. Rose hat gezeigt, dass die Befüchtung, im letzteren Falle zu hohe Zahlen zu erhalten, nicht begründet sei.

Wenn das Mineral, dessen Gewicht  $M$ , in das leere Pyknometer eingetragen, der übrige Raum genau mit Wasser gefüllt und das Gewicht  $G$  des Ganzen ermittelt wird, so ist:

$$s = \frac{M}{P + M - G}.$$

Bei dieser Art der Bestimmung wird man wieder die Reinheit des Mineralen berücksichtigen, doch ist dieselbe durch Auslesen der Splitter zu erreichen, auch werden etwa vorhanden gewesene Höhlungen dadurch unschädlich gemacht. Im übrigen wird man vorzüglich darauf achten, dass bei der Bestimmung von  $P$  und  $G$  genau dasselbe Verfahren und bei den beiden Füllungen mit Wasser dieselbe Temperatur beobachtet wird. Zur Entfernung der dem Mineral anhängenden Luftblasen bringt man das Pyknometer in die Luftpumpe oder kocht aus. Mittels des Pyknometers können auch Minerale, die ein geringeres spec. Gew. als das Wasser besitzen, geprüft, ferner kann auch das spec. Gew. von Flüssigkeiten bestimmt werden. Im letzteren Falle hat man blos das Gewicht  $F$  des mit dem flüssigen Mineral erfüllten Pyknometers zu bestimmen und auch das leere Pyknometer, dessen Gewicht  $L$  wäre, zu wägen; und es ist

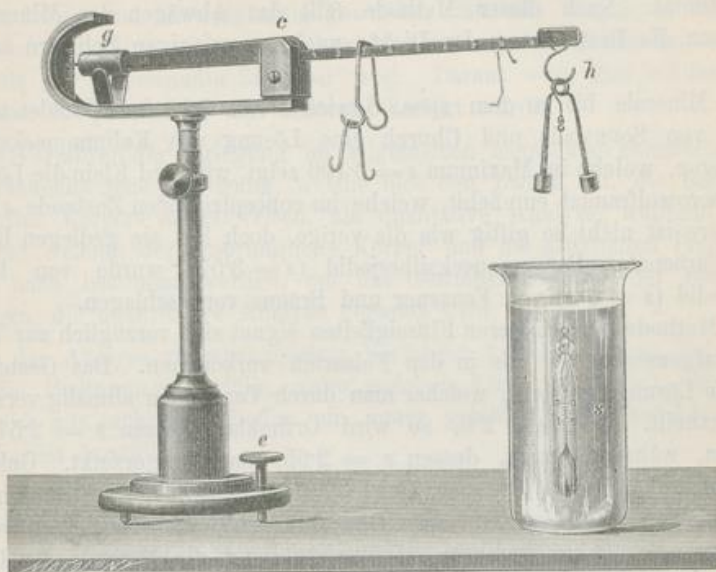
$$s = \frac{F - L}{P - L}.$$

Auch eine hydrostatische Methode kann zur Bestimmung der Dichte von Flüssigkeiten angewandt werden und speciell für die weiterhin anzuführenden schweren Lösungen, deren Dichte unter 4 liegt, kann man sich der Westphal'schen Wage, Fig. 378, mit Vortheil bedienen. Diese zeigt an dem einen Ende des Wagebalkens ein Gewicht  $g$ , welches dem an dem anderen Ende angehängten Senkel  $s$  das Gleichgewicht hält, so lange dieser in Luft schwebt. Wird der Senkel in reines Wasser getaucht, so steigt er in Folge des Auftriebes, und man hat ein Gewicht  $a$  an das Häkehen bei  $h$  zu hängen, um wieder Gleichgewicht herzustellen. Wird der Senkel in eine Flüssigkeit von der Dichte 2 getaucht, so werden bei  $h$  zwei solche Gewichte anzuhängen sein. Für die Dichte 3 hat man ein Gewicht im Betrage von  $3a$  vorrätzig. Zur Bestimmung der Decimalen dienen reiterförmige Gewichte, die auf den mit einer Zehnteltheilung versehenen Wagebalken zwischen  $h$  und  $c$  aufgesetzt werden. In der Figur ist der Versuch mit einer Flüssigkeit, deren Dichte 3.338, veranschaulicht. In dem Senkel  $s$  ist

ein Thermometer eingeschlossen, welches angibt, ob die Temperatur von 15° C. eingehalten wurde, für welche das Instrument richtige Zahlen gibt.

Das spec. Gewicht von Mineralen, welche im Wasser löslich sind, wird nach einem der zuerst genannten Verfahren bestimmt, indem man als Flüssigkeit Weingeist oder Steinöl anwendet und die erhaltene Zahl mit dem spec. Gewicht der angewandten Flüssigkeit multiplicirt.

Fig. 378.



In Folgendem sind einige wichtige Minerale nach steigendem specifischen Gewichte angeordnet.

0.6 ..	1.0	Steinöl, Erdwachs, Wasser.
1.0 ..	1.5	Harze, Kohlen, Soda, Glaubersalz.
1.5 ..	2.0	Alaun, Borax, Salpeter, Salmiak, Eisenvitriol.
2.0 ..	2.5	Gyps, Steinsalz, Leucit, Zeolithe, Graphit, Schwefel.
2.5 ..	2.8	Quarz, Feldspathe, Nephelin, Beryll, Serpentin, Talk, Calcit.
2.8 ..	3.0	Aragonit, Dolomit, Anhydrit, Tremolit, Glimmer, Boracit.
3.0 ..	3.5	Fluorit, Apatit, Hornblenden, Augite, Olivin, Epidot, Turmalin, Topas, Diamant.
3.5 ..	4.0	Siderit, Malachit, Azurit, Limonit, Korund.
4.0 ..	4.5	Baryt, Rutil, Chromit, Kupferkies, Blende.
4.5 ..	5.5	Eisenglanz, Pyrit, Markasit, Antimonit, Fahlerz.
5.5 ..	6.5	Magnetit, Cuprit, Misspickel, Kupferglanz, Rothgiltigerz.
6.5 ..	8.0	Weissbleierz, Zinnstein, Bleiglanz, Silberglanz, Eisen.
8.0 ..	10.0	Zinnober, Kupfer, Wismut.
10.0 ..	14.0	Silber, Blei, Quecksilber.
15.0 ..	21.0	Gold, Platin.
21.0 ..	23.0	Iridium.

**145.** Das spec. Gewicht vieler Minerale lässt sich auch durch Beobachtung des Schwimmens in schweren Lösungen ermitteln. Das Mineral wird in kleinen Stückchen oder in Pulverform in eine solche Lösung gebracht, auf der es anfänglich oben schwimmt. Durch Verdünnen der Lösung und Umrühren gelangt man zu dem Punkte, da das Mineral an jedem Punkte innerhalb der Lösung schwimmt und dabei weder steigt noch fällt. Nunmehr wird die Dichte der Lösung, welche jetzt gleich der des Minerals geworden, mit der Westphal'schen Wage bestimmt. Nach dieser Methode fällt das Abwägen des Minerals weg, und es kann die Bestimmung der Dichte auch an winzigen Splintern ausgeführt werden.

Für Minerale bis zu dem spec. Gewichte von 3.19 hat Thoulet nach dem Vorgange von Sonnstadt und Church eine Lösung von Kaliumquecksilberjodid vorgeschlagen, welche im Maximum  $s = 3.196$  zeigt, während Klein die Lösung von Cadmiumborowolframiat empfiehlt, welche im concentrirtesten Zustande  $s = 3.298$  hat. Letztere ist nicht so giftig wie die vorige, doch löst sie gediegen Eisen und zersetzt Carbonate. Baryumquecksilberjodid ( $s = 3.57$ ) wurde von Rohrbach, Methylenjodid ( $s = 3.3$ ) von Feussner und Brauns vorgeschlagen.

Die Methode der schweren Flüssigkeiten eignet sich vorzüglich zur Trennung der Mineralmenge, wie sie in den Felsarten vorkommen. Das Gesteinspulver wird in die Lösung gebracht, welcher man durch Verdünnen allmählig verschiedene Dichten ertheilt. Ist diese 2.6, so wird Orthoklas, dessen  $s = 2.57$ , darauf schwimmen, während Quarz, dessen  $s = 2.65$ , darin untersinkt. Goldschmidt bedient sich zur Anzeige des spec. Gewichtes der Lösung der Indicatoren, kleiner Mineralstückchen von bekanntem spec. Gewichte in absteigender Folge, welche der Reihe nach zum Sinken kommen. Dölter verbindet die Methode der Lösungen mit der von Fouqué angegebenen Scheidung mittels des Elektromagneten.

Lit. Kohlrausch, Praktische Regeln zur genaueren Bestimmung des specifischen Gewichtes, Marburg 1856. G. Rose, Pogg. Ann., Bd. 73, pag. 1. Schröder, ebendas., Bd. 106, pag. 226. Gadolin, ebendas., pag. 213. Autor, Sitzb. d. Wiener Ak., Bd. 47. V. Thoulet, Bull. soc. min., Bd. 2, pag. 189. Klein, ebendas., Bd. 4, pag. 149. Goldschmidt, Jahrb. f. Min. 1881, Beilagebd. I, pag. 179. Dölter, Sitzungsab. d. W. Ak., Bd. 85, pag. 47. Eine Uebersicht der Angaben des spec. Gew. der Minerale lieferte Websky in den Mineralog. Studien, I, Breslau 1868.

### III. Mineralchemie.

**146. Analyse und Synthese.** Die Veränderungen, welche die Minerale erfahren können, sind zum Theil solche, bei denen blos die Form oder der Aggregatzustand wechselt, zum Theil aber sind dieselben substantielle Veränderungen, bei welchen aus den ursprünglichen Mineralen Körper mit neuen Eigenschaften gebildet werden. Manchmal ist der Vorgang derart, dass aus einem Körper, ohne dass etwas hinzukommt oder verloren geht, zwei oder mehrere neue entstehen. So bildet sich aus dem Kalkspath durch Glühen Kohlensäuregas und Aetzkalk, so wird das Wasser durch den galvanischen Strom in Wasserstoffgas und Sauerstoffgas zerlegt. Wir drücken das Resultat dieser Versuche so aus, dass wir sagen,



der Kalkspath sei in zwei Bestandtheile: in Kohlensäure und Kalk zerlegt worden, das Wasser sei auch in zwei Bestandtheile: in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt worden. Unter Kohlensäure, Kalk, Wasserstoff sind hier bloß die Stoffe an sich gemeint, ganz abgesehen davon, ob dieselben gasförmig oder fest oder flüssig erscheinen. Oft ist die Zerlegung eine indirecte. So z. B. liefert Zinnober, wenn man denselben mit viel Eisenfeilspänen mischt und erhitzt, in der Vorlage flüssiges Quecksilber, und man findet ausserdem, dass die Eisenfeilspäne an Gewicht zugenommen haben und schwefelhaltig geworden sind. Die Wägungen zeigen, dass diese Gewichtszunahme mehr dem Gewichte des erhaltenen Quecksilbers so viel beträgt, als der angewandte Zinnober wog. Daraus wird man schliessen, dass der Zinnober in Quecksilber und Schwefel zerlegt wurde.

Das Verfahren der Zerlegung im allgemeinen nennt man chemische Analyse und unterscheidet jene Zerlegung, welche bloß den Zweck hat, die Bestandtheile des geprüften Körpers nachzuweisen, als qualitative Analyse, während jene Zerlegung, bei welcher der ursprüngliche Körper und die erhaltenen Producte dem Gewichte nach bestimmt werden, um das Gewichtsverhältnis der Bestandtheile zu ermitteln, die quantitative Analyse genannt wird.

Das der Analyse entgegengesetzte Verfahren heisst Synthese. Bei derselben werden die Bedingungen erfüllt, unter welchen Körper sich mit einander verbinden, also aus mehreren Stoffen ein neuer gebildet wird, welcher nun eine höhere Einheit darstellt.

So erhält man durch Vereinigung von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas Wasser, durch Ueberleiten von Kohlensäure über Aetzkalk wieder Kalkspath, durch Erhitzen von Quecksilber mit Schwefel und nachheriges Sublimiren Zinnober. Auch die Synthese ist sehr oft eine indirecte, wie spätere Beispiele zeigen werden. Da die Gewichtsverhältnisse bei der Analyse und Synthese dieselben sein müssen, so dient die Synthese zur Controle der Analyse und umgekehrt. Durch das Zusammenwirken beider erhalten wir eine Vorstellung von der Zusammensetzung der Körper. Beide Methoden wechseln daher bei den chemischen Operationen beständig ab. So ist die vorerwähnte Analyse des Zinnobers auch von einer Synthese begleitet, indem der Schwefel des Zinnobers mit dem Eisen sich zu Schwefeleisen verbindet.

**147. Einfache Stoffe.** Durch Fortsetzung der Analyse gelangt man zu einer Grenze, welche weder durch ein directes, noch durch ein indirectes Verfahren überschritten werden kann. Man erhält schliesslich Stoffe, welche unseren Mitteln gegenüber unzerlegbar sind und welche demnach als einfache Stoffe oder als Elemente bezeichnet werden. Die bei der Analyse des Wassers erhaltenen beiden Stoffe, nämlich der Wasserstoff und der Sauerstoff, sind nicht weiter zerlegbar, sind also Elemente. Die Analyse des Kalkspathes liefert Kohlensäure und Kalk. Beide Körper können aber noch weiter zerlegt werden. Man weiss nämlich, dass durch Verbrennung der Kohle, bei welcher die Kohle sich mit Sauerstoff vereinigt, Kohlensäure entsteht, ferner, dass durch Verbindung des Metalles Calcium mit Sauerstoff Kalk gebildet wird. Somit besteht der Kalkspath aus Calcium, Kohlen-

stoff und Sauerstoff. Diese sind aber einfache Stoffe. Die zuvor erwähnten Bestandtheile des Zinnobers, nämlich Quecksilber und Schwefel, sind auch Elemente.

Bisher sind ungefähr 70 einfache Stoffe aufgefunden worden. Darunter bilden zwei, nämlich der Wasserstoff und der Sauerstoff, gleichsam die Muster und den Maasstab für die übrigen. Nach dem Verhalten zu diesen beiden werden die anderen classificirt.

Die wichtigeren mögen hier aufgezählt werden:

1. Wasserstoff (Hydrogenium).
2. Lithium, Natrium, Kalium (Alkalimetalle).
3. Beryllium, Magnesium, Calcium, Strontium, Baryum, Aluminium (Erdmetalle).
4. Kupfer, Silber, Gold — Quecksilber, Cadmium, Zink — Blei, Zinn, Titan.
5. Platin, Kobalt, Nickel, Eisen — Mangan, Chrom, Molybdän, Wolfram.
6. Wismut, Antimon, Arsen, Vanad (Sprödmetalle).
7. Bor, Kohlenstoff, Silicium — Phosphor, Stickstoff.
8. Tellur, Selen, Schwefel, Sauerstoff.
9. Jod, Brom, Chlor, Fluor (Halogene).

Die unter 2 und 3 angeführten Elemente werden auch Leichtmetalle genannt, die unter 4 und 5 hingegen Schwermetalle. Silber, Gold, Quecksilber, Platin sind Edelmetalle, die Stoffe unter 7 bis 9 werden als Metalloide bezeichnet.

Alle Elemente sind fähig, mit dem Sauerstoff (Oxygenium) Verbindungen einzugehen, welche Oxyde heissen, doch lassen sich manche Metalle nur schwierig oder indirect mit Sauerstoff verbinden, nämlich die genannten Edelmetalle. Der Vorgang der Verbindung heisst Oxydation, jener der Trennung oder Befreiung vom Sauerstoffe hingegen Reduction. Der Schwefel spielt eine ähnliche Rolle wie der Sauerstoff, die Verbindungen desselben heissen Sulfide.

Die Ursache der Verbindung zweier Stoffe, mögen diese einfache oder zusammengesetzte sein, wird Verwandtschaft genannt. Daher sagt man, wenn einem Stoffe mehrere andere dargeboten werden und er sich zuvörderst mit einem derselben verbindet, er habe zu diesem die grösste Verwandtschaft.

**148. Prüfung auf trockenem Wege.** Das chemische Verhalten der Minerale bietet viele ungemein werthvolle Kennzeichen, weil chemische Versuche immer ein bestimmtes Resultat geben und auch in dem Falle ausführbar sind, als das Mineral dicht oder gar erdig ist, also die Erkennung der Form und die Ermittlung der physikalischen Merkmale nicht zulässt. Die Ausführung einer einfachen chemischen Prüfung ist demnach öfter unumgänglich, daher jeder, der es dahin bringen will, Minerale richtig zu bestimmen, sich mit den gewöhnlichen qualitativen Methoden vertraut machen und sich einige Zeit darin üben muss.

Die Operationen, welche bei der qualitativen Untersuchung in Anwendung kommen, werden entweder mit kleinen Stückchen des starren Minerals vorgenommen, indem dieses einer hohen Temperatur ausgesetzt wird (trockener Weg), oder die Prüfung erfolgt an der flüssigen Auflösung des Minerals, zu welcher meist noch andere Probeflüssigkeiten oder Reagentien hinzugefügt werden (nasser Weg).

Um die Prüfung bei höheren Hitzegraden vorzunehmen, pflegt man entweder eine Kerzenflamme mittels des Löthrohrs anzufachen oder die Flamme des



Bunsen'schen Gasbrenners zu benutzen. Die blaue Stiehflamme, welche das Ende der Löthrohrflamme bildet, hat in Folge des heftigen Zuströmens der Luft nicht nur eine höhere Temperatur als die übrigen Theile der Flamme, sondern auch einen Ueberschuss an Sauerstoff, daher sie oxydirend wirkt, während der leuchtende Theil der Löthrohrflamme wegen der vorhandenen glühenden Kohletheilchen und wegen Mangels an Sauerstoff als Reductionsflamme dienlich sein kann. Ebenso ist an der Bunsen'schen Flamme das Ende und der blaue Saum als Oxydationsflamme von dem inneren etwas leuchtenden Kegel, welcher eine Reductionsflamme bildet verschieden.

Als Unterlage für die Mineralprobe, welche etwa hirsekorngross genommen wird, dient Holzkohle, oder die Probe wird mit einer Pincette, die Platinspitzen besitzt, gefasst. Bei Benützung der Bunsen'schen Flamme wird das Ende eines feinen Platindrahtes um die Probe gewunden oder es werden Kohlenstäbchen, manchmal auch Asbestfäden als Unterlage benutzt.

Wenn Minerale beim Erhitzen zerknistern oder decrepitiren, so wird eine Probe zuerst in einem Kölbchen erhitzt, bis dieselbe zu gröblichem Pulver zersprungen ist, hierauf fein gepulvert mit einem Tropfen Wasser zum Teige angemacht und auf Kohle gestrichen und erhitzt, worauf man eine zusammenhängende Masse erhält, die nicht mehr zerspringt.

Oft wird der Versuch gemacht, die Probe im Kölbchen zu erhitzen, um zu sehen, ob nicht ein Stoff sich entwickelt und an den kühleren Wänden des Kölbchens condensirt. Wasserhaltige Minerale geben entweder einen Hauch oder gar Wassertropfen, manche Minerale geben ein gelbes Sublimat von Schwefel oder ein schwarzes, metallisch aussehendes von Arsen u. s. w.

Zuweilen wird ein beiderseits offenes Glasrohr benutzt, um die hineingeschobene Probe in einem Luftstrom zu erhitzen, wobei die Stoffe, welche im vorigen Versuche sublimirten, hier verbrennen und öfter charakteristische Oxydationsproducte liefern. Manche schwefelhaltige Minerale lassen den Geruch der schwefeligen Säure wahrnehmen, arsenhaltige geben gewöhnlich einen weissen Rauch, der einen krystallinischen Absatz bildet etc.

Beim Erhitzen auf der Kohle gibt der Rauch, welcher sich aus der Probe entwickelt, zuweilen einen weissen oder farbigen Beschlag, welcher an den Rändern wegen des dunklen Hintergrundes oft bläulich oder grünlich erscheint. Antimonhaltige Minerale liefern einen weissen, Wismut gibt einen gelben Beschlag. Auf der Kohle wird auch das Zusammenschmelzen der gepulverten Probe mit anderen Substanzen, besonders mit Soda ausgeführt. Durch das längere Erhitzen dieser Schmelze kann man aus den bleihaltigen Mineralen Körner von Blei erhalten, aus kupferhaltigen Körner von Kupfer, aus den zinnhaltigen solche von Zinn etc.

Häufig wird der Versuch gemacht, in das Ohr eines Platindrahtes eine kleine Menge von Soda, von Borax oder von Phosphorsalz einzuschmelzen und die so erhaltene Perle durch erneutes Schmelzen mit einer kleinen Menge des gepulverten Minerals zu vereinigen. Die Sodaperle und die Phosphorsalzperle dienen zur Erkennung der Silicate, die Boraxperle und Phosphorsalzperle zur Erkennung vieler Metalle, deren Oxyde diesen Schmelzen charakteristische Färbungen verleihen.

Für den letzteren Versuch müssen Mineralproben, welche flüchtige Stoffe, wie Schwefel, Arsen, Antimon enthalten, zuvor einige Zeit in gepulvertem Zustande auf Kohle erhitzt (geröstet) werden.

In der Borax- und in der Phosphorsalzperle bilden sich nach dem Zusammenschmelzen mit der Mineralprobe zuweilen Krystalle mit charakteristischen Formen, so dass man bei der mikroskopischen Betrachtung manche Stoffe leicht erkennen kann. G. Rose und später Wunder und A. Knop haben gezeigt, dass diese Methode in vielen Fällen gute Dienste leistet.

Wenn die Mineralprobe für sich in der Pincette oder im Ohr des Platindrahtes erhitzt wird, so gibt sich nicht nur der Grad der Schmelzbarkeit zu erkennen [139], sondern es zeigen sich oft Erscheinungen, die von einer chemischen Veränderung herrühren. Durch Entwicklung flüchtiger Stoffe wird bisweilen ein Aufblähen verursacht, oder das Schmelzen geschieht unter Schäumen und Blasenwerfen. Das Schmelzproduct kann sodann entweder ein durchsichtiges Glas oder eine emailartige oder eine schlackenähnliche Masse sein. Die Veränderung, welche die geglühte Probe erfahren hat, zeigt sich oft dadurch, dass dieselbe, auf geröthetes Lackmuspapier gelegt und befeuchtet, einen blauen Fleck hervorbringt: alkalische Reaction.

Eine Erscheinung, welche schon vor langer Zeit die Aufmerksamkeit der Forscher erregte, ist die Färbung, welche häufig der Löthrohrflamme durch die Mineralprobe ertheilt wird. Natriumhaltige Minerale färben die Löthrohrflamme gelb, kaliumhaltige weisslich-violett. Wenn aber beide Stoffe, nämlich Natrium und Kalium, gleichzeitig vorhanden sind, so ist die Flamme auch gelb, es wird also die violette Färbung durch das Gelb verdeckt. Um dennoch beide neben einander zu erkennen, benutzt man in solchem Falle nach Bunsen's Vorschlag eine parallelwandige Flasche mit einer Auflösung von Kupferoxydammoniak oder ein blaues Kobaltglas, welche die gelben Strahlen zurückhalten, aber die violetten durchlassen, also gleichsam als Lichtfilter wirken.

Um die Stoffe, welche sich aus der Mineralprobe entwickeln und der Flamme eine Färbung verleihen, mit Sicherheit sowohl für sich als neben einander zu erkennen, unternimmt man die Analyse der Flammenfarbe mittels eines Glasprisma [100] nach der von Bunsen angegebenen spectral-analytischen Methode.

Das Mineralpulver wird auf einem Platinblech mit ein wenig Salzsäure oder Schwefelsäure befeuchtet, oder im Falle schwieriger Zersetzbarkeit mit etwas Fluorammonium und Schwefelsäure angemacht, dann mit dem Ohr eines Platindrahtes etwas von dem Gemische aufgenommen und in den Saum der Bunsen'schen Flamme gebracht. Die gefärbte Flamme wird mittels eines kleinen Spectroskopes, wie es in den chemischen Laboratorien gebräuchlich ist, beobachtet. Der Anfänger prägt sich zuerst durch Uebungsversuche die Spectra der einfachen Stoffe ein, so dass er dieselben später auch in ihrer Vereinigung wieder erkennt.

Auf solche Art wird beim Bestimmen der Minerale der Gehalt an Lithium, Natrium, Kalium, Calcium, Strontium, Baryum, eventuell an Caesium, Rubidium, Indium erkannt.

Lit. In den eingangs erwähnten Handbüchern, ferner Wunder, Journ. f. prakt. Chemie, 2. Ser., Bd. 1, pag. 452, Bd. 2, pag. 206. A. Knop, Ann. d. Chemie

u. Pharm., Bd. 157, pag. 363 und 159, pag. 36. Kenngott, Jahrb. f. Min. 1867, pag. 77.

**149. Prüfung auf nassem Wege.** Die Vorbedingung ist hier das Vorhandensein des Mineralen in wässriger Lösung. Bei einigen Mineralen ist dieses direct erreichbar, weil sie durch Wasser aufgelöst oder zerlegt werden, wie Steinsalz, Carnallit. Manche sind schwerlöslich in Wasser, wie z. B. Gyps, andere lösen sich langsam, wie der Kieserit.

Viele der Minerale, welche durch Wasser nicht gelöst werden, lassen sich durch Säuren zersetzen und in Lösung bringen. Die gewöhnlich angewandten Säuren sind Salzsäure, Salpetersäure, seltener kommt Schwefelsäure in Verwendung, öfter die Mischung von Salzsäure und Salpetersäure (Königswasser). Die Auflösung, welche häufig durch Erwärmung beschleunigt wird, erfolgt entweder ruhig oder unter Gasentwicklung. Bei Anwendung von Salzsäure entwickeln manche Minerale Kohlensäure als geruchloses Gas unter Aufbrausen schon bei gewöhnlicher Temperatur, wie der Kalkspath, oder beim Erwärmen, wie der Dolomit, Magnesit. Manche schwefelhaltige Minerale werden von Salzsäure unter Entwicklung eines übelriechenden Gases (Schwefelwasserstoffgas) zersetzt, welches feuchtes Bleipapier (Filtrirpapier mit einer Lösung von essigsaurem Blei getränkt) bräunt. Einige Minerale, wie z. B. die Manganerze, geben mit Salzsäure behandelt ein erstickend wirkendes Gas, nämlich Chlorgas.

Salpetersäure zerlegt die kohlenstoffhaltigen Minerale ebenso wie die vorige Säure. Mit oxydirbaren Mineralen, wie z. B. mit Metallen, mit Cuprit, Magnetit und den Sulfiden zusammengebracht, entwickelt sie Stickoxydgas, welches an der Luft rothe Dämpfe von Untersalpetersäure bildet. Die schwefelhaltigen Minerale hinterlassen nach der Zersetzung oft einen Körper, der zu schwimmen pflegt und leicht als Schwefel erkannt wird. Die antimonhaltigen geben einen weissen Bodensatz von Antimonoxyden.

Manche Minerale liefern auch bei der Zersetzung durch Salzsäure einen Bodensatz, der aus Titansäure oder Wolframsäure besteht. Manche siliciumhaltige Minerale geben nach der Zersetzung eine leichte, pulverig aussehende Kieselerde, z. B. der Apophyllit, der Leucit, andere liefern, wofern man die Säure nicht zu sehr verdünnt in Anwendung bringt, Kieselerde in gallertartigem Zustande, wie z. B. der Nephelin, das Kieselzinkerz.

Viele Minerale, welche nach der gewöhnlichen Methode durch die genannten Säuren nicht gelöst werden, können durch Einschliessen des mit der Säure angemachten Pulvers in ein zugeschmolzenes Glasrohr und nachheriges Erhitzen auf 100° bis 300° zersetzt werden.

Eine grosse Zahl von Mineralen lässt sich nicht durch Säuren in Lösung bringen, daher man genöthigt ist, andere Methoden anzuwenden, durch welche das Mineral, wie man zu sagen pflegt, aufgeschlossen wird. Am häufigsten lässt sich das Zusammenschmelzen mit kohlenstoffsaurem Natron und kohlenstoffsaurem Kali und das Zersetzen der Schmelze mit Salzsäure ausführen, besonders bei den siliciumhaltigen Mineralen. Dieselben lassen sich auch durch Zusammenbringen mit Flussäure oder Fluorammonium und nachheriges Erwärmen unter Zufügung von

Schwefelsäure aufschliessen. In diesem Falle verflüchtigt sich das Silicium, indem es als Kieselflussäure davongeht. Andere Methoden der Aufschliessung bestehen in dem Zusammenschmelzen mit Kalihydrat, z. B. beim Spinell, oder mit saurem schwefelsauren Kali, z. B. beim Korund.

**150.** Bei der Prüfung auf nassem Wege kommen auch noch einige Erscheinungen von allgemeiner Anwendbarkeit in Betracht:

Die flüssigen Säuren, wie Schwefelsäure und die wässerigen Auflösungen der Säuren, haben die Eigenschaft, blaue Pflanzensäfte roth zu färben. Blaues Lackmuspapier wird beim Eintauchen in Säure roth gefärbt: saure Reaction. Dagegen haben andere Stoffe, z. B. die Oxyde der Alkalimetalle, welche Alkalien genannt werden, die Eigenschaft, in dem durch Säure gerötheten Lackmuspapier die ursprüngliche Farbe wieder herzustellen. Roths Lackmuspapier wird beim Eintauchen in eine Lösung von Alkalien blau: alkalische Reaction. Eine Auflösung, welche weder alkalische, noch saure Reaction zeigt, heisst neutral. Durch Zusammenfügen saurer und alkalischer Lösungen in bestimmtem Verhältnisse wird die Neutralisirung beider bewirkt.

Die meisten Schwermetalle werden aus ihren neutralen Lösungen, manche auch aus ihren sauren Lösungen durch Schwefelwasserstoff als Sulfide gefällt. Manche dieser Niederschläge werden durch Schwefelammonium aufgelöst.

**151. Erkennung der Bestandtheile in einfachen Fällen.** Die nachfolgenden Angaben können benutzt werden, wenn es sich um einfach zusammengesetzte Minerale handelt, oder wenn in den complicirter zusammengesetzten einzelne Stoffe leicht zu ermitteln sind.

**Aluminium.** Viele der aluminiumhaltigen Minerale werden durch Befeuchten mit Kobaltsolution und nachheriges Glühen blau gefärbt. In der Auflösung erkennt man das Aluminiumoxyd oder die Thonerde an dem weissen, flockigen Niederschlage, welcher durch Ammonflüssigkeit entsteht und durch Kalilauge, nicht aber durch kohlen-saures Ammon gelöst wird.

**Antimon.** Durch Erhitzen auf Kohle für sich oder nach Zugabe von etwas Soda entsteht ein weisser Beschlag, der in der Nähe der Probe oft krystallinisch ist und durch die Flamme von einer Stelle zur andern verflüchtigt werden kann.

**Arsen.** Viele arsenhaltige Minerale verbreiten beim Erhitzen auf der Kohle einen charakteristischen knoblauchartigen Geruch und geben einen weissen Beschlag, der sich erst in einiger Entfernung von der Probe absetzt. Alle arsenhaltigen Proben liefern, mit Cyankalium und Soda im Kölbchen erhitzt, einen Metallspiegel, welcher durch Schwefelwasserstoff gelb wird.

**Baryum.** Spectroskopisch leicht erkennbar. Die Lösung liefert mit Kieselflussäure einen farblosen krystallinischen, mit Gypslösung sogleich einen weissen, in Säuren unlöslichen Niederschlag.

**Beryllium.** In der Auflösung entsteht durch Ammoniak ein weisser Niederschlag, welcher sowohl durch Kalilauge als auch durch kohlen-saures Ammon gelöst wird.

**Blei.** Manche Bleiverbindungen geben auf der Kohle einen schwefelgelben Beschlag. Mit Soda auf Kohle geschmolzen, liefert jede bleihaltige Probe ein Bleikorn. Die Lösung gibt mit einem Tropfen Schwefelsäure einen weissen, mit chromsaurem Kali einen gelben Niederschlag.

**Bor.** Das gepulverte Mineral wird mit Schwefelsäure erwärmt, worauf Alkohol zugegossen und dieser angezündet wird. Ist Bor vorhanden, so wird die Flamme grün gefärbt.

- Brom.** Die in einem Kölbchen mit concentrirter Schwefelsäure übergossene Probe entwickelt Bromdampf, der einen mit Stärkekleister bestrichenen Papierstreifen nach einigen Stunden gelb färbt.
- Cadmium.** Die Probe gibt im Reductionsfeuer einen braunen bis orange gelben Beschlag. Die saure Lösung liefert mit Schwefelwasserstoff einen citrongelben, in Schwefelammon unlöslichen Niederschlag.
- Calcium.** Spectroskopisch leicht erkennbar. Die Lösung liefert, auch wenn sie verdünnt ist, mit oxalsaurem Ammon einen weissen Niederschlag, der durch Säuren zerstört wird. Gypslösung gibt keinen Niederschlag.
- Chlor.** Die salpetersaure Auflösung gibt nach Hinzufügung von salpetersaurem Silber einen weissen, käsigen Niederschlag von Chlorsilber, welcher sich am Lichte schwärzt und in Ammoniak auflöst.
- Chrom.** Die meisten Verbindungen geben eine schöne smaragdgrüne Borax- oder Phosphorsalzperle. Mit Salpeter geschmolzen, geben die Minerale eine Schmelze, welche, mit Wasser ausgezogen, eine gelbe Lösung liefert, in der essigsäures Blei einen gelben Niederschlag von Bleichromat erzeugt.
- Eisen.** Manche Verbindungen werden, auf Kohle erhitzt, magnetisch. Die sauerstoffreichen (oxydhaltigen) geben eine rothe, nach dem Erkalten gelbe Boraxperle, welche im Reductionsfeuer grün wird, die sauerstoffärmeren (oxydulhaltigen) geradezu eine grüne Perle. Die Lösung jedes eisenhaltigen Minerals, welche nach Zusatz von Salpetersäure einige Zeit gekocht wurde, gibt mit Ammoniak einen braunen, flockigen Niederschlag, mit einer Lösung des gelben Blutlaugensalzes einen blauen Niederschlag.
- Fluor.** Das Pulver des Minerals wird in einem Platintiegel mit concentrirter Schwefelsäure erwärmt, nachdem der Tiegel mit einer Glasplatte bedeckt wurde, welche mit Wachs überzogen, stellenweise aber mittels eines Holzstiftes von Wachs entblösst worden ist. Die freien Stellen werden durch die entwickelten Dämpfe geätzt. Es ist gut, in einem zweiten Tiegel ohne Mineral mit der Schwefelsäure die Gegenprobe zu machen.
- Gold.** Die Probe liefert, auf Kohle erhitzt, ein Goldkorn. Aus diesem kann etwa beigemischtes Silber durch Erwärmen mit Salpetersäure ausgezogen und in der Lösung nachgewiesen werden.
- Jod.** Die in einem Kölbchen mit concentrirter Schwefelsäure übergossene Probe entwickelt Joddampf, der einen mit Stärkekleister bestrichenen Papierstreifen blau färbt.
- Kalium.** Weisslich-violette Flammenfärbung. Anwendung des Lichtfilters oder Spectroskops. In der salzsauren Auflösung entsteht durch Zufügen von Platinchlorid ein citrongelber Niederschlag.
- Kobalt.** Die geröstete Probe liefert mit Borax ein schön blaues Glas, zuweilen erst nach längerem Erhitzen im Reductionsfeuer.
- Kohlenstoff.** Nur selten ist es nöthig, die Kohle besonders nachzuweisen. Durch Zusammenbringen mit heisser Salpeterschmelze entsteht eine Verpuffung. Bei geringerem Kohlengehalte wird durch den Salpeter die schwarze Farbe zerstört. Die Kohlensäureverbindungen entwickeln, wie schon bemerkt wurde, mit Säuren ein geruchloses Gas.
- Kupfer.** Die geröstete Probe gibt mit Borax ein blaues Glas, welches im Reductionsfeuer braunroth wird. Mit Soda auf Kohle zusammengeschmolzen, liefert die Probe ein Kupferkorn. Die Lösung wird, mit viel Ammonflüssigkeit versetzt, schön blau.
- Lithium** verursacht, wenn allein vorhanden, eine carminrothe Flammenfärbung, die aber durch Natrium, wenn solches vorhanden, verdeckt wird. Spectroskop.
- Magnesium.** Manche Verbindungen des Magnesiums, die ursprünglich weiss sind, werden nach dem Befechten mit einer Lösung von salpetersaurem Kobalt und nachherigem Glühen lichtroth. In der Auflösung wird die Gegenwart des Magnesiums an dem weissen, krystallinischen Niederschlag erkannt, welcher nach Zufügung einer erheblichen Menge von Salmiaklösung, einer kleinen Quantität von Ammonflüssigkeit bis zum deutlichen Ammongeruche und Hinzugabe von einer Lösung von phosphorsaurem Natron entsteht. Der Niederschlag wird durch Säuren gelöst.

- Mangan.** Das feine Pulver gibt, mit Soda und etwas Salpeter auf Platinblech erhitzt, eine blaugrüne Schmelze. Meistens darf man nur wenig von dem Mineral nehmen.
- Molybdän.** Die Probe gibt im Reductionsfeuer mit Phosphorsalz ein grünes, mit Borax ein braunes Glas.
- Natrium.** Gelbe Flammenfärbung. Spectroskop.
- Nickel.** Die Probe, mit Soda auf dem Kohlenstäbchen erhitzt, nach dem Erkalten zerrieben, mit Wasser gewaschen, liefert magnetische Theilchen von metallischem Nickel. Diese gesondert in einem Tropfen Salpetersäure gelöst, mit Ammon versetzt, liefern eine tiefblaue Lösung.
- Phosphor.** Die Gegenwart von Phosphorsäure wird in der Auflösung dadurch erkannt, dass nach Hinzufügung von Salmiak und Ammonflüssigkeit, bis ein deutlicher Ammongeruch entsteht, endlich nach Zugabe von Bittersalzlösung ein krystallinischer Niederschlag fällt, welcher durch Säuren zerstörbar ist. (Vergl. Magnesium.) Die Phosphorsäure lässt sich auch dadurch nachweisen, dass man zur Lösung der Probe eine mit Salpetersäure übersättigte Lösung von molybdänsaurem Ammon zusetzt und erwärmt. Es entsteht ein gelber, feinerdiger Niederschlag.
- Platin** findet sich nur gediegen und wird an seinen physikalischen Eigenschaften leicht erkannt.
- Quecksilber.** Die Probe liefert, mit Soda im Kölbchen erhitzt, ein graues Sublimat, aus Tröpfchen von metallischem Quecksilber bestehend.
- Sauerstoff.** Die Gegenwart dieses Stoffes lässt sich nicht direct, sondern nur indirect nachweisen oder bloß erschliessen.
- Schwefel.** Eine Probe des Mineralen wird mit Soda auf Kohle zusammengeschmolzen, die Schmelze auf eine blanke Silbermünze oder ein Silberblech gelegt und mit Wasser befeuchtet, worauf der entstehende braune Fleck den Schwefelgehalt verräth. In der Auflösung wird Schwefelsäure durch den weissen, in Säure unlöslichen Niederschlag erkannt, welcher durch Chlorbaryum hervorgebracht wird.
- Selen.** Im Oxydationsfeuer erhitzt, geben die Selenverbindungen eine schöne blaue Flamme und entwickeln einen rettigartigen Geruch. Auf Kohle geben sie einen metallisch aussehenden, grauen Beschlag. Im Glasrohr bildet sich beim Erhitzen ein rothes Sublimat.
- Silber.** Die mit Salpetersäure erhaltene Auflösung gibt mit Salzsäure einen weissen, käsigen Niederschlag, welcher sich am Lichte schwärzt, in Ammoniak auflöslich ist.
- Silicium.** Durch das Zusammenschmelzen der Silicate mit der Phosphorsalzperle werden jene zersetzt, und die Kieselerde bleibt als Skelet oder Pulver in der Perle sichtbar. Mit Soda zusammengeschmolzen, geben die Silicate eine Masse, welche, mit Salzsäure behandelt, eine Gallerte liefert. Beim Abdampfen geht diese in Pulver über, welches nach dem Wegwaschen der übrigen Verbindungen weiss und durch die gewöhnlichen Säuren unangreifbar ist, durch eine Mischung von Flussäure und Schwefelsäure gänzlich verflüchtigt wird.
- Stickstoff.** In der Form von Ammoniak ist der Stickstoff in wenigen Mineralen enthalten. Diese geben, mit Kalilauge erwärmt, Ammoniakgas, welches durch den Geruch erkennbar ist. In der Form von Salpetersäure tritt der Stickstoff gleichfalls in einigen Mineralen auf. Diese verpuffen auf glühender Kohle.
- Strontium.** Spectroskopisch leicht erkennbar. Die Lösung gibt mit Kieselflussäure keinen, mit Gypslösung nach einiger Zeit einen weissen Niederschlag.
- Tellur.** Charakteristisch ist der weisse, rothgesäumte Beschlag, welchen Tellur auf Kohle hervorbringt. Die tellurhaltigen Minerale ertheilen concentrirter Schwefelsäure beim ersten Erwärmen eine carminrothe Farbe.
- Titan.** Die Phosphorsalzperle ist nach der Behandlung im Reductionsfeuer heiss gelb, kalt violett. Bei Gegenwart von Eisen muss etwas gepulvertes Zink zugesetzt werden, um die violette Farbe hervortreten zu lassen. Ausserdem erkennt man die Titansäure in der plattgedrückten Phosphorsalzperle unter dem Mikroskop an der Krystallform. Die mit saurem schwefelsauren Kali erhaltene Schmelze, in verdünnter Säure gelöst, gibt, einige Zeit mit Zinn oder Zink in Berührung gelassen, eine violette bis blaue Flüssigkeit.

- Uran.** Die Phosphorsalzperle ist im Oxydationsfeuer gelb, von der Farbe des Uranglases, im Reductionsfeuer grün.
- Vanad.** Die Vanadinsäure gibt mit Borax ein Glas, welches im Oxydationsfeuer gelb oder braun, im Reductionsfeuer grün ist.
- Wasserstoff** in der Form von Wasser. Durch Erhitzen des Minerals im Kölbchen entsteht ein Hauch oder ein Beschlag, der aus feinen Wassertröpfchen besteht.
- Wismut.** Die Probe gibt auf Kohle einen Beschlag von Wismutoxyd, welches heiss braun, kalt hellgelb erscheint. Die Auflösung gibt auf reichlichen Zusatz von Wasser und einem Tropfen Kochsalzlösung einen weissen Niederschlag von basischem Salz.
- Wolfram.** Das Pulver gibt mit Soda eine Schmelze, welche, mit Wasser ausgezogen, ein Filtrat liefert, in welchem durch Salzsäure ein weisser Niederschlag von Wolframsäure entsteht. Der getrocknete Niederschlag wird durch Erhitzen gelb.
- Zink.** Die Probe liefert, mit Soda zusammengeschmolzen, auf der Kohle einen Beschlag, der in der Wärme gelb, nach dem Erkalten weiss ist, mit Kobaltlösung befeuchtet und geglüht, grün gefärbt wird und im Oxydationsfeuer sich nicht verflüchtigt. In der Lösung liefert Kalihydrat sowie Ammon einen weissen gelatinösen Niederschlag, welcher sich im Ueberschusse beider Fällungsmittel löst. Aus diesen Lösungen wird durch Schwefelwasserstoffwasser weisses Zinksulfid gefällt.
- Zinn.** Durch Erhitzen auf Kohle entsteht ein weisser Beschlag, welcher weder durch die Oxydations- noch durch die Reductionsflamme zu vertreiben ist. Mit Soda geschmolzen, liefert die Probe ein Zinnkorn.

**152. Mikrochemische Analyse.** Man kommt öfter in die Lage, die chemischen Bestandtheile eines Minerals zu ermitteln, von welchem nur eine sehr geringe Menge zu Gebote steht. Es ist entweder ein winziges Kryställchen oder ein staubförmiges Körnchen, oder aber es ist in einem Dünnschliffe, der aus einem Gemenge von Mineralen besteht, ein Theilchen, das mit freiem Auge angesehen wie ein Pünktchen erscheint, zu prüfen. In diesen Fällen wird das Kryställchen, Körnchen oder der aus dem Dünnschliff isolirte Splitter zuerst unter dem Mikroskope auf seine Reinheit geprüft und wenn diese constatirt ist, die Probe auf nassem Wege unternommen. Es ist eine qualitative Prüfung im kleinsten Maasstabe. Zur Auflösung und Zersetzung werden die früher genannten Mittel, besonders Salzsäure, Schwefelsäure, Flussäure, auch Kieselflussäure, angewandt. Ein Tropfen reicht oft hin, die nöthige Lösung zu erhalten. Die Zersetzung geschieht zuweilen auf dem gläsernen Objectträger. Bei Anwendung von Flussäure oder Kieselflussäure wird derselbe mit einer Schichte von Canadabalsam überzogen; besser ist es, ein durchsichtiges Plättchen von Schwerspath zu benutzen. Meistens wird die Zersetzung in einem Platinschälchen vorgenommen, ebenso das Aufschliessen mit Soda und die nachherige Zerlegung der Schmelze durch Säuren. Die erhaltene Lösung wird mit Reagentien versetzt. Wird hierauf ein Tropfen auf den Objectträger gebracht und dort verdunsten gelassen, so bilden sich kleine Krystalle der entstandenen Verbindungen, welche unter dem Mikroskope geprüft werden. Man erkennt hier die Gegenwart eines Stoffes an den Eigenthümlichkeiten der Krystallform einer bestimmten Verbindung dieses Stoffes, so z. B. die Gegenwart von Natrium an den eigenthümlichen Krystallgestalten des Kieselfluornatriums, welches bei der vorgeschriebenen Methode sich bildet, wenn Natrium zugegen ist. Das Verfahren

entspricht öfter den früher angeführten Methoden des nassen Weges. Einige Beispiele genügen, um zu zeigen, wie die einzelnen Stoffe erkannt werden.

**Calcium.** Das Mineral wird aufgeschlossen, dann durch Schwefelsäure zersetzt und eingedampft, der Rückstand in Wasser gelöst. Ein Tropfen der Lösung zeigt beim Verdunsten auf dem Objectträger mikroskopische Gypskryställchen, wie in Fig. 379.

**Magnesium.** Zur Lösung wird ein Körnchen Phosphorsalz und etwas Ammoniak hinzugefügt, entsprechend dem Verfahren in dem vorigen Absatze. Als Niederschlag bilden sich Kryställchen von Magnesium-Ammoniumphosphat, deren Form sehr charakteristisch ist, Fig. 380. Die umgekehrte Methode führt zur Erkennung der Phosphorsäure.

**Aluminium.** Die schwefelsaure Lösung, mit einem Körnchen von Caesiumchlorid in Berührung gebracht, liefert schöne oktaëdrische Kryställchen von Caesiumalaun.

Fig. 379.

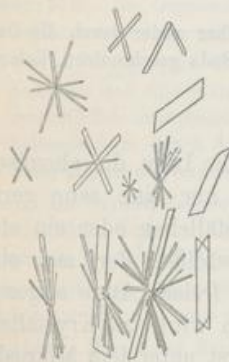


Fig. 380.

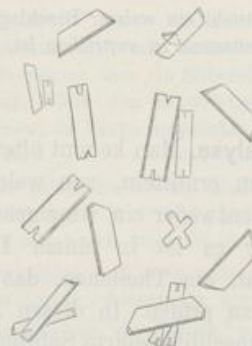
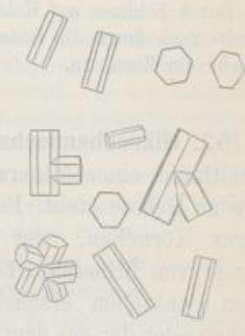


Fig. 381.



**Natrium.** Natriumhaltige Minerale geben nach der Zersetzung mit Kieselflussäure und nach dem Verdunsten Kryställchen von Kieselfluornatrium, Fig. 381.

Natriumhaltige Silicate liefern diese Kryställchen nach der Zersetzung mittels Flussäure.

Lit. Bořický, Elemente einer neuen chemisch-mikroskop. Mineral- und Gesteinsanalyse. Prag 1877. Lehmann, Ann. d. Physik u. Chem., Neue F. Bd. 13, pag. 506. Streng, Jahrb. f. Min., 1883, Bd. II, pag. 365 u. ff. Bde. Haushofer, Mikrochemische Reactionen, Braunschweig, 1885. Klement u. Renard, Reactions microchimiques, Bruxelles 1886. Behrens, Ann. Ecole polit., Delft 1890.

**153. Gewichtsbestimmung.** Das Verständnis der chemischen Erscheinungen beruht vor allem auf der Kenntnis der quantitativen Verhältnisse. Erst diese geben ein Bild von dem Mechanismus, der bei den chemischen Veränderungen thätig ist. Aber auch die chemische Aehnlichkeit der Minerale, die Beziehungen verschiedener Minerale werden erst klar, wenn die Mengen der Stoffe bekannt sind, aus welchen die verglichenen Körper bestehen.



Die Ermittlung der Gewichtsverhältnisse beruht auf sorgfältigen, oft complicirten Operationen und genauen Wägungen, die Resultate der Arbeit sind Zahlenverhältnisse, welche desto genauer sind, je besser die Methoden, je grösser die Sorgfalt und Geschicklichkeit des Experimentators. Die Vorbedingung jeder brauchbaren Mineralanalyse ist aber die vollkommene Reinheit des Materiales, welche oft erreicht werden kann, indem das Mineral in kleine Splitter zerschlagen wird und diese unter dem Mikroskop oder einer stark vergrössernden Lupe ausgesucht werden oder indem das Mineral nach der Methode der schweren Flüssigkeiten [145] gereinigt wird. Wenn sich trotzdem fremde Beimengungen nicht vermeiden lassen, wird das Resultat weniger brauchbar.

Die quantitative Mineralanalyse ist ein umfangreiches methodisches Gebiet, welches eine praktische Bethätigung erfordert, also nicht Gegenstand des vorliegenden Werkes ist. Um hier aber doch wenigstens eine Andeutung zu geben, in welcher Weise die Quantitätsbestimmungen ausgeführt werden, mögen zwei Beispiele Platz finden.

Die gewichtsmässige Bestimmung geht selbstverständlich von dem Grundsatz aus, dass das Gewicht der Verbindung gleich ist der Summe der Gewichte der Bestandtheile, welchen man das Princip der Erhaltung der Materie nennt. Die Methoden sind bald mehr directe, indem das Mineral geradezu in seine Bestandtheile zerlegt wird und diese gewogen werden, oder sie sind mehr indirecte, indem das Mineral zwar auch zerlegt, aber jeder Bestandtheil in eine neue Verbindung übergeführt und diese letztere gewogen wird.

Ein Beispiel directer Bestimmung gibt die Analyse des Göthits oder Nadeleisenerzes. Die qualitative Prüfung des reinen Mineralen würde Eisenoxyd und Wasser als Bestandtheile ergeben. Wenn von dem Minerale 0.734 Gramm oder 734 Milligramm abgewogen, diese Quantität in ein Glasrohr gethan und geglüht wird, während die entstehenden Wasserdämpfe in einem vorgelegten Chlorealciumrohr aufgefangen und condensirt werden, und wenn dieses Rohr um 75 Milligr. an Gewicht zugenommen hat, während der nach dem Glühen erhaltene Rückstand von rothem Eisenoxyd 660 Milligr. wiegt, so hat man:

Angewandt: 734 Milligr.,	erhalten: Eisenoxyd 660
	Wasser 75
	zusammen 735.

Man hätte also bei dem Versuche eine kleine Ungenauigkeit begangen, weil die Summe der Bestandtheile mehr ausmacht, als das Gewicht der ursprünglichen Verbindung beträgt. Solche Versuchsfehler sind aber unvermeidlich. Eine längere Uebung lehrt die Grösse des Fehlers kennen, welcher zulässig ist, wofern die Analyse genau genannt werden darf.

Man pflegt die Resultate der Analyse percentisch auszudrücken. Um dazu zu gelangen, wird man im obigen Falle den Ansatz machen: 734 Gewichtstheile Mineral gaben 660 Gewth. Eisenoxyd, 100 Gewth. Mineral würden geben  $x$  Gewth.

Einige

ersetzt  
lösung  
chen.oniak  
Als  
phat,  
führtflorid  
sium-säure  
381.  
mittelsund  
l. 13.  
sofer.  
micro-ngen  
geben  
hätig  
ngen  
annt

Eisenoxyd. Ferner 734 Gewth. Mineral gaben 75 Gewth. Wasser, 100 Gewth. Mineral würden geben  $y$  Gewth. Wasser.

$$\begin{array}{rcl} 734 : 660 = 100 : x & & x = 89.92 \text{ Percent Eisenoxyd} \\ 734 : 75 = 100 : y & & y = 10.22 \text{ » Wasser} \\ & & \text{zusammen } 100.14. \end{array}$$

Also zeigt auch hier der Ueberschuss den Versuchsfehler an.

Ein Beispiel für indirecte Bestimmung liefert die Analyse des Steinsalzes. Als Bestandtheile gibt die qualitative Probe Chlor und Natrium an. Gesetzt nun man hätte von dem reinen Mineral 345 Milligr. abgewogen und in Wasser aufgelöst, hierauf salpetersaures Silber so lange zugefügt, als noch ein Niederschlag entsteht, so ist jetzt alles Chlor in dem Niederschlag enthalten, welcher aus Chlorsilber besteht. Nach dem Abfiltriren, Auswaschen und Trocknen hätte derselbe das Gewicht von 840 Milligr. In der Flüssigkeit, welche nach der Trennung dieses Niederschlages zurückblieb, ist noch etwas salpetersaures Silber enthalten, weil um etwas mehr zugesetzt wurde, als nothwendig war. Dieses wird wieder mittels Salzsäure in Chlorsilber verwandelt, der entstandene Niederschlag abfiltrirt und beseitigt. Die zurückgebliebene Lösung enthält noch das Natrium des angewandten Steinsalzes nebst den Elementen der Salpetersäure und Salzsäure. Wird nun Schwefelsäure zugesetzt und eingedampft, bis ein trockener Rückstand entsteht, so verflüchtigen sich die Salpetersäure, Salzsäure und die überschüssig zugesetzte Schwefelsäure, und es hinterbleibt nach dem starken Erhitzen des Rückstandes nur schwefelsaures Natron, welches das Gewicht von 419 Milligr. ergäbe.

Man hat jetzt das Steinsalz in zwei getrennt gewogene Verbindungen, in Chlorsilber und schwefelsaures Natron verwandelt. Mit Hilfe eines analytischen Handbuches findet man nun, dass in 100 Theilen Chlorsilber 24.74 Theile Chlor enthalten seien, wonach in der gewogenen Menge von 840 Milligr. Chlorsilber 207.8 Milligr. Chlor enthalten sind. Ebenso findet man, dass in 100 Theilen schwefelsauren Natrons 32.39 Theile Natrium enthalten seien, wonach sich ergibt, dass die gewogenen 419 Milligr. dieses Salzes 135.7 Milligr. Natrium enthalten. Folglich:

$$\begin{array}{rcl} \text{Angewandt: } 345 \text{ Milligr. Steinsalz, erhalten: Chlor } 207.8 \text{ Milligr. oder } 60.23 \text{ Percent} \\ \text{Natrium } 135.7 \text{ » » } 39.34 \text{ »} \\ \hline 343.5 \qquad \qquad \qquad 99.57 \end{array}$$

**154. Gesetz der Mischungsgewichte.** Die Minerale, welche sich in qualitativer Beziehung vollkommen gleich verhalten, welche also nach ihren Eigenschaften identisch sind, geben auch bei der gewichtsmässigen Analyse dasselbe Verhältnis der Bestandtheile. Reines Steinsalz vom ersten, zweiten, dritten Fundorte u. s. w. gibt immer dasselbe Verhältnis von Chlor und Natrium, welches im vorigen Beispiele angeführt wurde, und dieses Verhältnis wird bloß durch die unvermeidlichen Fehler der Beobachtung ein wenig modificirt. Reiner Tremolit von diesem oder jenem Fundorte liefert stets dieselben Verhältniszahlen für Magne-

sium, Calcium, Silicium und Sauerstoff, aus welchen Stoffen dieses Mineral besteht. Hat man also für ein Mineral das Gewichtsverhältnis der Bestandtheile:

$$A : B : C : D : \text{etc.}$$

gefunden, so werden alle damit identischen Minerale das gleiche Verhältnis ergeben. Damit ist das empirische Gesetz der bestimmten Gewichtsverhältnisse ausgedrückt. *A, B, C, D* etc. heissen die Mischungsgewichte oder auch die Verbindungsgewichte.

Hat ein Mineral die oben angeführten Gewichtsverhältnisse geliefert, und findet sich ein zweites Mineral, welches zwar dieselben Stoffe enthält, welches aber in seinen Eigenschaften von dem vorigen verschieden ist, so wird selbes nur ganz ausnahmsweise ein gleiches, also fast immer ein anderes Gewichtsverhältnis liefern, ebenso ein drittes Mineral, welches wohl wiederum dieselben Stoffe enthält, aber in den Eigenschaften von den beiden vorigen verschieden ist. Es besteht jedoch unter den Gewichtsverhältnissen dieser Minerale ein Zusammenhang, welcher aus den folgenden Beispielen, welche zum Theil von Producten der Laboratorien hergenommen sind, klar wird.

Das reine Wasser liefert bei der Zerlegung 11·11 Perc. Wasserstoff und 88·89 Perc. Sauerstoff, also achtmal soviel Sauerstoff als Wasserstoff. Wird ein Gewichtstheil Wasserstoff durch *H* und werden 8 Gewichtstheile Sauerstoff durch *O* ausgedrückt, so lautet das Gewichtsverhältnis der Bestandtheile des Wassers *H : O*. Das Wasserstoffsperoxyd besteht auch aus Wasserstoff und Sauerstoff, es gibt aber bei der Zerlegung nur 5·88 Perc. Wasserstoff gegen 94·12 Perc. Sauerstoff, das Verhältnis beider ist 1 : 16, durch die vorigen Zeichen ausgedrückt *H : 2 O*, weil das Wasserstoffsperoxyd bei gleicher Menge von Wasserstoff zweimal soviel Sauerstoff enthält als das Wasser.

Eine Reihe von Beispielen liefern die von den Chemikern dargestellten Verbindungen des Stickstoffes mit dem Sauerstoff. Von diesen enthält das Stickoxydul 63·64 Perc. Stickstoff gegen 36·36 Perc. Sauerstoff. Um die frühere Bezeichnung beizubehalten, nach welcher 8 Gewth. Sauerstoff = *O*, wird berechnet, wie viel Gewth. Stickstoff hier auf 8 Gewth. Sauerstoff kommen,  $36·36 : 63·64 = 8 : x$ , woraus  $x = 14$  sich ergibt. Wird nun die Menge von 14 Gewth. Stickstoff durch *N* bezeichnet, so kann man statt des percentischen Verhältnisses schreiben 14 Gewth. Stickstoff : 8 Gewth. Sauerstoff oder *N : O*.

Für die ferneren Verbindungen ist unten ausser der percentischen Zusammensetzung auch das Resultat der Umrechnung angesetzt:

	Stickstoff	Sauerstoff	umgerechnet	in Zeichen
Stickoxydul . . . . .	63·64	: 36·36	= 14 : 8	= <i>N : O</i>
Stickoxyd . . . . .	64·67	: 53·33	= 14 : 16	= <i>N : 2 O</i>
Salpetrigsäure-Anhydrid . . . . .	36·84	: 63·16	= 14 : 24	= <i>N : 3 O</i>
Salpetersäure-Anhydrid . . . . .	25·93	: 74·07	= 14 : 40	= <i>N : 5 O</i>

Es ist also das Verhältnis der Mischungsgewichte beim Stickoxydul *N : O*, bei allen übrigen aufgezählten Verbindungen *N : m O*, wo *m* eine ganze Zahl ist.

Die entsprechende Regel gilt aber auch für die Verbindungen mehrerer Stoffe, z. B. für die folgenden Minerale, für welche nicht mehr die percentischen Gewichtsmengen, sondern die schon umgerechneten Verhältnisse angesetzt sind:

	Calcium	Magnesium	Silicium	Sauerstoff	in Zeichen
Periklas .....	—	: 12	: —	: 8 =	$Mg : O$
Enstatit .....	—	: 12	: 14	: 24 =	$Mg : Si : 3O$
Forsterit .....	—	: 24	: 14	: 32 =	$2 Mg : Si : 4O$
Diopsid .....	20	: 12	: 28	: 48 =	$Ca : Mg : 2 Si : 6O$
Tremolit .....	20	: 36	: 56	: 96 =	$Ca : 3 Mg : 4 Si : 12O$

Hier ist für 12 Gewth. Magnesium die Abkürzung  $Mg$ , für 20 Gewth. Calcium die Abkürzung  $Ca$ , für 14 Gewth. Silicium aber  $Si$  gebraucht.

Das allgemeine Gesetz, welches die Gewichtsverhältnisse beherrscht, lautet also: Wenn für irgend eine Verbindung das Gewichtsverhältnis:

$$A : B : C : D : \text{etc.},$$

gefunden wurde, so ist das Gewichtsverhältnis für alle Verbindungen, welche dieselben Bestandtheile enthalten:

$$m A : n B : p C : q D : \text{etc.}$$

wo die Coëfficienten  $m, n, p, q$  ganze Zahlen sind. In dem letzten Beispiele ist es die Zahl 1, welche nicht geschrieben wurde, ferner 2, 3, 4, 6, 12. Das Verhältniß der Coëfficienten ist also immer ein rationales. Dieses Gesetz, welches früher das Gesetz der multiplen Proportionen genannt wurde, sagt aus, dass die Gewichtsverhältnisse aller Verbindungen, welche dieselben Bestandtheile enthalten, von einer dieser Verbindungen abgeleitet werden, indem man deren Mischungsgewichte mit ganzen Zahlen multiplicirt. Diejenigen Mischungsgewichte, welche von den Verbindungen geliefert werden, die als Grundlage des Vergleiches gewählt wurden, heißen Aequivalentgewichte. In den vorigen Beispielen wurden Wasser, Stickoxyd, Periklas etc. als Grundlagen gewählt, und wurden die Aequivalentgewichte  $H=1, O=8, N=14, Mg=12$  etc. erhalten. Die Zeichen  $H, O, N, Mg$  etc. heißen demnach Aequivalentzeichen. Sie geben erstens eine Qualität an, nämlich Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff etc., zweitens eine Quantität, nämlich 1, 8, 14 Gewichtstheile etc.

Es ist leicht zu bemerken, dass das Gesetz der bestimmten Gewichtsverhältnisse eine Aehnlichkeit mit dem Gesetze der Constanz der Flächenwinkel an den Krystallen habe, ferner dass das Gesetz der rationalen Verbindungsverhältnisse in der Form ganz und gar mit dem Parametergesetze übereinstimmt. Diese Uebereinstimmung ist keine zufällige, sondern sie beruht darauf, dass einerseits die Krystalle, andererseits die Materie überhaupt aus Theilchen von bestimmtem Gewichte zusammengefügt gedacht werden können.

**155. Erklärung.** In dem morphologischen und dem physikalischen Theile wurde wiederholt jene Vorstellung benützt, nach welcher die Körper aus schwebenden Theilchen, den Molekeln, zusammengesetzt sind. Homogene Minerale, wie das Wasser, das Steinsalz, bestehen demnach aus Molekeln, die alle unter einander gleich sind. Erfährt nun ein solcher Körper eine stoffliche Veränderung, so müssen die Molekel sich verändern. Wenn daher Wasser zerlegt wird und daraus Wasser-

stoffgas und Sauerstoffgas entstehen, so können wir uns den Vorgang nicht anders vorstellen, als dass sich die Wassermolekel zertheilen, ferner dass die entstandenen Molekel-Theile wieder neue Molekel, nämlich Sauerstoff- und Wasserstoffmolekel gebildet haben.

Die Theilbarkeit der Molekel und die Fähigkeit der Theile, wieder neue Molekel zu bilden, lässt sich auf keine andere Weise besser darstellen, als durch die Annahme, dass die Molekel aus Körperchen von bestimmtem Gewichte bestehen, welche untheilbar sind. Diese gedachten Körperchen werden Atome genannt. Eine Molekel ist demgemäss ein System von frei schwebenden, durch anziehende Kräfte verbundenen Atomen, ist also ein Planetensystem im kleinsten Maasstabe. Ein homogener Körper ist eine Wiederholung von ungemein vielen solchen Systemen. Man kann sich nun eine Molekel denken, deren Gewicht  $M'$  ist und welche aus vier Atomen derselben Art besteht. Jedes dieser Atome habe das Gewicht  $A$ . Dann wird  $M' = 4A$  sein. Ein Körper, der aus solchen Molekeln besteht, ist ein chemisch einfacher Körper. Wenn man sich aber eine andere Molekel denkt, deren Gewicht  $M$  ist und welche aus verschiedenartigen Atomen zusammengesetzt ist, so kann dieselbe aus zwei Atomen der vorerwähnten Art, ferner aus drei Atomen anderer Art bestehen, deren jedes das Gewicht  $B$  besitzt, ausserdem aus einem Atom dritter Art, dessen Gewicht  $C$  ist, endlich aus vier Atomen vierter Art, deren jedes das Gewicht  $D$  hat. Dann ist

$$M = 2A + 3B + C + 4D.$$

Wäre es nun möglich, eine einzige Molekel zu zerlegen und die erhaltenen einfachen Stoffe zu wägen, so würde sich das Gewichtsverhältnis

$$2A : 3B : C : 4D$$

ergeben. Weil nun ein homogener Körper nur eine Wiederholung vieler gleicher Molekel ist, so wird auch die Zerlegung des ganzen Körpers, der bloß aus solchen Molekeln  $M$  besteht, dieses eben angeführte Gewichtsverhältnis liefern.

Die Erklärung des Gesetzes der Mischungsgewichte ist nun einfach. Wie schon Dalton gezeigt hat, erscheinen die Mischungsgewichte, speciell die früher genannten Aequivalentgewichte nunmehr als die relativen Gewichte der einzelnen Atome, die Coëfficienten  $m, n, p, q$  u. s. w. als die Anzahl der in der Molekel enthaltenen Atome gleicher Art. Dass diese Coëfficienten ganze Zahlen sein müssen, ist nun selbstverständlich.

Mit dieser Erklärung, welche sagt, dass die Rationalität der Mischungsgewichtsverhältnisse eine nothwendige Folge von der Zusammensetzung der Molekel aus Atomen sei, begnügte man sich längere Zeit, weil dieselbe zum Verständnis vieler chemischer Erscheinungen hinreicht. Die Versuche aber, weiter vorzudringen und die relativen Gewichte der Atome zu ermitteln, also zu bestimmen, wie vielmal das Atom der einen Art schwerer sei als das andere, zeigten bald, dass die obengenannte Vorstellung ohne weitere Beihilfe dazu nicht ausreicht. Dies ergibt sich schon aus folgendem Beispiele: Das Gewichtsverhältnis der Bestandtheile des Wassers 1 Wasserstoff : 8 Sauerstoff wurde früher durch  $H : O$  ausgedrückt. Man könnte demnach sagen, die Wassermolekel bestehe aus einem Atom Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff, das Atom Sauerstoff sei

hrerer  
ischen  
sind:

Mg : 0  
Si : 30  
Al : 40  
Fe : 60  
Ca : 120  
Gewth.

lautet

ie die-

ele ist  
s Ver-  
Gesetz,  
e, sagt  
bestand-  
n man  
hungs-  
ge des  
origen  
t, und  
halten.  
geben  
veitens

htsver-  
kel an  
ltnisse  
Ueber-  
its die  
m Ge-

Theile  
benden  
ie das  
inander  
nüssen  
Wasser-

daher 8mal schwerer als das Wasserstoffatom, das Gewicht der Wassermolekel  $W$  sei dementsprechend 9mal grösser als das Gewicht des Wasserstoffatoms, da  $W = H + O$ . Dasselbe Gewichtsverhältnis lässt sich aber auch durch 2 Wasserstoff : 16 Sauerstoff ausdrücken, welches  $2 \times 1 : 16$  ist, und man könnte sagen, es seien zwei Atome Wasserstoff und nur ein Atom Sauerstoff  $O'$  in der Molekel enthalten, letzteres sei aber 16mal schwerer als ein Atom Wasserstoff. Jetzt hätte man das Verhältnis  $2 H : O'$ , und das Gewicht einer Wassermolekel  $W'$  wäre 18mal grösser als das Gewicht eines Wasserstoffatoms, da  $W' = 2 H + O' = 18$ . Ausserdem liessen sich noch viele andere Deutungen geben. Es blieb also fraglich, ob die Aequivalentzahlen den Atomgewichten gleich zu setzen seien.

**156. Moleculargewicht, Atomgewicht.** Ein Mittel, um die relativen Gewichte der Atome zu bestimmen, ist die Betrachtung der Volumverhältnisse der gasförmigen Körper. Nimmt man von verschiedenen Gasen und Dämpfen gleiche Volume und wägt dieselben, so ergeben sich aus dem Verhältnis dieser Gewichte Zahlen, welche als die Dichte jener Körper bezeichnet werden. Nimmt man also von Wasserstoffgas, Bromgas, Bromwasserstoffgas je einen Liter, so erfährt man durch Wägen, dass ein Liter Brom 80mal, ein Liter Bromwasserstoff  $40\frac{1}{2}$ mal so schwer sei als ein Liter Wasserstoffgas. Die Dichten verhalten sich also wie  $1 : 80 : 40\frac{1}{2}$ . Nach der zuerst von Avogadro ausgesprochenen Ansicht, welche seither durch viele physikalische und chemische Erfahrungen bestätigt wurde, enthalten aber gleiche Volume gasförmiger Körper eine gleiche Anzahl von Molekeln. Demzufolge sind in einem Liter Bromgas ebensoviele Molekel enthalten, wie in einem Liter Wasserstoffgas. Da nun der Liter Bromgas 80mal so schwer ist als der Liter Wasserstoffgas, so muss auch jede einzelne Brommolekel 80mal so schwer sein als eine Wasserstoffmolekel, ferner muss eine Bromwasserstoffmolekel  $40\frac{1}{2}$ mal so schwer sein. Die Dichten der Gase verhalten sich also wie die entsprechenden Moleculargewichte.

Die Vergleichung der chemischen Zusammensetzung führt einen Schritt weiter. Wasserstoff und Brom sind einfache Körper, der Bromwasserstoff ist aber aus diesen beiden Substanzen zusammengesetzt, und zwar enthalten  $40\frac{1}{2}$  Gewth. Bromwasserstoff  $\frac{1}{2}$  Gewth. Wasserstoff, während die übrigen 40 Gewth. Brom sind. Würde man also für das Moleculargewicht des Bromwasserstoffes  $40\frac{1}{2}$  nehmen, so würde die Menge Wasserstoff, die in der Molekel enthalten ist, weniger betragen als ein Atom Wasserstoff, nämlich  $\frac{1}{2}$ , während das Atomgewicht des Wasserstoffes von vornherein  $H = 1$  angenommen wurde.

Um diesen Widerspruch aufzuheben, muss man die Zahl für das Moleculargewicht des Bromwasserstoffes verdoppeln, was 81 gibt. In einer Gewichtsmenge von 81 ist nun 1 Gewth. Wasserstoff gegen 80 Gewth. Brom enthalten, die Molekel bestünde sonach aus einem Atom Wasserstoff und aus einem Atom Brom, sie wäre  $H + Br = 1 + 80 = 81$ . Die hier vorgenommene Verdoppelung muss aber an allen Zahlen, welche die früher bezeichnete Gasdichte ausdrücken, angebracht werden, dann erhält man die Moleculargewichte. Ist dies geschehen, so ergibt sich auch in allen übrigen, hier nicht genannten Beobachtungen kein Widerspruch mehr.

Die Moleculargewichte für Wasserstoff-, Brom- und Bromwasserstoffgas sind daher statt 1, 80,  $40\frac{1}{2}$  von jetzt ab 2, 160, 81. Das Moleculargewicht des

Wasserstoffgases ist also = 2, die Wasserstoffmolekel ist doppelt so schwer als das Wasserstoffatom, sie besteht aus 2 Atomen Wasserstoff  $H + H = 2$ . Auch die Brommolekel besteht aus zwei Atomen:  $Br + Br = 80 + 80 = 160$ .

Nunmehr lässt sich auch die im vorigen Abschnitte entstandene Frage über die Grösse der Wassermolekel beantworten. Der Wasserdampf ist 9mal dichter als das Wasserstoffgas, daher ist das Moleculargewicht des Wassers = 18, also in der That 18mal grösser als das Atomgewicht des Wasserstoffs.

Das Moleculargewicht  $M$  eines homogenen Gases wird ermittelt, indem man bestimmt, um wieviel dieses Gas dichter sei als Wasserstoffgas, und die erhaltene Zahl  $D$  mit 2 multiplicirt. Hierauf lässt sich durch die Analyse des Gases die Zusammensetzung der Molekel aus Atomen erschliessen, wie dies auch aus folgenden Fällen ersichtlich ist:

Gase	$D$	$M$	Die Mol. besteht aus Gewth.:	in Atomgewichten:
Wasserstoff	1	2	2 Wasserstoff	2 H
Wasser	9	18	2 Wasserstoff, 16 Sauerstoff	2 H + O
Sauerstoff	16	32	32 Sauerstoff	2 O
Salzsäure	$18\frac{1}{4}$	$36\frac{1}{2}$	1 Wasserstoff, $35\frac{1}{2}$ Chlor	H + Cl
Chlor	$35\frac{1}{2}$	71	71 Chlor	2 Cl
Ammoniak	$8\frac{1}{2}$	17	3 Wasserstoff, 14 Stickstoff	3 H + N
Stickoxydul	22	44	28 Stickstoff, 16 Sauerstoff	2 N + O
Stickoxyd	15	30	14 > 16 >	N + O

Diese Beispiele zeigen, dass man, sobald das Moleculargewicht bekannt ist, mittels der Gewichtsverhältnisse, welche die Analyse liefert, zu einem Urtheil über die Gewichte der Atome gelangt, indem man die geringste Gewichtsmenge, mit welcher ein einfacher Stoff in den Molekeln vorkommt, als das Atomgewicht betrachtet. Auf diese Weise hat man für alle Verbindungen, die Gase oder Dämpfe sind, oder sich durch Erwärmung in Dämpfe verwandeln lassen, die Atomgewichte der enthaltenen Stoffe mit grosser Wahrscheinlichkeit bestimmt. Für jene einfachen Stoffe hingegen, welche keine derlei Verbindungen liefern, war man genöthigt, durch die sorgfältige Vergleichung anderer physikalischer Eigenschaften, wie der specifischen Wärme, des Isomorphismus, zu einem Schluss zu kommen. Näheres hierüber in Lothar Meyer's „Moderne Theorien der Chemie“.

Die Atomgewichte der einfachen Stoffe, welche gegenwärtig zur Berechnung der Zusammensetzung benutzt werden, sind als abgerundete Zahlen in der folgenden Tafel angeführt. Die Zeichen für die Atome sind Abkürzungen der lateinischen Namen der Elemente. In den folgenden Fällen sind diese von den deutschen Bezeichnungen merklich verschieden.

Antimon = Stibium.	Sauerstoff = Oxygenium.
Blei = Plumbum.	Schwefel = Sulfur.
Eisen = Ferrum.	Silber = Argentum.
Gold = Aurum.	Stickstoff = Nitrogenium.
Kohlenstoff = Carbonium.	Wasserstoff = Hydrogenium.
Kupfer = Cuprum.	Wismut = Bismutum.
Quecksilber = Hydrargyrum.	Zinn = Stannum.

Namen	Symbol	Atomg.	Namen	Symbol	Atomg.
Aluminium	Al	27	Nickel	Ni	58·5
Antimon	Sb	120	Niobium	Nb	94
Arsen	As	75	Osmium	Os	191
Baryum	Ba	137	Palladium	Pd	106·4
Beryllium	Be	9·1	Phosphor	P	31
Blei	Pb	206·7	Platin	Pt	194·5
Bor	B	11	Quecksilber	Hg	200
Brom	Br	80	Rhodium	Rh	103
Cadmium	Cd	112	Rubidium	Rb	85·3
Cäsium	Cs	133	Ruthenium	Ru	101·5
Calcium	Ca	40	Samarium	Sa	150·1
Cer	Ce	140	Sauerstoff	O	16
Chlor	Cl	35·4	Scandium	Sc	44
Chrom	Cr	52	Schwefel	S	32
Didym	Di	142·1	Selen	Se	79
Eisen	Fe	56	Silber	Ag	107·9
Erbium	Er	166	Silicium	Si	28·3
Fluor	F	19	Stickstoff	N	14
Gallium	G	69·9	Strontium	Sr	87·5
Germanium	Ge	72·3	Tantal	Ta	182
Gold	Au	197	Tellur	Te	125
Indium	In	113·6	Thallium	Tl	204
Iridium	Ir	193	Thorium	Th	232
Jod	J	126·7	Titan	Ti	48
Kalium	K	39·1	Uran	U	239
Kobalt	Co	59	Vanadium	V	51·2
Kohlenstoff	C	12	Wasserstoff	H	1
Kupfer	Cu	63·4	Wismut	Bi	208
Lanthan	La	138·2	Wolfram	W	184
Lithium	Li	7	Ytterbium	Yb	173
Magnesium	Mg	24·3	Yttrium	Y	89
Mangan	Mn	55	Zink	Zn	65·3
Molybdän	Mo	96	Zinn	Sn	118·1
Natrium	Na	23	Zirkonium	Zr	90·5

Die Atomgewichte der vor kurzem entdeckten Stoffe Argon und Helium sind noch nicht genauer bekannt.

**157. Formeln.** Die gegenwärtig gebräuchtesten chemischen Formeln sind ihrer Bedeutung nach von zweierlei Art. Für jene Verbindungen, deren Moleculargewicht durch Bestimmung der Dampfdichte ermittelt ist, können Molecularformeln geschrieben werden. Diese zählen die Atome auf, welche in der Molekel enthalten sind, z. B.  $H + H + O$  oder  $H_2O$ . Für jene Verbindungen aber, deren Moleculargewicht wir bis jetzt nicht kennen, und dieses ist bei fast allen Mineralen der Fall, lassen sich nur die Gewichtsverhältnisse unter Benützung der Atom-



gewichte angeben. Die für Minerale gebrauchten Formeln sind daher fast durchwegs Verhältnissformeln, z. B. für das lichte Rothgiltigerz  $3\text{Ag} : \text{As} : 3\text{S}$ . In den beiderlei Formeln pflegt man jedoch die Pluszeichen und die Verhältnisszeichen wegzulassen, ferner die Coëfficienten rechts unten statt vorne zu schreiben, z. B.  $\text{H}_2\text{O}$  oder  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$ . Aeusserlich ist daher der Unterschied zwischen den beiden Arten von Formeln aufgehoben. Man darf sich aber dadurch nicht irre machen lassen. Vor Allem ist zu erinnern, dass man die Formel eines Mineralen mit jeder beliebigen Zahl multipliciren darf, ferner dass man die Formel, die ja nur ein Verhältniss darstellt, durch Division mit derselben Zahl abkürzen kann.

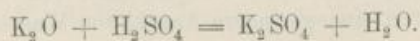
Solange die Formel nichts weiter ausdrücken soll oder kann als das Gewichtsverhältniss der Bestandtheile, schreibt man die kleinste Formel, d. i. den Ausdruck mit den kleinsten Coëfficienten, also  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$  anstatt einer grösseren, wie z. B.  $\text{Ag}_6\text{As}_2\text{S}_6$  etc. Wenn man aber mit den Molecularformeln verwandter künstlicher Verbindungen nicht in Widerspruch gerathen will oder wenn man eine wahrscheinliche Molecularformel zu schreiben gedenkt, so wird man zuweilen höhere Zahlen schreiben, auch wenn sich eine Abkürzung vornehmen liesse, z. B. für den Kupferkies  $\text{Cu}_2\text{Fe}_2\text{S}_4$ . In den Fällen, da sich in der Formel eine ganze Gruppe von Atomen wiederholt, schreibt man den Coëfficienten vor das Zeichen derselben und nach derselben einen Punkt, oder gibt dieselbe in Parenthese, z. B.  $2\text{NH}_4\text{SO}_4$  oder  $2(\text{NH}_4)\text{SO}_4$  statt  $\text{N}_2\text{H}_8\text{SO}_4$ . Die Schreibweise der Mineralformeln ist entweder eine empirische, wie in den zuletzt aufgeführten Beispielen, oder sie ist eine gruppirende, wofern in denselben Atomgruppen, welche einfachen Verbindungen entsprechen, hervorgehoben werden, z. B. für Kupferkies in der Formel:  $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Fe}_2\text{S}_3$ .

**158. Reaction.** Jede chemische Veränderung ist eine Bildung neuer Molekel aus den früher vorhandenen. Führt die Erscheinung zur Bildung complicirter zusammengesetzter Molekel, so spricht man von einer Verbindung oder einem Aufbau, führt sie zur Entstehung einfacherer Molekel, so spricht man von einer Zerlegung oder einem Zerfall, bleibt sich die Zahl der Molekel vor und nach der Erscheinung gleich, so nennt man den Vorgang einen Austausch. Die chemische Veränderung oder Reaction wird durch eine Gleichung ausgedrückt, in welcher links der ursprüngliche, rechts der neue Zustand angeführt wird.

Die Verbindungen geschehen zuweilen durch Addition, so z. B. bildet sich kohlenaurer Kalk beim Zusammentreffen von Kalk  $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$ .

Manchmal ereignet sich ein directer Zerfall einer Verbindung, so beim Glühen des kohlenauren Kalkes  $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ .

Die gewöhnliche chemische Wirkung oder Reaction besteht in einem Austausch, welcher als eine Vereinigung von Molekeln und ein unmittelbar darauffolgendes Zerfallen erscheint. Dieses Zerfallen erfolgt aber in einem anderen Sinne als dem der Vereinigung. Ein Beispiel wäre die Einwirkung von Schwefelsäure  $\text{H}_2\text{SO}_4$  auf Kaliumoxyd, wodurch Kaliumsulfat und Wasser gebildet werden:



Atomg.  
58:5  
94  
191  
106:4  
31  
194:5  
200  
103  
85:3  
101:5  
150:1  
16  
44  
32  
79  
107:9  
28:3  
14  
87:5  
182  
125  
204  
232  
48  
239  
51:2  
1  
208  
184  
173  
89  
65:3  
118:1  
90:5  
sind

ihrer  
wicht  
1 ge-  
halten  
Mole-  
ralen  
atom-

Der Vorgang ist derart, als ob  $H_2$  gegen  $K_2$  oder als ob  $SO_4$  gegen  $O$  ausgetauscht worden wäre. Ein anderer Fall ereignet sich beim Zusammentreffen von Chlorkalium  $KCl$  und Silbernitrat  $AgNO_3$  in wässriger Lösung, wobei Chlorsilber und Kaliumnitrat gebildet werden.

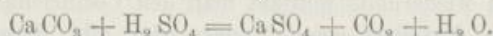


Hier wäre der Austausch von  $K$  und  $Ag$  oder jener von  $Cl$  gegen  $NO_3$  zu bemerken. Ein dem vorigen entsprechender Fall ist die Wirkung von Chlorbaryum  $BaCl_2$  auf eine Auflösung von Calciumsulfat  $CaSO_4$ , wodurch Baryumsulfat und Chlorcalcium entstehen:



Dies könnte als ein Austausch von  $Ba$  gegen  $Ca$  oder von  $Cl_2$  gegen  $SO_4$  aufgefasst werden. Wenn ein solcher Austausch in wässriger Lösung stattfindet, so zeigt sich jedesmal, dass eine der neu entstandenen Verbindungen schwerer löslich ist, als die früher vorhandenen. Die schwerer löslichen Verbindungen sind in den vorigen drei Beispielen  $K_2SO_4$ ,  $AgCl$ ,  $BaSO_4$ .

Die Reactionen sind öfter zum Theile Austausch, zum Theile Zerlegung, so bei der Einwirkung von Schwefelsäure  $H_2SO_4$  auf Calciumcarbonat  $CaCO_3$ .



Hier zeigt der rechte Theil der Gleichung den Austausch von  $Ca$  gegen  $H_2$  und zugleich ein Zerfallen, weil  $CO_2$  und  $H_2O$  hier keine Verbindung mit einander bilden.

Nennt man die Atome und Atomgruppen, welche gegen einander ausgetauscht werden, äquivalent und bezeichnet die Aequivalenz durch  $\sim$ , so hat man in den vier angeführten Beispielen  $K_2 \sim H_2$ ,  $K \sim Ag$ ,  $Ba \sim Ca$ ,  $Ca \sim H_2$  und andererseits  $O \sim SO_4$ ,  $Cl \sim NO_3$ ,  $Cl_2 \sim SO_4$ ,  $CO_3 \sim SO_4$ . Demnach sind mit einander äquivalent:  $H \sim K \sim Ag$ , ferner  $H_2 \sim K_2 \sim Ca \sim Ba$ , ferner  $Cl \sim NO_3$  und  $Cl_2 \sim O \sim SO_4 \sim CO_3$ . Das Aequivalent von  $Ca$  und  $Ba$  ist demnach doppelt so gross als das Aequivalent von  $H$ ,  $K$ ,  $Ag$  u. s. f.

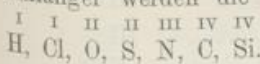
**159. Wasserstoff-Verbindungen.** Aus den Dampfdichten folgt, dass die einfachen Stoffe meistens schon Verbindungen sind, indem zwei oder mehrere Atome in der Molekel enthalten sind, z. B. Wasserstoffgas  $H_2$ , Chlorgas  $Cl_2$ , Sauerstoffgas  $O_2$ , Phosphordampf  $P_4$ . Selten ist die Molekel einfach, d. i. sie besteht nur aus einem Atom, z. B. beim Quecksilber  $Hg$ , Cadmium  $Cd$ .

Von den einfachen Verbindungen verschiedenartiger Atome sind folgende als für die Classification wichtige Beispiele anzuführen:

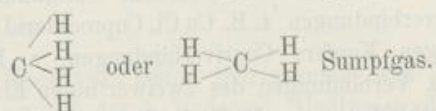
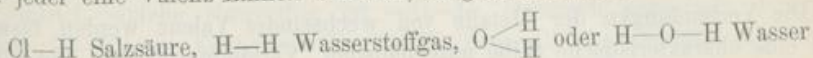
$HH$	Wasserstoffgas.	$ClH$	Salzsäure oder Chlorwasserstoff.
$OH_2$	Wasser.	$SH_2$	Schwefelwasserstoff.
$NH_3$	Ammoniak.	$PH_3$	Phosphorwasserstoff.
$CH_4$	Sumpfgas.	$SiH_4$	Siliciumwasserstoff.

Die Wasserstoffverbindungen dienen als Ausgangspunkt einer Classification der Atome. Die angeführten Beispiele zeigen, dass von den Atomen die einen eine grössere, die anderen eine geringere Anzahl von Wasserstoffatomen zu binden

vermögen; sie besitzen, wie man zu sagen pflegt, eine verschiedene Bindekraft oder Valenz, ihr chemischer Werth ist verschieden. Demnach kann man das Wasserstoffatom und das Chloratom einwerthig, das Sauerstoffatom zweiwerthig, das Stickstoffatom dreiwerthig, das Kohlenstoffatom vierwerthig nennen. Für den Anfänger werden die Valenzen öfter durch römische Ziffern angedeutet, z. B.:



Ferner wird die Bindung der Atome unter einander zuweilen durch Striche, deren jeder eine Valenz-Einheit bedeutet, ausgedrückt, also:



**160. Chlorverbindungen.**

- |                                       |                                     |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| HCl Salzsäure.                        | SCl <sub>2</sub> Schwefelbichlorid. |
| OCl <sub>2</sub> Sauerstoffbichlorid. | AsCl <sub>3</sub> Arsenchlorür.     |
| PCl <sub>3</sub> Phosphorchlorür.     | SiCl <sub>4</sub> Siliciumchlorid.  |
| CCl <sub>4</sub> Kohlenstoffchlorid.  | SbCl <sub>5</sub> Antimonchlorid.   |
| PCl <sub>5</sub> Phosphorchlorid.     |                                     |

Da sich hier und in vielen anderen Fällen eine Analogie der Wasserstoff- und der Chlorverbindungen ergibt, so benutzt man auch die Chlorverbindungen zur Bestimmung der Valenz, es zeigt sich aber schon an den Beispielen PCl<sub>3</sub> und PCl<sub>5</sub>, dass man es hier nicht mit constanten Zahlen zu thun habe. Viele Chemiker denken sich aber die Valenz constant, also das Phosphoratom fünfwerthig, und halten die Verbindungen, wie PCl<sub>3</sub>, für unvollständig gesättigt, ebenso das Arsen für fünfwerthig und AsCl<sub>3</sub> für eine unvollständig gesättigte Verbindung, als Cl<sub>2</sub>=P≡Cl<sub>3</sub> Phosphorchlorid, =P≡Cl<sub>3</sub> Phosphorchlorür. Ebenso gilt das Stickstoffatom als fünfwerthig, wonach =N≡H<sub>3</sub> Ammoniak eine ungesättigte Verbindung, und man sagt hier, P und N sind fünfwerthig, sie verhalten sich aber in manchen Verbindungen dreiwerthig. Demnach wird unter Valenz häufig das Maximum der Valenz verstanden.

Von den Chloriden der Metalle sind noch als Beispiele anzuführen:

- LiCl, NaCl, KCl, AgCl.  
 MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, BaCl<sub>2</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, PbCl<sub>2</sub>, CuCl<sub>2</sub>.  
 AlCl<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub>, BiCl<sub>3</sub>.  
 TiCl<sub>4</sub>, SnCl<sub>4</sub>.

Im Folgenden wird angegeben, wie sich die in den Mineralen häufiger vorkommenden einfachen Stoffe bezüglich der Valenz verhalten. Das gegenwärtig angenommene Maximum der Valenz ist durch römische Ziffern ausgedrückt:

Einwerthig:	H, Li, Na, K, Ag.....	I
»	Cu.....	II
»	F, Cl, Br, J.....	VII

Zweiwerthig: Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Zn, Cd, Hg.....	II
» Pb .....	IV
» O, S, Se, Te, Cr .....	VI
» Mn, auch drei-, auch vierwerthig .....	VII
» Fe, Co, Ni » » » .....	VIII
Dreiwertig: B, Al.....	III
» N, P, V, As, Sb, Bi.....	V
Vierwerthig: C, Si, Ti, Sn.....	IV.

Die Verbindungen der Metalle von wechselnder Valenz werden bisweilen durch eine charakteristische Silbe unterschieden. Verbindungen des einwerthigen Kupfers heissen Cuproverbindungen, z. B.  $\text{Cu Cl}$ , Cuprochlorid (früher Kupferchlorür), jene des zweiwerthigen Kupfers Cupriverbindungen, z. B.  $\text{Cu Cl}_2$  Cuprichlorid (früher Kupferchlorid). Verbindungen des zweiwerthigen Eisens, Mangans heissen Ferro- und Manganoverbindungen, z. B.  $\text{Fe Cl}_2$  Ferrochlorid,  $\text{Mn Cl}_2$  Manganochlorid (früher Eisenchlorür, Manganchlorür), hingegen die Verbindungen bei höherer Valenz Ferriverbindungen, z. B.  $\text{Fe Cl}_3$  Ferrichlorid (früher Eisenchlorid).

### 161. Sauerstoffverbindungen.

#### A. Oxyde.

Wassertypus:  $\text{H}_2\text{O}$  Wasser, die Alkalien:  $\text{K}_2\text{O}$  Kali,  $\text{Na}_2\text{O}$  Natron,  $\text{Li}_2\text{O}$  Lithion.  
 $\text{Cu}_2\text{O}$  Cupro-Oxyd (Kupferoxydul).

Monoxyde: Die Erden:  $\text{BeO}$  Beryllerde,  $\text{MgO}$  Magnesia,  $\text{CaO}$  Kalkerde oder Kalk,  $\text{SrO}$ ,  $\text{BaO}$ , ferner Schwermetalloxyde, wie  $\text{PbO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{CuO}$  Cupri-Oxyd,  $\text{FeO}$  Ferro-Oxyd (Eisenoxydul),  $\text{MnO}$  Mangano-Oxyd (Manganoxydul).

Sesquioxyde:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Thonerde,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  Ferri-Oxyd (Eisenoxyd),  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  Mangani-Oxyd (Manganoxyd),  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  Chromoxyd,  $\text{Ti}_2\text{O}_3$  Titanoxyd,  $\text{As}_2\text{O}_3$  Arsenoxyd,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ .

Dioxyde:  $\text{CO}_2$  Kohlensäureanhydrid,  $\text{SiO}_2$  Kieselsäureanhydrid, Kieselerde,  $\text{TiO}_2$  Titansäureanhydrid,  $\text{SnO}_2$  Zinnoxid.

Pentoxyde:  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{As}_2\text{O}_5$ .

Trioxye:  $\text{SO}_3$ ,  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{WO}_3$ .

Man kann sich viele dieser Oxyde von den Chloriden abgeleitet denken, indem man immer statt zweier Atome Chlor ein Atom Sauerstoff in die Formel setzt.  $\text{Ca Cl}_2$  gibt  $\text{CaO}$ , aus  $\text{Cu Cl}_2$  leitet sich  $\text{CuO}$  ab und  $\text{CCl}_4$  gibt  $\text{CO}_2$ . Bei den Atomen, deren Valenz unpaar ist, geht man von einer paaren Zahl von Molekeln aus. So gelangt man von  $2\text{HCl}$  zu  $\text{H}_2\text{O}$ , von  $2\text{AlCl}_3$  zu  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , von  $2\text{PCl}_5$  zu  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

#### B. Hydroxyde.

##### a) primäre:

Typus Kalihydrat:  $\text{KHO}$ ,  $\text{NaHO}$ .

» Brucit:  $\text{MgH}_2\text{O}_2$ ,  $\text{CaH}_2\text{O}_2$ ,  $\text{ZnH}_2\text{O}_2$ .

» Gibbsit:  $\text{AlH}_3\text{O}_3$ ,  $\text{FeH}_3\text{O}_3$ .

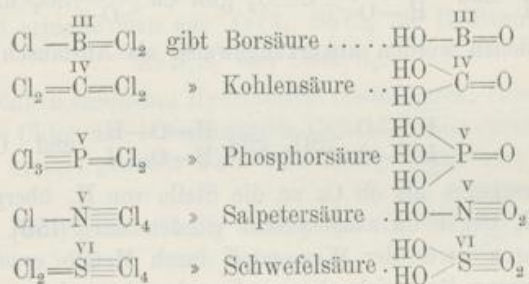
» Kieselhydrat:  $\text{SiH}_4\text{O}_4$ ,  $\text{SnH}_4\text{O}_4$ .

b) secundäre:

- Typus Borsäure:  $BHO_2$ ,  $AlHO_2$ ,  $FeHO_2$ ,  $MnHO_2$ .  
 > Kohlensäure:  $CH_2O_3$ ,  $SiH_2O_3$ ,  $TiH_2O_3$ .  
 > Salpetersäure:  $NHO_3$ .  
 > Phosphorsäure:  $PH_3O_4$ ,  $AsH_3O_4$ .  
 > Schwefelsäure:  $SH_2O_4$ ,  $WH_2O_4$ .

Die primären Hydroxyde können von den Chlorverbindungen abgeleitet werden nach der Regel, dass anstatt jedes Atoms Chlor je eine Gruppe Hydroxyl OH eintritt, welche einwerthig ist  $-O-H$ . Demnach entspricht dem Chlorkalium  $K-Cl$  das Kalihydrat  $K-O-H$ , dem Chlormagnesium  $Mg=Cl_2$  der Brucit  $Mg \begin{matrix} \diagup O-H \\ \diagdown O-H \end{matrix}$  u. s. w.

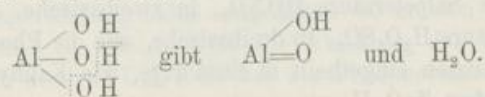
Die secundären Hydroxyde lassen sich ebenfalls von den Chloriden ableiten, indem das Chlor theilweise durch Hydroxyl, theilweise durch Sauerstoff ersetzt gedacht wird.



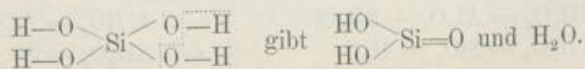
Hier werden ausser den früher angeführten auch die zwei Chloride  $NCl_5$  und  $SCl_6$ , welche bisher noch nicht dargestellt worden sind, als Schemate benutzt. (Dem Sauerstoff gegenüber verhält sich der Schwefel sechswerthig, sonst aber zweiwerthig.)

Die secundären Hydroxyde können auch aus den primären durch Verlust von Wasser entstanden gedacht werden.

Aus Gibbsit  $AlH_3O_3$  würde durch Verlust von einer Mol. Wasser Diaspor  $AlHO_2$  gebildet nach dem Schema:



Aus dem Kieselhydrat  $SiH_4O_4$  würde durch Verlust von  $H_2O$  die Kieselsäure  $H_2SiO_3$  gebildet:



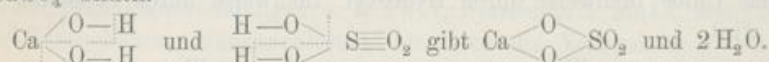
162. Alle secundären Hydroxyde von der Kohlensäure bis zum Ende der Reihe werden Säuren und speciell Sauerstoffsäuren genannt. Jene, welche im Wasser löslich sind, zeigen saure Reaction [150]. Bezüglich der Kohlensäure

$\text{CH}_2\text{O}_3$  ist zu bemerken, dass diese Verbindung zwar nicht sicher beobachtet wurde, dass jedoch dieses Schema zur Ableitung der später zu besprechenden Carbonate dient.

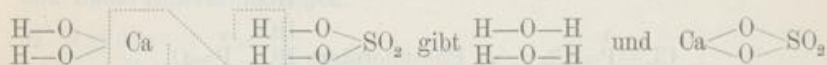
Dasjenige, was in der Säuremolekel ausser dem Hydroxyl vorhanden ist, wird die Säuregruppe oder das Radical der Säure genannt. So z. B. sind  $\text{CO}$ ,  $\text{PO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  die Radicale der Kohlen-, Phosphor-, Salpeter- und Schwefelsäure.

Die primären Hydroxyde der ersten drei Typen werden Basen, speciell Oxybasen genannt. Die im Wasser löslichen zeigen alkalische Reaction.

Die Säuren und Basen üben auf einander eine energische Wirkung aus. Erstens geschieht eine rasche Verbindung beider, welche, wie jede chemische Vereinigung, von einer Wärmeentwicklung begleitet ist, zweitens erfolgt eine Abscheidung von Wasser, wodurch ein Salz gebildet wird, so z. B. beim Zusammentreffen von Kalkhydrat  $\text{Ca H}_2\text{O}_2$  mit Schwefelsäure  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , welche schwefelsauren Kalk  $\text{CaSO}_4$  bilden.

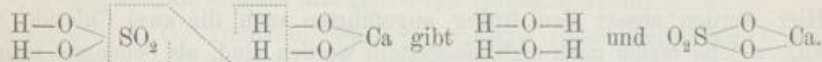


Solche Reactionen werden abkürzungsweise als Austausch bezeichnet, weil in dem Schema



der Vorgang so erscheint, als ob  $\text{Ca}$  an die Stelle von  $\text{H}_2$  übergetreten wäre, als ob in der Säure  $\text{H}_2$  gegen  $\text{Ca}$  ausgetauscht worden wäre [158]. Man sagt daher häufig, in den Säuren werde der Wasserstoff durch Metalle ersetzt.

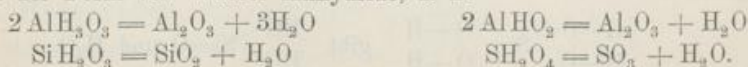
Derselbe Vorgang lässt sich aber auch anders betrachten, nämlich:



Hier tritt die Säuregruppe  $\text{SO}_2$  an die Stelle von  $\text{H}_2$  hinüber, und hier werden in der Base zwei Wasserstoffatome durch  $\text{SO}_2$  ersetzt. Man sagt daher auch, dass bei der Salzbildung der Wasserstoff der Base durch eine Säuregruppe ersetzt werde. Beide abgekürzte Ausdrucksweisen sind aber gleichberechtigt.

**163.** Nach der Zahl der Hydroxylgruppen werden die Säuren eingetheilt in einbasische, wie die Salpetersäure  $\text{HONO}_2$ , in zweibasische, wie die Kieselsäure  $\text{H}_2\text{O}_3\text{SiO}$ , Schwefelsäure  $\text{H}_2\text{O}_2\text{SO}_2$ , in dreibasische, wie die Phosphorsäure  $\text{H}_3\text{O}_3\text{PO}$ . Ebenso werden die Basen eingetheilt in einsäurige, wie Kalihydrat  $\text{KOH}$ , in zweisäurige, wie Zinkhydrat  $\text{ZnO}_2\text{H}_2$  etc.

Aus allen Hydroxyden entstehen durch Abscheidung sämtlichen Wasserstoffs in der Form von Wasser Anhydride, z. B.



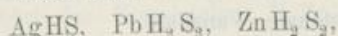
Deshalb werden die früher genannten Oxyde auch öfter Anhydride genannt, also  $\text{SO}_3$  Schwefelsäure-Anhydrid,  $\text{CO}_2$  Kohlensäure-Anhydrid,  $\text{SiO}_2$  Kieselsäure-Anhydrid (Kieselerde).

Die secundären Hydroxyde sind demnach partielle Anhydride.

**164. Schwefelverbindungen.** Dieselben sind sehr häufig den Sauerstoffverbindungen entsprechend zusammengesetzt, namentlich ist dies der Fall bei den einfachen Schwefelverbindungen, welche Sulfide genannt werden. Dieselben sind analog dem Wassertypus z. B.  $H_2S$  Schwefelwasserstoff,  $Ag_2S$  Silbersulfid,  $Cu_2S$  Cuprosulfid.

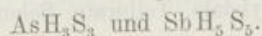
den Monoxyden >  $PbS, ZnS, CuS$  Cuprisulfid.  
> Sesquioxyden >  $Fe_2S_3, Ni_2S_3, As_2S_3, Sb_2S_3, Bi_2S_3$ .  
> Dioxyden >  $FeS_2, MnS_2$ .

Wasserstoffhaltige Sulfide, welche den Hydroxyden entsprechen, sind nicht bekannt, doch werden oft die Schemate derselben angewandt, um die in den Mineralen vorkommenden Verbindungen zu classificiren. Denkt man sich in den Chloriden, wie  $AgCl, PbCl_2, ZnCl_2$ , jedes Chloratom durch Hydrosulfyl  $HS$ , welches einwerthig ist, ersetzt, so erhält man:

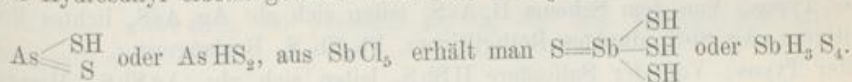


welche Sulfobasen (Thiobasen) wären.

Entsprechend erhalte man aus  $AsCl_3, SbCl_5$  die Hydrosulfide:

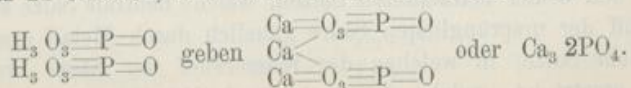


Ausserdem können secundäre Hydrosulfide (Sulfosäuren, Thiosäuren) abgeleitet werden, indem das Chlor der letztgenannten Chloride theils durch Schwefel, theils durch Hydrosulfyl ersetzt gedacht wird. Aus  $AsCl_3$  erhält man



**165. Salze.** Aus den secundären Hydroxyden leiten sich durch Austausch Verbindungen ab, welche Salze genannt werden. In diesen erscheint der Wasserstoff der Säure durch eine äquivalente Menge von Metall ersetzt. Die Salze folgen demnach dem Typus jener Säuren, aus welchen sie abgeleitet sind.

Schreibt man also statt des Wasserstoffes der Oxy- und der Sulfosäuren die äquivalenten Metallatome, also statt  $H$  die Atome  $K, Na, Ag$ , statt  $H_2$  die Atome  $K_2, Na_2$  oder  $Ca, Mg, Zn, Pb$  u. s. w., so erhält man die Formeln der neutralen Salze. So lassen sich von der Salpetersäure  $HNO_3$  die Salze  $NaNO_3, AgNO_3$ , von der Schwefelsäure  $H_2SO_4$  die Salze  $K_2SO_4, CaSO_4$  ableiten. Ist die Säure geradbasisch, die Base ungeradsäurig oder umgekehrt, so müssen von der einen oder der anderen auch mehrere Molekel für die Ableitung des neutralen Salzes in Anspruch genommen werden. Um z. B. aus der Phosphorsäure  $H_3O_3PO$  ein neutrales Kalksalz zu erhalten, sind zwei Molekel Säure erforderlich:



Beispiele der wichtigsten Salze sind:

a) Oxysalze.

Aluminate, von dem Typus Diaspor  $H_2Al_2O_4$  abgeleitet, z. B.  $MgAl_2O_4$  Spinell. Diesem analog sind die übrigen Mitglieder der Spinellgruppe, z. B.  $FeCr_2O_4$  Chromeisenerz.

Carbonate, nach dem Schema  $H_2CO_3$  gebildet, z. B.  $CaCO_3$  Calciumcarbonat,  $Na_2CO_3$  Natriumcarbonat.

Silicate. Die Silicate folgen dem Typus Kohlensäure, indem sie der Säure  $H_2SiO_3$  (Metakieselsäure) entsprechen, z. B.  $MgSiO_3$  Enstatit,  $CaSiO_3$  Wollastonit. Diese Silicate werden öfter als Metasilicate bezeichnet. Dem gleichen Typus folgen die Titanate und Zirkonate. Einige Silicate werden von dem Kieselerdehydrat  $H_4SiO_4$  (Orthokieselsäure) abgeleitet, z. B.  $Mg_2SiO_4$  Forsterit, oder  $MgCaSiO_4$  Monticellit,  $Zn_2SiO_4$  Willemit. Diese Verbindungen werden demnach Orthosilicate genannt.

Nitrate, von der Salpetersäure  $HNO_3$  abgeleitet, z. B.  $NaNO_3$  Natriumsalpeter,  $Ca_2NO_3$  Calciumnitrat.

Phosphate, von der Phosphorsäure  $H_3PO_4$  abgeleitet, z. B.  $K_3PO_4$  Kaliumphosphat,  $Ca_3_2PO_4$  Calciumphosphat. Analog sind die Arsenate, z. B.  $Pb_3_2AsO_4$  Bleiarsenat, ferner die Antimonate, Vanadate.

Sulfate, von der Schwefelsäure  $H_2SO_4$  abgeleitet, z. B.  $K_2SO_4$  Glaserit,  $CaSO_4$  Anhydrit. Demselben Schema folgen die Chromate, z. B.  $PbCrO_4$  Rothbleierz, ferner die Wolframate, Molybdate, Tellurate, Selenate.

b) Sulfosalze:

Dieselben lassen sich von den Sulfosäuren ableiten, wie die folgenden Beispiele zeigen.

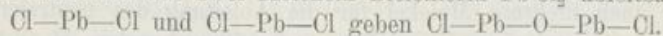
Erster Typus: Von dem Schema  $H_3AsS_3$  leiten sich ab:  $Ag_3AsS_3$  lichtiges Rothgiltigerz,  $Ag_3SbS_3$  dunkles Rothgiltigerz,  $Pb_3Sb_2S_6$  Boulangerit.

Zweiter Typus: Von der Sulfosäure  $HSbS_2$  leiten sich ab:  $AgSbS_2$  Miargyrit  $PbSb_2S_4$  Zinckenit.

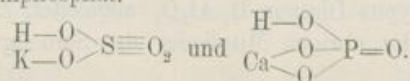
Dritter Typus: Von der Sulfosäure  $H_3AsS_4$  leitet sich ab  $Cu_3AsS_4$  Enargit.

c) Haloidsalze. So werden die Chloride, Bromide, Jodide, Fluoride zuweilen genannt, weil sie gleich den Oxyosalzen durch Austausch aus der Salzsäure  $HCl$ , Flußsäure  $HF$  etc. entstehen können, z. B.  $NaHO + HCl = NaCl + H_2O$  oder  $CaCO_3 + 2HF = CaF_2 + H_2O + CO_2$ .

Es gibt auch intermediäre Verbindungen, welche zum Theil Chloride oder Fluoride, zum Theil aber Oxyde oder Hydroxyde sind, z. B.  $HO-Cu-Cl$  basisches Kupferchlorid, vom Chlorid  $CuCl_2$  durch theilweisen Ersatz des Chlors durch Hydroxyl abzuleiten, oder Bleioxychlorid  $Pb_2Cl_2O$  durch theilweisen Ersatz des Chlors durch Sauerstoff aus zwei Molekeln Bleichlorid  $PbCl_2$  ableitbar:



166. In den bisher betrachteten Salzen, welche neutrale Salze sind, erscheint der Wasserstoff der ursprünglichen Säure gänzlich durch Metall ersetzt. Es gibt aber auch solche Salze, in welchen der Wasserstoff der Säure nur zum Theile durch Metall ersetzt ist, welche also noch durch Metall vertretbaren Wasserstoff enthalten. Sie werden saure Salze genannt, z. B.  $KHSO_4$  saures Kaliumsulfat,  $CaHPO_4$  saures Calciumphosphat.

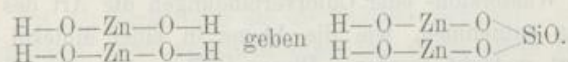




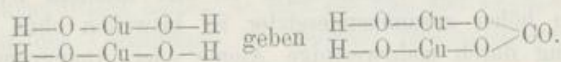
In den Lösungen, welche in der Natur vorkommen, spielen die sauren Carbonate (Bicarbonat) eine wichtige Rolle, z. B. das Natriumbicarbonat  $\text{NaHCO}_3$ , das Calciumbicarbonat  $\text{CaH}_2\text{C}_2\text{O}_6$ . Unter den Silicaten kommen nicht wenige saure Salze vor. Ein Beispiel ist der Natrolith  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{H}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$  (s. Hyrosilicate im spec. Theile).

Durch Abspalten von Wasser leiten sich von derlei Verbindungen saure Anhydridsalze ab, z. B.  $\text{K}_2\text{SC}_4\text{SO}_3$  pyroschwefelsaures Kali von zwei Molekeln  $\text{KHSO}_4$ . Unter den in der Natur vorkommenden Silicaten sind mehrere als saure Anhydridsalze zu bezeichnen, wie der Orthoklas  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ , Albit  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , Petalit  $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ .

Als basische Salze werden solche bezeichnet, in welchen der Wasserstoff der ursprünglichen Basis nicht vollständig durch Säuregruppen ersetzt ist, so dass diese Salze noch Wasserstoff enthalten, welcher durch Säuregruppen vertreten werden kann. Hierher gehört das Kieselzinkerz  $\text{H}_2\text{Zn}_2\text{SiO}_5$ , welches vom Zinkhydrat  $\text{ZnH}_2\text{O}_2$  und von der Kieselsäure  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  abzuleiten ist. Man geht von zwei Molekeln Zinkhydrat aus, in welchen zwei Atome Wasserstoff durch die zweierthige Säuregruppe  $\text{SiO}$  vertreten werden

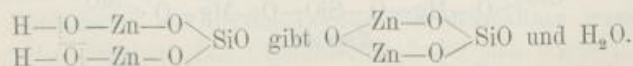


Ebenso leitet sich der Malachit  $\text{H}_2\text{Cu}_2\text{CO}_3$  vom Kupferhydrat und der Kohlensäure ab.



Die basischen Salze werden oft so geschrieben, dass das Metallatom und das damit verbundene Hydroxyl als eine Gruppe zusammengefasst werden, z. B.  $(\text{HOZn})_2\text{SiO}_3$  Zinksilicat,  $(\text{HOCu})_2\text{CO}_3$  Malachit,  $(\text{HOCu})_3\text{AsO}_4$  Abichit. Dadurch tritt die Analogie mit den neutralen Salzen, wie  $\text{K}_2\text{SiO}_3$ , ferner  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  und  $\text{Na}_2\text{AsO}_4$ , deutlich hervor. Noch häufiger als die eigentlich basischen Salze sind in der Natur solche, die zum Theil basisch, zum Theil neutral erscheinen, wie der Azurit  $(\text{HOCu})_2\text{Cu}_2\text{CO}_3$ , Euklas  $(\text{HOAl})\text{BeSiO}_4$ , Olivenit  $(\text{HOCu})\text{CuAsO}_4$ , Alunit  $(\text{H}_2\text{O}_2\text{Al})_3\text{K}_2\text{SO}_4$ .

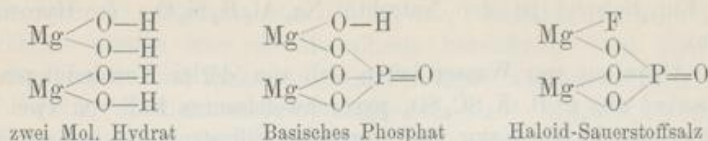
Durch Verlust von Wasser leiten sich aus den basischen Salzen die basischen Anhydridsalze ab, so z. B. aus dem Kieselzinkerz  $\text{H}_2\text{Zn}_2\text{SiO}_5$  der Willemit  $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ .



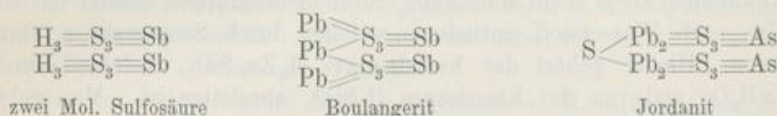
Demgemäss können die sogenannten Orthosilicate wie  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  und  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ , welche den Olivin bilden, auch als basische Anhydridsalze betrachtet werden.

Es gibt auch Salze, welche zwischen den Sauerstoffsalzen und Haloidsalzen intermediär sind. Sie lassen sich von den basischen Salzen ableiten, indem das

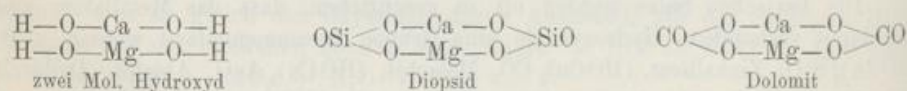
Hydroxyl des basischen Salzes durch Chlor oder Fluor ersetzt gedacht wird. So lässt sich von der basisch phosphorsauren Magnesia  $\text{H Mg}_2 \text{PO}_3$  der Wagnerit  $\text{FMg}_2 \text{PO}_4$  ableiten:



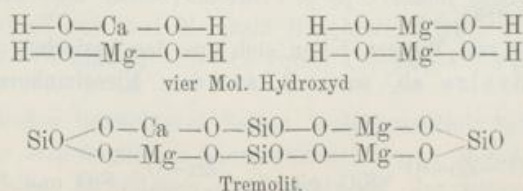
Unter den Sulfosalzen gibt es ausser den neutralen auch solche, welche den basischen Anhydridsalzen entsprechen. Während also der Boulangerit  $\text{Pb}_3 \text{Sb}_2 \text{S}_6$  ein neutrales Salz ist, gehört der Jordanit  $\text{Pb}_4 \text{As}_2 \text{S}_7$  hierher.



**167. Chemische Constitution.** In einfachen Fällen ergibt sich durch Ableitung aus den Wasserstoff- oder Chlorverbindungen die Art des Aufbaues, und man kann daraus entnehmen, wie die Atome in einer Molekel durch Valenzen aneinander gefügt gedacht werden. Dieses Gefüge, oder die Constitution einer Verbindung, lässt sich, wie dies an mehreren Salzen gezeigt wurde, oft aus den Reactionen erkennen, welche bei der Bildung oder Zerlegung stattfinden. Die Constitution der einfacheren Verbindungen ist also meistens leicht zu denken. Auch der Aufbau höher zusammengesetzter ist bisweilen ohne Schwierigkeiten als eine Verkettung durch mehrwerthige Atome oder Atomgruppen darstellbar. Beispiele sind der Diopsid  $\text{CaMgSi}_2 \text{O}_6$ , der Dolomit  $\text{CaMgC}_2 \text{O}_6$ .



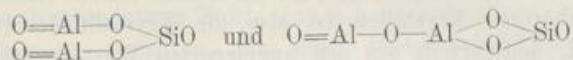
Die Verkettung erfolgt dadurch, dass anstatt zweier H-Atome, welche zwei verschiedenen Molekeln zugehören, eine Säuregruppe eintritt. Die Kette ist hier eine geschlossene. Ebenso verhält es sich beim Tremolit  $\text{CaMg}_3 \text{Si}_4 \text{O}_{12}$ .



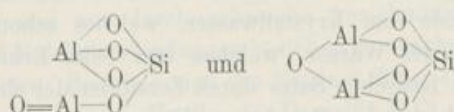
Ersetzt man in den Formeln für Diopsid und Tremolit Ca durch Mg, so erhält man  $\text{Mg}_2 \text{Si}_2 \text{O}_6$  Enstatit, und  $\text{Mg}_4 \text{Si}_4 \text{O}_{12}$  Anthophyllit. Beide Minerale haben die gleiche percentische Zusammensetzung. Dies wäre ein Beispiel von Polymerie, indem zwei Substanzen sich bloß durch die Höhe des Moleculargewichtes unterscheiden.

Die Verkettung, in welcher die Atome zu denken sind, lässt sich nicht von vornherein angeben, wenn mehrere Arten der Verkettung möglich sind. Dies ereignet sich namentlich bei den in der Natur ungemein verbreiteten Alumosilicaten.

Ein einfaches Beispiel ist das Silicat  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ , in welchem mindestens zwei Arten der Verkettung denkbar sind, wenn diese Verbindung als Metasilicat aufgefasst wird:



ferner zwei Arten der Verkettung, wenn dieselbe Verbindung als Orthosilicat gedacht wird:



In der Natur kommen drei verschiedene Minerale vor, welchen die Zusammensetzung  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  zugeschrieben wird, der Disthen, Andalusit, Sillimanit. Die beiden ersteren verwandeln sich durch Erhitzen in Sillimanit. Man könnte daher, wenn die erste Art der Verkettung als die stabilste betrachtet wird, dieselbe dem Sillimanit zuschreiben, dem Andalusit etwa die zweite, dem Disthen die dritte. Aber alles dies bleibt willkürlich, da nicht einmal bekannt ist, ob allen drei Mineralen das angenommene Moleculargewicht, oder ob einem oder dem anderen ein höheres Moleculargewicht, wie z. B.  $\text{Al}_4\text{Si}_2\text{O}_{10}$ , zukomme. Wenn alle drei dasselbe Moleculargewicht hätten, so läge ein Fall von Isomerie vor, d. i. von Verschiedenheit der Constitution bei gleicher Zusammensetzung und gleichem Moleculargewicht.

Die Schwierigkeiten, welche bei den vorher bezeichneten Verbindungen sich ergeben, zeigen sich auch bei vielen anderen Silicaten und auch bei anderen in den Mineralen verkörperten salzartigen Verbindungen. So lange deren Moleculargewichte unbekannt sind, lassen sich über die Constitution bloß Vermuthungen aufstellen.

**168. Krystallwasser.** Viele Verbindungen vermögen beim Krystallisiren aus wässriger Lösung eine oder mehrere Molekel Wasser anzunehmen. So entstehen in einer gesättigten Lösung von Chlornatrium bei Temperaturen unter  $0^\circ\text{C}$ . monokline Krystalle von der Zusammensetzung  $\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$  (Hydrohalit), während bei gewöhnlicher Temperatur das wasserfreie Salz  $\text{NaCl}$  herauskrystallisirt. Das Magnesiumsulfat findet sich rhombisch als Bittersalz  $\text{MgSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ , doch kann man durch Verdampfen aus heisser Lösung ein monoklines wasserärmeres Salz  $\text{MgSO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$  erhalten. Das Calciumsulfat findet sich wasserfrei als Anhydrit  $\text{CaSO}_4$  (rhombisch), und wasserhaltig als Gyps  $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  (monoklin).

Das Bittersalz verliert, der trockenen Luft ausgesetzt, einen grossen Theil des Wassergehaltes und zerstäubt [91], durch Befeuchten erhält man jedoch wieder Bittersalz. Der Gyps verliert durch Erwärmen auf  $100$  bis  $200^\circ\text{C}$  sein Wasser bis auf den vierten Theil, durch Befeuchten entsteht wiederum Gyps. Nur wenn der

Gyps stärker erhitzt wurde, ist er todtgebrannt, d. h. nun enthält er kein Wasser mehr, und nun liefert das Befeuchten keinen Gyps mehr, das Product verhält sich wie Anhydrit.

Jener Wassergehalt krystallinischer Verbindungen, welcher zwar in bestimmter chemischer Proportion vorhanden ist, aber nicht wesentlich zur Verbindung gehört, wird Krystallwasser genannt. Man denkt sich das Krystallwasser bloß durch eine schwache Anziehung angefügt, nicht aber durch Valenzen angekettet. In den hiehergehörigen Krystallen ist also die Krystallmolekel einerseits aus der Hauptmolekel, andererseits aus den angelagerten Wassermolekeln zusammengesetzt zu denken. Diese Auffassung ist die erste, welche andeutet, dass die Krystallmolekel aus mehreren chemischen Molekeln zusammengesetzt sein kann.

Zum Unterschiede vom Krystallwasser, welches schon fertig im Krystalle enthalten ist, wird jenes Wasser, welches erst beim Erhitzen der Hydroxyde, sowie der sauren und basischen Salze durch Zerstören der chemischen Verbindung gebildet wird, als chemisch gebundenes Wasser oder Constitutionswasser, auch Hydratwasser, bezeichnet. Die Wassermenge also, welche durch Erhitzen von Brucit, Gibbsit, Diaspor oder durch Erhitzen von Malachit erhalten wird, ist kein Krystall-, sondern Constitutionswasser. In manchen Mineralen wird beides zugleich angenommen, z. B. im Brushit  $\text{CaHPO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ .

Obwohl der Unterschied in theoretischer Beziehung vollkommen klar ist, so erscheint es doch in vielen Fällen schwierig, durch den Versuch nachzuweisen, ob das beim Erhitzen erhaltene Wasser als Krystallwasser enthalten war oder aus dem Wasserstoff und Sauerstoff der Verbindung entstanden ist, eine Schwierigkeit, auf welche namentlich v. Kobell aufmerksam gemacht hat. Das eine bleibt jedoch unzweifelhaft, dass der Wasserstoff, welcher erst bei der Glühhitze in der Form von Wasser fortgeht, chemisch gebunden war; dagegen ist es nicht sicher, dass das Krystallwasser bei 100° oder 120° C. vollständig fortgehe. Das Krystallwasser kann verschieden stark gebunden sein. Dies zeigen schon die Beispiele Hydrohalit, Bittersalz, Gyps.

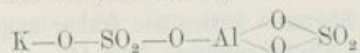
Schöne Versuche über die hier angedeutete Unterscheidung hat Damour an vielen Zeolithen angestellt. An einem derselben, dem triklinen Stilbit, hat Mallard gefunden, dass beim Erwärmen, während das Krystallwasser entweicht, der Axenwinkel und die Lage der optischen Axen sich ändern, beim Abkühlen aber unter Wasseraufnahme an der Luft das ursprüngliche optische Verhalten wiederkehrt, dass letzteres jedoch nicht eintritt, wenn durch Eintauchen in Oel die Wasseraufnahme gehindert wird. Damour, Annales de Chimie, Phys., 3<sup>e</sup> série, Bd. 53. Mallard, Bull. soc. min., Bd. 5, pag. 255. Rinne, Sitzungsber. Ak. Berlin, Bd. 46, pag. 1163.

Beim Erhitzen entweicht nur selten das ganze Krystallwasser bei derselben Temperatur wie z. B. beim Erwärmen des Glaubersalzes  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$ . Meistens wird eine stufenweise Entwicklung beobachtet, wie beim Erhitzen des Eisenvitrioles  $\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ , welcher beim ersten Erwärmen drei Molekel Wasser abgibt, beim ferneren Steigen der Temperatur kein Wasser liefert, bis hierauf bei höherer Temperatur wiederum 3 Molekel entweichen, worauf bei noch weiterem Steigen der Temperatur wieder eine Pause eintritt und erst beim

stärksten Erhitzen die letzte Wassermolekel davongeht, so dass eine Gliederung:  $\text{Fe SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + 3 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{H}_2\text{O}$  als wahrscheinlich anzunehmen ist. Zinkvitriol:  $\text{ZnSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$  verhält sich jedoch anders, nämlich entsprechend der Gliederung:  $\text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 5 \text{H}_2\text{O}$ . Bittersalz  $\text{MgSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$  wiederum anders:  $\text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + 5 \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ . Müller-Erzbach, Beiblätter Ann. Phys., Bd. 14, pag. 448. Salzer, Ann. d. Chem., Bd. 233, pag. 1.

**169. Molekelverbindungen.** Sowie man sich die Krystallmolekel jener Minerale, welche Krystallwasser enthalten, aus einer bestimmten Verbindung und aus angelagerten Wassermolekeln zusammengesetzt denkt, ebenso kann man sich die Krystallmolekel mancher Minerale aus mehreren Molekeln gebildet denken, welche verschiedenartig sind und nur durch schwache Anziehungen mit einander verbunden werden. Derlei Molekelverbindungen bestehen demnach aus Theilen, die keine freien Valenzen darbieten. Beispiele sind das Natrium-Silber-Chlorid  $\text{NaCl} + \text{AgCl}$ , das Kalium-Zink-Chlorid  $\text{KCl} + \text{ZnCl}_2$ , der Carnallit  $\text{KCl} + \text{MgCl}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ . Hier wird gar keine Verkettung durch Valenzen, sondern bloß eine Anlagerung angenommen.

Im Alaun  $\text{Al}_2\text{S}_3\text{O}_{12} + \text{K}_2\text{SO}_4 + 24 \text{H}_2\text{O}$  liesse sich eine Verkettung der beiden Sulfate denken und die Formel einfacher schreiben:  $\text{KAlS}_2\text{O}_8 + 12 \text{H}_2\text{O}$ , worin für das Gesamtsulfat die Constitution:



angenommen würde.

Thomsen hat jedoch gezeigt, dass beim Zusammentreffen zweier Lösungen, wovon die eine  $\text{Al}_2\text{S}_3\text{O}_{12}$ , die andere  $\text{K}_2\text{SO}_4$  enthält, keine merkliche Wärmeentwicklung stattfindet, während dies bei jeder chemischen Verbindung der Fall ist. In der Lösung besteht sonach jedes der beiden Sulfate für sich, und sie vereinigen sich erst beim Krystallisiren, in welchem Augenblicke auch noch Wassermolekel hinzugenommen werden. Das Entsprechende gilt für den Carnallit.

Der Alaun, der Carnallit sind demnach Doppelsalze, aber auch viele andere Minerale werden als Doppelsalze oder allgemein als Molekelverbindungen betrachtet, weil es wahrscheinlich ist, dass die einzelnen Verbindungen, welche darin enthalten sind, erst im Augenblicke der Krystallisation oder bei der Bildung eines unlöslichen Niederschlages zusammentreten. So lange aber Gründe für die eine Ansicht noch fehlen, lassen sich derlei Minerale mit gleichem Rechte als chemische Verbindungen oder als Molekelverbindungen betrachten, z. B.:

	einheitlich	als Molekelverbindung
Matlockit . . .	$\text{Pb}_2\text{Cl}_2\text{O}$	$= \text{PbCl}_2 + \text{PbO}$
Dolomit . . .	$\text{CaMg}2\text{CO}_3$	$= \text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$
Diopsid . . .	$\text{CaMg}2\text{SiO}_3$	$= \text{CaSiO}_3 + \text{MgSiO}_3$
Tremolit . . .	$\text{CaMg}_34\text{SiO}_3$	$= \text{CaSiO}_3 + 3\text{MgSiO}_3$
Glauberit . . .	$\text{Na}_2\text{Ca}2\text{SO}_4$	$= \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CaSO}_4$
Apatit . . .	$\text{ClCa}_5\text{P}_3\text{O}_{12}$	$= \text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 + \text{ClCa}_2\text{PO}_4$
Jordanit . . .	$\text{Pb}_4\text{As}_2\text{S}_7$	$= \text{Pb}_3\text{As}_2\text{S}_6 + \text{PbS}$

**170. Berechnung der Formel.** Wenn sich aus der Analyse eines Minerals ergibt, dass dasselbe aus  $e$  Procenten des einen, aus  $f$  Procenten des zweiten, aus  $g$  Procenten des dritten Bestandtheiles u. s. w. zusammengesetzt ist, so ist das Verhältniß dieser Zahlen gleich dem Zusammensetzungsverhältnisse, also nach [154]

$$e : f : g : \dots = mA : nB : pC : \dots$$

Da nun unter  $A, B, C$  die Mischungsgewichte verstanden werden und für dieselben jetzt allgemein die Atomgewichte im Gebrauch sind, so beziehen sich diese Zeichen auf die auf pag. 244 mitgetheilten Atomgewichte. Die Formel besteht aber ausser den Atomzeichen noch aus den Coëfficienten  $m, n, p$  etc., welche ganze Zahlen sind. Da nun

$$\frac{e}{A} : \frac{f}{B} : \frac{g}{C} : \dots = m : n : p : \dots$$

so ist leicht zu erkennen, dass man das Verhältniß dieser Coëfficienten erhält, wofern man die percentischen Mengen der Bestandtheile durch die Atomgewichte dividirt und die berechneten Quotienten mit einander vergleicht. Man misst also jeden Bestandtheil der Verbindung mit seinem eigenen Maasstabe, und dieser ist das Atomgewicht.

Das Verfahren wird durch folgende Beispiele klar:

Eine Analyse von Steinsalz hätte, wie früher angeführt wurde, 39·34 Perc. Natrium und 60·23 Perc. Chlor ergeben. Die Atomgewichte dieser beiden Stoffe sind  $\text{Na} = 23$  und  $\text{Cl} = 35·4$ , wonach

$$\begin{aligned} \text{für Natrium } 39·34 : 23 &= 1·710 \\ > \text{Chlor } 60·23 : 35·4 &= 1·701 \end{aligned}$$

Die beiden letzteren Zahlen 1·710 und 1·701 verhalten sich aber fast genau wie 1 : 1. Die Coëfficienten sind also gleich anzunehmen, die Formel des Steinsalzes  $\text{NaCl}$ .

Der Kupferkies von Sayn lieferte H. Rose die folgenden percentischen Gewichtsmengen, neben welche sogleich die Atomgewichte und Quotienten gesetzt sind:

$$\begin{aligned} \text{Eisen} \dots 30·47 : 56 &= 0·544 \\ \text{Kupfer} \dots 34·40 : 63·4 &= 0·534 \\ \text{Schwefel} \dots 35·87 : 32 &= 1·121 \end{aligned}$$

Die letzteren Zahlen stehen in dem Verhältnisse 1 : 1 : 2·06, welches fast genau 1 : 1 : 2 ist und zu der Formel  $\text{FeCuS}_2$  führt.

Man erhält in solcher Weise immer die einfachste Formel, während jene Formel, welche die Zusammensetzung richtig ausdrückt, ein Vielfaches der vorigen sein kann. So z. B. wird von manchen Mineralogen für den Kupferkies die Formel  $\text{Fe}_2\text{Cu}_2\text{S}_4$  als die richtigere angenommen, mit der Gliederung  $\text{Cu}_2\text{S Fe}_2\text{S}_2$ .

Wenn die Analyse nicht das Gewichtsverhältniß der einfachen Stoffe, sondern die percentischen Mengen von Verbindungen angibt, so kann die Rechnung in der Weise geführt werden, dass man die percentischen Zahlen durch die aus den Atomgewichten erhaltenen Verbindungsgewichte dividirt. Als Beispiel diene die

gleichfalls von H. Rose angeführte Analyse des Analcims von Fassa, welche, wie alle derlei Analysen, die erhaltenen Mengen von Kieselerde  $\text{SiO}_2$ , Thonerde  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Natron  $\text{Na}_2\text{O}$ , Wasser  $\text{H}_2\text{O}$  angibt. Hier wird die percentische Menge der Kieselerde durch die Zahl für  $\text{SiO}_2$  dividirt, welche 60·3 ist, da  $\text{Si} = 28\cdot3$  und  $\text{O} = 16$  u. s. w.

Kieselerde.. 55·12 : 60·3 = 0·9141

Thonerde .. 22·99 : 102 = 0·2232

Natron .... 13·53 : 62 = 0·2182

Wasser .... 8·27 : 18 = 0·4594

Die letzten Zahlen, welche nahezu genau das Verhältniß 4 : 1 : 1 : 2 ergeben, führen zu der Formel  $4\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , welche auch halb so gross, nämlich  $\text{H}_2\text{NaAlSi}_2\text{O}_7$  geschrieben werden kann.

**171. Polymorphie.** Bei der Vergleichung der Minerale nach ihrer chemischen Zusammensetzung wird nicht selten die Erscheinung erkannt, dass zwei oder mehrere Minerale, welche durch die Krystallform und demzufolge durch den inneren Bau, sowie die damit zusammenhängenden physikalischen Eigenschaften verschieden sind, doch dieselbe chemische Beschaffenheit darbieten. Sie geben bei der Analyse dieselben Resultate, zeigen dieselben Reactionen, sind also chemisch gleich, aber physikalisch verschieden. Zuweilen lässt sich die Sache synthetisch verfolgen und darthun, dass in der That dieselbe Substanz unter bestimmten Umständen in dieser, unter anderen Umständen in jener Form krystallisirt. Von einer solchen Substanz sagt man, sie sei dimorph oder allgemein polymorph.

Das längst bekannte Beispiel geben der rhomboëdrische Kalkspath und der rhombische Aragonit. Klaproth fand, dass dieser ebenso aus kohlensaurem Kalk bestehe wie jener, doch schien es nach Stromeyer's Analysen, dass eine kleine Beimischung von kohlensaurem Strontian dem Aragonit seine abweichende Form verleihe, bis genaue Analysen erkennen liessen, dass auch Aragonite ohne eine Spur von Strontiumgehalt vorkommen und die Gleichheit der Substanz in beiden Mineralen bekräftigt wurde, als Haidinger wahrnahm, dass der Aragonit, dessen spec. Gewicht,  $s = 2\cdot94$ , durch Erhitzen in Kalkspath ( $s = 2\cdot72$ ) verwandelt wurde, und G. Rose beobachtete, dass der kohlensaure Kalk, welcher in kohlensäurehaltigem Wasser aufgelöst worden, beim Entweichen der die Auflösung bedingenden Kohlensäure in der Wärme vorzugsweise Aragonit, bei gewöhnlicher Temperatur aber Kalkspath absetze. Früher hatte schon Mitscherlich gezeigt, dass der Schwefel in zwei verschiedenen Formen erhalten werden könne: in rhombischer Form und gelber Farbe ( $s = 2\cdot1$ ) gleich dem natürlich vorkommenden beim Verdunsten der Auflösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff; in monokliner Form und brauner Farbe ( $s = 1\cdot97$ ) beim Erkalten des geschmolzenen Schwefels. Die Dimorphie des Eisenbisulfides  $\text{FeS}_2$  wurde von Berzelius erkannt, welcher zeigte, dass sowohl der tesserale Eisenkies ( $s = 5\cdot1$ ) als auch der rhombische Markasit ( $s = 4\cdot86$ ) dieselbe chemische Formel geben, doch ist es bisher noch nicht gelungen, die Substanz  $\text{FeS}_2$  in beiden Formen darzustellen, obgleich Wöhler dieselbe schon vor längerer Zeit in tesserale Krystallen erhielt.

Am Titan-Dioxyd  $TiO_2$  wurde eine Trimorphie beobachtet. Diese Substanz hat als Brookit ( $s = 4.15$ ) eine rhombische Krystallform, Fig. 382. Ferner krystallisirt dieselbe als Rutil ( $s = 4.25$ ) tetragonal mit dem Axenverhältnis  $a : c = 1 : 0.6442$ , Fig. 383, und als Anatas ( $s = 3.9$ ) auch tetragonal, jedoch mit dem Axenverhältnis  $a : c = 1 : 1.778$ , Fig. 384. G. Rose und Hautefeuille gelang es, die Substanz  $TiO_2$  in allen drei Formen darzustellen.

Das Siliciumdioxyd,  $SiO_2$ , tritt als Quarz ( $s = 2.65$ ) in der früher angeführten trapezoëdrisch-tetartoëdrischen Form, und als Tridymit ( $s = 2.3$ ) in mimetisch-hexagonaler Krystallform auf. Beide sind auch künstlich dargestellt worden.

Das Antimonoxyd,  $Sb_2O_3$ , hat als Valentinit ( $s = 5.6$ ) eine rhombische Form, während dasselbe als Senarmontit ( $s = 5.3$ ) in Oktaëdern erscheint. Beide Formen entstehen, wie Fischer gezeigt hat, gleichzeitig bei der Verbrennung antimonhaltiger Minerale vor dem Löthrohre, die rhombische Form an den heissen, die oktaëdrische Form an den kühleren Stellen.

Das Arsenoxyd  $As_2O_3$ , das Zinksulfid  $ZnS$ , das Cuprosulfid  $Cu_2S$  sind ebenfalls dimorph, ausserdem noch mehrere andere Substanzen.

Fig. 382.

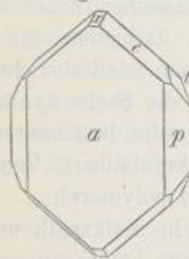


Fig. 383.

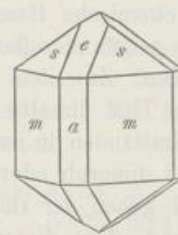
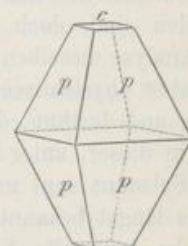


Fig. 384.



Ueber die versteckte Dimorphie beim Leucit, Boracit, Glaserit s. pag. 215.

Während man die Ausdrücke dimorph, polymorph in Bezug auf die Substanz anwendet, kann man das Verhältnis der Minerale, welche dieselbe Substanz in verschiedenen Formen darstellen, als Heteromorphie bezeichnen und demnach sagen: Die Substanz kohlensaurer Kalk ist dimorph, die Minerale Kalkspath und Aragonit sind heteromorph.

Ein etwas anderes Verhältnis als bei den heteromorphen Mineralen besteht beim Graphit und Diamant. Beide liefern beim Verbrennen im Sauerstoffgase bloß Kohlensäure, beide bestehen also aus Kohlenstoff, doch sind sie von einander nicht bloß durch die Krystallform und die damit zusammenhängenden Eigenschaften, sondern ganz und gar verschieden. Der Graphit hat metallisches Ansehen und ist Leiter der Elektrizität, der Diamant ist nicht metallisch und Nichtleiter. Graphit hat den ersten, Diamant den zehnten Härtegrad. Nach Brodie verhalten sie sich auch bei chemischen Reactionen verschieden. Diese vollständige Verschiedenheit zweier oder mehrerer Modificationen desselben Elementes hat man Allotropie genannt. Der Kohlenstoff existirt noch in einer dritten, und zwar der amorphen Modification.

Das Statthaben der Polymorphie lässt sich mittels der Moleculartheorie genügend klarstellen. Man denkt sich jeden Körper im gasförmigen, flüssigen und amorphen



Zustände aus chemischen Molekeln bestehend, die Krystallmolekel hingegen aus mehreren solchen einfachen oder chemischen Molekeln zusammengesetzt. Beim Krystallisiren fügen sich mehrere einfache Molekel zu einer höheren Einheit, zur Krystallmolekel zusammen. Je nachdem aber eine grössere oder geringere Anzahl zusammentritt, wird ein solches System eine andere Anziehung auf die Nachbarsysteme ausüben, und es wird eine verschiedene Anordnung platzgreifen, also eine wesentlich andere Krystallform entstehen. So z. B. lassen sich die Erscheinungen beim kohlen-sauren Kalk erklären, wenn man davon ausgeht, dass die chemische Molekel  $\text{CaCO}_3$  ist, und annimmt, dass beim Zusammentreten von drei solchen Molekeln zu einer Krystallmolekel ein rhomboëdrisches, beim Zusammentreten von vier solchen Molekeln ein rhombisches Netz entstehe. Die Krystallmolekel des rhomboëdrischen Kalkspathes wäre dann  $3\text{CaCO}_3$ , die des rhombischen Aragonits  $4\text{CaCO}_3$ . Der Dimorphismus kann also durch eine Polymerie im starren Zustande verständlich gemacht werden.

Bei der Allotropie des Kohlenstoffs wird man eine sehr verschiedene Constitution der Molekel anzunehmen haben. Denkt man sich die chemische Molekel des Graphits als  $\text{C}_3$ , jene des Diamants als  $\text{C}_8$ , so wäre die Bindung durch Valenzen in diesen beiden eine sehr verschiedene.

Lit.: Arzruni, Physikalische Chemie der Krystalle, Braunschweig 1893.

**172. Isomorphie.** Das bedeutendste Resultat, zu welchem die Vergleichung der Krystallform verschiedenartig zusammengesetzter Verbindungen führte, ist die Wahrnehmung, dass chemisch-analog zusammengesetzte Verbindungen häufig eine gleiche oder ähnliche Krystallisation zeigen. Diese Beobachtung wurde zuerst von Mitscherlich an phosphorsauren und arsensauren Salzen, hierauf an mehreren anderen Körpern gemacht, und es wurde jener Zusammenhang als Isomorphismus bezeichnet.

Im Bereiche der Minerale spielt der Isomorphismus eine ungemein wichtige Rolle. Die Aehnlichkeit und Zusammengehörigkeit vieler Mineralarten ist durch denselben aufgeklärt worden. Da der Isomorphismus den Zusammenhang der chemischen und der physikalischen Beschaffenheit andeutet, so ist von vornherein klar, dass hier unter ähnlicher Krystallisation nicht blos eine Gleichheit oder Aehnlichkeit der Kantenwinkel (Isogonismus), sondern die Gleichheit oder Aehnlichkeit des Krystallbaues zu verstehen sei. Demnach werden bei der Vergleichung der Formen sowohl die Winkel der wirklich vorhandenen Flächen als auch die Verhältnisse der Cohäsion, und zwar zuerst der Spaltbarkeit in Betracht genommen.

An den tesseraleen Krystallen zeigt sich die Bedeutungslosigkeit des Isogonismus am auffallendsten. Die verschiedenartigsten Verbindungen krystallisiren in tesseraleen Systeme, in welchem die Winkel constant sind. Alle diese Verbindungen sind demnach isogon, aber noch nicht isomorph. Die Isomorphie lässt sich hier nur dadurch constatiren, dass die am häufigsten auftretenden Flächen, die Spaltbarkeit, die Art der Zwillingsbildung, als gleich erkannt werden.

Ein Beispiel der Isomorphie im rhombischen Systeme bieten die folgenden Carbonate, welche durchwegs nach dem aufrechten Prisma  $(110) = m$  und der

Sub-  
382.  
renver-  
gonal,  
sefeuille

fürten  
etisch-

Form,  
ormen  
altiger  
rische

eben-

g. 215.  
abstanz  
in ver-  
sagen:  
ragonit

besteht  
se blos  
r nicht  
haften.  
en und  
Graphit  
sie sich  
denheit  
trotz  
morphen

nügend  
morphen

Längsfläche (010) = b spaltbar sind, und zwar zum Theil deutlich (d), zum Theil unvollkommen (u).

		110:110	011:011	spaltbar: m b	
Aragonit . . . . .	Ca CO <sub>3</sub>	63° 48'	71° 33'	d	d
Strontianit . . . . .	Sr CO <sub>3</sub>	62° 41'	71° 48'	d	u
Cerussit . . . . .	Pb CO <sub>3</sub>	62° 46'	71° 44'	d	u
Witherit . . . . .	Ba CO <sub>3</sub>	62° 12'	72° 16'	u	d

Diese Minerale sind also in der Form und in der Spaltbarkeit ähnlich, ebenso im optischen Verhalten, da dieselben alle optisch negativ sind und die erste Mittellinie a der aufrechten Axe parallel haben. Im übrigen zeigt sich ein Unterschied darin, dass die beiden ersten die Ebene der optischen Axen parallel a = 100 und  $\rho < \nu$ , die beiden anderen aber jene Ebene parallel b und zugleich  $\rho > \nu$  haben.

Von rhomboëdrischen Mineralen sind wiederum einige Carbonate zu nennen, die eine isomorphe Reihe bilden:

Kalkspath . . .	Ca CO <sub>3</sub>	Rhomboëderwinkel	74° 55'	Spaltbar.	vollk.	parallel B,	opt. neg.
Manganspath	Mn CO <sub>3</sub>		73° 9'				
Eisenspath . .	Fe CO <sub>3</sub>		73° 0'				
Magnesit . . .	Mg CO <sub>3</sub>		72° 40'				
Zinkspath . . .	Zn CO <sub>3</sub>		72° 20'				

Diesen schliesst sich an:

Dolomit . . . .	Ca Mg 2CO <sub>3</sub>		73° 45'				
-----------------	------------------------	--	---------	--	--	--	--

welcher jedoch rhomboëdrisch-tetartoëdrisch [43] ist.

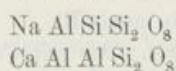
Unter den rhomboëdrischen Mineralen sind ferner isomorph das lichte Rothgiltigerz oder der Proustit Ag<sub>3</sub>AsS<sub>3</sub> mit dem dunklen Rothgiltigerz oder dem Pyrargyrit Ag<sub>3</sub>SbS<sub>3</sub>, ferner die drei Sprödmetalle Arsen, Antimon, Wismut und noch manche andere.

Das hexagonale System enthält eine ausgezeichnete isomorphe Reihe, welche den Apatit mit seinen beiden Gliedern: Chlorapatit Ca<sub>5</sub>P<sub>3</sub>O<sub>12</sub>Cl und Fluorapatit Ca<sub>5</sub>P<sub>3</sub>O<sub>12</sub>F, ferner den Pyromorphit Pb<sub>3</sub>P<sub>3</sub>O<sub>12</sub>Cl, den Mimetesit Pb<sub>3</sub>As<sub>3</sub>O<sub>12</sub>Cl und den Vanadinit Pb<sub>3</sub>V<sub>3</sub>O<sub>12</sub>Cl umfasst. Alle sind pyramidal-hemiëdrisch [41].

Im tesseralen Systeme ist die Spinellreihe ein sehr bekanntes Beispiel. Die zugehörigen Minerale zeigen als hauptsächliche Form das Oktaëder und das häufige Auftreten der Zwillingsbildung nach der Oktaëderfläche (pag. 89). Spinell MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Hercynit FeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Automolit ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Chromit FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Magnetit FeFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> u. a.

**173.** Die chemische Analogie der isomorphen Substanzen ist in vielen Fällen eine leicht verständliche, wie in den vorigen Beispielen, da in den zum Vergleiche kommenden Formeln eine gleiche Anzahl gleichwerthiger (äquivalenter) und im chemischen Verhalten ähnlicher Atome angeführt erscheinen. In anderen Fällen, welche früher unverständlich waren und erst seit Anwendung der jetzt üblichen Atomgewichte aufgeklärt wurden, besteht die Analogie blos in der atomistischen Gleichartigkeit, indem die Formeln der isomorphen Substanzen zwar eine gleiche

Anzahl der gleichartigen Atome angeben, ohne dass aber die letzteren äquivalent wären. Ein bekanntes Beispiel geben der Kalkspath  $\text{CaCO}_3$  und der Natrium-salpeter  $\text{NaNO}_3$ , welche vollkommen isomorph sind, indem beide in der Form nahezu, in der Spaltbarkeit, in ihren übrigen Cohäsionsverhältnissen und im optischen Verhalten vollkommen übereinstimmen. Die Formeln zeigen atomistische Gleichartigkeit, die Metalle Ca und Na sind aber ungleichwerthig, indem ersteres als zwei-, letzteres als einwerthig betrachtet wird, ebenso erscheinen die Atome der Säurebildner C und N ungleichwerthig, indem ersteres als vier-, letzteres als fünfwerthig anzunehmen ist. Ein anderer hiehergehöriger Fall tritt bei den triklinen Feldspathen ein, von welchen der Albit  $\text{Na Al Si}_3 \text{O}_8$  und der Anorthit  $\text{Ca Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8$  isomorph sind. Der Vergleich der Formeln



ergibt wiederum atomistische Gleichartigkeit, obgleich Na und Ca nicht äquivalent, ebenso Si und Al nicht äquivalent sind.

Soviel bis jetzt bekannt ist, gibt es nur einen einzigen Fall, in welchem die Analogie der Zusammensetzung nicht zugleich als atomistische Gleichartigkeit erscheint. Derselbe tritt bei der Isomorphie der Kalium- mit den Ammoniumverbindungen ein. Schwefelsaure Kali-Magnesia  $\text{K}_2 \text{Mg} \cdot 2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$  und das entsprechende Ammoniumsalz  $2\text{NH}_4 \cdot \text{Mg} \cdot 2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$  sind isomorph. Hier und in allen zugehörigen isomorphen Paaren erscheinen das Atom K und die Gruppe Ammonium  $\text{NH}_4$ , welche sowohl äquivalent als auch im chemischen Verhalten ähnlich sind, gleichartig, obwohl dieselben atomistisch verschieden sind.

Hier besteht also die chemische Analogie der isomorphen Verbindungen zum Theile in der Aequivalenz, in den zuvor angedeuteten Fällen besteht sie zum Theil in der atomistischen Gleichartigkeit, in den meisten Fällen aber vereinigen sich Aequivalenz und atomistische Gleichartigkeit.

Was die Aehnlichkeit der Form betrifft, so wurde schon früher, beim Kalkspath und Dolomit, eine Isomorphie hemiëdrischer und tetartoëdrischer Formen anerkannt. Ein anderer Fall ist die Isomorphie von Ilmenit  $\text{FeTiO}_3$  und Eisenglanz  $\text{FeFeO}_3$ , wovon der erstere die trapezoëdrische Tetartoëdrie [42] zeigt, während der zweite rhomboëdrisch krystallisirt. Die Polkanten der Rhomboëder sind  $94^\circ 29'$  und  $94^\circ 0'$ .

Der Winkelunterschied einiger Minerale, welche von manchen Forschern als isomorph betrachtet werden, ist ein recht bedeutender, wie im folgenden Beispiele:

Göthit	$\text{H}_2 \text{Fe}_2 \text{O}_4$	$110 : \bar{1}10 = 85^\circ 8'$	$011 : 0\bar{1}1 = 62^\circ 30'$	Spaltb. (010)
Manganit	$\text{H}_2 \text{Mn}_2 \text{O}_4$	$\text{ } \text{ } \text{ } 80^\circ 20'$	$\text{ } \text{ } \text{ } 57^\circ 10'$	(010), (110).

Solche in den Dimensionen stärker unterschiedene Minerale von analoger Zusammensetzung werden bisweilen als homöomorph bezeichnet.

174. Bei der Vergleichung isomorpher Verbindungen erscheinen jene Elemente, durch welche sich dieselben unterscheiden, als diejenigen, welche die Isomorphie bedingen. Sie werden sodann als isomorphe Elemente bezeichnet. So erscheinen bei der Vergleichung der beiden isomorphen Minerale Magnesit

Theil  
m b  
d d  
d u  
d u  
u d  
ebenso  
erste  
Unter-  
parallel  
gleich

ennen.  
t. neg.  
>  
>  
>  
>  
>

Roth-  
dem  
t und  
welche  
apatit  
l und  
. Die  
t das  
pinell  
gnetit

Fällen  
eiche  
d im  
ällen.  
eichen  
schen  
eiche

MgCO<sub>3</sub> und Siderit FeCO<sub>3</sub>, die beiden Atome Mg und Fe als die isomorphen Elemente. Die Atome sind also nicht für sich gedacht isomorph zu nennen, sondern immer nur in bestimmten Verbindungen, was oft übersehen wird.

In vielen Verbindungen erscheinen isomorph:

Die einwerthigen: Cl, Br, J, auch F.

» » Li, Na, K, namentlich in höher zusammengesetzten Verbindungen. In einfachen NH<sub>4</sub> und K.

» zweiwerthigen: S, Se, zuweilen auch Te.

» » Be, Mg, Zn, Fe, Mn, Co, Ni.

» » Ca, Sr, Ba, Pb.

» dreiwerthigen: Al, Fe, Mn, Cr.

» fünfwerthigen: P, As, Sb, auch Bi.

Einwerthige mit zweiwerthigen: Ag mit Cu, Na mit Ca.

Dreiwertige mit vierwerthigen: Al mit Si in mehreren Silicaten.

**175.** Durch Vergleichung von Reihen analog zusammengesetzter Verbindungen bezüglich der Krystallform ihrer Glieder lässt sich die Wirkung, welche durch den Eintritt der einzelnen wechselnden Stoffe auf die Krystallform ausgeübt wird (Morphotropie nach Groth) einigermaßen erkennen.

Als Beispiel dienen hier drei Reihen, in denen zur Charakterisirung der Form die Axenverhältnisse a : b : c oder a : c angeführt sind.

	Rhombisch		rhombisch		tetragonal
Ca CO <sub>3</sub>	0·6224 : 1 : 0·7206	Ca SO <sub>4</sub>	0·89325 : 1 : 1·0008	Ca MO <sub>4</sub>	1 : 1·5445
Sr CO <sub>3</sub>	0·6090 : 0·7239	Sr SO <sub>4</sub>	0·77895 : 1·2801	Sr MO <sub>4</sub> *)	1·5738
Pb CO <sub>3</sub>	0·6100 : 0·7230	Pb SO <sub>4</sub>	0·78516 : 1·2894	Pb MO <sub>4</sub>	1·5771
Ba CO <sub>3</sub>	0·6032 : 0·7302	Ba SO <sub>4</sub>	0·81520 : 1·3136	Ba MO <sub>4</sub> *)	1·6322

Es zeigt sich durchwegs, dass durch den Eintritt von Sr und von Pb fast der gleiche Effect entsteht; die Grundformen der Strontium- und der Bleiverbindungen sind sehr ähnliche. Der Eintritt von Ba bewirkt im Vergleiche damit eine Verlängerung der aufrechten, der c-Axe. Umgekehrt verursacht der Eintritt von Ca eine Verkürzung der aufrechten Axe und eine starke Veränderung im Verhältnis der beiden anderen Axen in den beiden rhombischen Reihen und in einem Falle, bei Ca SO<sub>4</sub> hört die Isomorphie mit den folgenden Verbindungen derselben Reihe ganz auf. Der Anhydrit Ca SO<sub>4</sub> ist mit den folgenden Sulfaten nicht isomorph. Während also die morphotropische Wirkung von Sr und Pb fast gleich, die Wirkung von Ba eine der vorigen ähnliche ist, erscheint die Wirkung von Ca ziemlich stark verschieden.

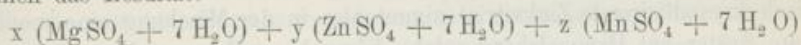
Die isomorphe Reihe der rhomboëdrischen Carbonate (pag. 262) ist ferner ein Beispiel dafür, dass der Eintritt von Mg, Fe, Zn, Mn auf die Form eine nur wenig verschiedene Wirkung übt, während der Eintritt von Ca eine grössere Winkeländerung mit sich bringt. Der Calcit ist mit den folgenden Carbonaten nicht vollkommen isomorph, so beträgt der Unterschied in den Rhomboëderwinkeln für

\*) Diese beiden Verbindungen sind künstlich dargestellte und als Minerale noch nicht beobachtet.

Calcit und Magnesit  $2^{\circ} 15'$ . Auch in anderen Fällen zeigt sich ein verschiedenes Verhalten der Ca- und Mg-Verbindungen. Der Diopsid  $\text{Ca Mg Si}_2 \text{O}_6$  (monoklin) und der Enstatit  $\text{Mg Mg Si}_2 \text{O}_6$  (rhombisch) besitzen zwar grosse Aehnlichkeit in den Winkeln, doch ist die Symmetrie verschieden.

Lit. üb. Isomorphie. Mitscherlich, Abhandl. d. Berliner Akad., Dec. 1819, pag. 427. Berzelius, Annales de chimie et phys. 1820, Bd. 19, pag. 350. G. Rose, Zeitsch. d. deut. geol. Ges., Bd. 16, pag. 21, und Bd. 20, pag. 621. Kopp, Annalen d. Chem. u. Pharm., Bd. 36, pag. 1, und Pogg. Ann., Bd. 52, pag. 262. Schröder, ebendas., Bd. 106 u. 107. Autor, Sitzber. d. Wiener Ak., Bd. 45, pag. 635, Bd. 50, pag. 566. Groth, Pogg. Ann., Bd. 141, pag. 31. Arzruni, Physikalische Chemie der Krystalle, 1893.

**176. Isomorphe Mischung.** Isomorphe Verbindungen, welche aus derselben Flüssigkeit krystallisiren, vermögen Mischkrystalle zu bilden, welche die einzelnen Verbindungen je nach den Umständen der Bildung in wechselnder Menge enthalten. So geben Lösungen der beiden isomorphen Salze: Zinkvitriol  $\text{Zn SO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$  und Bittersalz  $\text{MgSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$  Mischkrystalle, welche in der Form den beiden vorigen sehr ähnlich sind und variable Mengen von dem einen und dem anderen enthalten. Ebenso geben Lösungen, in welchen Bittersalz, Zinkvitriol und Mangavitriol enthalten sind, isomorphe Mischkrystalle, welche nach den Umständen sehr verschiedene Mengen der drei Salze vereinigen, also bei der Analyse im allgemeinen das Resultat:



liefern, worin  $x$ ,  $y$ ,  $z$  beliebige reelle positive Zahlen sind.

Unter den krystallisirten Mineralen kommen Mischkrystalle sehr häufig vor. Oefter ist die Natur derselben schon durch den Farbenunterschied der an dem Krystall wahrnehmbaren Schichten oder Anwachspyramiden angedeutet [65]. Häufig aber sehen diese Krystalle ganz gleichartig aus, und das Vorhandensein einer Mischung lässt sich erst erkennen, wenn die Zusammensetzung mit derjenigen anderer isomorpher Minerale verglichen wird. Die Krystalle des Olivins erscheinen meistens völlig homogen, ihre Zusammensetzung ist aber wechselnd  $x (\text{Mg}_2 \text{SiO}_4) + y (\text{Fe}_2 \text{SiO}_4)$ . Sie sind isomorph mit dem Forsterit  $\text{Mg}_2 \text{SiO}_4$  und dem Fayalit  $\text{Fe}_2 \text{SiO}_4$ . Demnach ist nicht zu zweifeln, dass die Olivinkrystalle zu den Mischkrystallen gezählt werden müssen.

Was hier von den Krystallen gesagt wurde, gilt aber selbstverständlich auch für krystallinische Minerale, deren Individuen ja nur unausgebildete Krystalle sind. Der körnige Olivin ist demnach ebenfalls eine isomorphe Mischung.

Wenn zwei Substanzen wegen sehr verschiedener Löslichkeit nicht gleichzeitig aus derselben Auflösung krystallisiren, also keine Mischkrystalle geben können, so wird doch die leichter lösliche eine isomorphe Schichte über der schwer löslichen bilden. Wenn daher, wie Sénarmont zuerst beobachtet hat, ein Krystall oder ein Spaltungsstück von Kalkspath  $\text{Ca CO}_3$  in einer Lösung von Natriumsalpeter  $\text{Na NO}_3$  sich mit einer isomorphen Schichte dieses Salzes bedeckt [56], so schliesst man, dass diese beiden Substanzen isomorph seien. Dies wird aber durch die

Aehnlichkeit der Form, die Gleichheit der Spaltbarkeit und die Analogie der Zusammensetzung bestätigt.

Ebenso wird aus dem Fortwachsen eines Aragonitkrystalles in einer Lösung von Kaliumsalpeter  $\text{KNO}_3$ , welches von G. Rose wahrgenommen wurde, der Schluss gezogen, dass die beiden Körper isomorph seien, und auch dieser Schluss wird durch die übrigen Eigenschaften beider Körper bekräftigt.

Verbindungen, welche in Bezug auf Hemiëdrie verschieden sind, liefern dennoch bisweilen Mischkrystalle.

Man kennt viele Mischungen des rhomboëdrischen Kalkspathes und des rhomboëdrisch-tetartoëdrischen Dolomits, ebenso Mischungen des rhomboëdrischen Eisenglanzes und des trapezoëdrisch-tetartoëdrischen Ilmenits. Da nun die Fähigkeit, isomorphe Mischungen zu liefern, die am meisten charakteristische Eigenschaft der isomorphen Verbindungen bildet, so werden Calcit und Dolomit u. s. w. trotz des krystallographischen Unterschiedes als isomorph erklärt.

Bei der Darstellung von Mischkrystallen wurde wiederholt die Erfahrung gemacht, dass eine Substanz durch die Mischung mit einer anderen eine solche Form annahm, in welcher sie im isolirten Zustande nicht bekannt war, so dass durch die Versuche ein Dimorphismus der Substanz offenbar wurde. So beobachtete schon Bendant, dass aus gemischten Lösungen der beiden Salze Zinkvitriol  $\text{ZnSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$  und Eisenvitriol  $\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$  monokline Mischkrystalle von der Form des letzteren entstanden, und dass schon 15 Percent von Eisenvitriol genügen, um der Mischung die monokline Form zu geben. Der im isolirten Zustande rhombisch krystallisirende Zinkvitriol nimmt also in der Mischung eine monokline Form an. Später hat Rammelsberg solche Versuche auch an anderen Salzen ausgeführt.

Lit. Sénarmont, Comptes rend., Bd. 38, pag. 105, und Pogg. Ann., Bd. 86, pag. 162. G. Rose, Berichte der deutschen chem. Ges. 1871, pag. 104. Autor. mineralogisch-petrogr. Mitth., Bd. 4, pag. 99. Retgers, Zeitschr. f. phys. Chemie, Bd. 3, 5 und 6.

177. In welcher Weise die Winkel des Mischkrystalles mit dem Gewichtsverhältnisse der enthaltenen Verbindungen im Zusammenhange stehen, lässt sich nach den bisherigen Beobachtungen noch nicht genauer angeben. Früher war die Ansicht allgemein, dass die Winkeldimensionen des Mischkrystalles zwischen denen der Componenten liegen, welche Ansicht durch die Winkel der rhomboëdrischen Carbonate und der Plagioklase bestätigt schien. Später zeigten aber Groth's Beobachtungen an den Mischungen von übermangansauerm Kali  $\text{KMnO}_4$  und von überchlorsauerm Kali  $\text{KClO}_4$ , dass die Winkel der Mischkrystalle zum Theile ausserhalb der Grenzen liegen, welche durch die an den einfachen Salzen beobachteten Werthe gebildet werden.

Die Messungen, welche Neminar und Arzruni am Barytocölestin anstellten, der eine Mischung von Baryumsulfat und Strontiumsulfat ist, gaben ein ähnliches Resultat.

Lit. Groth., Pogg. Ann., Bd. 133, pag. 193. Neminar, Tschermak's Min. Mitth. 1876, pag. 59. Arzruni, Zeitschr. d. deutschen geol. Ges., Bd. 24, pag. 484.

178. Die optischen Eigenschaften der Mischkrystalle zeigen häufig den Zusammenhang mit den optischen Eigenschaften der enthaltenen Verbindungen deutlich an.

In den optisch-einaxigen Mineralen sind die mit einander gemischten Verbindungen meistens optisch gleichartig, doch kommen auch Mischungen von optisch positiven und von optisch negativen Substanzen vor (pag. 191).

In den rhombischen Mineralen bieten die einzelnen Verbindungen häufig gleiche Orientirung, also bloß Verschiedenheit im Axenwinkel dar. Die Mischung zeigt ein Variiren des Axenwinkels, je nach dem Verhältnis der Mischung. An den Mineralen der Bronzitreihe, welche Mischungen von  $MgSiO_3$  und  $FeSiO_3$  sind, konnte der Autor nachweisen, dass mit der Zunahme der zweiten Verbindung, also mit Zunahme des Eisens, auch der positive Axenwinkel zunimmt. Bisweilen tritt aber auch der Fall ein, dass in den sich mischenden Verbindungen die Axenebene eine verschiedene Lage hat (pag. 186).

In den monoklinen Mischkrystallen haben die darin vorhandenen Substanzen bloß eine Elasticitätsaxe in gleicher Lage, zwei Elasticitätsaxen aber verschieden gelagert, wengleich innerhalb der Symmetrieebene. Ein Beispiel einfacher Art geben die Mischungen der beiden Silicate  $CaMgSi_2O_6$  und  $CaFeSi_2O_6$  (Diopsidreihe). Beide Verbindungen haben die Ebene ihrer optischen Axen parallel der Symmetrieebene wie der Gyps, pag. 202. In der ersten Verbindung ist aber der Winkel  $ca = 51^\circ 6'$ , in der zweiten  $ca = 44^\circ 4'$ . In den Mischkrystallen ist nun, wie der Autor zeigte, dieser Winkel kleiner als  $51^\circ 6'$  und nähert sich umso mehr dem Werthe von  $44^\circ$ , je mehr von der zweiten Substanz darin vorhanden ist. Zugleich wird auch der positive Axenwinkel grösser, wie dies schon bei der Bronzitreihe bemerkt wurde.

In triklinen Mischungen sind die enthaltenen Substanzen im allgemeinen optisch gänzlich verschieden, aber auch hier ändern sich Orientirung, Dispersion und Axenwinkel entsprechend dem Verhältnis der Mischung. Dies wurde von Schuster an den Plagioklasen erkannt, welche isomorphe Mischungen von Albit  $NaAlSi_3O_8$  und Anorthit  $CaAl_2Si_2O_8$  sind.

In der letzten Zeit wurden von Dufet, Mallard, Fock u. A. Versuche gemacht, die Abhängigkeit der Brechungsquotienten des Mischkrystalls von dem Gewichtsverhältnis und den Brechungsquotienten der einzelnen Substanzen zu ergründen.

Das specifische Gewicht isomorpher Mischungen stimmt mit jenem überein, welches nach der Mischungsformel aus dem Volumgewicht und dem Percentgehalt der Componenten sich berechnet, d. i. es tritt bei der Mischung keine Volumänderung ein.

Lit. Aut., Mineralog. Mitth. 1871, pag. 17. Schuster, ebendas., Neue Folge Bd. 3, pag. 117. Dufet, Bulletin d. l. soc. minéralogique d. F., Bd. 1, pag. 58. Mallard, ebendas., Bd. 3, pag. 3. Ann. de mines, 7. Serie, Bd. 19, pag. 256. Fock, Zeitschr. für Kryst., Bd. 4, pag. 583. Pockels, Jahrb. für Min., Beilageb. 8, pag. 117.

179. Es kommt nicht selten vor, dass von den Verbindungen, welche in isomorpher Mischung auftreten, die eine oder die andere im isolirten Zustande

noch nicht bekannt ist. So z. B. erweisen sich die Minerale der Bronzitreihe als Mischungen  $x (\text{MgSiO}_3) + y (\text{FeSiO}_3)$ , doch ist nur die erstere Verbindung für sich als Enstatit bekannt, während bisher noch kein Mineral von der Zusammensetzung  $\text{FeSiO}_3$  gefunden wurde. Andere Mineralgattungen lassen durch das Schwanken ihrer Zusammensetzung deutlich erkennen, dass sie isomorphe Mischungen sind, jedoch Mischungen solcher Verbindungen, welche sämmtlich für sich noch nicht beobachtet wurden. Hieher gehört der Skapolith, Chabasit u. a. m.

Die Berechnung isomorpher Mischungen, welche zuerst von Beudant versucht wurde, erfolgt in derselben Weise wie jene der chemischen Verbindungen. Die Coëfficienten  $x, y, z$  etc. geben aber oft kein einfaches, sondern ein complicirtes Verhältnis. Das Beispiel eines einfachen Falles gibt ein Tiroler Bronzit, welcher nach Regnault's Analyse die Mischung  $5 \text{MgSiO}_3 : \text{FeSiO}_3$  hat. Der Ausdruck will sagen, dass in dem Mineral die beiden Verbindungen so gemischt sind, dass im Durchschnitte immer gegen 5 Molekel der ersteren eine Molekel der zweiten Verbindung vorkommt.

So lange unter den chemischen Zeichen bloß Mischungsgewichte verstanden wurden, konnten die Factoren  $x, y$  etc. auch Brüche sein, daher das vorgenannte Verhältnis auch in der Form  $\frac{5}{6} \text{MgSiO}_3 : \frac{1}{6} \text{FeSiO}_3$  oder zusammengezogen  $(\text{Mg} \frac{5}{6}) (\text{Fe} \frac{1}{6}) \text{SiO}_3$  geschrieben wurde, während gegenwärtig, da jene Zeichen Atome bedeuten, Bruchtheile der letzteren zu schreiben keinen Sinn hätte. Der älteren Schreibweise gemäss wurde auch gesagt, das Mischungsgewicht eines Bestandtheiles der Verbindung werde zum Theile durch die äquivalente Menge eines anderen Stoffes ersetzt, und die Stoffe, welche in solcher Weise für einander eintretend gedacht wurden, bezeichnete man dem Vorschlage J. N. Fuchs' gemäss als vicariirende Bestandtheile. Sie sind dieselben, welche früher als isomorphe Elemente aufgeführt wurden. Beim Vergleiche der Zusammensetzung des Enstatits  $\text{MgSiO}_3$  mit derjenigen des isomorphen Bronzits aus dem vorigen Beispiele  $(\text{Mg} \frac{5}{6}) (\text{Fe} \frac{1}{6}) \text{SiO}_3$  konnte man also früher sagen, dass in diesem Bronzit ein Sechstel der Magnesia durch die äquivalente Menge Eisen ersetzt sei, und dass hier Eisen und Magnesia vicariiren. Die vicariirenden Elemente wurden in der allgemeinen Formel der Mischung neben einander gesetzt und durch Beistriche getrennt. Die allgemeine Formel des Bronzits wurde demnach  $(\text{Mg}, \text{Fe}) \text{SiO}_3$  geschrieben. Man kann diese Schreibweise auch ferner benützen, wofern man die gegenwärtig angenommene Vorstellung damit verbindet. Der Olivin als isomorphe Mischung von  $\text{Mg}_2 \text{SiO}_4$  und  $\text{Fe}_2 \text{SiO}_4$  kann demnach durch  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2 \text{SiO}_4$  bezeichnet werden; der Epidot, welcher eine isomorphe Mischung von  $\text{HCa}_2 \text{Al}_3 \text{Si}_3 \text{O}_{13}$  und  $\text{HCa}_2 \text{Fe}_3 \text{Si}_3 \text{O}_{13}$  ist, durch  $\text{HCa}_2 (\text{Al}, \text{Fe})_3 \text{Si}_3 \text{O}_{13}$  u. s. f.

Anstatt das durchschnittliche Verhältnis der Molekelzahl einer isomorphen Mischung anzugeben, pflegt man häufig die percentische Menge der gemischten Substanzen zu berechnen.

Aus der Analyse des Eisenspathes von Ehrenfriedersdorf, welche Magnus 36·81 Percent Eisenoxydul, 25·31 Manganoxydul und 38·35 Kohlensäure lieferte, würde sich das Verhältnis  $17 \text{FeO} : 12 \text{MnO} : 29 \text{CO}_2$  ergeben, also das durchschnittliche Mischungsverhältnis  $17 \text{FeCO}_3 : 12 \text{MnCO}_3$ . Wenn man jedoch davon ausgeht, dass in 100 Perc. Eisencarbonat 62·07 Eisenoxydul enthalten sind, so berechnet



sich aus  $100 : 62.07 = x : 36.81$ , dass 59.31 Perc. Eisencarbonat vorhanden seien, ebenso daraus, dass in 100 Perc. Mangancarbonat 61.74 Manganoxydul enthalten sind, aus  $100 : 61.74 = y : 25.31$  die Menge des Mangancarbonates zu 41.00 Perc. Genannter Eisenspath ist also eine Mischung von 59 Perc. Eisencarbonat mit 41 Perc. Mangancarbonat.

Lit. Beudant, Annales de mines 1817, Bd. 2, pag. 8. J. N. Fuchs, Schweigger's Journ. f. Chem. u. Phys., Bd. 15, pag. 377.

**180.** Das Stattfinden der Isomorphie und die Bildung isomorpher Mischungen lässt sich durch die Moleculartheorie anschaulich machen. Die chemisch-analogen Molekel der isomorphen Krystalle sind als kleine Planetensysteme zu denken, in welchen die Atome eine fast gleiche gegenseitige Stellung besitzen und demzufolge nach aussen gleich oder fast gleich orientirte Anziehungen ausüben. Derlei Molekel geben ähnliche Anordnungen, also Krystalle, deren Winkel und Spaltbarkeit gleich oder wenig verschieden ist. Da es in erster Linie auf die gegenseitige Stellung der Atome ankommt, nicht aber auf deren Qualität, so wird es auch gleichartige Anordnungen geben, in welchen Atome von verschiedener Valenz entsprechende Plätze einnehmen, wie Natriumsalpeter  $\text{NaNO}_3$  und Kalkspath  $\text{CaCO}_3$ . Es ist auch leicht begreiflich, dass eine Lösung, in der zwar verschiedenartige, aber solche Molekel enthalten sind, welche eine fast gleiche Orientirung ihrer Anziehungen besitzen, Mischkrystalle liefern kann. In diesen Krystallen werden die verschiedenartigen Molekel in paralleler Stellung angeordnet sein, indem sie bald schichtenweise abwechseln, bald aber in solcher Art gemischt sind, dass die Krystalle gleichartig aussehen. Die Mischung des Krystalls kann von einem Punkte zum andern variiren, die Analyse gibt immer bloß das Durchschnittsverhältnis des untersuchten Stückes. Die isomorphen Mischungen sind überhaupt dadurch erklärt, dass man sie als innige parallele Verwachsungen bezeichnet.

**181. Darstellung der Verbindungen.** Das Resultat, welches die Analyse eines Minerals ergeben hat, erhält erst seine volle Bestätigung, wenn es gelingt, dieselbe chemische Verbindung in der nämlichen Form, wie selbe in der Natur vorkommt, künstlich darzustellen. Diese Operation ist entweder eine Synthese, eine Herstellung der Verbindung aus den Elementen, oder ein Krystallisiren, ein Erfüllen der Bedingungen, unter welchen eine schon vorhandene Verbindung Krystalle liefert [10].

Da man bloß jene Körper, welche Bestandtheile der Erdrinde und ohne die Absicht des Menschen entstanden sind, als Minerale bezeichnet, so ist es eigentlich nicht ganz consequent, zu sagen, dass wir Minerale künstlich darzustellen vermögen, vielmehr lässt sich eine solche Darstellung besser als eine Nachahmung bezeichnen. Es ist aber allgemein üblich, von künstlichem Bleiglanz, Augit etc. zu sprechen.

Die eleganteste Methode zur Darstellung von Mineralverbindungen ist die gegenseitige Einwirkung von Dämpfen bei höherer Temperatur. Dämpfe von Zinkchlorid geben beim Zusammentreffen mit Schwefelwasserstoff Krystalle von Zinkblende  $\text{ZnS}$  nach der Gleichung  $\text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{S} = \text{ZnS} + 2\text{HCl}$ . Die entstandene

Salzsäure geht gasförmig fort (Durocher). Dämpfe von Titanchlorid oder Titanfluorid liefern bei der gegenseitigen Zersetzung mit Wasserdämpfen Titandioxyd  $TiO_2$  in der Form des Rutil, unter bestimmten Umständen auch von der Form des Brookits:  $TiCl_4 + 2H_2O = TiO_2 + 4HCl$  (Hautefeuille).

Auch durch Einwirkung von Dämpfen auf feste Körper bilden sich zuweilen krystallisirte Verbindungen, z. B. Zinksilicat in der Form des Willemits bei der Einwirkung von Kieselfluorid auf Zinkoxyd:  $SiF_4 + 4ZnO = Zn_2SiO_4 + 2ZnF_2$ , das entstandene Zinkfluorid wird bei der hohen Temperatur verflüchtigt (S. C. Deville).

Eine andere Methode, krystallisirte Verbindungen darzustellen, benützt gleichfalls hohe Temperaturen und lässt die Körper aus einer Schmelze krystallisiren. Unabsichtlich erhält man auf solchem Wege die Krystalle in den Hohlräumen der Schlaeken beim Eisenprocess, z. B. Krystalle von der Form und Zusammensetzung des Olivins, des Diopsids, des Humboldtiths. Absichtlich lassen sich durch Zusammenschmelzen der Bestandtheile vielerlei Krystalle darstellen, z. B. solche, welche dem Antimonglanz, dem Diopsid entsprechen (Mitscherlich).

Durch Herstellung einer Schmelze von geeigneter percentischer Zusammensetzung und nachherige langdauernde Erhitzung unterhalb des Schmelzpunktes können mikroskopische und auch grössere Krystalle erhalten werden, welche mehreren Feldspathen, ferner dem Leucit, Nephelin, Augit etc. entsprechen (Fouqué und Lévy). Durch Zusammenschmelzen von Verbindungen, welche eine doppelte Zersetzung eingehen, wurde eine Anzahl Minerale nachgeahmt, z. B. Baryt durch Zusammenschmelzen von Chlorbaryum und Kaliumsulfat  $BaCl_2 + K_2SO_4 = BaSO_4 + 2KCl$ , das entstandene Chlorkalium wurde durch Wasser entfernt (Manross). Ebenso wurde Gelbbleierz durch Schmelzen von Chlorblei mit der entsprechenden Menge von molybdänsaurem Natron und Auflösung des gebildeten Chlornatriums nachgeahmt:  $PbCl_2 + Na_2MoO_4 = PbMoO_4 + 2NaCl$ .

Eine allgemeiner anwendbare Methode wurde von Ebelmen angebahnt. Bei dieser fungirt ein Theil der Schmelze bloß als Lösungsmittel. Durch Schmelzen der Stoffe, welche dem Olivin, dem Perowskit entsprechen, mit Borsäure entstand in der Hitze des Porzellanofens eine Flüssigkeit, die nach allmähigem Verdampfen der Borsäure Krystalle hinterliess, welche die Eigenschaften des Olivins, resp. des Perowskits besaßen. Viele andere Krystalle wurden durch ähnliche Versuche dargestellt. Für die Lehre vom Isomorphismus war besonders die Nachahmung der Glieder der Spinellreihe (pag. 262) von Wichtigkeit. Forchhammer benutzte eine Schmelze von Chlornatrium, in welche die Bestandtheile des Apatits eingetragen waren, um die dem letzteren entsprechenden Krystalle darzustellen. Wolframsaures Natron eignet sich ebenfalls als Lösungsmittel bei hohen Temperaturen, Orthoklas, Albit, Quarz, Tridymit lassen sich in einer solchen zweckmässig zusammengesetzten Schmelze, welche längere Zeit erhitzt wird, krystallisirt darstellen (Hautefeuille), Glimmer in einer Schmelze, worin das Lösungsmittel Fluornatrium ist (Dölter, Chrustschoff), Korund in einer alkalischen, mit Thonerde übersättigten Silicatenschmelze (Morozewicz).

Durch Ausscheidung aus wässrigen Lösungen bei mässigen Temperaturen wurden viele Verbindungen, welche als Minerale vorkommen und in Wasser

leicht löslich sind, hergestellt. Beispiele sind Soda, Kupfervitriol, Eisenvitriol. Die Kenntnis der Krystallform dieser Minerale beruht auf Messungen an künstlich dargestellten Krystallen, da die natürlichen unvollkommen sind. Es gelang aber auch, durch Modificationen des Verfahrens schwer lösliche Minerale nachzuahmen, indem eine doppelte Zersetzung eingeleitet, aber durch allmälige Diffusion verlangsamt wurde (Macé, Drevermann). Eisenvitriol und salpetersaures Baryum gaben schöne Barytkrystalle  $\text{FeSO}_4 + \text{Ba N}_2 \text{O}_6 = \text{Ba SO}_4 + \text{Fe N}_2 \text{O}_6$ , chromsaures Kali und salpetersaures Blei lieferten Krystalle von Rothbleierz  $\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{Pb N}_2 \text{O}_6 = \text{Pb CrO}_4 + 2 \text{KNO}_3$ .

Bei derlei Versuchen wurde aber zuweilen ein starker Druck, oft auch zugleich eine höhere Temperatur angewandt. Die auf einander wirkenden Stoffe waren mit Wasser in Glasröhren eingeschlossen, welche auf  $100^\circ$  bis  $250^\circ$  erhitzt wurden, wobei sich im Innern ein starker Dampfdruck entwickelte. Eine Lösung von Eisenvitriol gibt, mit kohlensaurem Natron eingeschlossen, in solcher Weise künstlichen Eisenspath  $\text{FeSO}_4 + \text{Na}_2 \text{CO}_3 = \text{Fe CO}_3 + \text{Na}_2 \text{SO}_4$ . Kupferkies  $\text{Fe Cu S}_2$  lässt sich durch Einwirkung von Chlorkupfer und Chloreisen in einer Lösung von Schwefelkalium darstellen (Sénarmont). Bei noch höheren Temperaturen und dem gleichzeitig entstehenden hohen Drucke wirkt das Wasser zersetzend auf das Glas, und es bilden sich aus demselben Quarz, Wollastonit (Daubrée), aus  $\text{Na}_2 \text{SiO}_3$  und den entsprechenden Mengen von  $\text{Al}_2 \text{O}_3$  und  $\text{SiO}_2$  wird Albit  $\text{Na Al Si}_3 \text{O}_8$  gebildet, bei Anwendung von  $\text{K}_2 \text{SiO}_3$  aber Orthoklas  $\text{K Al Si}_3 \text{O}_8$  (Friedel und Sarasin). Lösungen von Kieselsäure in Wasser, welche längere Zeit in geschlossenen Gefäßen bis ungefähr  $550^\circ$  erwärmt werden, geben Quarz, nach Hinzufügen von Thonerdehydrat und Kali liefern dieselben Orthoklas, nach Zufügen von Thonerde-, Eisen- und Magnesiahydrat aber Hornblende (Chrustschoff). Eine Lösung von Natriumcarbonat mit Thonerdehydrat versetzt, gibt unter gleichen Umständen Korund und Diaspor (Friedel).

Literatur: C. W. C. Fuchs, Die künstlich dargestellten Mineralien. Preisschrift: Harlem 1872. Fouqué und Lévy, Synthèse des minéraux et des roches, Paris 1882. Bourgeois, Reproduction artificielle des minéraux, Paris 1884. Chrustschoff, Jahrb. f. Min. 1891, Bd. II, pag. 86. Tschermak, Min. u. petr. Mitth., Bd. IX, pag. 55. Dölter, Allgem. chemische Mineralogie, pag. 105. Meunier St., Les méthodes de synthèse en Minéralogie, Paris 1891.

#### IV. Lagerungslehre (Topik der Minerale).

**182. Das Auftreten der Minerale.** Zur Kenntnis jedes Mineralen gehört auch das Wissen von der Art seines Auftretens in der Natur, daher fragen wir, sobald uns die Eigenschaften und die Zusammensetzung des Mineralen bekannt sind, auch nach der Oertlichkeit, in welcher, nach den Mengenverhältnissen, in welchen dasselbe vorkommt, und nach der Verbindung, in welcher es mit anderen Mineralen steht.

Was daher zunächst in Betracht kommt, sind die räumlichen, die topischen Verhältnisse der Minerale, die Art und Menge, in welcher dieselben mit einander auftreten, die Formen, welche durch einzelne Minerale und Mineralgesellschaften



im Grossen gebildet werden, und das Verhalten, welches diese Mineralmassen in der Erdrinde zeigen.

Die Mengenverhältnisse sind sehr verschieden. Während ein Mineral, wie der Kalkspath in der Form von Kalkstein, viele Meilen weit allein herrscht, kommen andere Minerale, wie das Zinnerz, in mässigen Quantitäten vor, und wieder andere finden sich nur in Spuren, wie der Arsenit, Greenockit.

Die Verbindung, in welcher die Minerale stehen, ist bisweilen eine zufällige, z. B. dann, wenn Geschiebe von Quarz und solche von Kalkstein in einem Conglomerate neben einander liegen; häufig ist aber das Zusammenvorkommen ein gesetzmässiges, z. B. in dem Falle, als auf dem im Wasser fast unlöslichen Quarz der leichter lösliche Baryt aufsitzt, oder wenn eine Masse von Olivin von dem aus Olivin entstandenen Serpentin umhüllt wird.

**183. Verbreitung.** Als Grade der Verbreitung kann man die allgemeine und starke Verbreitung, ferner die beschränkte und die spärliche Verbreitung angeben, für jeden Grad aber mancherlei Arten der Verbreitung unterscheiden.

Unter den allgemein verbreiteten Mineralen versteht man solche, welche in der Erdrinde, wenngleich nicht immer an der Oberfläche, so häufig sind, dass gar kein bedeutender Theil der Erdrinde davon frei ist. Hieher gehört vor allen der Quarz, die häufigste Mineralgattung, welche sowohl auf primärer als auf secundärer Stätte vorkommt, öfter allein herrscht, meistens in Gesellschaft anderer Minerale auftritt, oft dem freien Auge sichtbar, oft sich ganz verbergend. In zweiter Reihe sind die Minerale der Feldspathgruppe zu nennen, welche ähnlich wie der Quarz verbreitet sind und in den thonigen Ablagerungen sich gleichfalls verbergen. Beiden zunächst steht der Kalkspath, welcher zwar keine so extensive Verbreitung hat, jedoch für sich allein als Kalkstein mächtige und ausgedehnte Gebirge bildet, also durch intensives Auftreten die vorigen übertrifft.

Eine sehr extensive Verbreitung haben manche Minerale, welche in feiner Vertheilung auftreten, wie der Apatit, der selten in grosser Menge zu finden ist, dagegen aber in mikroskopischen Kryställchen und Partikelchen allenthalben im Gestein angetroffen wird. Ebenso geniessen die als Pigmente vorkommenden Eisenerze, welche die Gesteine roth färben (Rotheisenerz), braun oder gelb färben (Brauneisenerz) oder schwarz färben (Magneisenerz), eine sehr grosse Verbreitung: auch Kohle und Pyrit sind in solcher Vertheilung häufig. Zu den stark verbreiteten Mineralen gehören die Glimmer und Chlorite, die Angite und Hornblenden.

Die beschränkte Verbreitung rührt nicht blos von der grösseren Seltenheit der enthaltenen Stoffe her, sondern beruht öfter auf der Abhängigkeit eines Mineralen von der Existenz eines anderen. So z. B. ist der meiste Zinkspath durch die frühere Gegenwart von Kalkspath bedingt. Ebenso erscheinen die Zeolithe abhängig von bestimmten Mineralen, daher die meisten derselben blos in vulkanischem Gestein vorkommen. Oefter zeigt sich eine Abhängigkeit von bestimmten Lagerungsformen, wie bei den später zu besprechenden Gangmineralen. Das Vorkommen des leicht löslichen Natriumsalpeters in der regenlosen Zone von Peru erscheint sogar vom Klima abhängig. Endlich sind manche Minerale von der

Erdoberfläche ausgeschlossen, weil sie daselbst vollständig verändert würden, wie z. B. die Sulfide.

Jene Minerale, welche nur spärlich verbreitet sind, kommen entweder nur an einem Punkte oder an wenigen Punkten der Erde vor, dort aber mitunter in erheblicher Menge, wie der Kryolith in Grönland, oder sie sind Seltenheiten in jeder Beziehung, weil sie auch an den wenigen Punkten bloß in sehr geringer Menge vorkommen, z. B. der Euklas.

**184. Paragenesis.** Das Auftreten der Minerale neben einander lässt erkennen, ob dieselben gleichzeitig oder ungleichzeitig, ferner in welcher Folge sie entstanden sind, oft auch, dass eines aus dem anderen hervorgegangen sei. Das Zusammenkommen drückt also zugleich das Nebeneinander- oder Nacheinanderentstehen, zuweilen auch die Abstammung aus, daher die von Breithaupt eingeführte Bezeichnung Paragenesis glücklich gewählt erscheint.

Die gleichzeitige Bildung verschiedener Minerale lässt sich sowohl an schwebend als an sitzend gebildeten Individuen entweder daran erkennen, dass jedes Mineral in den Individuen des anderen Einschlüsse bildet, oder daran, dass bald die Individuen der einen Art auf jenen der anderen lagern und Eindrücke von diesen zeigen, bald aber die Individuen der anderen Art Auflagerung und Eindrücke darbieten. So gibt es Drusen mit gleichzeitiger Paragenesis von Adular und Kalkspath, oder Gesteine, in welchen schwebend gebildete Krystalle von Plagioklas und Augit in eben solcher Paragenesis vorkommen.

In den körnigen und schiefrigen Gemengen ist die Gleichzeitigkeit auch öfter deutlich ausgesprochen, wie z. B. in vielem Granit, in dem die Körner von Feldspath, Quarz und Glimmer so ausgebildet sind, dass kein Unterschied wahrzunehmen ist, indem Alles wie aus einem Gusse hervorgegangen erscheint.

Die neben einander gebildeten Minerale weisen öfter durch ihre chemische Beschaffenheit auf die gleichartige Entstehung hin, wie z. B. die Krystalle von Apatit, Fluorit, Lepidolith, Topas, Turmalin, welche auf Zinnerzgängen mit einander vorkommen und durchwegs fluorhaltige Minerale sind, oder die Verwachsungen von Blende und Bleiglanz, welche häufig vorkommen, oder endlich die Paragenesis von Eisenkies  $\text{FeS}_2$  mit Antimonglanz  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ , dunklem Rothgiltigerz  $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$  und Silberglanz  $\text{Ag}_2\text{S}$  auf Stufen von Kremnitz. Sämmtliche Glieder dieser Gesellschaft sind schwefelhaltig, sie sind meist Sulfide, und auch ein Sulfosalz befindet sich darunter.

**185. Succession.** Wenn Krystalle auf einer Unterlage eine Druse bilden oder wenn eine Druse von anderen Krystallen bedeckt wird, welche von den früheren Eindrücke erhalten, oder wenn irgend welche Minerale von Krusten überzogen werden, so ist die Succession eine deutliche. Ebenso wenn in grossem Maasstabe wiederholte Krusten auftreten oder ganze Schichten von Mineralen oder Mineralgemengen über einander lagern. Selbstverständlich ist die auflagernde Kruste oder Schichte immer die jüngere Bildung.

Wenn ein Mineral oder Gemenge von einer anderen Masse rings umschlossen wird, ist die Bildungsfolge von verschiedener Art. Die schwebend gebildeten Krystalle

von Eisenkies im Thon, die Krystallgruppen von Gyps im Thon und Mergel, ebenso die Concretionen [75] sind entstanden, als die umgebende Masse noch etwas nachgiebig war. Die Ausfüllungen von Spalten und Hohlräumen, wie die im Gestein enthaltenen Adern und Gänge oder wie die in Melaphyren vorkommenden Achate, haben sich später gebildet als die Umgebung. Die in porphyrischen Gesteinmassen vorkommenden, vollständig ausgebildeten Krystalle von Quarz oder von Feldspath, Leucit, Augit bildeten sich in der Masse, als dieselbe noch beweglich und nicht krystallinisch war. Hier sind die grösseren und eingeschlossenen Krystalle älter, die kleinen, welche die Grundmasse zusammensetzen, jünger. Wenn ein starres Mineral oder Gemenge zufällig in eine bewegliche Masse, z. B. in eine Lava, geräth, so zeigt sich nach dem Festwerden ein fremder Einschluss. Auch hier ist der Einschluss älter, die Umgebung aber von jüngerer Bildung.

Die Succession ist häufig durch die Löslichkeit und die chemischen Verhältnisse bedingt. In vielen Spalten und Hohlräumen sind die Wände mit Quarzdrusen bedeckt, worauf wiederum Krusten von Kalkspath liegen. Der Quarz, als das im Wasser viel schwerer lösliche Mineral, muss sich zuerst absetzen. In Salzablagerungen erscheint Gyps gewöhnlich als ältere, Steinsalz als jüngere Bildung, weil der Gyps die schwerer lösliche Substanz ist. Manche der hieher gehörigen Erscheinungen werden durch die Pseudomorphosen dargeboten. Ist eine Pseudomorphose unvollendet, so besteht sie zum Theile aus dem ursprünglichen Mineral, zum Theile aus der Neubildung. Hier ist also ein älteres und ein jüngeres Mineral durch die eingetretene chemische Veränderung verknüpft. Wenn eine solche Aufeinanderfolge durch viele Beobachtungen als gesetzmässig erkannt ist, so bestimmt man schliesslich die Altersfolge auch ohne Pseudomorphosenbildung. Ist eine Pseudomorphose vollendet, so gibt dieselbe auch eine gesetzmässige Bildungsfolge an, obgleich das ursprüngliche Mineral am selben Orte nicht mehr vorhanden ist.

Lit. über Paragenesis und Succession in den eingangs angef. Schriften von Breithaupt, Cotta, Volger, Groddeck.

**186. Vorkommen.** Je nach der Umgebung unterscheidet man verschiedene Arten des Vorkommens der Minerale, und zwar zuerst das Vorkommen im Gestein, auf einer Lagerstätte und in wässriger Lösung. In Gesteinen und Lagerstätten wird ferner noch das Vorkommen in Mineralgängen, Hohlräumen und Trümmern, sowie auch in Contactzonen unterschieden.

Die starren Minerale und Gemenge finden sich entweder auf der ursprünglichen primären Stätte, also an dem Orte, wo sie die gegenwärtige Form angenommen haben, oder sie kommen auf secundärer Stätte vor, also an einem anderen Orte als dem ihrer ursprünglichen Entstehung. Auf der ursprünglichen Stätte erscheinen die Minerale und Gemenge zumeist als krystallinische Bildungen.

Die Uebertragung auf eine neue Stätte kann erst erfolgen, wenn die ursprüngliche Masse zerkleinert, in eckige Trümmer, in Rollstücke, Sandkörner oder auch in einzelne Krystalle, schliesslich in Pulver aufgelöst worden ist. Zuweilen findet sich eine Mineralmasse oder ein Gemenge schon auf der ursprünglichen Stätte im Zustande der Zertheilung, z. B. zerklüfteter Kalkstein, Quarzit, Serpentin oder auch erdig aussehend, wie der verwitterte Granit oder Basalt.

Auf der secundären Stätte, also nach dem Transporte erscheinen die Massen entweder lose, als Anhäufungen eckiger Bruchstücke, Gerölle, als Sand oder erdig als Thon, oder sie erscheinen wieder zu festen Massen verkittet, als Breccien (Verbindungen eckiger Bruchstücke), als Conglomerate (Vereinigungen von Geröllen und Geschieben), als Sandstein, Schiefer etc. Diese regenerirten festen Massen sind bisweilen von den ursprünglichen schwer zu unterscheiden, z. B. manche Quarzite. Sowohl die losen als auch die regenerirten Ablagerungen werden als klastische Gebilde bezeichnet.

**187. Gesteine und Lagerstätten.** Wenn ein einziges Mineral oder ein Mineralgemenge in so grossen Massen auftritt, dass es Berge darstellt, auf grosse Strecken hin den Boden zusammensetzt oder doch einen bedeutenden Theil des Gebirges, des Bodens bildet, so wird es ein Gestein oder eine Felsart genannt. Beispiele sind der Kalkstein, welcher aus einem einzigen Mineral besteht, der Granit, der Basalt, welche mehrere Minerale enthalten. Die Gesteine wiederholen sich mit demselben Charakter, sie kehren an mehreren oder an vielen Punkten der Erdrinde wieder, sie haben also nicht ein locales, sondern ein allgemeineres Auftreten.

Die Felsarten werden nach der Structur unterschieden als Schichtgesteine, welche aus einer Aufeinanderfolge von ausgedehnten Platten oder Blättern bestehen, und als Massengesteine, welche keine Plattung oder Blätterung darbieten und als feste, ursprüngliche Bildungen erscheinen. Die Massengesteine sind durchwegs Silicatgesteine, die Schichtgesteine umfassen Felsarten von verschiedener Zusammensetzung.

Wenn ein Mineral, ein Mineralgemenge oder eine schichtenartige Folge von Mineralen blos in beschränkter Ausdehnung vorkommt, also nicht gebirgsbildend auftritt, so wird die Masse eine Lagerstätte genannt. Beispiele sind die Lagerstätten von Magnetisenerz, die Salzlager. Manche Lagerstätten sind ganz locale Bildungen, wie z. B. die Kryolithlagerstätte Grönlands, die augitreiche Erzlagerstätte von Campiglia marittima. Die Lagerstätten sind im allgemeinen entweder geschichtet (Flötze) oder massig, oder sie haben eine andere eigenenthümliche Structur.

Zwischen Gestein und Lagerstätte gibt es keinen scharfen Unterschied. Lagerstätten von grösserer Ausdehnung werden öfter zu den Felsarten gezählt, wie z. B. die Spatheisensteinlager, der Turmalinfels etc. Jene Lagerstätten, welche Verbindungen schwerer Metalle in solcher Menge enthalten, dass eine technische Verwerthung platzgreifen kann, werden Erzlagerstätten genannt.

**188. Gemengtheile.** Von den Gesteinen werden diejenigen, welche der Hauptsache nach aus demselben Mineral oder demselben Mineralgemenge bestehen und auch dasselbe Gefüge, sowie denselben Erhaltungszustand zeigen, mit demselben Namen belegt. So nennt man alle Gesteine, welche wesentlich aus Kalkspath bestehen und körnig sind, körnigen Kalkstein, alle Gesteine, welche wesentlich aus Quarz, Orthoklas und Glimmer bestehen und körnige Textur zeigen, Granit; Gesteine hingegen, welche dasselbe Mineralgemenge wie der Granit, jedoch plattige oder schiefrige Textur darbieten, Gneiss. Ein körniges Gemenge von Plagioklas und



Augit im frischen Zustande wurde Dolerit genannt, das gleiche Gemenge aber, in welchem der Plagioklas etwas verändert ist und auch eine Veränderung des Augits durch Bildung von Chlorit eingetreten ist, Diabas. Hier kommt also auch der Erhaltungszustand in Betracht oder, weil die eingetretene Veränderung einem höheren Alter des Gesteines entspricht, beruht der Unterschied auf einem Unterschiede im geologischen Alter.

Diejenigen Minerale, welche ein Gestein hauptsächlich zusammensetzen, welche also vorhanden sein müssen, damit der gewählte Name Geltung habe, werden als Hauptgemengtheile oder wesentliche Gemengtheile bezeichnet. Ausser diesen treten aber in den Gesteinen häufig auch noch Minerale in geringerer Menge auf, welche für die Bezeichnung des Gesteines nicht maassgebend sind. Sie werden als Nebengemengtheile, als zufällige oder accessorische Gemengtheile angeführt. Im Granit finden sich z. B. öfter Granat, Andalusit, Turmalin als accessorische Gemengtheile. Bisweilen finden sich die accessorischen Minerale nicht blos in einzelnen Körnern oder Krystallen, sondern in grösseren Anhäufungen im Gestein. Dieselben werden accessorische Bestandmassen genannt, auch zuweilen als Ausscheidungen bezeichnet.

Ein Gemengtheil, welcher in einem Gestein wesentlich oder accessorisch auftritt, kann stellenweise, also an einzelnen Punkten der ganzen Gesteinsmasse, stärker hervortreten, endlich die anderen Gemengtheile zurückdrängen, so dass ein einziges Mineral herrscht und eine Lagerstätte bildet. So finden sich zuweilen in Granit und Gneiss Lagerstätten von Feldspath, im Diabas und Augitporphyr schwillt zuweilen der accessorische Gemengtheil Magnetit zu solcher Menge an, dass er eine Erzlagerstätte bildet. Solche Erscheinungen werden als Scheidung der Gemengtheile bezeichnet. Sowohl das Gefüge als auch die Zusammensetzung der Gesteine unterliegen überhaupt manchen Schwankungen. Dementsprechend ist auch die Unterscheidung der Gesteine bisweilen keine scharfe, da sich Uebergänge zeigen, wie z. B. Uebergänge zwischen Gneiss, der aus Feldspath, Quarz und Glimmer besteht, und Glimmerschiefer, in welchem der Feldspath mangelt.

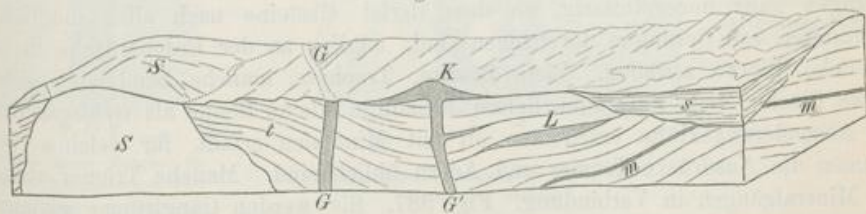
**189. Lagerungsformen.** Ein Gesteinscomplex, der nach seiner geographischen Verbreitung aus derselben Felsart besteht oder nahe verwandte Felsarten durch allmälige Uebergänge verbunden zeigt, hat nach aussen eine bestimmte Begrenzung, erscheint als ein geschlossener Körper, als ein bestimmtes Glied der Erdrinde. Ein solcher Complex ist als eine durch denselben Bildungsvorgang oder durch mehrere ohne Unterbrechung folgende Vorgänge entstandene Einheit aufzufassen und kann als ein Individuum in grossem Maasstabe bezeichnet werden.

Diese Gesteinsindividuen haben meistens eine unregelmässige Begrenzung. Wer eine Karte betrachtet, auf welcher die Ausdehnung der Gesteine an der Erdoberfläche angegeben ist, erhält den Eindruck, dass bei den meisten Gesteinen die horizontale Verbreitung keiner bestimmten Regel gehorcht, dass vollständig regellose, lappige Formen vorherrschen und viel seltener geschlossene elliptische oder kreisähnliche Contouren zu erkennen sind. Die Erstreckung nach der Tiefe hingegen, welche durch natürliche Furchen, durch künstliche Einschnitte und durch den Bergbau erkennbar wird, zeigt überall, wo eine Grenze sichtbar ist.

ein bestimmtes einfaches Verhalten. Die Schichtgesteine haben Formen, welche ihrer Bildung durch Ablagerung entsprechen, also im allgemeinen Gestalten, welche eine Platte von gleichförmiger oder ungleichförmiger Dicke darstellen. Eine solche Platte, die aus vielen Schichten bestehen kann, wird ein Lager genannt. Bei geringerer Erstreckung nimmt sie die Form einer Linse an. Die Lager können ebenso wie die einzelnen Schichten entweder flach oder mannigfaltig gebogen und gekrümmt sein.

Die Massengesteine zeigen auch zuweilen Lager, oft aber bilden sie grössere Massen von unregelmässiger seitlicher Begrenzung und einer Fortsetzung in unbekannte Tiefen, daher sie wie grosse, aus der Tiefe hervorragende Blöcke erscheinen. Diese Lagerungsform wird als Stock bezeichnet. Manchmal treten die Massengesteine in der Form von Platten auf, welche, häufig vertical stehend, das Nebengestein durchschneiden, zuweilen auch zwischen die Schichten eindringen, stets den Zusammenhang des benachbarten Gesteines unterbrechen und ebenfalls in unbekannte Tiefen fortsetzen. Diese werden als Gänge, speciell als Gesteinsgänge bezeichnet. Die Gänge zeigen deutlich, dass das Gestein, aus welchem sie bestehen, in beweglichem Zustande aus der Tiefe hervorgedrungen ist und sich in die Zwischenräume früher vorhandener Gesteine ergossen hat. Gesteine, welche gangförmig auftreten, erweisen sich demnach als eruptive Bildungen. Derlei Gesteine bilden an der Erdoberfläche nicht selten kegelförmige Massen, welche Kuppen genannt werden, oder flache Gebilde mit den Eigenschaften der Lavaströme. Die Figur 385 stellt einige dieser Formen in einem idealen Ausschnitte der Erdrinde dar.

Fig. 385.



*S* Stock (Granit). *G* Gesteinsgang (Porphyr). *G'* Gesteinsgang (Basalt) in eine Kuppe *K* endigend. *t* Gneiss. *m* Lager (Magnetit). *L* Linse (körniger Kalk). *s* Sandstein.

Die Lagerstätten, welche mit dem Nebengestein von gleichartiger Bildung sind, haben dieselben Lagerungsformen wie dieses. In den Schichtgesteinen finden sie sich häufig lagerförmig oder linsenförmig, wie z. B. der Siderit zwischen den Schichten von Thonschiefer und Sandstein. In Massengesteinen treten auch unregelmässige Lagerstätten auf, wie vorhin bei der Scheidung der Gemengtheile bemerkt wurde.

Lit. in C. Naumann, Lehrbuch der Geognosie, H. Credner: Elemente der Geologie.

**190. Spalten und Absonderungen.** Die starre Erdrinde ist allenthalben von Rissen und Sprüngen durchzogen, so dass der Zusammenhang der Gesteine bald in augenfälliger, bald in fast unmerklicher Weise aufgehoben erscheint. Die

Trennungen sind im Ganzen und Grossen von zweierlei Art. Entweder treten dieselben in grösserem Maasstabe auf und erweisen sich unabhängig von der Natur des Gesteines, diese sind Spalten, oder sie erscheinen als Risse in kleinerem Maasstabe, die von der Natur des Gesteines abhängig sind und Absonderungen genannt werden. Die Spalten verlaufen oft an der Grenze zweier verschiedener Gesteine, oder sie erstrecken sich parallel zur Schichtung, oft aber setzen sie quer durch das Gestein und treten ohne Unterbrechung aus einem Gestein ins benachbarte über. Häufig setzen sie in unbekannte Tiefen fort. Die Gesteinsmasse ist an den Wänden derselben häufig verschoben, in welchem Falle sie als Verwerfungsspalten oder Dislocationen bezeichnet werden. Die Trennungsfläche ist eben oder fast eben, die Spaltwände sind oft glatt und erscheinen als Rutschflächen. Die Spaltwände ruhen entweder unmittelbar an einander, oder sie sind von einander getrennt. Der Zwischenraum ist bisweilen durch ein Eruptivgestein erfüllt, welches hier einen Gesteinsgang bildet, oder die Füllung erfolgt durch zerquetschte und zerriebene Gesteinsmasse oder endlich durch ein Mineral oder Mineralgemenge, das nun einen Mineralgang darstellt und bei erheblicher Ausdehnung eine Lagerstätte bildet. Ist diese Ausfüllung eine unvollständige, so wird der übrige Raum von Wasser eingenommen, auch finden sich Spalten, die ganz von Wasser erfüllt sind, welches beim Oeffnen der Spalten continuirlich ausströmt. Viele Spalten sind demnach Quellenspalten. Im Kalkgebirge erweitern sich die Spalten öfter zu Höhlungen.

Die Absonderungen sind dem Gestein eigenthümlich, sie erstrecken sich nur auf geringere Entfernungen und setzen nicht in das Nebengestein fort. In den massigen und den sehr dickplattigen Schichtgesteinen verlaufen die Absonderungen ganz unregelmässig, so dass derlei Gesteine nach allen möglichen Richtungen von Sprüngen durchzogen sind, folglich an der Erdoberfläche in unförmliche Blöcke zerfallen. Viele Basalte, Trachyte, manche Sandsteine geben grosse Blöcke, viele Kalksteine liefern unzählige kleine Steine als Gebirgsschutt. Die Absonderungsklüfte erscheinen oft mit Mineralen erfüllt, für welches Vorkommen die Ausdrücke Trümer und Adern üblich sind. Manche Trümer stehen mit Mineralgängen in Verbindung. Fig. 387. Sie werden Gangtrümer genannt. In der Neigung zur Trümerbildung steht der dichte Kalkstein obenan. Oft ist jeder Block eines solchen Gesteins von einem Trümernetz durchzogen, welches aus krystallinischem Kalkspath besteht.

Die Absonderungen, welche nicht durch Mineralansiedelungen geschlossen sind, bieten dem Wasser Gelegenheit zur Communication mit den Quellenspalten einerseits, während sie andererseits die Feuchtigkeit bis ins dichte Gestein verbreiten.

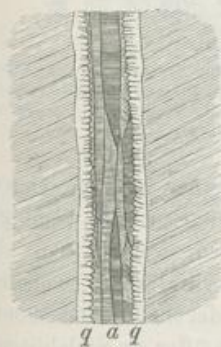
Zwischen den Absonderungen und Spalten gibt es alle möglichen Uebergänge, daher diese Ausdrücke nur die Extreme andeuten, welche bei den Trennungen der Gesteinsmassen vorkommen.

Lit. in Naumann, Geognosie. Zirkel, Lehrb. d. Petrographie, pag. 98. Ueber Nachahmung der Absonderungserscheinungen durch Druck etc. in Daubrée: Études synthétiques de géologie expérimentale, 1879, pag. 300 u. 407.

**191. Krusten und Füllungen.** Die prachtvollen Drusen mit den blinkenden Krystallen, welche unsere Sammlungen zieren, stammen zumeist aus den Spalten, Hohlräumen und Absonderungsklüften der Gesteine. An vielen Orten sind die Trennungen der Gesteine wieder geschlossen und ganz mit Mineralen erfüllt, oft aber treten die Wände zurück und bilden erweiterte Räume. Beim Oeffnen derselben leuchten dem glücklichen Finder jene herrlichen regelmässigen Bildungen entgegen, welche die Natur in langen Zeiträumen geformt hat. Der Bergmann verfolgt die Spuren dieser Ausfüllungen meistens nur dann, wenn sie nutzbare Minerale führen, und nennt solche Bildungen Erzgänge oder edle Gänge, sonst sind sie ihm taube Gänge, taube Mittel.

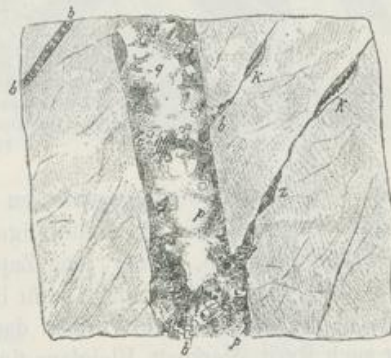
Die Minerale sind in den Mineralgängen und den Hohlräumen häufig so angeordnet, dass sie die Wände überziehen, also Krusten bilden. Die Kruste ist öfter geschichtet, was eine wiederholte Ueberzugsbildung beweist. Oft sind beide Wände einer Spalte mit gleichen Schichten der gleichen Mineralart bedeckt. Die Krustenbildung ist symmetrisch, wie in Fig. 386, welche den Durchschnitt eines ge-

Fig. 386.



Symmetrischer Erzgang im Gneiss. Michelsberg in Böhmen. *q* Quarz. *a* Antimonit.

Fig. 387.



Unsymmetrischer Erzgang im Thonporphyr bei Freiberg in Sachsen.

*b* Bleiglanz, *p* Pyrit, *q* Quarz, *z* Zinkblende. Der Gang steht mit Trümmern in Verbindung, welche anfänglich mit diesen Mineralen gefüllt sind, weiterhin aber bei *k* Drusen von Quarz, Calcit, Braunspath enthalten.

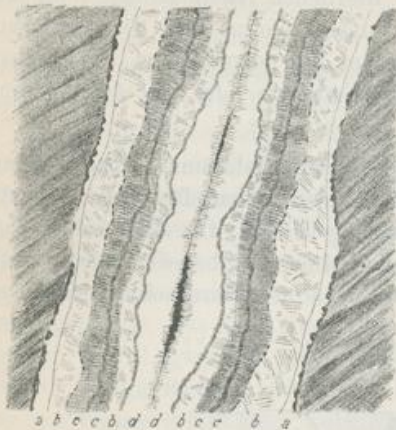
schlossenen Mineralganges darstellt, auch wiederholte Krustenbildung ist öfter symmetrisch, wie in Fig. 388. Unsymmetrische Bildungen, wie in Fig. 387, sind aber auch recht häufig.

Die Schichte, welche an die Wand grenzt, ist die älteste, jede folgende Schichte aber enthält eine jüngere Generation, die jüngste wird oft von einer Druse gebildet.

Zuweilen kommen in den Mineralgängen Bruchstücke des Nebengesteines vor, welche durch die Füllmasse verkittet werden (Gangbreccien). Wenn derlei Bruchstücke oder aber Stücke des Mineralganges, welche sich beim Wiederaufreissen der Spalte gebildet, mit Krusten überzogen sind und in der Füllmasse eingeschlossen, gleichsam in derselben schwimmend erscheinen, so hat man jene Bildungen, welche von den Bergleuten Ringelerze oder Cocardenerze genannt werden, Fig. 389.

Wenn keine Schichtenbildung zu beobachten ist, erscheinen die Mineralgänge als einfache Füllungen, wie manche Gänge von Quarz oder Bleiglanz, welche krystallinische Platten im Gestein bilden.

Fig. 388.



Symm. Mineralgang. *a* Quarz, *b* grüner Flusspath, *c* fleischrother Baryt, *d* weisser Kalkspath in gelbe Drusen ausgehend. Unter *a* und *c* etwas Blende, in *c* und unter *d* dünne Markasitschichten. Drei Prinzen Spat bei Freiberg nach Weissenbach.

Fig. 389.



Gangbreccie. Glimmerschiefer-Bruchstücke von Pyrit und stängeligem Quarz umgeben. Hierauf folgt Manganspath, welcher in Drusen ausgeht, Peter stehend Gang bei Freiberg nach Weissenbach.

In manchen Spalten, welche nicht geschlossen sind, ferner in sehr vielen Hohlräumen finden sich an den Wänden krustenförmige Ueberzüge, welche traubige oder nierförmige Oberfläche zeigen, ferner jene Zapfenformen, welche man als Tropfsteine oder Stalaktiten bezeichnet. Beispiele dafür liefern der Kalkspath, welcher in den Kalkhöhlen so häufig stalaktitische Formen darbietet, der braune Glaskopf, der Psilomelan. Aber auch Pyrit, Markasit, Bleiglanz finden sich öfter als Stalaktiten.

Man findet die Mineralgänge, besonders die Erzgänge, häufig in der Nähe von Gesteinsgängen. Zuweilen begleitet ein Mineralgang das Eruptivgestein. Hierhergehörige Beispiele liefern die Erzgänge von Příbram in Böhmen, Fig. 390.

In beistehender Figur ist das Verhalten der Gesteine in der Nähe des Mariaschachtes, soweit dasselbe gegenwärtig bekannt ist, in einem Durchschnitte genau angegeben. Der Bergbau hat hier eine Menge von Diabasgängen aufgeschlossen, welche den Thonschiefer und Sandstein durchsetzen und sich darin mannigfach verzweigen. Diese Diabasgänge sind von Erzgängen begleitet, welche bald an der Seite, bald in der Mitte des Gesteinsganges liegen. Die Erzgänge würden aber in der Zeichnung nur als unmerkliche Linien erscheinen, ähnlich wie der Wenzelgang, welcher ohne Begleitung eines Eruptivgesteines auftritt. Bei *k* wurde auch eine taube (erzleere) Kluft angefahren. Bei *z* wurde eine Dislocation beobachtet (Lettenkluft).

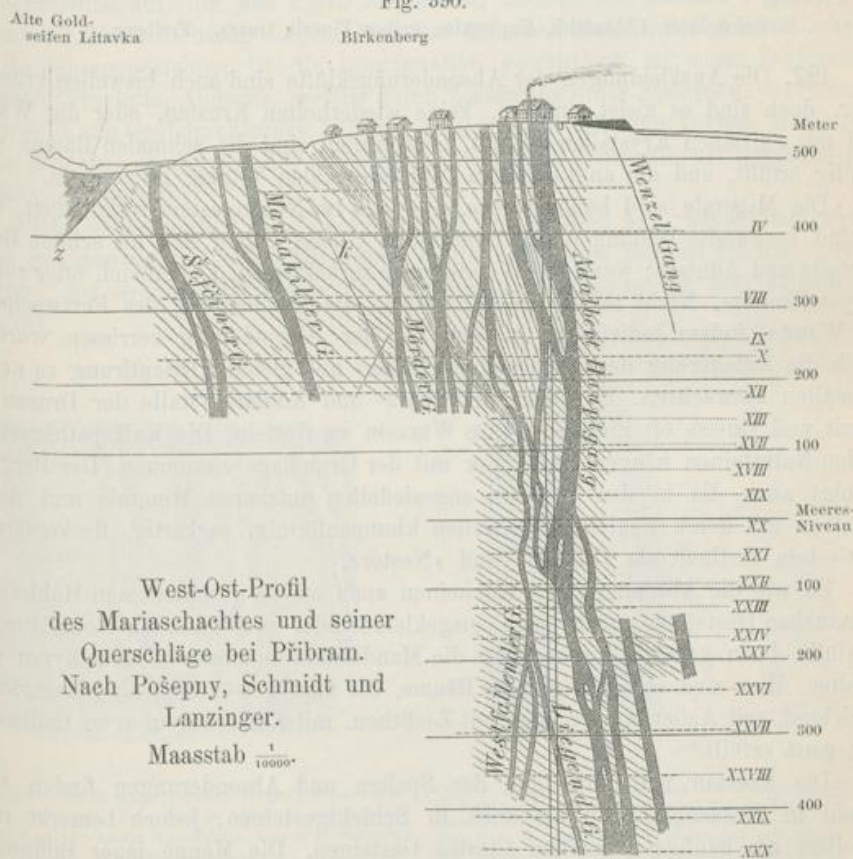
Der Mariaschacht ist gegenwärtig über 1000 Meter tief. Die von demselben ausgehenden horizontalen Strecken sind als punktirte Horizonte angegeben und mit römischen Ziffern bezeichnet. Der Bergmann spricht hier vom XX. Lauf, XXI. Lauf u. s. w.

Manche Mineralgänge setzen aus einem Gestein ins andere fort, ohne ihre Zusammensetzung zu ändern, während andere vom Nebengestein abhängig sind, indem sie bei der Fortsetzung in ein zweites Gestein dieses oder jenes Mineral

einbüßen. Hierher gehören z. B. die goldführenden Quarzgänge der Trachytgesteine, welche beim Austritt in das Nebengestein den Goldgehalt verlieren.

Die Paragenesis auf den Mineralgängen kann sehr verschieden sein, doch wiederholen sich manche Mineralgesellschaften auf mehreren Lagerstätten. Die häufigsten Minerale sind Quarz und Kalkspath, dazu kommt öfter Baryt, Dolomit, Eisenspath. Auf den Erzgängen treten mit diesen Oxyde und Sauerstoffsalze, noch häufiger aber Sulfide und Sulfosalze der schweren Metalle auf. Eine constante Paragenesis derselben Minerale auf Erzgängen hat Breithaupt als Erzformation bezeichnet.

Fig. 390.



Einige Beispiele der Paragenesis sind folgende von Breithaupt beobachtete, in welchen durch die Aufeinanderfolge der Mineralnamen die Succession ausgedrückt ist:

Quarz, Zinnerz, Topas, Apatit, Fluorit. Ehrenfriedersdorf in Sachsen.

Quarz, Eisenglanz, Fluorit, Eisenspath. Altenberg in Sachsen.

Magnetit, Quarz, Mesitinspath, Dolomit. Traversella in Piemont.

Quarz, Albit, Eisenspath. Heizenberg im Zillertal, Tirol.

Quarz, Chabasit, Stilbit. Andreasberg am Harz.

Eisenkies, Bleiglanz, schwarze Blende, Braunspath. Rodna in Siebenbürgen.

Bleiglanz, Blende, Kupferkies, Eisenkies, Amethyst, Gold. Porkura in Siebenbürgen.

Quarz, Eisenspath, Bleiglanz, Bourmonit, Kupferkies. Neudorf am Harz.  
 Quarz, Eisenspath, Bleiglanz, Fahlerz, Blende, Kupferkies, Kalkspath. Grube Mariahilf bei Pöbbram.  
 Baryt, Bleiglanz, Ankerit, Eisenkies, Kalkspath, Eisenkies, Nadeleisenerz, Kalkspath. Pöbbram.  
 Quarz, Himbeerspath, Quarz, Himbeerspath, Quarz, Himbeerspath, also drei Generationen. Kapnik in Ungarn.  
 Quarz, Antimonit, Baryt. Felsöbánya in Ungarn.  
 Baryt, gelber Fluorit, blauer Fluorit, Baryt. Freiberg in Sachsen.  
 Fluorit, Baryt, Kupferkies, Ankerit. Freiberg.  
 Quarz, Blende, dunkles Rothgiltigerz, Markasit. Schemnitz in Ungarn.  
 Quarz, Bleiglanz, Fluorit, Polybasit, drahtförmiges Silber, Kalkspath. Grube Himmelfahrt bei Freiberg.  
 Quarz, Rothnickelkies, Chloanthit, Kupferkies, gelber Fluorit, Quarz. Freiberg.

**192.** Die Auskleidungen der Absonderungsklüfte sind auch bisweilen krustenartig, doch sind es meist einfache, keine wiederholten Krusten, oder die Wände sind mit einzelnen Krystallen besetzt. Gewöhnlich sind die schmalen Räume vollständig erfüllt, und die angesiedelten Minerale bilden Trümer im Gestein.

Die Minerale sind häufig solche, die auch im Nebengestein vorkommen, oder es sind verwandte Bildungen. Im Granit und Gneiss finden sich oft schöne Bergkrystalle und Adulare; wenn die Wände mehr zurücktreten, zeigen sich öfter reiche »Krystallkeller«. Nicht selten beobachtet man die Erscheinung des Fortwachsens der Wände, indem Individuen, welche bei der Absonderung zerrissen wurden, durch die Anlagerung des gleichartigen Stoffes mit gleicher Orientirung zu neuen Krystallen auswachsen. So haben die Quarz- und Adularkrystalle der Drusen im Granit und Gneiss oft gleichsam ihre Wurzeln im Gestein. Die Kalkspathkrystalle in den Kalksteinen hängen auch öfter mit der Grundlage zusammen. Der Bergbau verfolgt auch die in den Trümmern angesiedelten nutzbaren Minerale und findet dieselben mit deren Begleitern bisweilen klumpenförmig, sackartig, fleckenförmig im Gestein vertheilt als »Butzen« und »Nester«.

So wie die Absonderungen erscheinen auch oft die geschlossenen Hohlräume in manchen Gesteinen von Krusten ausgekleidet oder auch ganz mit Neubildungen angefüllt. Dazu gehören insbesondere die Mandelsteinbildungen in Melaphyren und Basalten. Hier sind scharf begrenzte Räume, die man gewöhnlich als Blasenräume bezeichnet, mit Achat, Quarz oder mit Zeolithen, mit Kalkspath u. s. w. theilweise oder ganz erfüllt.

Die Krusten und Füllungen der Spalten und Absonderungen finden sich sowohl in Massengesteinen als auch in Schichtgesteinen, jedoch bemerkt man dieselben am häufigsten in den ältesten Gesteinen. Die Menge jener Bildungen zeigt in den jüngeren Felsarten eine allmälige Abnahme bis zu den jüngsten Gesteinen, in welchen zuletzt nur Spuren dieser Erscheinungen zu beobachten sind. Man schliesst hieraus auf eine fortdauernde allmälige Bildung dieser krystallinischen Absätze.

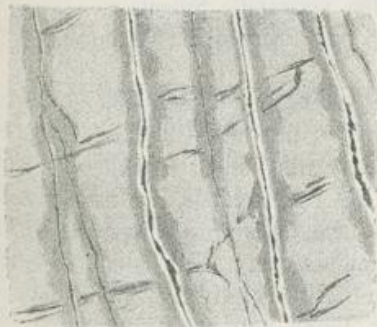
**193. Imprägnationen.** Nicht selten finden sich Minerale in solcher Form, dass sie die Poren und feinsten Zwischenräume in früher vorhandenem Gestein ausfüllen, oder Schwärme von Einsprenglingen darstellen und durch ihr Vorkommen auf eine Durchtränkung des Gesteines hinweisen.

Vor allem sind es die aus losen Massen hervorgegangenen Felsarten, wie die Thone, Mergel, Sande, die Conglomerate und Breccien, welche solche Bildungen enthalten. Das Bindemittel dieser Gesteine, wofern es krystallinisch ist, gehört zu den Imprägnationen. Es besteht aus neugebildeten Mineralen, welche aber den im Gestein herrschenden ähnlich sind. Die Imprägnationen sind entweder gleichförmig oder schichtenartig, oft aber unregelmässig verbreitet. Kalkspath, Quarz bilden die gewöhnlichen, Gyps, Pyrit, Baryt seltenere Imprägnationen. Dieselben Minerale, welche öfter als Imprägnation vorkommen, bilden auch Concretionen im Gestein [75]. In den krystallinischen Schiefen und Thonschiefern treten bisweilen zonenförmige Imprägnationen auf, die aus Pyrit, Kupferkies, Blende und anderen Sulfiden bestehen und der Schichtung folgen. Man hat dieselben Fahlbänder genannt.

In Massengesteinen ist die Imprägnation gewöhnlich mit einer Zersetzung verknüpft. Trachyte, Andesite, welche durch Zersetzung erdig geworden, erscheinen stellenweise mit Opal durchtränkt. In vielen Gesteinen, welche zum Diabas, Melaphyr, Basalt gehören, ist der bei der Zersetzung entstandene Kalkspath als Imprägnation gleichförmig verbreitet.

Nicht selten gehen die Imprägnationen von Klüften aus, namentlich wenn solche mit neu angesiedelten Mineralen erfüllt sind. Ein Beispiel ist die Durchtränkung des Granites mit Quarz in der Nähe der Zinnerzgänge von Altenberg, Fig. 391.

Fig. 391.



Gangtrümer, welche Quarz, Apatit, Flusspath, Zinnerz etc. führen, im Granit. Dieser ist in der Nähe der Trümer zersetzt und mit Quarz Imprägnirt. Geyer in Sachsen nach Weissenbach.

Fig. 392.



Contactbildung an der Grenze des Monzonits *M* und Kalksteines *K* von den Canzocoli bei Predazzo. *W* veränderter Monzonit, *v* Gemenge von Fassait, Granat, Vesuvian, *p* Phlogopit, *m* Monticellit mit Spinell. In den Zonen von *W* bis *m* ist auch überall Calcit enthalten (Schaustück des geolog. Univ.-Museums).

**194. Contactbildungen.** An Stellen, wo Massengesteine wie Syenit, Granit an Schichtgesteine grenzen, treten bisweilen Mineralbildungen auf, die, nach allen bisherigen Beobachtungen zu schliessen, durch den Contact der beiden Gesteine veranlasst sind. Dieselben sind theils Silicate, theils auch andere Verbindungen.

Im Kalkstein treten in solchen Fällen an der Grenze gegen das berührende Silicatgestein verschiedene Minerale, wie Granat, Vesuvian, Augit bisweilen in zonenförmiger Anordnung, gewöhnlich aber in unregelmässigen Gemengen auf,



und weiter entfernt vom Silicatgestein finden sich auch noch Neubildungen als Imprägnationen im Kalkstein. Dieser selbst ist im Contacte körnig und häufig eigenthümlich bläulich gefärbt. Ein Beispiel zonenförmiger Anordnung der Contactminerale bietet eine Stufe von den Canzaeoli bei Predazzo, Fig. 392.

Sehr bekannt sind die schön krystallisirten Minerale der Contactbildungen des Monzoni in Südtirol, von Cziklowa im Banat, ferner jene von Arendal in Norwegen, vor allen aber die prächtigen Stufen aus den Kalkbomben der Somma am Vesuv, welche, wie anzunehmen ist, von einer tiefliegenden Contactzone abgelöst und durch die vulkanische Thätigkeit emporgebracht wurden.

In den Thonschiefern zeigen sich an den Contactstellen öfter Andalusit, Feldspath, Granat, Turmalin als Neubildungen, jedoch nicht in solchen Anhäufungen wie im Kalkstein.

An der Grenze des Kalksteines gegen Massengesteine treten auch Mineralbildungen auf, unter welchen Eisen- und Manganerze eine wichtige Rolle spielen. Diese Lagerstätten werden später als Verdrängungserscheinungen von den eben erwähnten Contactbildungen unterschieden werden.

**195. Massengesteine.** Diese Felsarten sind sämtlich Silicatgesteine und erscheinen körnig, dicht, ferner glasig oder porphyrisch. Ihre Mineralzusammensetzung folgt beiläufig jener paragenetischen Regel, nach welcher drei Glieder auftreten.

1. Glied: Quarz oder amorphe Kieselerde, letztere in den glasigen Gesteinen.
2. Glied: Feldspathe oder den Feldspathen verwandte Silicate.
3. Glied: Minerale aus den Gruppen Pyroxen, Amphibol, Glimmer, Olivin, Magnetit.

Die Gesteine, welche alle drei Glieder enthalten, sind kieselreiche Felsarten, wie der Granit, der Quarzporphyr, der Quarztrachyt mit dem Obsidian, Perlit etc. In den zweigliederigen Gesteinen, welche das erste Glied nicht enthalten, entsteht oft ein verschiedener Gesteinscharakter durch die Unterschiede der herrschenden Feldspathe, wonach Orthoklas- und Plagioklasgesteine unterschieden werden. Orthoklasgesteine sind der Syenit, Orthoklasporphyr, Sanidintrachyt. Unter den Plagioklasgesteinen werden die hornblendeführenden, wie Diorit, Porphyrit, Amphibolandesit von den augitführenden, wie Diabas, Melaphyr, Basalt getrennt.

In den jüngeren Gesteinen, wie Trachyt, Andesit, Basalt, sind die enthaltenen Minerale gewöhnlich frischer, und das Gestein enthält wenig oder gar keine Pseudomorphosen und Neubildungen. Diese jüngeren Gesteine sind Producte vulkanischer Thätigkeit. Sie kommen an Vulkanen auch in der Form von Laven vor.

Die Lagerstätten, welche in den Massengesteinen auftreten, sind entweder stockförmig oder sie bilden Krusten, Füllungen, Imprägnationen und Nester, niemals aber erscheinen sie als Lager.

**196. Schichtgesteine.** Die stark verbreiteten Gesteine dieser Abtheilung sind entweder Kieselgesteine oder Kalkgesteine. Zu den Kieselgesteinen gehören die krystallinischen Schiefer, die halbkrySTALLINISCHEN Schiefer oder Phyllite, die Thonschiefer, Sandsteine und die entsprechenden losen Gebilde. Zu den Kalkgesteinen

werden gezählt der körnige Kalkstein, der dichte Kalkstein und der Dolomit in beiden Ausbildungen.

Die krystallinischen Schiefer schliessen sich in ihrem Auftreten und ihrer Zusammensetzung an die älteren Massengesteine. Dreigliedrig ist nur der Gneiss, dagegen gibt es mehrere zweigliedrige, wie z. B. der Glimmerschiefer, und einigliedrige, z. B. der Amphibolschiefer, Olivinfels. Die Phyllite bilden ihrem Gefüge und ihrer Zusammensetzung nach den Uebergang zu den Thonschiefern.

Die Sandsteine und Thonschiefer sind meist von deutlich klastischer Beschaffenheit. Sie unterscheiden sich durch die feste Verbindung von dem Sand, Thon etc. als losen Sedimenten.

Zu den kieseligen Sedimenten gehören auch die Tuffe, welche aus dem bei der Eruption gebildeten Detritus vulkanischer Gesteine bestehen und in welchen häufig rundum ausgebildete Krystalle vorkommen.

Der körnige Kalkstein tritt meistens als Einlagerung zwischen krystallinischen Schiefern auf. Die jüngeren Kalksteine bieten alle Uebergänge bis zum dichten Kalkstein und dieser zum Kalksandstein und zu losen Gebilden. Aehnlich verhält sich der Dolomit.

Die Lagerstätten, welche in den Schichtgesteinen auftreten, bilden Lager, Linsen, Füllungen und Krusten, Imprägnationen und Nester. Lose Ablagerungen von Sand, Schutt und Geröllen, in welchen nutzbare Minerale vorkommen, werden Seifen genannt. Demnach spricht man von Gold- und Platinseifen, von Diamant- und Zinnerzseifen. Dem Kalkstein ist das Auftreten von Höhlungen und damit das Vorkommen von cavernösen und sackförmigen Lagerstätten, ferner das Auftreten von Contactlagerstätten eigenthümlich.

**197. Das Wasser.** Ausser der bekannten Verbreitung des Wassers und des Eises auf der Erdoberfläche spielt auch die Vertheilung des Wassers in der Erdrinde bei den Erscheinungen, die sich im Bereiche der Minerale vollziehen, eine wichtige Rolle.

Das im Boden verbreitete Wasser sammelt sich in den Höhlungen, Spalten und Klüften, sowie in den Lücken der losen Gebilde in sichtbarer Form an. Der Schwere folgend, brechen diese Wässer als Quellen zu Tage. Ausserdem aber ist das Wasser auch in kaum erkennbarer Form durch die Erdkruste verbreitet. Die saugende Kraft der capillaren Klüfte und der Druck auflastender Wassersäulen treiben die Flüssigkeit nicht nur in die feinsten Absonderungen, sondern auch in das compacte, feste Gestein. Jeder Stein, auch wenn er einer trocken aussehenden Stelle des Bergwerkes entnommen wird, enthält Feuchtigkeit und verliert an Gewicht, sobald er der trockenen Luft ausgesetzt wird. Das Wasser ist demnach in der Erdrinde theils in der Gestalt eines deutlich sichtbaren Geflechtes, theils in der unsichtbaren Form von Gebirgsfeuchtigkeit verbreitet.

Alles Wasser, welches mit der Luft in Berührung war, enthält etwas von den Bestandtheilen der Luft aufgelöst. Bekanntlich enthält die Luft 79 Volumprocente Stickstoff- gegen 21 Volumprocente Sauerstoffgas. Ausser der wechselnden Menge von Wasserdampf ist aber immer etwas Kohlensäure (0.03 Perc.) beigemischt. Das Wasser vermag nun bis zu 1.88 Volumprocente Luft zu absorbiren. Weil

aber der Stickstoff am schwächsten, die Kohlensäure am stärksten absorbiert wird, so hat die im Wasser enthaltene Luft eine andere Zusammensetzung als die atmosphärische, nämlich 64·5 Volumprocente Stickstoff, 33·7 Sauerstoff und 1·8 Kohlensäure. Somit enthält das Regenwasser immer etwas von diesen Stoffen, von denen der Sauerstoff und die Kohlensäure auf die Erdrinde einzuwirken vermögen. Der Sauerstoff wird die im Boden verbreiteten organischen Substanzen oxydiren und Kohlensäure bilden, wodurch der Kohlensäuregehalt der Wässer vermehrt und deren Lösungsfähigkeit gesteigert wird. Ausserdem werden stark verbreitete Minerale, wie Eisenkies, Magnetit, alle Eisenoxydul-Silicate durch den Sauerstoff oxydirt. In erheblichen Tiefen werden daher die Wässer keinen freien Sauerstoff mehr enthalten.

**198.** Während das in die Tiefe hinabsickernde Wasser bloß Luft absorbiert, aber keine festen Stoffe aufgelöst enthält, bringen die als Quellen zur Oberfläche zurückkehrenden Wässer eine bunte Reihe von Stoffen in Auflösung mit sich, welche während des unterirdischen Laufes aufgenommen wurden.

Diese Stoffe sind erstens Chloride, unter welchen das Natriumchlorid, NaCl, die Hauptrolle spielt, während andere, wie KCl, MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, in geringerer Menge vorhanden sind; ferner Sulfate, und zwar vorzugsweise Calciumsulfat CaSO<sub>4</sub>, aber auch Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>; drittens Carbonate, unter welchen das Natrium- und Calciumcarbonat vorwiegen, aber auch MgCO<sub>3</sub>, FeCO<sub>3</sub>, MnCO<sub>3</sub> in geringen Mengen vertreten sind; viertens in geringer Menge freie Kieselsäure, ferner Verbindungen der Phosphorsäure, Thonerde, des Eisenoxydes und organische Substanzen, ausserdem Silicate der Alkalien, jedoch letztere nur in Wässern, welche keine freie Kohlensäure und keine Bicarbonate führen. Bei genauer Untersuchung wurden aber in vielen Quellen geringe oder sehr geringe Mengen von anderen Stoffen gefunden, wie z. B. von Br, J, F, B, Se, Li, Cs, Rb, Sr, Ba, Cu, Sn, Zn, As, Sb.

Die Menge der fixen Bestandtheile variirt ausserordentlich. Jene Quellwässer, welche eine ungewöhnliche Quantität davon enthalten, werden Mineralwässer genannt und bei vorwiegender Menge von NaCl als Soolquellen, bei erheblicher Menge von MgSO<sub>4</sub> als Bitterwässer u. s. w. unterschieden.

Manche Quellen bringen eine grosse Quantität von Kohlensäuregas mit, welches ursprünglich in dem Wasser absorbiert, bei Abnahme des Druckes an der Atmosphäre zum Entweichen kommt und dadurch öfter ein Aufschäumen veranlasst. Solche Quellen werden Sauerlinge genannt. Andere enthalten Schwefelwasserstoff absorbiert, es sind die Schwefelquellen. Von grossem Interesse ist das häufige Vorkommen der Sauerlinge und Schwefelquellen in der Nähe von jung-eruptiven Gesteinen, wie Trachyt, Basalt, gleichwie das Auftreten von Gasexhalationen, und zwar wiederum von CO<sub>2</sub> und SH<sub>2</sub> in der Nähe von thätigen oder erloschenen Vulkanen.

Die Quellwässer sind auch in ihrer Temperatur verschieden. Wenn die Temperatur von jener des umgebenden Bodens nicht stark verschieden ist, so wird man auf einen ziemlich directen Lauf der Quelle schliessen, wenn hingegen die Temperatur bedeutend höher ist, so wird man dieselbe von der warmen Tiefe ableiten und sich vorstellen, dass die Bahn der Quelle U-förmig gekrümmt sei

und das Wasser einerseits hinabsinkt und in der Tiefe erwärmt wird, andererseits nach dem Principe der communicirenden Rohre wieder aufwärts steigt und zu Tage tritt. Die warmen Quellen (Thermen) sind demnach aufsteigende Quellen. Der Gehalt an fixen Bestandtheilen hängt aber nicht von der Temperatur ab, wie folgende Beispiele zeigen:

	Temperatur:	fixe Bestandth.:	vorwiegend:
Homburg .....	10·6° C.....	1·329 Perc.....	NaCl, CaCO <sub>3</sub>
Karlsbad, Sprudel .....	73·8 >.....	0·5517 >.....	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , NaCl
Ems .....	46·6 >.....	0·283 >.....	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , NaCl
Teplitz, Böhmen.....	40 >.....	0·253 >.....	CaSO <sub>4</sub> , MgSO <sub>4</sub> , CaCO <sub>3</sub>
Grosser Geysir.....	89 >.....	0·121 >.....	SiO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , NaCl
Gastein .....	48 >.....	0·0349 >.....	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NaCl, CaCO <sub>3</sub>
Pfäfers.....	37·5 >.....	0·0299 >.....	CaCO <sub>3</sub> , MgCO <sub>3</sub> .

199. Die Flüsse vereinigen die Quellwässer ihres Gebietes, aber auch die Regenwässer, daher die Flusswässer während des Jahres grosse Schwankungen des Gehaltes an fixen Bestandtheilen zeigen. Aus der Zusammensetzung der Flusswässer ergibt sich, welche Stoffe hauptsächlich den Gesteinen entnommen und in das Meer geführt werden. Das Calciumcarbonat CaCO<sub>3</sub> steht obenan. J. Roth entnahm aus den Analysen des Wassers mehrerer grossen Flüsse und Ströme, dass dieselben durchschnittlich in 5000 Theilen Wasser ungefähr 1 Gewichtstheil fixe Bestandtheile führen, d. i. ungefähr 0·02 Percent, also weniger als die Quelle von Pfäfers. Das Aufgelöste besteht vorzugsweise aus Carbonaten, welche 60 Percent des Ganzen ausmachen, dann aus Sulfaten mit 10, aus Chloriden mit 5 Percent, endlich aus 25 Percent anderer Stoffe, namentlich Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd, organische Substanz.

Die Wässer der Seen mit Abfluss verhalten sich wie die Flusswässer. Die Seen ohne Abfluss hingegen sind sehr verschiedenartig, sowohl in der Concentration (dem Gehalte an fixen Bestandtheilen) als in der Art der chemischen Zusammensetzung.

200. Das Meerwasser enthält eine viel grössere Menge fixer Bestandtheile als das Flusswasser, nach Forchhammer im Mittel 3·43 Percent, worin das Natriumchlorid vorherrscht. Die Zusammensetzung des Gelösten ist im Durchschnitt:

Chlornatrium .....	78·32 Percent	Magnesiumsulfat .....	6·40 Percent
Chlorkalium.....	1·69 >	Calciumsulfat .....	3·94 >
Chlormagnesium.....	9·44 >	Carbonate u. a. Stoffe....	0·21 >

Der Unterschied gegenüber der Zusammensetzung der Flusswässer ergibt sich aus dem Vergleiche dieser und der zuvor genannten Zahlen.

	Im Flusswasser:	Im Meerwasser:
Carbonate .....	60·1.....	0·21
Sulfate.....	9·9.....	10·43
Chloride .....	5·2.....	89·45
Andere Stoffe.....	24·8.....	—

Lit. in Bischof's Lehrb. der chem. u. phys. Geologie. Bd. I, pag. 203. Roth: Allgemeine und chemische Geologie. Bd. I, pag. 437. Dittmar: Reports of the scientif. results of the voyage of Challenger, Bd. I (1884). Daubrée: Les eaux souterraines à l'époque actuelle. 3 Bde. Paris 1887.

## V. Entwicklungslehre (Minerogenie).

**201. Methoden.** Wir kennen einen Naturkörper erst dann vollständig, wenn wir wissen, wie er geworden. Demnach ist auch die Bildungsgeschichte der Minerale der Schlusstein unserer Kenntnis von denselben. Die Bildungsweise macht das Mineral zu dem, was es vor Allem ist, zu einem Theile der Erdrinde. Lässt sich die Entstehung eines Mineralen verfolgen, so erscheinen seine Substanz, seine Eigenschaften, seine Paragenese als nothwendige Folgen derselben Ursache.

Aber auch die Veränderungen, deren das Mineral fähig ist und welche dasselbe in der Natur erfährt, gehören zur Geschichte desselben. Die Producte der Veränderung zeigen an, in welche Theile das Mineral zerfallen kann, und geben gleichsam das innerste Gefüge an, welches demselben zukommt. Der Aufbau und der Zerfall, die Bildung und die Verwandlung zusammengenommen betrachtet, geben erst ein vollständiges Bild von dem Wesen der einzelnen Minerale und von dem Zusammenhange des ganzen Mineralreiches.

Der Forscher vermag auf diesem Gebiete in vielen Fällen experimentell vorzugehen. Wofern Bildung oder Veränderung in kürzeren Zeiträumen erfolgen und der Beobachter die Umstände und Bedingungen zu überblicken vermag, kann er oft auch durch Versuche zeigen, dass die erkannten Bedingungen in der That hinreichen, um die wahrgenommene Substanz und die beobachtete Form hervorzubringen. So z. B. kann man durch Beobachtungen in Steinbrüchen und Bergwerken erfahren, dass die Bildung eines bestimmten Brauneisenerzes durch das Zusammentreffen von Kalkspath mit eisenhaltigen Tagewässern bedingt wird, überdies aber durch den Versuch zeigen, dass in einer eisenoxydhaltigen Auflösung durch hineingelegten Kalkspath ein brauner Körper von den Eigenschaften jenes Erzes gefällt wird. Manchmal wird beobachtet, dass Krystalle von Leucit, die im Gestein eingeschlossen waren, unter gewöhnlichen Umständen in eine erdige Masse von Analcim verwandelt wurden. Durch Versuche aber ist gezeigt worden, dass der Leucit bei der Behandlung mit Lösungen, die solche Natronsalze enthalten, welche in den gewöhnlichen Quellwässern vorkommen, in eine Substanz von der Zusammensetzung des Analcims überführt wird.

In anderen Fällen vermag sich der Forscher nicht auf Experimente zu berufen, sei es, dass noch keine angestellt wurden, sei es, dass Versuche keinen Erfolg hatten. So z. B. gibt es keine Versuche, welche die Bildung eines Minerals aus der Abtheilung der Epidote oder der Chlorite betreffen. Dann waltet die Beobachtung allein, und es sind vorzugsweise die Pseudomorphosen, die Abformungen und das Nebeneinandervorkommen, welche uns über die Entstehung und Veränderung der Minerale belehren. Die Beobachtung dieser Erscheinungen liefert



gleichsam die Documente, durch deren Vergleichung und Zusammenstellung die Geschichte der Minerale construirt wird.

Oft gelingt es durch die Anwendung dieser historischen Methode, die in der Natur ablaufenden Vorgänge mit Sicherheit zu erkennen; da indess die Controle durch den Versuch abgeht, so führt der Weg nicht immer zu einem befriedigenden Ergebnis, und es erübrigt nichts, als sich mit einer grösseren oder geringeren Wahrscheinlichkeit zu begnügen.

**202. Werden und Vergehen.** Obwohl die oberflächliche Betrachtung der Steinwelt den Eindruck des Ewigen und Unveränderlichen hervorruft, so genügen doch wenige Beobachtungen an Pseudomorphosen, um die Wandelbarkeit der Minerale zu erkennen. Alle die häufiger vorkommenden Minerale finden sich in mannigfacher Weise verändert, da nur wenige sich so widerstandsfähig erweisen wie der Quarz, andere sich leicht verwandeln, wie der Olivin, oder sich auflösen, wie der Kalkspath. Bei der mikroskopischen Untersuchung der verbreiteten Gesteine, sowohl der krystallinischen wie der klastischen, beobachtet man ungemein häufig unvollendete oder vollendete Pseudomorphosen und überall deutliche Zeichen der Veränderung, überall angegriffene und neugebildete Minerale. Es ist daraus zu entnehmen, dass die Erdrinde in einer beständigen inneren Verwandlung begriffen ist. Diese fortdauernde Veränderung ist ein Absterben alter, zugleich eine Bildung neuer Minerale, ein Verlassen alter, eine Annahme neuer Formen, auf der einen Seite ein beständiges Vergehen, auf der anderen ein beständiges Werden.

Trotzdem bleibt noch der Eindruck einer allgemeinen Zerstörung oder wenigstens Zerkleinerung, denn die neugebildeten Minerale sind meist von dichtem Gefüge, eine Ansammlung winzig kleiner Individuen. Auch in dem Transport und der beständigen Zertrümmerung der losen Gesteinsfragmente spricht sich dieselbe Tendenz aus. Dagegen scheinen die grossen Krystalle auf den Gesteinspalten in Gneiss und Granit, also die Bergkrystalle, Adulare oder die Bleiglanz- und Blendekrystalle auf den Gängen althergebrachte Wesen, sie scheinen Urminerale zu sein, die wohl verändert werden können, die aber keine Fortsetzung mehr finden, die für alle Zeit abgeschlossene Bildungen sind und die unter den jetzt entstehenden Mineralen nicht mehr ihresgleichen haben. Viele Beobachtungen führen aber zu der Anschauung, dass die Bedingungen der Bildung solcher Krystalle auch heute noch vorhanden sind, dass derlei grosse Bergkrystalle etc. auch jetzt noch fortwachsen, dass in Spalten und auf Gängen immer noch neue Bergkrystalle, Adulare, Bleiglanzkrystalle sich ansiedeln u. s. w.

Es ist demnach sehr wahrscheinlich, dass das beständige Werden auch solche Gebilde umfasst, welche wir als abgeschlossen und gleichsam ausgestorben zu betrachten gewohnt sind.

**203. Zunahme der Mannigfaltigkeit.** Wenn es auch einstweilen dahingestellt bleibt, ob die zuvor bezeichneten Bildungen heute noch fort dauern, so ist doch nicht zu zweifeln, dass die aus früheren Bildungsepochen der Erde herrührenden Minerale im Laufe der Zeit zum Theile verändert wurden und sich auch jetzt noch verändern, dass also neue Minerale entstanden und jetzt noch entstehen,

Roth:  
of the  
s eaux

wenn  
minerale  
ht das  
st sich  
seine

e.  
te das-  
te der  
geben  
u und  
achtet.  
d von

ll vor-  
n und  
ann er  
r That  
hervor-

Berg-  
ch das  
über-  
lösung  
jenes

die im  
Masse  
t, dass  
halten,  
on der

zu be-  
keinen  
nerals  
ie Be-  
ungen  
l Ver-  
liefert

welche von den früher vorhandenen bald durch die chemische Zusammensetzung bald durch die Form, durch die Textur verschieden sind. Es ist also sicher, dass durch die fortdauernden Umbildungen der Minerale die Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung der Erdrinde beständig zunimmt.

Dazu kommt noch, dass durch die Reste der Organismen den Schichten der Erde neue Verbindungen einverleibt werden, ferner dass durch den Transport der Gesteinsfragmente nach neuen Sätten und durch die Vereinigung derselben zu sedimentären Gesteinen eine bunte Verflechtung der Minerale hervorgerufen wird und dass in Folge derselben oft Minerale zur Berührung kommen, welche auf der ursprünglichen Stätte niemals Nachbarn sind. Die gleichzeitige Veränderung der so verbundenen Minerale bringt Substanzen zur Vereinigung, welche früher geschieden waren, und liefert neue Producte, daher auch die sedimentären Gesteine dazu beitragen, die Mannigfaltigkeit der Mineralbildungen zu erhöhen.

Die fortdauernde Zunahme der Mannigfaltigkeit kann als Entwicklung des Mineralreiches bezeichnet werden.

**204. Bildungsweise.** Viele Minerale haben eine directe oder primäre Bildung, indem sie durch den Uebergang einer Substanz aus dem beweglichen in den starren Zustand entstehen, z. B. Gyps, Borax, Steinsalz durch Krystallisation aus einer wässerigen Lösung. Diese Art der Bildung ist im Principe sehr einfach, wird aber durch verschiedene Umstände modificirt, vor Allem durch die Gegenwart anderer Substanzen, welche auf die Ausbildung der Form, auf die Art und Menge der Einschlüsse Einfluss haben. Es sind viele Versuche bekannt, welche dies darthun, so z. B. die Erfahrungen am Bittersalz, am Calcit, welche aus reiner Lösung in der einen Ausbildung krystallisiren, aus gemischter Lösung in einer anderen. Ein zweiter Umstand ist die Concentration der Lösung und die damit zusammenhängende Geschwindigkeit der Bildung. Allmählig gebildete Krystalle erscheinen solid und ebenflächig, rasch gebildete hohl, skeletartig oder schliessen viel von der Mutterlauge ein u. s. w. [57]. Wiederum ein wichtiger Umstand ist die Beweglichkeit der Lösung, welche oft durch Beimischung fester Theilchen beeinträchtigt wird. Eine zähflüssige Lösung, wie z. B. die Lavaschmelze, oder eine in plastischem Thon vertheilte Lösung liefert rundum ausgebildete Krystalle [10].

Manche Minerale bilden sich aus der Substanz früher vorhanden gewesener Minerale, sie haben eine indirecte oder secundäre Bildung, wie z. B. jener Orthoklas, welcher aus dem Leucit entsteht. Die secundäre Bildungsweise hat viele Modificationen, die Formen aber, welche durch dieselbe veranlasst werden, sind von zweierlei Art. Die neugebildeten Minerale erscheinen entweder als Pseudomorphosen, wobei das ursprüngliche Mineral ganz verschwunden sein kann, oder die Neubildung erscheint gleichsam parasitisch in oder auf dem ursprünglichen Mineral, welches zugleich die Spuren der Anätzung, Zerklüftung, Zersetzung an sich trägt. Ein Beispiel der parasitischen Form ist das Vorkommen von Malachit  $\text{Cu}_2\text{H}_2\text{CO}_5$  in zerklüftetem Kupferkies  $\text{CuFeS}_2$  oder die Auflagerung von Cerussit  $\text{PbCO}_3$  auf angeätztem Bleiglanz  $\text{PbS}$ . Die secundäre Bildung kann mehrere Stadien durchlaufen. So z. B. kann sich aus einem Eisenspath  $\text{FeCO}_3$  zuerst ein



Brauneisenerz von der Zusammensetzung  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  bilden, sodann aus diesem ein Rotheisenerz  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Eine und dieselbe Substanz kann auf verschiedene Weise entstehen, sie kann daher mehrere genetisch verschiedene Minerale liefern, doch wird jedes derselben durch Eigenthümlichkeiten der Form, der Textur, der Einschlüsse u. s. w. die Verschiedenheit der Bildungsweise mehr oder weniger deutlich erkennen lassen, wengleich es öfter einer genauen Erfahrung bedürfen wird, für das einzelne Mineral die zugehörige Bildungsart mit Wahrscheinlichkeit oder Sicherheit anzugeben. Ein hierher gehöriges Beispiel gibt die Substanz Eisenoxyd  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Diese Zusammensetzung kommt mehreren Mineralen zu. Eines davon *a*) ist der in rhomboëdrischen Krystallen auf Drusen mit Quarz, Adular etc. vorkommende Eisenglanz, der höchst wahrscheinlich direct aus einer Lösung abgesetzt ist; ein zweites *b*) der in verzerrten tafelförmigen Krystallen in Spalten der Lava vorkommende Eisenglanz, dessen Bildung durch vulkanische Emanationen veranlasst wurde; ein drittes *c*) der faserige Rotheisenstein (rother Glaskopf), welcher durch Wasserverlust aus dem braunen Glaskopf hervorgeht; ein viertes *d*) das dichte Rotheisenerz, welches in Formen von Pyrit  $\text{FeS}_2$  auftritt und unzweifelhaft aus jenem Mineral gebildet wurde; ein fünftes *e*) das dichte Rotheisenerz, welches pseudomorph nach Eisenspath  $\text{FeCO}_3$  vorkommt und von letzterem abstammt; ein sechstes *f*) das dichte Rotheisenerz, welches in den Formen von Kalkspathkrystallen, von Ammonitenschalen etc. vorkommt und ein durch das Calciumcarbonat veranlasster Niederschlag ist. Ausserdem gibt es noch mehrere hierher gehörige Mineralarten.

Die Bildungsgeschichte des einzelnen Mineralen gehört zwar in den Kreis der Entwicklungsgeschichte des Mineralreiches, doch lässt sich bei der Bildung des einzelnen Mineralen gewöhnlich kein Fortschritt vom Einfachen zum Zusammengesetzten und Mannigfaltigen erkennen. Das einzelne Mineral hat in diesem Sinne keine Entwicklung, doch wird diese Bezeichnung öfter angewandt, besonders um die indirecte Bildungsweise auszudrücken.

**205. Erstarrungsproducte.** Die Lava aller Vulkane besteht fast ganz aus Kieselerdeverbindungen. Nach dem Erstarren erkennt man in den meisten Laven Feldspathe oder denselben verwandte Minerale, ferner magnesiahaltige Silicate, wie Augit, Olivin, untergeordnet auch andere Minerale.

Die aus den Spalten des Vesuv zähflüssig hervortretende Lava, welche wie ein glühender Honig aussieht, enthält unzählige darin schwimmende Leucitkrystalle, welche in der strömenden Lava weiterfließen. Untersucht man die vulkanische Asche, welche nichts anderes als die durch gewaltige Fumarolenwirkung zerstäubte Lava ist, so findet man darin kleine, schlackenartige Fetzen, erstarrte Tropfen, aber auch viele lose Krystalle, an welchen oft Schlackentropfen hängen. Am Vesuv werden unzählige Leucitkrystalle, am Aetna viele verstreute Augit-, Olivin- und Labradoritkrystalle in der Asche gefunden. Diese Krystalle sind also als feste Körper emporgeblasen worden. Daraus folgt, dass die Lava schon beim Emportreten fertig gebildete Krystalle enthalte. In der erstarrten

Lava erscheinen sie oft zerbrochen, die Bruchstücke sind nicht selten durch die fließende Lava auseinandergeschoben.

Wird aber die erstarrte Lava weiter untersucht, so zeigt sich dieselbe an der Oberfläche des Stromes öfter glasig erstarrt. In der Glasmasse, welche die zuvor erwähnten Krystalle umschliesst, finden sich winzige feine Krystalle von Feldspathen oder von Leucit, von Augit etc. Nimmt man eine Probe aus den tieferen Lagen des Stromes, wo die Erstarrung langsamer vor sich ging, so findet sich in der Grundmasse weniger Glas, dagegen ist alles voll von den kleinen Krystallen, die aber hier meist länger und dicker sind, als jene in dem Glase an der Oberfläche des Lavastromes.

Hieraus wird man schliessen, dass auch nach der Eruption durch Erstarren der Lava Krystalle gebildet wurden, und zwar desto zahlreichere und grössere, je langsamer die Abkühlung vor sich ging. Interessant sind in dieser Beziehung die Versuche von Fouqué und Lévy, welche zeigen, dass eine anfänglich amorphe Schmelze, welche die entsprechende chemische Zusammensetzung hat, durch langdauerndes Erhalten in einer dem Schmelzpunkte naheliegenden Temperatur in eine steinige Masse verwandelt wird, welche eine lava-ähnliche Textur zeigt und kleine Krystalle von Leucit, Augit, von Feldspath etc. enthält [181].

Das Gestein, welches erstarrte Lava ist, besteht also häufig aus zweierlei Krystallen, den ursprünglichen grösseren und den später gebildeten kleineren Krystallen. Die grösseren sind vor der Eruption gebildet, nach Lagorio's Ansicht durch die beginnende Abkühlung bei hohem Drucke.

Die grösseren Krystalle der Laven zeigen bei der mikroskopischen Betrachtung häufig glasige Einschlüsse [70], welche dem glasigen Bestandtheil der Grundmasse entsprechen, auch Flüssigkeitseinschlüsse werden öfter beobachtet als Zeichen der Mitwirkung des Wassers. Die glasigen Einschlüsse finden sich aber auch in den Krystallen anderer Gesteine, welche mit den Laven mineralogisch gleichartig sind, welche auch in ihrem Auftreten eine ähnliche Bildung verrathen und welche nicht selten gangförmige Fortsetzungen zur Tiefe wahrnehmen lassen. Hieher gehören die Basalte und Melaphyre, die Andesite und Porphyrite, die Trachyte und Porphyre sammt ihren Unterabtheilungen [195]. Alle diese Gesteine werden als eruptive Bildungen angesehen und die darin enthaltenen Krystalle und glasartigen Erstarrungsproducte in genetischer Beziehung den entsprechenden Theilen der Laven gleichgestellt. In den älteren Eruptivgesteinen ist jedoch die Grundmasse oft ganz porzellanartig steinig, also krystallinisch. Dies wird durch eine Entglasung des früher vorhanden gewesenen amorphen Bestandtheiles erklärt [76].

Lit. Fuchs, Jahrb. f. Min. 1869, pag. 169, ferner in Tschermak's Mineralog. Mittheil. 1871, pag. 65; G. vom Rath, Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges., Bd. 23, pag. 727; Zirkel, Die mikrosk. Besch. d. Mineralien und Gesteine. Lagorio, Tschermak's Min. u. petrogr. Mitth., Bd. 8, pag. 421.

**206.** In den alten körnigen Massengesteinen aus den Abtheilungen Granit, Syenit ist im allgemeinen weder die zweifache Ausbildung der Individuen bemerklich, noch enthalten diese etwas von glasigen Einschlüssen. Dagegen sind

namentlich in den Quarzen der Granite die Flüssigkeitseinschlüsse ungemein häufig und die Flüssigkeit verhält sich wie das Wasser. Zirkel schliesst daraus mit Wahrscheinlichkeit, dass das Magma, aus welchem diese Gesteine hervorgingen, sich nicht in einem lavaartigen Schmelzflusse befand, dass dagegen während seiner Festwerdung das Wasser eine wesentliche Rolle gespielt habe. Dass der Granit in der That eine andere Bildung habe, wie die vorgenannten eruptiven Gesteine, wird dadurch bestätigt, dass derselbe niemals in Verbindung mit schlackigen, glasigen oder schaumigen Gebilden gefunden wurde. Der Gneiss, welcher wegen seiner grossen Verbreitung die dominirende Stellung unter den krystallinischen Schieferen einnimmt, enthält nicht nur dieselben Bestandtheile wie der Granit, sondern die mikroskopische Beschaffenheit und die Art der Einschlüsse stimmen mit jenen des Granits überein. Man schliesst daraus, dass die Bildungsweise beider Gesteine wenig verschieden sei. Auch die übrigen krystallinischen Schiefer, welche oft mit dem Gneiss wechsellagern, können in ihrer Bildung nicht wesentlich unterschieden sein.

Die Beschaffenheit der Minerale in den alten Massengesteinen und den krystallinischen Schieferen verräth eine Mitwirkung des Wassers bei ihrer Bildung, während die allgemein angenommene Ansicht, nach welcher die Erde aus einem schmelzflüssigen Zustande hervorging, in jenen Gesteinen die erste Erstarrungskruste der Erde sieht. Beide gegensätzlich scheinenden Resultate werden aber gewöhnlich durch Berufung auf die Versuche von Sénarmont, Daubrée u. A., nach welchen die Wirkung des Wassers bei hoher Temperatur und starkem Drucke eine Krystallisation von Silicaten herbeiführt [181], vereinigt.

Auch für jene Contactminerale, welche in Kalkstein, Phyllit etc. dort entstanden sind, wo die letzteren mit Eruptivgesteinen in Berührung kamen [194], wird die gleichzeitige Wirkung des Wassers und hoher Temperaturen als Agens betrachtet. Hiernach hat man sich nicht vorzustellen, dass ein Zusammenschmelzen des Eruptivgesteines mit dem Kalkstein etc. stattgefunden habe, da die Grenze zwischen diesen Gesteinen eine scharfe ist; wohl aber hat man eine Erweichung von längerer Dauer anzunehmen, so dass in dem nun beweglichen Medium durch Einwanderung von Stoffen aus dem Eruptivgestein jene oft sehr schönen und grossen Krystalle von Granat, Vesuvian, Fassait, oder von Andalusit, Turmalin etc. gebildet werden konnten.

Lit. in Zirkel, Lehrb. d. Petrographie, und Mikrosk. Beschaffenheit d. Min. u. Gesteine.

**207. Bildungen durch Dämpfe.** Wenn man von der beständigen Condensation der Wasserdämpfe [in der Atmosphäre, von der Bildung des Regens und des Schnees absieht, so kommen hier vorzugsweise die vulkanischen Emanationen in Betracht. Die Fumarolen der Vulkane enthalten ausser Wasserdampf auch Salzsäure HCl, schwefelige Säure SO<sub>2</sub>, Schwefelwasserstoff H<sub>2</sub>S, Kohlensäure CO<sub>2</sub>, zuweilen auch Flussäure HF, ferner Wasserstoff und Kohlenwasserstoffe. Beim Zusammentreffen von schwefeliger Säure und Schwefelwasserstoff entsteht Schwefel, SO<sub>2</sub>+2H<sub>2</sub>S=3S+2H<sub>2</sub>O. Fumarolen mit Schwefelabsatz werden Solfataren genannt. Als Sublimationsproducte finden sich an Vulkanen ausser Schwefel auch Stein-

salz NaCl, Salmiak  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , Eisenchlorid  $\text{FeCl}_3$ . Durch die Wirkung der Salzsäure auf das Nebengestein werden auch andere Chloride, z. B. Chlorcalcium,  $\text{CaCl}_2$ , und am Vesuv in kleinen Mengen auch  $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{NiCl}_2$  etc. gebildet. Durch Einwirkung der schwefeligen Säure und des Sauerstoffes auf die Gesteine entstehen Sulfate, z. B. Calciumsulfat  $\text{CaSO}_4$ , Natriumsulfat  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , Aluminiumsulfat etc. Bei den herrschenden hohen Temperaturen werden die Chloride häufig durch den Wasserdampf zerlegt, und es bilden sich Oxyde, z. B. Eisenglanz  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , welcher in glänzenden Flittern oder in tafelförmigen Krystallen auf der Lava oder in Spalten derselben gefunden wird.  $2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl}$ . Hier wird also die Salzsäure wiederum gebildet, regenerirt. Durch Einwirkung der vulkanischen Kohlensäure auf die gebildeten Oxyde bilden sich ferner Carbonate, wie  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ .

Auf der Oberfläche der Lava und der kleinen bei der Eruption gebildeten Lavafetzen und Lavastückchen (Lapilli) finden sich zuweilen neugebildete Silicate wie Leucit, Augit, Hornblende, Tridymit, Quarz. Man nennt dieselben öfter Sublimationsproducte, obgleich sie vielleicht richtiger als Umbildungen und Regenerationen der in der Lava enthaltenen Minerale anzusehen sind. Bunsen hat die Zersetzungen und Umbildungen, welche durch vulkanische Gase veranlasst werden, als Pneumatolyse bezeichnet. Somit können die genannten Mineralbildungen als pneumatolytische zusammengefasst werden.

Erdbrände, durch Selbstentzündung von schwefelkieshaltigen Kohlenlagern hervorgerufen, liefern öfter ähnliche Bildungen wie die Vulkane, z. B. Schwefel, Realgar AsS, Arsenit  $\text{As}_2\text{O}_3$ , Salmiak  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Alle diese durch Dämpfe bewirkten Absätze sind zwar interessante Mineralbildungen, doch haben dieselben für die Bildung der Erdrinde keine allgemeine Bedeutung, weil sie nur an vereinzeltten Punkten der Erdoberfläche vorkommen. Immerhin zeigen manche der krystallinischen Erzvorkommen, besonders die Zinnerzlagerstätten gemäss Vogt's Ansicht eine Analogie mit pneumatolytischen Bildungen.

Lit. Bunsen, Pogg., Ann. Bd. 83, pag. 241. Ch. S. C. Déville, Bull. soc. géol. 1856, pag. 606. Roth, Chem. Geologie I, pag. 412. Vogt, Zeitschr. f. prakt. Geologie 1895, pag. 145.

**208. Lösung.** Viele Minerale bilden sich aus wässerigen Auflösungen, und zwar nach der Regel, dass immer diejenige Verbindung abgesetzt wird, welche unter den gegebenen Umständen am schwersten löslich ist. Die so entstandenen Minerale widerstehen hierauf am kräftigsten den Angriffen des Wassers und wässriger Lösungen. Daher stellt Bischof an die Spitze seines epochemachenden Werkes den Satz, dass in der Erdrinde stets diejenigen Stoffe mit einander vereinigt vorkommen, welche die am schwersten lösliche Verbindung geben.

Die Minerale zeigen verschiedene Abstufungen der Löslichkeit, doch zeigt auch eine und dieselbe Substanz verschiedene Grade, je nachdem sie amorph oder krystallinisch ist, und zwar löst sich die amorphe Modification im allgemeinen leichter auf. Bei Versuchen ist es daher nicht immer gleichgiltig, ob man die künstlich erhaltene Verbindung, die oft ganz oder zum Theil amorph ist, oder

ob man das krystallisirte und gepulverte Mineral anwendet. Letzteres wird im Folgenden durch Anführung des Mineralnamens angezeigt.

Für viele natürliche Vorgänge ist die Löslichkeit in reinem Wasser maassgebend, von welcher hier einige Beispiele. 100 Theile reinen Wassers lösen auf:

Chlorkalium . . . . .	KCl . . . . .	32.88	Gewichtstheile bei 15° C. (Page)
Chlornatrium . . . . .	NaCl . . . . .	35.68	» » » » (Möller)
Chlormagnesium . . . . .	MgCl <sub>2</sub> . . . . .	50.70	» » » » (Mulder)
Kaliumcarbonat . . . . .	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O . . . . .	24.40	» » 10 » »
Natriumcarbonat . . . . .	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O . . . . .	8.30	» » » » »
Kaliumsulfat . . . . .	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	10.30	» » 15 » »
Natriumsulfat . . . . .	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	16.28	» » 18 » (Diacon)
Gyps . . . . .	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O . . . . .	0.205	» » 18 » (Marignac)
Strontiumsulfat . . . . .	SrSO <sub>4</sub> . . . . .	0.0145	» » — » (Fresenius)
Baryumsulfat . . . . .	BaSO <sub>4</sub> . . . . .	0.0002	» » — » »
Calciumcarbonat . . . . .	CaCO <sub>3</sub> . . . . .	0.0248	» » — » (Anderson)
Calcit . . . . .	CaCO <sub>3</sub> . . . . .	0.0025	» » — » »

Die Wasser vermögen demnach die zuerst genannten Salze, die sich oft im Boden finden, aufzulösen und fortzuführen. Auch der Gyps ist noch verhältnissmässig leichter löslich, daher in Gypslagern durch eindringende Wässer oft Höhlungen (Gypsschlotte) hervorgebracht werden.

Durch Erhöhung der Temperatur wird die Löslichkeit der meisten Substanzen erhöht, gleichzeitig wirkender starker Druck vergrössert ebenfalls die Löslichkeit. Hierher gehört der Versuch Wöhler's, gepulverten Apophyllit, welcher ein wasserhaltiges Silicat ist, bei 180°—190° und einem Drucke von 10—12 Atmosphären in Wasser aufzulösen. Beim Erkalten wurden wiederum Apophyllitkrystalle abgesetzt.

Die wasserfreien Silicate sind sehr schwer löslich, der Quarz ist am schwersten löslich, so dass bis jetzt keine Zahl erhalten wurde, welche seine Löslichkeit ausdrückt. Für absolut unlöslich ist aber keine chemische Verbindung zu halten, da bei jedem sorgfältig ausgeführten Versuche mit verschiedenen Mineralen mindestens Spuren aufgelöst wurden.

**209.** Wasser, welches Kohlensäure absorbiert enthält, wirkt auf die Minerale im allgemeinen anders als reines Wasser. Der grösste Unterschied zeigt sich bei den Carbonaten. Kalkspath, Magnesit, Eisenspath etc. sind im reinen Wasser ausserordentlich schwer löslich, während sie von kohlensäurehaltigem Wasser in erheblichen Quantitäten und zwar, wie man annimmt, als Bicarbonate aufgenommen werden, also Calcit als H<sub>2</sub>O.CaO.2CO<sub>2</sub> u. s. w.

10.000 Theile kohlensäurehaltigen Wassers lösen von:

Kalkspath . . . . .	CaCO <sub>3</sub> . . . . .	10.8	Gewichtstheile (Schlössing)
Dolomit . . . . .	CaMg2CO <sub>3</sub> . . . . .	3.1	» (Cossa)
Magnesit . . . . .	MgCO <sub>3</sub> . . . . .	1.2	» »
Eisenspath . . . . .	FeCO <sub>3</sub> . . . . .	7.2	» »

Hieraus erklärt sich die Bildung von Kalkhöhlen in Folge der Auflösung durch die im Kalkstein circulirenden Gewässer, welche immer freie Kohlensäure

enthalten. Im Karstgebiete, wo viele Bäche versinken und ihren Lauf im Kalkgebiete fortsetzen, ist der Boden von Kalkhöhlen durchzogen. Wichtig ist die grössere Angreifbarkeit des Kalksteines gegenüber dem Dolomit, welcher oft zurückbleibt, wofern ein Gemenge von Kalkstein und Dolomit den Quellwässern ausgesetzt ist. Demnach entsteht bisweilen reiner Dolomit durch Auszehrung des dolomitischen Kalksteines. Kalksteine, welche Thon, Eisenoxyd oder andere unlösliche Beimengungen enthalten, hinterlassen dieselben bei der Auflösung als Ablagerungen auf der Oberfläche oder in den Höhlungen. Der gewöhnliche dichte Kalkstein ist im kohlenensäurehaltigen Wasser leichter löslich als der krystallinische, daher die im Kalkstein gewöhnlich enthaltenen Adern von Kalkspath durch Einwirkung solcher Wässer stark hervortreten und zuletzt zellige Gewebe darstellen (Zellenkalk).

Bei höherem Drucke löst das kohlenensäurehaltige Wasser mehr von den Carbonaten auf als bei gewöhnlichem Drucke, und in dieser Beziehung zeigt sich dasselbe Verhalten wie bei dem reinen Wasser. Anders ist es mit dem Einflusse der Temperatur. In der Wärme löst das kohlen-saure Wasser weniger Carbonate auf als bei niedriger Temperatur. Dies zeigen die Versuche von Engel und Ville mit künstlich dargestelltem Magnesiumcarbonat. 100 Gramm kohlenensäurehaltigen Wassers lösten bei:

Druck	Temp.	Gramme	Druck	Temp.	Gramme
1 Atmosphäre . . . .	19.5°	2.579	751 mm	13.4°	2.845
3.2 Atmosphären . . .	19.7	3.730	762 »	29.3	2.195
5.6 »	19.2	4.620	764 »	62.0	1.035
7.5 »	19.5	5.120	765 »	82.0	0.490
9 »	18.7	5.659	765 »	100	0.000

Während also eine gewöhnliche wässrige Lösung, welche gesättigt ist, beim Abkühlen einen Absatz bildet, würde eine Lösung von Carbonaten in kohlenensäurehaltigem Wasser unter denselben Umständen keinen Niederschlag liefern.

Die Verbindungen, deren Löslichkeit zuvor angegeben wurde, sind meistens solche, welche in den Quellwässern gefunden werden. Die Stoffe, aus welchen jene Verbindungen bestehen, müssen demnach in den Tiefen, aus welchen die Quellen kommen, in irgend einer Form verbreitet sein. Versuche, wie sie zuerst von Struve angestellt wurden, haben gezeigt, dass durch Behandlung des Pulvers verschiedener Gesteine mit kohlenensäurehaltigem Wasser Lösungen erhalten werden, welche dieselbe Zusammensetzung wie manche Quellen zeigen. Es ist demnach sehr wahrscheinlich, dass die löslichen Stoffe der Gesteine von der Gebirgsfeuchtigkeit aufgenommen und den Quellen zugeführt werden. Der Vorgang stellt sich so dar, als ob einige Bestandtheile des Gesteines ausgeschieden und von der Seite her in die Quellenstränge geleitet würden; er erscheint somit als eine Lateralsecretion der löslichen Stoffe.

Die Menge des Gelösten ist aber in manchen Quellen so gross, dass dadurch eine solche Beschaffenheit der Tiefe angedeutet ist, welche mit der Zusammensetzung der Erdoberfläche nicht übereinstimmt. Ein Beispiel sind die Karlsbader Quellen, welche jährlich enorme Quantitäten von Glaubersalz in Lösung emporbringen. Ferner ist bisweilen in dem Gelösten eine Verbindung so überwiegend vertreten, dass man auf das Vorhandensein einer grossen Menge des entsprechenden

Minerales schliessen muss. Bei Soolquellen, wie z. B. bei denen von Stassfurt, haben in der That Bohrungen die Herkunft der Quellen von Salzlagern bewiesen.

Die gasförmigen Stoffe der Quellen lassen sich hingegen in vielen Fällen durchaus nicht aus dem Gestein ableiten, sie müssen daher aus unbekanntem Tiefen emporsteigen, also durch *Ascension* in die Quellenspalten gelangen. Es ist namentlich der Gehalt an Kohlensäure und an Schwefelwasserstoff, welcher den Quellen vulkanischer Gegenden zukommt und welcher auf die chemische Thätigkeit des Erdinneren hinweist.

Lit. Bischof, Lehrb. d. chem. u. phys. Geologie, Bd. I; Roth, Allgem. Geologie, Bd. I; Engel u. Ville, Comptes rend., Bd. 93, pag. 340, Bd. 100, pag. 444; Dölter in Tschermak's Mineralog. Mittheil., Bd. 11, pag. 319. Ueber Zellenkalk: Neminar ebenda 1875, pag. 251.

**210. Niederschlagsbildung.** Eine Lösung, welche so viel von einer Substanz enthält, als davon löslich ist, erscheint bezüglich dieser Substanz gesättigt. Eine solche Lösung wirkt aber doch wiederum lösend auf andere Substanzen. Eine gesättigte Steinsalzlösung vermag Bittersalz aufzulösen. Solche Lösungen, welche mehrere Substanzen zugleich enthalten, werden complicirte Lösungen genannt. Ist eine solche gesättigt, so enthält sie, wie neuerdings Bodländer (Zeitschrift f. phys. Chem., Bd. 7, pag. 358) zeigte, im allgemeinen von jeder einzelnen Substanz weniger, als wenn diese allein in Lösung wäre. Daraus folgt, dass eine gesättigte Lösung, welche mit neuen Substanzen in Berührung kommt, einerseits von diesen etwas auflösen, andererseits von den bisher darin enthaltenen etwas absetzen wird.

Da von den meisten Substanzen bei höherer Temperatur mehr gelöst wird als bei niedriger, so werden sowohl einfache als complicirte gesättigte Lösungen beim Abkühlen einen Absatz oder Niederschlag bilden.

Die im Gestein circulirenden Gewässer sind häufig bezüglich einer oder mehrerer Substanzen gesättigte Lösungen. Bei der allmäligen Bewegung im Gestein kommen dieselben oft mit neuen Substanzen in Berührung, beim Aufsteigen der Wässer aus den tiefer gelegenen wärmeren Regionen in die höher gelegenen nimmt die Temperatur sowie der Druck ab, daher wird in beiden Fällen häufig eine Niederschlagsbildung erfolgen.

Bei der Wanderung im Gestein wird eine Lösung öfter mit einer davon verschiedenen zusammentreffen, und es werden sich nicht selten Substanzen begegnen, welche in Folge einer chemischen Wechselwirkung schwerlösliche Verbindungen bilden. Lösungen von Natrium- oder Kaliumcarbonat geben beim Zusammentreffen mit calciumhaltigen Wässern einen Niederschlag von Calciumcarbonat. Lösungen von Kalium- oder Natriumsilicat werden beim Zusammentreffen mit Wässern, welche Kohlensäure oder Bicarbonate führen, zerlegt, und es wird Kieselsäure abgeschieden, während Carbonate sich bilden. Minerale, welche im Gestein enthalten sind, können durch wechselseitige Zersetzung einen Niederschlag bewirken. Aus Lösungen, welche Kieselsäure oder Eisenoxydsalze enthalten, wird durch Calcit die Kieselsäure, beziehungsweise Eisenhydroxyd gefällt. Demnach werden vielfach die Bedingungen erfüllt sein, unter welchen die im Gestein circulirenden Gewässer daselbst Absätze bilden.

Kalk-  
ist die  
zurück-  
gesetzt  
ischen  
e Bei-  
rungen  
ein ist  
ter die  
irkung  
kalk).  
n Car-  
t sich  
influsse  
bonate  
Ville  
ltigen

me  
45  
95  
35  
90  
00  
beim  
säure-

istens  
elchen  
n die  
zuerst  
ulvers  
erden,  
nach  
chtig-  
ch so  
Seite  
eral-

durch  
men-  
bader  
npor-  
gend  
enden

Die Lösungen, welche als Quellen an die Erdoberfläche gelangen, können hier durch Verdunsten einen Niederschlag liefern oder nach Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes, durch den Einfluss lebender Organismen oder durch die Wirkung von Organismenresten die Bildung von Mineralen veranlassen.

**2II. Absätze der Quellen.** Um den Ursprungsort der Quellen bilden sich öfter Absätze verschiedener Art.

Die heissen Quellen auf Island, den Azoren, auf Neuseeland, in den Rocky Mountains und andere, welche reich an aufgelöster Kieselsäure sind, liefern einen Sinter von welliger Oberfläche, deutlicher Schichtung und von der Zusammensetzung des Opals. Zuweilen bilden sich Ueberzüge und in den Höhlungen des Kieselsinters auch Tropfsteine. Selten bemerkt man an diesen kleine Quarzkrystalle, wie z. B. im Sinter von Furnas, Azoren.

Ungemein zahlreich sind die Absätze von Kalkcarbonat im Bereiche warmer und kalter Quellen. Die heissen Quellen von Karlsbad, Nauheim, Wiesbaden u. a. m. erzeugen beständig Aragonit in mannigfachen Formen. In Karlsbad hat sich vor Zeiten eine ausgedehnte Ablagerung mit Höhlungen gebildet, die Sprudelschale, welche aus faserigem, im Bruche gebändert aussehendem Aragonit (Sprudelstein) besteht. Die Farbe rührt von Eisenoxyd her. Stellenweise findet sich Erbsenstein, durch vielfache Ueberzüge von Sandkörnern oder Gasbläschen im bewegten Wasser und durch schliessliche Verkittung der zu schwer gewordenen Kügelchen entstanden. Sehr viele kalte Quellen setzen Calcit als Kalksinter ab, auch bilden sich nicht selten Calcit-Erbsensteine oder Pisolithe. Durch Sickerwässer, welche in Höhlungen eindringen, wird häufig die Bildung von Tropfsteinen veranlasst. An diesen kann man die Sinterbildung genau verfolgen. Das herabtropfende Wasser ist eine Lösung von Kalkcarbonat in kohlensäurehaltigem Wasser. Durch Entweichen der Kohlensäure, welche die Bedingung des Gelöstseins war, in die Luft nimmt das Calciumcarbonat wiederum die starre Form an. Jeder Tropfen setzt eine kleine Menge von Calcit ab, unzählige Tropfen hinterlassen hängende Zapfen (Stalaktiten) oder bauen am Boden ragende Kegel (Stalagmiten). Beide vereinigen sich zuweilen zu Säulen. Ausserdem erzeugen die Sinterbildungen häufig Ueberzüge auf dem Gestein, oder sie erscheinen als Bindemittel von Bruchstücken desselben.

Von den Carbonaten, welche zuweilen als Absatzbildungen erscheinen, sind Zinkblüthe und Zinkspath zu nennen, welche in Zinkerzgruben entstehen, ferner Weissbleierz, welches in Bleierzgruben in ähnlicher Weise wie der Kalksinter gebildet wurde.

Die eisenhaltigen Quellen bringen das Eisen meist in der Form von Eisenoxydulcarbonat  $\text{FeO} \cdot \text{CO}_2$ , welches in kohlensäurem Wasser gelöst ist, an die Erdoberfläche. Beim Austreten an die Luft würden solche Quellen die genannte Verbindung als Siderit  $\text{FeO} \cdot \text{CO}_2$  absetzen können. Der atmosphärische Sauerstoff zerlegt jedoch die Verbindung, welche in Limonit  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  verwandelt wird, während  $\text{CO}_2$  entweicht. Daher bilden solche Quellen Absätze von Eisenocker, welcher ein lockerer Limonit ist. Darin findet sich öfter auch Manganoxyd, durch



Zerlegung von Mangancarbonat gebildet, ferner zuweilen Eisenphosphat, Eisenarseniat etc.

Von Sulfaten erscheint häufig Gyps als Absatz von Quellwässern, zuweilen auch Baryt. Dieser z. B. am Abflusse der Soolquellen des Leopolder Ganges bei Lautenthal im Harz. Sulfide finden sich in Quellenmündungen als Sinterbildungen, so z. B. häufig Eisenkies, seltener Blende, als Absatz von Grubenwässern Bleiglanz. In den Sulphur banks in Californien wird als Absatz heisser Quellen Zinnober gefunden.

Schwefel bildet sich als Absatz von Schwefelquellen, die Schwefelwasserstoff enthalten, sehr häufig. Die Ausscheidung des Schwefels erfolgt durch Einwirkung des aus der Luft absorbirten Sauerstoffs  $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ . Beispiele sind die Absätze der Quellen von Deutsch-Altenburg und Baden bei Wien, Ofen, Weilbach, Aachen. Im Yellowstone-Park der Vereinigten Staaten werden als Absätze heisser Quellen Schwefel, Auripigment, Realgar beobachtet.

Sehr viele Quellen setzen eine Mischung ab, in welcher die einzelnen Minerale nicht erkennbar sind. Die chemischen Analysen dieser Bildungen lassen schliessen, dass ausser den zuvor genannten Mineralen auch viele andere abgesetzt werden. Nebst den aufgezählten Stoffen wurden auch häufig Aluminium, Silicium, Titan, Bor, Fluor, ferner Strontium, Baryum und Metalle, wie Blei, Kupfer, Nickel, Arsen, Antimon u. a. darin gefunden. Dass die entsprechenden Minerale sich nicht in deutlicher Form und Sonderung ausbilden können, davon ist die verhältnissmässig rasche Bildung des Niederschlages beim Austreten der Quellen Ursache.

Lit. in Bischof, Lehrb. der phys. u. chem. Geologie, Bd. I, pag. 527; Roth, Allgem. u. chemische Geologie, Bd. I, pag. 532; Daubrée, Les eaux souterraines aux époques anciennes. Paris 1887.

**212. Bildungen der Tiefe.** Jene drusigen Auskleidungen, Krusten und Füllungen, welche früher als Mineralgänge bezeichnet wurden [191], sind als die Absätze aufsteigender Quellwässer anzusehen. Die Gründe, welche dafür sprechen, sind hauptsächlich folgende:

Die Gangspalten haben den Charakter von Quellspalten. Es kommt beim Bergbaue häufig vor, dass jene Spalten mit Wasser gefüllt angetroffen werden. Das Aussehen der Krusten und Füllungen, sowohl der einfachen als der geschichteten, ist genau dasjenige, welches die Krystallisationen zeigen, die auf künstlichem Wege aus wässerigen Lösungen dargestellt werden. Die Stoffe, welche in den Mineralen der Gangspalten vorkommen, sind fast sämmtlich in den Wässern aufsteigender Quellen nachgewiesen worden. Von den Verbindungen, welche diese Stoffe liefern können, sind auf den Mineralgängen jene in grösster Menge vertreten, welche im Wasser am schwersten löslich sind. Unter den Gangmineralen sind Pseudomorphosen sehr häufig, und zwar solche, deren Bildung nur durch die Einwirkung von wässerigen Lösungen erklärt werden kann. In den unveränderten Mineralen finden sich häufig Einschlüsse, welche wässrige Lösungen enthalten. Die Minerale der Gangspalten stimmen mit denjenigen, welche in den Quellenmündungen gefunden wurden, in allen Stücken überein. So z. B. gleicht der Baryt aus den Abzweigungen der Karlsbader Quelle in den Flächen-Combi-

nationen und im Habitus vollständig dem Baryt der Erzgänge von Felsöbánya. Auch die Beobachtungen Daubrée's sprechen dafür, welcher die in Mündungen warmer Quellen (Bourbonne, Plombières etc.) abgesetzten Verbindungen prüfte und die grösste Aehnlichkeit mit Gangmineralen constatirte, obgleich die enthaltenen Stoffe zum Theile aus der Mauerung, aus den Metallröhren und von alten Münzen herstammten.

Deutliche Absätze, besonders aber Krystalle, können sich begreiflicher Weise nur dort bilden, wo das emporsteigende Wasser bloß eine sehr geringe Geschwindigkeit hat. Bei grosser Geschwindigkeit würde jeder Niederschlag fortgespült. Man kann daher sagen, dass reiche Quellen, welche an der Oberfläche der Erde Absätze bilden, in der Tiefe wenig absetzen, und dass nur spärlich fließende oder an der Oberfläche nicht bemerkbare warme Wässer die Bildner der Mineralgänge sein können.

Die Frage, woher die letzteren jene Stoffe beziehen, welche sich in den Gangspalten absetzen, wurde von Forchhammer dahin beantwortet, dass alle diese Stoffe aus dem Nebengestein herkommen, also durch Lateralsecretion in die Spalten gelangen, während andere Forscher die Ansicht vertheidigten, dass jene Stoffe zum Theile mit den aufsteigenden Quellen aus unbekannter Tiefe kommen, also durch Ascension an ihren Platz gelangen.

Durch umfangreiche Untersuchungen erkannte F. Sandberger, dass in den Silicaten, welche im Gestein, besonders aber in den eruptiven Felsarten vorkommen, ausser den gewöhnlichen und wesentlichen Stoffen, wie Si, Al, Ca, Na, auch andere, wie Ba, Pb, Cu, As etc., also auch jene Stoffe, die auf den Erzgängen eine Rolle spielen, in sehr kleinen Quantitäten enthalten seien. Damit ist aber die Bildung der Erzgänge durch Lateralsecretion keineswegs wahrscheinlich gemacht, weil die Schwermetalle auch durch Quellwässer aus der Tiefe gebracht und im Gestein vertheilt worden sein können, und andererseits die auf Erzgängen bisweilen in grosser Menge auftretenden Schwermetalle nicht von jenen geringen Spuren ableitbar sind. Ein Beispiel dafür ist das Erzvorkommen von Příbram [191].

Es ist am wahrscheinlichsten, dass beide Vorgänge zusammenwirken, wie dies schon bei der Bildung der Quellwässer bemerkt wurde [197].

Demgemäss darf angenommen werden, dass die Gebirgsfeuchtigkeit aus dem Gestein Verbindungen aller darin vorkommenden Stoffe, darunter auch lösliche Silicate auszieht und bei dem langen Verweilen concentrirte Lösungen bildet. Diese werden in den Wässern der Spalten diffundiren, welche zwar nur verdünnte Lösungen enthalten, jedoch aus der Tiefe Kohlensäure und Bicarbonate, öfter auch Verbindungen von Schwermetallen, ferner Schwefelwasserstoff und Sulfate emporbringen. Durch Wechselwirkung der löslichen Silicate mit der freien Kohlensäure entstehen Quarz und Carbonate [210], durch Einwirkung des Schwefelwasserstoffs und der löslichen Sulfide auf die Metallverbindungen bilden sich unlösliche Sulfide der schweren Metalle, die Sulfate verursachen einen Absatz von Baryt u. s. w.

Auf solche Weise würde sich nicht nur die Form und Zusammensetzung der Mineralgänge, sondern auch das häufige Vorkommen derselben in der Nähe von Eruptivgesteinen und in denselben erklären, da letztere sehr oft von Quellen begleitet sind, welche Kohlensäure und Schwefelwasserstoff enthalten [198].

Da Gangspalten oft mit Absonderungsklüften communiciren, ferner öfter auf durchlässige Sedimente treffen werden, so kann die Bildung von Gangmineralen auch dorthin verpflanzt werden; folglich dürfen solche Trümer und Imprägnationen, welche die gleichen Minerale enthalten, die auf Gängen vorkommen, von derlei Communicationen abgeleitet werden.

Lit. Bischof, Jahrbuch f. Min. 1848, pag. 257, und Lehrbuch d. phys. und chem. Geologie, Bd. II; v. Groddeck, Lehre von den Lagerstätten der Erze, pag. 331; F. Sandberger, Untersuchungen über Erzgänge, 1881 u. 1885; Daubrée, Synthet. Studien zur Experimentalgeologie; Stelzner, Die Lateralsecretionstheorie und ihre Bedeutung für das Pribramer Ganggebiet, Freiberg 1889.

**213. Producte der Bodenwässer.** Die in den Gesteinen allgemein verbreiteten secundären Bildungen, welche ausserhalb der in die Tiefe reichenden Spalten vorkommen, sind nach allen einschlägigen vergleichenden Beobachtungen durch die Wirkung der wässerigen Lösungen entstanden, welche sich in den oberen Regionen der Erdrinde gebildet haben und nicht aus grossen Tiefen emporgestiegen sind.

Hierher gehören die neugebildeten Krystalle und Krystallgruppen im Thon, Mergel, Sand, die Bindemittel der Conglomerate und Sandsteine, ferner alle jene Imprägnationen, Trümeerbildungen, Füllungen und Auskleidungen, welche nicht als Fortsetzungen von Mineralgängen erscheinen.

Der genetische Unterschied, welcher zwischen Mineralgängen und den übrigen Neubildungen gemacht wird, zeigt sich bisweilen deutlich dort, wo Erzgänge bloß durch schmale Klüfte mit Trümmern in Verbindung stehen. In solchen Fällen reichen die Mineralbildungen des Erzganges häufig bloß in den Anfang der seitlichen Klüfte, während weiterhin jene Minerale angesiedelt sind, welche ihrer Zusammensetzung nach aus dem Nebengestein abgeleitet werden können. Ein Beispiel gibt die Fig. 387 auf pag. 279 wieder.

Die hier in Betracht kommenden Absätze sind demnach Producte der Lateralsecretion [209]. Die Minerale, welche dieselben bilden, stehen in einem einfachen stofflichen Zusammenhange mit jenen des Nebengesteins, oder sie stimmen in der Zusammensetzung mit denselben überein. Dies zeigt sich an den Kalkspathtrümmern des dichten Kalksteines, an den Trümmern von Kalkspath und von Quarz in den Sandsteinen und Thonschiefern, an den Quarztrümmern der krystallinischen Schiefer, an den Auskleidungen und Füllungen der sogenannten Mandelsteine durch Achat, Quarz, Kalkspath und Zeolithe. Aber auch die Drusen und Füllungen von Bergkrystall, Adular, Glimmer, von Albit, Chlorit, Epidot, Apatit und vielen anderen Mineralen, welche im Granit, Gneiss und anderen krystallinischen Schiefen auftreten, sind als Bildungen durch Lateralsecretion zu betrachten, wiewohl hier eine Grenze gegenüber den Mineralgängen schwer anzugeben ist. Da wir uns die Ursache dieser Bildungen auch gegenwärtig fortdauernd denken, so müssen wir auch zugeben, dass alle die genannten Krystallisationen auch jetzt noch fortauern, also immer noch neue Krystalle gebildet, alte vergrössert werden [202].

Die beständige Trümerbildung im Kalkstein leitet sich demnach daraus ab, dass die eindringenden kohlensäurehaltigen Wasser allmähig eine gesättigte Lösung von Kalkbicarbonat bilden und dass diese die Fähigkeit hat, den dichten, leichter angreifbaren Kalkstein zu lösen und gleichzeitig einen krystallinischen, schwerer löslichen Kalkspath abzusetzen, was wiederum der Tendenz entspricht, die schwerst löslichen Producte zu bilden.

In den Kieselgesteinen werden sich häufig Silicatlösungen bilden, und es wird der krystallinische Absatz öfter aus Silicaten bestehen, wofern die Lösungen nicht durch freie Kohlensäure oder durch Bicarbonate zersetzt werden. In letzterem Falle würde blos Quarz gebildet. Dadurch ist es erklärlich, dass in den Erzgängen, bei deren Bildung freie Kohlensäure oder Bicarbonate ins Spiel kommen, im allgemeinen keine Silicate vorkommen, Quarz aber ungemein verbreitet ist.

**214. Mineralbildung in Seen.** Unter jenen Absätzen, welche sich in Lösungen bilden, sind die Salzbildungen mancher Seen die grossartigsten. In stehenden Gewässern können sich nur dann solche Absätze bilden, wenn die Wasser eine concentrirte Lösung sind und wenn die Verdampfung stärker ist als der Zufluss. Im Meere, dessen Wasser zwar reich an Salzen ist, aber keine concentrirte Lösung darstellt, können keine derlei Absätze gebildet werden. Seen mit Abfluss gestatten ebensowenig eine solche Salzbildung, wohl aber kann dieselbe in Seen ohne Abfluss und in Lagunen, aber nur in wärmeren Klimaten eintreten.

Hierher gehören die Salzseen im Gouvernement Astrachan, welche in der Zahl von über 2000 in der Steppe verstreut sind. Diese dem Caspisee benachbarte Steppe ist ein ehemaliger Meeresboden, welcher aus dem Meerwasser stammende Salze in feiner Vertheilung enthält. An der Küste des Caspisees entstehen durch Abschliessung von Meerestheilen noch immer neue Salzseen. Der bedeutendste der alten Salzseen ist der Eltonsee, von 250 Quadratkilometer Oberfläche. Das Wasser ist eine concentrirte Lauge, worin ausser Chlornatrium eine überwiegende Menge von Magnesiumchlorid, Magnesiumsulfat und Chlorkalium enthalten ist. Im Sommer setzt sich zuerst etwas Gyps, dann reichlich Steinsalz ab, im Winter auch Bittersalz, welches jedoch im folgenden Sommer wieder gelöst wird. Jedes Jahr bildet sich an den Rändern und am Boden des Sees eine Salzschiebe, welche Gegenstand einer regelmässigen Salzgewinnung ist. Die jährliche Ausbeute beträgt gegen 2 Millionen Centner. In der Nähe des Sees erstreckt sich eine Salzablagerung mit vielen Zwischenschichten von Thon. Aehnliche Verhältnisse zeigen auch die anderen Seen des Gebietes. An der Westküste des Caspisees, in der Krym, am Aralsee finden sich derlei Seen gleichfalls häufig. Ein merkwürdiges Beispiel ist ferner das Todte Meer, das eine Salzlauge darstellt, welche nebst Chlornatrium eine überwiegende Menge von Magnesium- und Calciumchlorid, ferner Chlorkalium und Gyps enthält. In dem abgesetzten Schlamm erscheinen Krystalle von Steinsalz und Gyps. In Persien, wo der Urmiahsee der grösste Salzsee ist, ferner in Tibet und im nördlichen Afrika sind Salzseen gleichfalls nicht selten. In Amerika sind der grosse Salzsee in Utah mit seinen kleineren

Nachbarn entsprechende Beispiele. An den Rändern derselben bilden sich beständig Krusten von Steinsalz.

Etwas anders erfolgt der Absatz von Steinsalz in manchen Lagunenseen. Ein Beispiel ist der Adsch-Darja-Busen des Caspisees, welcher durch den engen Canal Karabogas mit dem Meere zusammenhängt. Er hat eine Oberfläche von 2000 Quadratkilometern. Das Wasser ist eine concentrirte Lösung, in welcher Chlornatrium und Magnesiumchlorid vorwiegen. Am Grunde setzt sich Steinsalz ab. Der Karabogas bringt immer neue Meerwässer hinein, während aber im Sommer das schwerer lösliche Chlornatrium abgesetzt wird, kehrt das leichtlösliche Magnesiumchlorid in dem Canal zum Meere zurück. Der Adsch-Darja ist eine Steinsalz-Lagune. Aehnlich verhält sich der Torrens-See im regenlosen Gebiete Australiens.

Die Beobachtungen an den hier genannten und an vielen anderen Orten setzen uns in den Stand, die Bildung jener Salzlager, welche den sedimentären Gesteinen eingelagert sind und früheren Epochen angehören, mit grosser Wahrscheinlichkeit zu erklären.

Die Natronseen zeigen häufig Absätze, in welchen Soda (Natriumcarbonat) und Glaubersalz (Natriumsulfat) vorherrschen. Beispiele sind der Vansee in Westarmenien, mehrere Seen in Mexico, Nevada und Californien. Im ungarischen Tieflande bilden sich an manchen Orten Ausblühungen von Soda, gemengt mit Chlornatrium, Gyps, Glaubersalz. In den Gegenden des Suezcanales finden sich Bitterseen, welche ausser Kochsalz viel Bittersalz enthalten.

Die Boraxseen im westlichen Tibet und in Californien nördlich von St. Francisco, welche mit warmen Quellen in Verbindung stehen, setzen am Boden Krusten von Borax oder im Schlamme grosse einzelne schwebend gebildete Boraxkrystalle ab.

Lit. G. Bischof, Phys. und chem. Geologie, Bd. II, pag. 47; F. Bischof, Die Steinsalzwerte von Stassfurt, 2. Aufl., 1875; Oehsenius, Die Bildung der Steinsalzlager etc., Halle 1877; Röth, Allgem. und chem. Geologie, Bd. I, pag. 547; Pfeiffer, Zeitschr. f. d. Hütten- u. Salinarwesen, 1885.

**215. Mineralbildungen veranlasst durch Organismen.** Der Uebergang von Substanzen aus dem Zustande der Lösung in den starren Zustand wird häufig durch lebende Organismen oder durch organische Ueberreste hervorgerufen, so dass ein grosser Theil dessen, was jährlich der festen Erdrinde zugeführt wird, auf Rechnung des Einflusses von Organismen kommt.

Am grossartigsten ist die Abscheidung von Kalkearbonat durch die Lebensthätigkeit der Meeresthiere. Unzählige Riffe und Inseln in den Meeren der Tropenzone werden von Korallenthieren aufgebaut und vergrössert. Dana und Darwin haben den Vorgang ausführlich geschildert. Die Ablagerung der Schalen von Mollusken, Echinodermen etc. führt zur Bildung der Muschelbänke in der Nachbarschaft des Festlandes. Die Erforschung der Tiefsee hat gezeigt, dass beständig Schichten eines kreideähnlichen Kalksteines durch Foraminiferenreste gebildet werden.

Das Meerwasser enthält Calcium in der Form von Bicarbonat in geringer, in der Form von Sulfat in grösserer Menge [200]. Durch den Lebensprocess der

Meeresthiere wird in den Schalen und festen Körpertheilen unlösliches Kalkcarbonat abgesetzt. G. Rose hat gezeigt, dass dasselbe zum grösseren Theile Kalkspath, zum kleineren Theile Aragonit sei.

Da sehr viele Kalksteine Ueberreste von Meeresthieren enthalten, andere ganz und gar aus solchen zusammengesetzt sind und alle Uebergänge von diesen zu dichtem Kalkstein vorkommen, so hat sich die Ansicht entwickelt, dass auch die dichten Kalksteine, welche in mächtigen Ablagerungen auftreten, zoogene, d. i. durch thierische Organismen gebildete Meeresskalke seien.

Im Meere kommen auch Algenvegetationen vor, welche als Nulliporen oder Lithothamnien bezeichnet werden, und welche sich durch Ausscheidung von Kalkcarbonat in der äusseren Membran fortwährend incrustiren. Auf solche Weise wachsen ebenfalls Riffe und Kalkbänke. Ein Theil der Kalksteine lässt durch die Textur deutlich diesen Ursprung erkennen, daher man auch phytogene, d. i. durch die Thätigkeit von Pflanzen veranlasste Meeresskalke unterscheidet. Der Vorgang der Abscheidung ist derselbe wie bei der Bildung des Kalktuffes.

Am Ursprung von Quellen und in Bächen, welche reich an Kalkbicarbonat sind, incrustiren sich häufig Algen, Moose und andere Pflanzen mit Kalkcarbonat, was zur Bildung löcheriger Kalksteine führt, welche als Kalktuff bezeichnet werden. Wie Cohn zeigte, erklärt sich der Vorgang daraus, dass die Pflanzen, welche zu ihrer Ernährung der Kohlensäure bedürfen, diese dem Bicarbonat entnehmen, wodurch es zu unlöslichem Carbonat wird und sich auf den Pflanzen absetzt. Auch der Absatz der heissen Quellen von Karlsbad, von Nauheim u. a., der aus Aragonit besteht, lässt Algenvegetationen erkennen.

Kalkphosphat wird nicht selten in der Form von Wirbelthierknochen, welche phosphorsauren und kohlensauren Kalk enthalten, dem Boden einverleibt, wodurch Anlass zur Bildung anderer Phosphate gegeben ist. Auch die als Guano bezeichneten Ablagerungen von Excrementen enthalten Phosphate, welche durch Infiltration in das benachbarte Gestein Gelegenheit zu Neubildungen geben.

Kieselerde wird im amorphen Zustande im Meere durch viele Spongien, Rhizopoden, Radiolarien abgeschieden. Die Bildung von Hornsteinbänken und von Feuersteinknollen wird auf diese Thätigkeit zurückgeführt. Auf dem Festlande werden in dem sumpfigen Boden mancher Gegenden durch Ablagerung der Ueberreste von Diatomeen, welche zierliche Kieselpanzer von mikroskopischer Kleinheit bilden, erdige Schichten abgesetzt. Kieselguhr und Polirschiefer bestehen aus derlei Ueberresten. Auch in Meerbusen und an flachen Seeküsten werden Reste von Diatomeen und Radiolarien abgelagert. Der Absatz von Kiesel-sinter (Geysirit) an den heissen Quellen im Yellowstone-Park erfolgt nach Weid durch den Einfluss von Algen und Moosen.

Auch die Entstehung des Baseneisensteins, welcher ein stark verunreinigtes Brauneisenerz ist, rührt nach Senft von der chemischen Wirkung der Pflanzen her. Die organischen Säuren, welche von denselben ausgeschieden werden, lösen das dem benachbarten Sande anhaftende Eisenoxyd und bilden damit Verbindungen, die schleimige Ueberzüge darstellen. Der organische Theil der letzteren zersetzt sich allmählig in Kohlensäure und Wasser, das Eisenhydrat bleibt in Schichten zurück. Die Bildung der See-Erze in Schweden wird nach den Beob-

achtungen von Ehrenberg, Stapf u. A. von der Thätigkeit niederer Organismen (Algen, Bacterien) abgeleitet, welche innerhalb ihres Körpers Brauneisenerz abscheiden.

Die Ablagerung kohligter Pflanzenreste lässt sich in Gegenden, wo die Torfbildung noch fortschreitet, beobachten. Hier werden die Reste von Pflanzen durch die Wasserbedeckung vor der raschen Verwesung geschützt, jedoch durch Verlust von Wasserstoff und Sauerstoff, welche in der Form von Wasser ausgeschieden werden, in dunkelgefärbte Producte verwandelt. Dass die Braunkohlen auf ähnliche Weise entstanden sind, wird durch die meistens deutliche Pflanzentextur bewiesen. In den Steinkohlen sind Pflanzenformen vielfach durch mikroskopische Beobachtungen erkannt worden. Der Anthracit wird ebenfalls von Pflanzenresten abgeleitet.

In dem verwesenden Weichkörper von Foraminiferen, in Seeigelstacheln etc. bilden sich öfter kleine Pyrithäufchen. Pflanzenreste bringen in eisenhaltigen Wässern häufig einen Niederschlag von Pyrit hervor. In schilfreichen Sümpfen und Teichen bildet sich daher oft ein schwarzer pyrithaltiger Schlamm. In Thonschichten, welche an Düngergruben grenzen, wurde die Entstehung von Pyritadern beobachtet. Wird Wasser, welches ein Sulfat, z. B. schwefelsaures Natrium, ferner ein wenig von einem Eisensalz enthält, mit Holzfasern in einem Gefässe eingeschlossen, so setzen sich mit der Zeit schwarze Flocken von Pyrit ab. Die Holzfaser entzieht dem Sulfat Sauerstoff, das entstandene Schwefelnatrium bewirkt den Niederschlag von Schwefeleisen. Die Pyritbildung erfolgt also durch eine Reduction. Dadurch wird das häufige Zusammenkommen von Pyrit und Steinkohle erklärt, ferner die Erscheinung, dass in verschiedenen Gesteinen, sobald dieselben organische Ueberreste führen, auch Pyrit als Imprägnation vorkommt.

Dass auch die Bildung von salpetersauren Salzen im Boden durch den Einfluss von niederen Organismen erfolgt, ist durch neuere Beobachtungen wahrscheinlich geworden.

Lit. J. D. Dana, Corals and Coral Islands, New-York 1872; Ch. Darwin, Bau und Verbreitung der Korallenriffe, Stuttgart 1876; Cohn, Jahrb. f. Min., 1864, pag. 580; Ramann, Organogene Bildungen der Jetztzeit, Jahrb. f. Min., Beilageband X, p. 119; Senft, Die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen, Leipzig 1862; Roth, Allgem. und chem. Geologie, Bd. I, pag. 596; Winogradsky, Bot. Zeitung, 46. Jahrgang, pag. 262 (1888); Walther, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges., Bd. 37, pag. 329; Weed, American Journ. of sc. [3], Bd. 37, pag. 351; Molisch, Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen, Leipzig 1892.

**216. Veränderung der Minerale.** Durch die lösende Wirkung der circulirenden Wasser werden fortwährend Stoffe aufgenommen, an anderen Stellen des Gesteines abgesetzt oder in den Quellwässern an die Erdoberfläche gebracht. Demnach werden der Erdrinde beständig grosse Stoffmengen sowohl entzogen als auch zugeführt. Das Wasser zersetzt viele der vorhandenen Verbindungen und löst andere vollständig auf. Mit verschiedenen Stoffen beladen, vermögen die circulirenden Wasser Umwandlungen hervorzurufen oder neue schwerlösliche Verbindungen abzusetzen. Der Gebirgsdruck unterstützt die Wirkung des Wassers dadurch, dass

beim Zerquetschen und Verschieben der Gesteinsmassen fortwährend neue capillare Klüfte gebildet werden, welche dem Wasser immer neue Bahnen öffnen. Er modificirt wahrscheinlich auch das Ergebnis der Umwandlung dadurch, dass in grösserer Tiefe unter dem dort herrschenden hohen Drucke oft eine andere Gruppierung der Stoffe eintritt, als unter dem geringen Drucke in der Nähe der Erdoberfläche. Durch Zersetzung, Umwandlung, Neubildung, Verschiebung ändert sich sowohl die mineralogische Beschaffenheit der Mineralmassen als auch häufig deren Textur.

Andererseits vollziehen sich auch Veränderungen, welche von den vorigen verschieden sind, an einzelnen Punkten der Erdrinde durch die aus der Tiefe kommenden Gase und Dämpfe oder durch die hohe Temperatur beim Empordringen eruptiver Massen. Kommen diese mit vorhandenen Mineralen oder Gesteinen in Berührung, so bewirkt oft schon die Erhitzung eine Zerlegung vorhandener Verbindungen, oder es entstehen neue durch Zusammenschmelzen. Auch hier zeigt sich die Veränderung oft durch eine neue Textur an.

**217. Zersetzung.** Man bedient sich dieses Ausdruckes häufig, um die eingetretene, aber noch nicht vollendete chemische Veränderung eines Minerals ohne Rücksicht auf die entstandenen Producte zu bezeichnen. So spricht man von einem zersetzten Feldspath, wofern noch etwas von dem ursprünglichen Mineral bemerkbar ist, aber nicht erkannt werden kann oder nicht angegeben werden soll, welches Mineral aus demselben geworden sei.

Auch bei den Versuchen, chemische Veränderungen der Minerale herbeizuführen, begnügt man sich öfter mit der Thatsache, dass eine solche Veränderung begonnen habe, weil man bloß die Absicht hat, zu constatiren, dass das Mineral unter den gegebenen Umständen veränderlich, dass es zersetzbar sei. Am wichtigsten sind die Versuche mit schwer zersetzbaren Mineralen.

Daubrée untersuchte die Wirkung des reinen Wassers auf Orthoklas  $KAlSi_3O_8$ . Stücke desselben wurden mit Wasser in einen Cylinder gethan, durch dessen Rotation der Orthoklas zu Pulver zerrieben wurde. Während des achttägigen Versuches wurden 3 Percent des Kaligehaltes aus dem Pulver extrahirt und wurde auch Kieselsäure in Lösung gebracht. Kohlensäurehaltiges Wasser wirkte viel schwächer, da es weniger Kali auszog. Die Gebrüder Rogers fanden, dass Silicate wie Feldspath, Hornblende, Chlorit, Serpentin durch kohlensäurehaltiges Wasser angegriffen und dass davon 0.1 bis 0.4 Percent gelöst werden. R. Müller untersuchte die Einwirkung von kohlensaurem Wasser auf mehrere Minerale, welche gepulvert und mit solchem Wasser in Flaschen eingeschlossen wurden. Die Kohlensäure war bei  $3\frac{1}{4}$  Atmosphären Druck eingepumpt. Einige Beispiele der nach 7 Wochen erfolgten Zersetzung sind:

	gelöst wurden	bestehend vorzugsweise aus
Orthoklas $KAlSi_3O_8$ .....	0.328 Perc.	$K_2O$ , dann $SiO_2$
Olivin $(Mg, Fe)_2SiO_4$ .....	2.111	$FeO$ , $MgO$ , $SiO_2$
Serpentin $(Mg, Fe)_3H_4Si_2O_9$ .....	1.211	$MgO$ , $FeO$
Apatit $Ca_5P_3O_{12}Cl$ .....	2.018	$CaO$ , $P_2O_5$
Magnetit $FeO.Fe_2O_3$ .....	1.812	$FeO$ .



Die zersetzende Wirkung des Sauerstoffes auf oxydirbare Minerale lässt sich oft sehr leicht nachweisen, so z. B. beim Eisenspath, dessen Pulver, mit Wasser angereicht, an der Luft allmählig braun wird.

Die Wirkungsweise der schwefeligen Säure  $\text{SO}_2$ , welche bei den vulkanischen Eruptionen eine Rolle spielt [207], wurde von W. Schmidt geprüft. Die schwefelige Säure veranlasst nicht so sehr direct, als nach der Verwandlung in Schwefelsäure  $\text{H}_2\text{SO}_4$  weitgehende Zersetzungen. Aus den verschiedenen Silicaten werden nicht nur  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  etc. ausgezogen, sondern es wird auch viel  $\text{Al}_2\text{O}_3$  extrahirt.

Durch Schmelzen oder durch Eintauchen von Mineralen in heissflüssige Gesteinschmelze werden öfter Zersetzungen hervorgebracht. Granat verwandelt sich nach Descloizeaux durch Schmelzen in Augit und Anorthit. Hornblende wird nach Dölter und Hussak beim zweiten Versuche faserig und umgibt sich mit einer schwarzen Rinde, reich an Magnetit. In solchem Zustande findet sich die Hornblende nach Zirkel häufig in Eruptivgesteinen; auch der dunkle Biotit in solchen Gesteinen ist durch die Erhitzung zersetzt.

Lit. R. Müller, Tschermak's Mineralog. Mitth. 1877, pag. 25. W. Schmidt, ebendas., 2. Folge, Bd. IV, pag. 1. Daubrée, Synthetische Studien z. Experimentalgeologie, pag. 207. Descloizeaux, Manuel de Minéralogie, pag. 277. Dölter und Hussak, Jahrb. f. Min. 1884, Bd. I, pag. 26. A. Becker, ebendas., 1883, Bd. II, pag. 1.

**218. Aufnahme und Abgabe von Stoffen.** Die eingetretene Veränderung besteht öfter in einer blossen Aufnahme von Substanz, so z. B. bei der Verwitterung des Eisenkieses  $\text{FeS}_2$ , welcher an feuchter Luft durch Aufnahme von Sauerstoff und Wasser in Eisenvitriol  $\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$  und in Schwefelsäure  $\text{H}_2\text{SO}_4$  übergeht, oder bei dem Schwarzwerden des Silbers durch Einfluss des Schwefelwasserstoffes, wobei Schwefelsilber  $\text{Ag}_2\text{S}$  entsteht. Durch Aufnahme von Wasser zerfließen (deliquesiren) manche Salze an der Luft, z. B. der Carnallit,  $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , welcher sich dabei in Chlorkalium und in Chlormagnesium zerlegt.

Von den Versuchen mit schwierig veränderlichen Mineralen sind jene wichtig, welche an dem Kaolin  $\text{H}_4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_9$  angestellt wurden. Lemberg hat gezeigt, dass dieses Mineral, welches im allgemeinen sehr widerstandsfähig ist, durch Behandlung mit einer Lösung von Kaliumsilicat oder Natriumsilicat Producte liefert, welche ungefähr die Zusammensetzung  $\text{H}_2\text{KAlSi}_2\text{O}_7$  und  $2\text{H}_2\text{NaAlSi}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$  haben.

Durch Verlust von Substanz verändern sich viele wasserhaltige Salze, indem sie verstäuben [91]. Krystalle von Soda, Glaubersalz, Bittersalz verlieren in trockener Luft ihren Wassergehalt ganz oder theilweise und zerfallen. Ein Beispiel von Wasserverlust ist auch die Verwandlung von Gyps  $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  in Anhydrit  $\text{CaSO}_4$ , welche G. Rose an Pseudomorphosen erkannte, und welche Hoppe-Seyler experimentell verfolgte, indem er Gyps in einer Steinsalzlösung bis  $130^\circ$  erwärmte.

**219. Austausch.** Die meisten chemischen Veränderungen der Minerale lassen sich auf einen Austausch von Stoffen zurückführen. Die Erklärung wird aber wesentlich erleichtert, wenn die Anführung jener Versuche vorausgeht, welche bisher angestellt wurden, um derlei Vorgänge an Mineralen zu veranlassen. Um die Erscheinungen in kürzerer Zeit hervorzurufen, ist es meist nöthig, den Process durch Wärme zu beschleunigen. Das Mineralpulver wird längere Zeit hindurch mit den Lösungen in der Wärme behandelt, schwer veränderliche Minerale werden mit den Lösungen in Glasröhren eingeschlossen und diese höheren Temperaturen (bis zu 200° C.) ausgesetzt.

Bei derlei Versuchen, welche besonders zahlreich von Lemberg ausgeführt wurden, zeigte sich oft sehr deutlich die Wirkung grosser Massen, welche schon seinerzeit Berthollet hervorgehoben hat. Ein Stoff, der, in kleinen Mengen angewandt, keinen Austausch hervorbringt, vermag, in überwiegender Menge angewandt, andere Stoffe aus ihren Verbindungen zu verdrängen.

Einige wichtige Versuche sind:

**Austausch von Basen:**

1. Kali gegen Natron und umgekehrt: Pulver von Leucit  $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$  mit einer Lösung von  $\text{NaCl}$  oder von  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  behandelt, liefert ein Product von der Zusammensetzung  $\text{H}_2\text{NaAlSi}_2\text{O}_7$ , welche dem Analcim entspricht. Letzteres Pulver, mit Lösungen von Kalisalzen behandelt, wird zurückverwandelt, bis es wieder die Zusammensetzung  $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$  hat.

2. Kalk gegen Magnesia: Kalkspath  $\text{CaCO}_3$  mit  $\text{MgCl}_2$ -Lösung behandelt, nimmt  $\text{Mg}$  auf und verliert  $\text{Ca}$ . Wollastonit  $\text{CaSiO}_3$ , mit ebensolcher Lösung behandelt, liefert ein Product von ungefähr der Zusammensetzung  $\text{H}_2\text{MgSiO}_4$ . Hier wird demnach auch Wasser aufgenommen.

**Austausch von Säuren:**

3. Silicate liefern Carbonate: Monticellit  $\text{CaMgSiO}_4$  wird durch Lösungen von kohlensauren Alkalien zerlegt, indem ein Magnesiumsilicat und  $\text{CaCO}_3$  entstehen.

4. Verwandlung von Carbonaten in Silicate bei hoher Temperatur: Kalkspath  $\text{CaCO}_3$  oder Magnesit  $\text{MgCO}_3$  mit einer Lösung von Alkalisilicat im geschlossenen Rohre erhitzt, liefern Ca- oder Mg-Silicat.

5. Verwandlung von Sulfaten in Carbonate: Gyps  $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  mit einer Lösung von  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  behandelt, liefert Aragonit  $\text{CaCO}_3$ . Baryt  $\text{BaSO}_4$  liefert  $\text{BaCO}_3$ .

6. Verwandlung von Chloriden und Fluoriden in Carbonate: Atakamit  $2\text{HO} \cdot \text{Cu}_2 \cdot \text{OHCl}$  mit einer Lösung von Natriumbicarbonat  $\text{HNaCO}_3$  bei gewöhnlicher Temperatur behandelt, gibt Malachit  $2\text{HO} \cdot \text{Cu}_2 \cdot \text{CO}_3$ . Fluorit  $\text{CaF}_2$  mit  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -Lösung in der Wärme behandelt, liefert Calcit  $\text{CaCO}_3$ .

Lit. Bischof, Lehrb. d. chem. u. phys. Geologie, Bd. I. Eichhorn, Poggen-dorff's Ann., Bd. 105, pag. 126. Lemberg, Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch., Bd. 22, 24, 28, 29, 35, 37.

**220. Fällung.** Wenn der Austausch nicht blos einen Theil der vorhandenen Verbindung betrifft, sondern sich auf die ganze Substanz erstreckt, so erscheint

der Vorgang als die Fällung einer in Lösung vorhandenen Substanz durch das starre Mineral, welches gleichzeitig gelöst wird.

7. Fällung von Kieselsäure oder von Silicaten durch Carbonate: Wird eine Lösung von Kieselsäure durch Kalkspathpulver filtrirt, so bleibt die Kieselsäure auf dem Kalkspath, der in entsprechender Menge gelöst wird. Ebenso verhält sich eine Auflösung von Alkalisilicat.

8. Fällung von Carbonaten durch Kalkspath: Wird Kalkspathpulver mit Lösungen von  $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{ZnCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  in kohlensaurem Wasser behandelt, so löst sich der Kalkspath auf, während jene Carbonate sich absetzen, da sie schwerer löslich sind. Vergl. pag. 295.

9. Fällung von Eisenhydrat durch Kalkspath: Wird Kalkspath in die Lösung von  $\text{FeCl}_3$  gebracht, so fällt ein brauner Niederschlag von  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , während der Kalkspath gelöst wird. Bei Anwendung hohen Druckes erhielt Sénarmont bei diesem Versuche einen Niederschlag von wasserfreiem Oxyd  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

**221. Bedeutung der Pseudomorphosen.** Die zuvor angeführten Versuche zeigen, dass Minerale durch die in der Natur circulirenden Stoffe umgewandelt werden können. Dass aber die Minerale derlei Veränderungen thatsächlich erfahren, zeigen die secundären Bildungen überhaupt, in exacter Form beweisen es die Pseudomorphosen. Die äussere Form derselben zeigt an, welches Mineral früher auf der Fundstätte vorhanden war, der Inhalt aber gibt an, welches Product bei der Veränderung jenes Mineralen entstanden ist. Damit ist der Anfangspunkt und das Endresultat des ganzen Vorganges bekannt. Die häufig vorkommenden unvollendeten Pseudomorphosen [77] lassen auch erkennen, dass der Vorgang der Veränderung ein allmählig fortschreitender gewesen sei. Welche Medien die Verwandlung hervorgerufen haben, lässt sich zwar nicht ebenso exact bestimmen, doch erlaubt das Vorkommen der meisten Pseudomorphosen im Gestein und auf den Gängen keine andere Vermuthung, als die eine, dass wässrige Lösungen, also die natürlichen Wässer, die Wirkung ausgeübt haben. Damit ist die Art der Bildung erkannt und sind die ins Spiel kommenden Stoffe wenigstens im allgemeinen bestimmt. Nur wenige Pseudomorphosen, die an Punkten vulkanischer Thätigkeit vorkommen, sind als Resultate der Veränderung durch Schmelzung oder durch Einwirkung der schon früher genannten Gase und Dämpfe anzusehen.

Aus den vorhandenen Beobachtungen ergibt sich, dass Minerale aus fast allen Abtheilungen pseudomorph auftreten, dass also nur wenige Abtheilungen von der secundären Bildungsweise ausgeschlossen sind. Besonders hervorzuheben ist die Thatsache, dass auch Quarz, wasserfreie Silicate, wie Feldspathe, Hornblenden, ferner Magnetit u. s. w., also Mineralgattungen, welche als wesentliche Gemengtheile der ältesten Gesteine vorkommen, unter diesen secundären Bildungen vertreten sind.

Die Versuche der Nachahmung von Pseudomorphosen gelingen öfter, namentlich wenn dem Experimente genügende Zeit eingeräumt wird. Krystalle oder Spaltungsstücke von Gyps werden an einem Faden in die warme Lösung von kohlensaurem Natrium gehängt. Sogleich trübt sich der Gyps, überzieht sich mit einer weissen Rinde, die Veränderung pflanzt sich in das Innere fort, und nach

längerer Zeit ist der Gyps mit Beibehaltung der Form in Aragonit verwandelt. (Vergl. vorige Aufzählung, Nr. 5.) Die Nachahmung der Pseudomorphose von Malachit nach Atacamit lässt sich ausführen, wenn die Krystalle des Atacamits durch einige Jahre in einer Lösung von doppeltkohlensaurem Natrium liegen bleiben (vergl. ebendas. Nr. 6). Schwieriger ist die Nachahmung der Pseudomorphose von Limonit nach Calcit (Nr. 9), weil die entstehende Bildung ziemlich locker ausfällt.

In vielen Fällen ist die Nachahmung des Vorganges nicht ausführbar, wofern das ursprüngliche Mineral nur sehr schwer veränderlich ist, folglich der Versuch sehr lange Zeiträume in Anspruch nehmen würde. Darin liegt aber hauptsächlich die Bedeutung der Pseudomorphosen, dass dieselben auch in einem solchen Falle den Beweis der eingetretenen Veränderung liefern, in welchem die uns zu Gebote stehenden Mittel unvermögend sind, einen ähnlichen Vorgang einzuleiten.

**222. Eintheilung.** Die Pseudomorphosen werden nach ihrer Bildungsweise in zwei Abtheilungen gebracht:

1. Umwandlungs-Pseudomorphosen, d. i. solche, bei deren Bildung die Substanz des ursprünglichen Minerals ganz oder theilweise erhalten bleibt.

Wenn aus einem Mineral eine neues ohne Aenderung der Substanz entsteht, so ist dies eine blosse Umlagerung der Molekel. Dieser Fall kann nur bei polymorphen Substanzen eintreten [171]. Ein Beispiel ist die Pseudomorphose von Calcit nach Aragonit. Scheerer hat solche Bildungen Paramorphosen genannt.

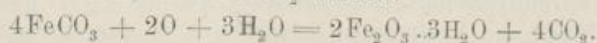
Die übrigen hierhergehörigen Pseudomorphosen sind jene, welche aus dem ursprünglichen Mineral durch Aufnahme, durch Abgabe oder durch Austausch von Stoffen entstanden sind.

Bei der Aufnahme von Stoffen wird auch das Volumen zunehmen, so dass die Form nur sehr unvollkommen erhalten bleibt, z. B. bei der Pseudomorphose von Silberglanz nach gediegen Silber. Pseudomorphosen dieser Abtheilung sind nicht häufig.

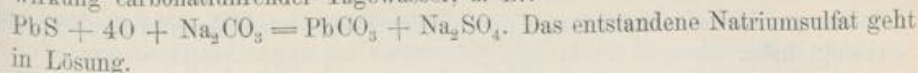
Etwas grösser ist die Anzahl derjenigen, welche durch Abgabe von Stoffen gebildet werden. Das Volumen wird sich in diesem Falle verringern, daher die so entstandenen Gebilde oft locker oder porös aussehen. Ein Beispiel sind die porösen Pseudomorphosen von gediegen Kupfer nach Rothkupfererz  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Dieselben können, wie Knop gezeigt hat, dadurch nachgeahmt werden, dass man das Rothkupfererz mit verdünnter Schwefelsäure behandelt  $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Cu} + \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ . Kupfersulfat geht in Lösung. Aehnlich verhält es sich mit der Pseudomorphose von Rotheisenerz  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  nach Magnetit  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ , wenn aus letzterem durch kohlensaures Wasser das Eisenoxydul ausgezogen wird [217].

Am häufigsten sind die durch Austausch entstandenen Pseudomorphosen. Folgende Beispiele mögen hier genügen:

Siderit  $\text{FeO} \cdot \text{CO}_2$ , verwandelt in Limonit  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Man erklärt sich den Vorgang durch Einwirkung der Tagewässer, die eine Aufnahme von Sauerstoff und Wasser veranlassen, während  $\text{CO}_2$  austritt:



Bleiglanz  $PbS$ , verwandelt in Weissbleierz  $PbCO_3$ . Erklärlich durch die Einwirkung carbonatführender Tagewässer, z. B.:



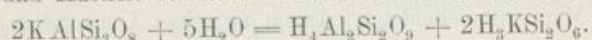
Eisenkies  $FeS_2$ , verwandelt in Göthit  $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ . Entsprechend dem vorigen Beispiele.



Gyps, verwandelt in Aragonit. Die Erklärung wurde in Nr. 5, pag. 308, gegeben.

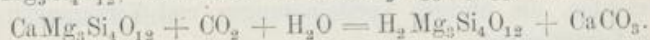
Caleit, verwandelt in Dolomit. Diese Pseudomorphose wird gewöhnlich als eine durch Umwandlung entstandene nach Nr. 2 auf derselben pag. erklärt.

Orthoklas  $KAlSi_3O_8$ , verwandelt in Kaolin  $H_4Al_2Si_2O_9$ . Durch Einwirkung von Wasser und Austritt von saurem Kaliumsilicat zu erklären.



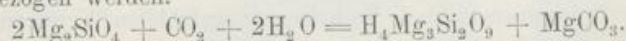
Die ausser dem Kaolin entstandenen Producte werden durch das Wasser abgeführt. Wegen des grossen Stoffverlustes ist die Pseudomorphose ungemein locker und porös.

Tremolit  $CaMg_3Si_4O_{12}$ , verwandelt in Talk  $H_2Mg_3Si_4O_{12}$ . Ein einfacher Vorgang:



Das gebildete Kalkcarbonat wird durch das einwirkende kohlenensäurehaltige Wasser gelöst.

Olivin, verwandelt in Serpentin. Der Einfachheit wegen soll für den Olivin blos das Magnesiasilicat  $Mg_2SiO_4$ , welches den grössten Theil desselben bildet, in Betracht gezogen werden.



Auch hier wird das gebildete Carbonat häufig gelöst.

Leucit  $KAlSi_2O_6$ , verwandelt in Analcim  $H_2NaSi_2O_7$ .

Durch die früher genannten Versuche Lemberg's erklärt.

2. Verdrängungs-Pseudomorphosen sind solche, bei deren Bildung die Substanz des ursprünglichen Mineralen vollständig entfernt wird. Das neugebildete Mineral verdrängt gleichsam das früher vorhandene. Das am häufigsten verdrängte Mineral ist Kalkspath. Beispiele sind:

Gyps in der Form von Steinsalz. Erklärt sich durch das Zusammentreffen einer gesättigten Gypslösung mit Krystallen von Steinsalz, welche von Thon umgeben waren. In dem Maasse, als die Gypslösung Steinsalz auflöst, setzt dieselbe krystallinischen Gyps ab, hier wirkt also der Unterschied der Löslichkeit.

Eisenspath in Form von Kalkspath. Diese Pseudomorphose wird wie die vorige durch das Löslichkeitsverhältnis erklärt [209], sonst wurde dieselbe auch als Umwandlungs-Pseudomorphose aufgefasst.

Quarz in der Form von Caleit. Da Kieselsäure durch Carbonate gefällt wird [220], so ist die Bildung dieser Pseudomorphose auch begreiflich. Wenn ferner Quarz in der Form von Gyps, Fluorit, Bleiglanz vorkommt, so hat man zwei Stadien anzunehmen, erstens die Umwandlung der letztgenannten Minerale in Carbonate, zweitens die Fällung der Kieselsäure durch dieselben.

Limonit oder Rotheisenerz in der Form von Kalkspath. Erklärung pag. 309, Nr. 9. Man nimmt gewöhnlich an, dass die aus Rotheisenerz bestehende Pseudomorphose früher aus Limonit bestand und durch Wasserverlust den gegenwärtigen Zustand erlangt habe.

Ausser den zuvor beim Quarz erwähnten Verdrängungs-Pseudomorphosen gibt es noch andere, welche mehrere Bildungsstadien haben. So z. B. kommen Pseudomorphosen von Limonit nach Kalkspath vor, die, nach deutlichen Merkmalen zu schliessen, zuerst aus Kalkspath, hierauf aus Eisenspath bestanden. Die Umwandlung des letzteren führte erst zu dem gegenwärtigen Zustande.

**223. Bildung der Versteinerungen.** Die Bildung der Versteinerungen lässt sich auf ähnliche oder gleiche Vorgänge zurückführen wie jene der Pseudomorphosenbildung. Man unterscheidet wiederum zwischen Umwandlung und Verdrängung.

Die gewöhnlichen, aus kohlenurem Kalk bestehenden thierischen Ueberreste sind als das Resultat einer Umwandlung durch Verlust der organischen Substanz anzusehen, die kohligen Versteinerungen sind als veränderte Pflanzenreste zu betrachten, die übrigen Versteinerungen und Vererzungen entsprechen zumeist einer Verdrängung.

Die aus Baryt, Eisenspath, Zinkspath, Chalcedon bestehenden Versteinerungen haben die Form der früher erwähnten. Sie bestanden ehemals aus kohlenurem Kalk, der aufgelöst wurde, während die schwerer löslichen Verbindungen an dessen Stelle traten.

Die aus Brauneisenerz und Rotheisenerz gebildeten Vererzungen erklären sich wie die entsprechenden Verdrängungs-Pseudomorphosen; die aus Pyrit und Markasit bestehenden werden zumeist als Resultat einer durch organische Substanz veranlassten Fällung angesehen. In der That sind es zumeist Pflanzenreste, welche durch jene Kiese imprägnirt oder verdrängt erscheinen.

Die verkieselten Hölzer, welche aus Quarz, Chalcedon oder Opal bestehen, lassen sich als Resultat der Einwirkung eines Alkalisilicates auf die faulende Holzsubstanz betrachten, wobei letztere als huminsures Alkali gelöst und Kieselsäure gefällt wurde. Nach Kuntze beginnt jedoch der Verkieselungsprocess schon während der Lebensdauer der Bäume, indem durch die Wurzeln Kieselsäure aufgenommen und in der Pflanze vertheilt wird.

Lit. über Pseudomorphosen und Versteinerungen auf pag. 125 und in den eingangs genannten Werken von Bischof, Blum, Volger und Roth. Ueber Verkieselung: O. Kuntze, Geogenetische Beiträge. Leipzig 1895.

**224. Umwandlung des Gefüges.** Dieselben oder ähnliche Veränderungen wie jene, welche die Pseudomorphosen darbieten, kommen auch in grösserem Maasstabe, also an Gesteinen und Lagerstätten vor. Auch hier bleiben die Umrisse des Ganzen beiläufig oder vollständig erhalten, während der Inhalt eine Wandlung erfährt.

Eine häufig wiederkehrende Erscheinung ist die Veränderung der Textur ohne Aenderung der Substanz, also ein der Paramorphose ähnlicher Vorgang. Man kann mehrere Fälle unterscheiden:

1. Ein klastisches Aggregat verwandelt sich in ein krystallinisches. Als Beispiel kann die Verwandlung von Quarzsandstein in Quarzit dienen. Die Quarzkörner mancher Sandsteine zeigen ein Fortwachsen, indem neuerdings abgesetzter durchsichtiger Quarz an die Körner in paralleler Stellung angelagert wird und an freien Stellen Krystallflächen oder auch vollständige Krystallformen ausgebildet werden, Fig. 393. Dort aber, wo die Quarzkörner enger aneinander liegen, nimmt das Fortwachsen ein Ende, sobald die Zwischenräume ausgefüllt sind, worauf das Ganze ein krystallinisch-körniges Gefüge zeigt, Fig. 394. Auch Feldspathkörner und Partikel anderer Silicate zeigen öfter die Erscheinung des Fortwachsens. Dadurch erklärt sich die Umbildung alter Sandsteine (Grauwacken) und Thonschiefer in krystallinische Felsarten.

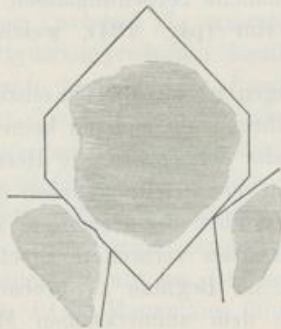
2. Eine amorphe Masse wird krystallinisch. Diese Erscheinung, welche die Verwandlung von Obsidian, Perlit und Pechstein in feinkrystallinische Massen betrifft, wurde schon früher [76] erwähnt.

3. Dichte Minerale und Gemenge nehmen ein deutlich krystallinisches Gefüge an. Ein Beispiel gibt dichter Kalkstein, welcher in der Nähe der Contactgrenze in körnigen Marmor verwandelt erscheint [194]. In diesem Falle wird die Veränderung auf Hitzewirkung auf den mit Wasser durchtränkten Kalkstein zurückgeführt.

Andere Beispiele geben Steinsalz, Gyps, welche in den gegenwärtig gebildeten Absätzen der Salzseen fast dicht, in den älteren Ablagerungen deutlich krystallinisch bis grobkörnig erscheinen. Die Veränderung ist nachzuahmen, wenn man das Pulver löslicher Salze anfeuchtet und längere Zeit stehen lässt. Die Masse wird deutlich krystallinisch. Dem entspricht auch die Wahrnehmung, dass neu gebildete Kalkabsätze gewöhnlich dicht erscheinen, während die Kalksteine der älteren Schichten krystallinisch sind. Die Aenderung des Gefüges ist in den letzteren Fällen durch die Einwirkung der concentrirten Lösung zu erklären [210]. Es entsteht sozusagen ein Kampf ums Dasein, indem von den ursprünglich vorhandenen sehr kleinen Individuen die einen sich vergrössern, während andere zurückbleiben oder aufgelöst werden.

Lit. Zirkel, Lehrb. d. Petrographie, Bd. I, pag. 158 u. 579. A. Knop, Jahrb. f. Min. 1874, pag. 281. Irving, American. Journ. of science, 3. Serie, Bd. 25,

Fig. 393.



Durchschnitt eines Quarzkrystals aus dem Braunkohlen-Sandstein von Karlsbad, Böhmen. 10mal vergrössert.

Fig. 394.



Durchschnitt einer Partie desselben Sandsteines. 4mal vergrössert. Die ursprünglichen trüben Quarzkörner sind in beiden Figuren durch eine Schraffirung angezeigt.

Nr. 9.  
morphose  
standhosen  
mmen  
Merk-  
t. Dielässt  
eudo-  
Ver-eber-  
schen  
nzen-  
achenngen  
urem  
essenlären  
und  
stanz  
eleheehen,  
ende  
esel-  
chon  
auf-den  
Ver-ngen  
erem  
Um-  
eine

pag. 401. V. Ann. Report U. S. Geol. Survey 1885, pag. 218. Vanhise, American. Journ. Bd. 27, pag. 399, und Bd. 33, pag. 385. O. Lang, Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellsch., Bd. 33, pag. 217. Judd, Journ. geol. Soc. Bd. 45, pag. 175 (1880).

**225. Umwandlung der Substanz.** Die chemische Metamorphose, welche an den Umwandlungs-Pseudomorphosen erkannt wird, ist keine locale Erscheinung, welche bloß an einzelnen Individuen und an einzelnen Fundstätten der Minerale eintritt, sondern dieselbe lässt sich in sehr verschiedener Ausdehnung fast allenthalben beobachten. Bisweilen sind es grössere Mineralmassen, welche der Umwandlung unterliegen. Ein Beispiel ist die Umwandlung von Kalkstein in Dolomit, welche sich oft an grossen Strecken im Gebirge nachweisen lässt, oder die Umwandlung von Olivinfels in Serpentin, welche man an ausgedehnten und mächtigen Serpentinlagern erkennen kann. In diesen Fällen zeigt das Umwandlungsproduct öfter noch Reste des ursprünglichen Zustandes. So kommen im Dolomit oft Reste von dem Kalkstein vor, welcher die Veränderung zu Dolomit erfuhr. Häufig aber ist die Umwandlung vollständig und keine Spur von dem Urmineral zu entdecken, wie dies manche Serpentinmassen zeigen. Hier ist es aber die eigenthümliche Maschentextur (pag. 124), welche die Entstehung aus Olivin beweist.

In den Mineralgemengen ist oft nur ein einziges Mineral oder es sind einige der Minerale verändert, während alle anderen keine Umwandlung erkennen lassen. So z. B. ist im Centralgneiss der Tauern die Hornblende bei ziemlich guter Erhaltung der Form in Biotit verwandelt, während der Feldspath und Quarz frisch erscheinen. Diese bloß einen Theil des Gemenges befallende Veränderung ist eine in sehr vielen älteren Felsarten verbreitete Erscheinung, sie ist aber auch in jüngerem Gestein vielfach im Beginne zu beobachten, so dass die chemische Veränderung der Minerale dem aufmerksamen Mikroskopiker allenthalben entgentritt.

Zu den meist verbreiteten Umwandlungen gehören vor allen jene der Silicate. Früher war fast nur die Umwandlung in wasserhaltige Verbindungen bekannt, z. B. die Verwandlung der Feldspathe in Glimmer, in Epidot, in Zeolithe, oder die Veränderung der Augite und Amphibole zu Glimmer oder zu Chlorit, allmählig wurden aber auch Umwandlungen, welche wasserfreie Silicate liefern, erforscht, wie die Verwandlung von Augit in Hornblende, von Olivin in Anthophyllit und Hornblende, von Leucit in Orthoklas etc.

**226. Verwitterung.** Jene Umwandlung, welche die Minerale unter dem Einflusse der Atmosphärien und der Tagewässer erleiden, pflegt man als Verwitterung zu bezeichnen. Die in der Atmosphäre und den Tagewässern enthaltenen wirkenden Stoffe: Sauerstoff, Kohlensäure, Wasser, verändern die Substanz vieler Minerale, worauf die entstandenen löslichen Verbindungen durch das Wasser weggeführt werden, die unlöslichen oder schwerlöslichen Zersetzungsreste aber zurückbleiben und später oft weggeschwemmt werden. Die Zersetzungsproducte sind häufig wasserhaltige und befinden sich, wenn eine Steigerung möglich war, ge-



wöhnlich in dem höchst oxydirten Zustande. Die Zersetzung wird oft auch durch die Humussäuren unterstützt, welche sich bei der Verwesung der Pflanzenreste im Boden bilden.

Die chemische Veränderung ist häufig von einer mechanischen Umgestaltung begleitet, weil durch das Zerfriren, durch Auflösung der als Bindemittel fungirenden Minerale u. s. w. der Zusammenhang des Gesteines aufgehoben wird und gleichzeitig durch den Gebirgsdruck Verschiebung, durch das Wasser Abschwemmung und Umlagerung eintritt. Die Verwitterung hat also häufig die Zerkleinerung und den Transport des Gesteinsmaterials zur Folge.

Bei der Verwitterung überwiegt bald die Oxydation, bald wieder die Auslaugung. Eine sehr häufige Oxydation ist die Verwandlung des Eisenspathes in Limonit, ferner die Verwandlung des Pyrits und Markasits an der Luft in Eisenvitriol und Schwefelsäure, im Boden aber, welcher Carbonate enthält, in ein Brauneisenerz (pag. 311). Eine Auslaugung ist die Verwandlung des Feldspathes in Kaolin. Andere Minerale, wie Albit, Beryll, Glimmer, verwittern auch zu Kaolin, Thonerdehaltiger Augit zu einem damit ähnlichen erdigen Mineral. Tremolit verwittert zu Talk (pag. 311), ebenso der Bronzit, Diallag.

Wenn Tagewässer auf Klüften hinabsickern, so dringt die Verwitterung in etwas grössere Tiefen. Der Weg, welchen die sauerstoffbringenden Wässer eingeschlagen haben, ist an den Oxydationsproducten deutlich zu erkennen. Allmählig hört jedoch die Erscheinung auf, nachdem die herabsickernden Wässer allen freien Sauerstoff abgegeben und sich in Lösungen verwandelt haben, und es beginnt der Bereich jener Vorgänge, bei welchen mannigfache Umwandlungen ohne Oxydation eintreten. Erzgänge und Erzlagerstätten überhaupt erscheinen am Ausgehenden, d. i. sowohl an der Erdoberfläche als auch tiefer hinab, soweit der Einfluss der Tagewässer reicht, durch die Verwitterung stark verändert. Die hier gebildeten, meist unförmlichen Producte nennt der Bergmann den Hut. Gänge und Lagerstätten, welche Eisenspath, Pyrit, Magnetkies führen, haben einen Hut von Brauneisenerz, einen „eisernen Hut“. Kupferkiesgänge tragen auch den eisernen Hut, jedoch ist er durchsetzt von basischen Kupfersalzen wie Malachit, Azurit. Silbererzgänge haben einen Hut, in welchem der frühere Silbergehalt häufig als Hornsilber (Silberchlorid) abgeschieden ist.

**227. Verdrängung.** Auch die Erscheinungen der Verdrängung treten öfter in grösserem Umfange auf, indem ganze Lagerstätten durch einen vollständigen Austausch gebildet erscheinen. Da der Kalkspath am häufigsten der Verdrängung unterliegt, so kommen die meisten in solcher Weise entstandenen Lagerstätten im Kalkstein oder an der Grenze des Kalksteins vor; zuweilen ist der Kalkstein ganz verschwunden und dessen frühere Gegenwart nur aus der Beschaffenheit der Neubildung erkennbar.

Hierher gehören die früher [194] genannten Contactbildungen im Kalkstein und viele Lagerstätten von Eisenspath, Zinkspath, Brauneisenerz, Rotheisenerz, auch von Manganerzen, ferner die Bleiglanz- und Blendelagerstätten im Kalkstein, welche oft von Dolomit begleitet sind. Der Beweis der geschehenen Verdrängung lässt sich öfter durch Pseudomorphosen oder Versteinerungen, häufiger aber durch

Ame-  
chr. d.  
3d. 45.

che an  
einung.  
minerale  
allent-  
r Um-  
olomit.  
e Um-  
mäch-  
lungs-  
olomit  
erfuhr.  
ninerale  
er die  
Olivin

einige  
lassen-  
er Er-  
frisch  
st eine  
ch in  
nische  
ent-

r Sili-  
en be-  
olithe,  
hlorit,  
n. er-  
Antho-

n Ein-  
terung  
wirk-  
vieler  
weg-  
rück-  
sind  
c. ge-

die Erscheinungen an den Grenzen der Lagerstätte führen. Hier sind es namentlich bestimmte Uebergänge, ferner die Spuren des Eindringens der Neubildung in die Absonderungen des Gesteines und die Merkmale der eingetretenen Auflösung des Kalksteines, welche den Vorgang errathen lassen. In Eisenspathlagerstätten wird der Uebergang zum Kalkstein häufig durch den calcium- und eisenhaltigen Ankerit gebildet.

Wegen der grossen Verbreitung sind auch jene Verdrängungen wichtig, welche in einem Absatze von Quarz an Stelle von Kalkspath bestehen. In den Quarzadern der Phyllite und der krystallinischen Schiefer der Alpen ist diese Erscheinung häufig zu beobachten. Auch die Verdrängung von Kalkspath durch Chlorit und andere Silicate ist nicht selten.

In der Ackererde, welche eine bunte Mischung verschiedener fein zerkleinerter Minerale darstellt, machen sich die Erscheinungen der Verwitterung, Umwandlung und Verdrängung in mannigfacher Weise geltend, jedoch erscheinen dieselben durch die Oberflächenwirkung der fein zerkleinerter Stoffe (Feinerde), durch den Wechsel der Feuchtigkeit, durch die Gegenwart von Organismen und von Organismenresten modificirt. (S. Orthoklas, Thon und Nitrate im spec. Theile.)

**228. Kreislauf der Stoffe.** Mehrere allgemein verbreitete Stoffe bieten das Schauspiel einer beständigen Wanderung und wiederholter Rückkehr zu demselben Zustande, wie wir es beim Wasser am deutlichsten beobachten.

So wie dieses durch die Verdampfung in die Atmosphäre aufgenommen wird, um wieder aus derselben zur Erde zurückzukehren und hier theils direct an die tiefsten Stellen abzufließen, theils eine Wanderung in der Erdkruste zurückzulegen, um wieder in den Quellen zum Vorschein zu kommen, wie das Wasser hier von Mineralen gebunden, dort von Mineralen abgegeben wird, wie es von Organismen aufgenommen und von diesen theils im Leben, theils nach dem Absterben wieder zurückerstattet wird, so bemerken wir beim Kohlenstoff einen Kreislauf, indem wir erkennen, dass die Kohlensäure aus der Atmosphäre von den Organismen aufgenommen, hierauf theils im Leben, theils nach dem Absterben wieder als Kohlensäure an die Atmosphäre zurückgegeben, theils aber in den fossilen organischen Ueberresten dem Boden einverleibt wird, um erst nach langen Zeiträumen durch Oxydation theilweise an die ursprünglichen Stellen zurückversetzt zu werden.

Ebenso lässt sich beim Sauerstoff in manchen Fällen eine kreisende Bewegung erkennen, da derselbe im Gebiete der Minerale bei Oxydationen aufgenommen und bei folgenden Reductionen wieder ausgeschieden wird, da derselbe ferner durch die Respiration der thierischen Organismen in Kohlensäure übergeführt, hingegen bei dem Lebensprocess der Pflanzen wieder freigemacht und der Atmosphäre wiedergegeben wird. Beim Stickstoff ist gleichfalls ein Kreislauf zu bemerken, dessen längerer Weg innerhalb der Organismen zurückgelegt wird.

Stoffe, welche nicht in den gasförmigen Zustand eintreten, zeigen blos engere Kreise der Verwandlung. Dafür gibt uns das Calcium, wenn es hier aus dem Kalkstein aufgelöst und durch die strömenden Wässer dem Meere zugeführt, dort von den Korallenthieren aufgenommen und wiederum als Kalkstein abgesetzt wird.

ein Beispiel. Ebenso Gyps und Steinsalz, welche von den im Meere abgesetzten Schichten in feinen Partikeln eingeschlossen und später nach der Trockenlegung dieser Schichten wieder durch die Wässer ausgelaugt und dem Meere zugeführt werden.

Dieses theilweise Wiederkehren in denselben Zustand ist eine nothwendige Folge der Wanderung der Stoffe durch die verschiedenen möglichen Aggregatzustände und chemischen Verbindungen, also eine Erscheinung, welche den Stoffumsatz auf und in der Erdrinde begleitet, welche aber nur für eine geringe Zahl von Stoffen erweislich ist.

Für die übrigen Stoffe lässt sich bloß die Möglichkeit hinstellen, dass in langen Zeiträumen der Erdbildung eine Wiederkehr zum ursprünglichen Zustande eintritt, indem die allgemeine Tendenz, die schwerst löslichen Minerale zu bilden, den sedimentären Schichten viele Verbindungen einverleibt, welche dort eine Rückbildung erfahren können.

Lit. über die chem. Veränderungen der Minerale im Grossen in den genannten Werken von Bischof, Groddeck, Volger, Zirkel, Roth, ferner Detmer: Die naturwiss. Grundlagen der Bodenkunde, 1876.

## VI. Classification.

**229. Vergleichung, Unterscheidung.** In ähnlicher Weise, wie wir im gewöhnlichen Leben unsere Erfahrungen im Gedächtnisse aufbewahren und ordnen, sammeln wir auch die Erfahrungen der einzelnen wissenschaftlichen Gebiete und ordnen sie nach bestimmten Regeln systematisch an. Diese Regeln entsprechen den empirischen Gesetzen des Denkens, sie sind logische Regeln, die sich immer gleich bleiben. Die Thätigkeit des Ordnen aber nimmt mit dem Fortschritte der Wissenschaft allmählig andere Formen an. In der naturwissenschaftlichen Classification lassen sich vier Stufen der Entwicklung erkennen:

1. Vergleichung, Unterscheidung, Bezeichnung,
2. Aufstellung künstlicher Systeme,
3. Bildung des natürlichen Systemes,
4. Darstellung des genetischen Zusammenhanges.

Wenn wir uns Erscheinungen an Mineralen einprägen, so werden wir, so wie bei den Wahrnehmungen des gewöhnlichen Lebens, immer jene Beobachtungen mit einander verbinden, welche sich auf Körper beziehen, die einander gleich oder ähnlich sind. Da eine vollständige Gleichheit niemals vorkommt, so genügt es, weiterhin bloß von Aehnlichkeit zu sprechen. Wir werden demnach, um ein Beispiel zu nennen, alle Eigenschaften, welche seit jeher an Kalkspathstufen beobachtet wurden, mit einander vereinigen, nachdem wir festgestellt haben, dass alle diese Körper ähnlich sind. Die Summe der wahrgenommenen Eigenschaften bildet sodann den Begriff eines Mineralen, also hier des Kalkspathes. Ein solcher Begriff soll künftig als Gattung bezeichnet werden.

Unsere Thätigkeit bei der Bildung solcher Begriffe ist aber eine zweifache. Wir bemühen uns erstens, die Aehnlichkeit zu finden, indem wir die Körper vergleichen und darauf achten, ob in jenen Merkmalen, welche wir nach unserer



Erfahrung als wesentliche betrachten, Uebereinstimmung herrscht, mag auch in unwesentlichen Eigenschaften die Uebereinstimmung fehlen. Diese Thätigkeit ist ein Auffassen und Sammeln des Aehnlichen, sie wirkt synthetisch.

Wir sind aber zweitens bemüht, von unserer Aufsammlung alles auszuscheiden, was in den wesentlichen Eigenschaften keine Uebereinstimmung zeigt, indem wir besonders jene Merkmale prüfen, in welchen häufig Unterschiede gefunden werden. Dieses Aufsuchen der Unterschiede, dieses Absondern dessen, was nicht zu dem Begriffe gehört, ist eine analytische Thätigkeit, welche der vorigen entgegengesetzt ist und ihr zur Controle dient. Wir sind gewöhnt, auf diese mehr absichtliche Thätigkeit das grössere Gewicht zu legen und zu sagen, die Bildung der Begriffe beginnt mit der Unterscheidung.

Wir fixiren ferner die Begriffe durch die Sprache, indem wir dieselben mit Namen verknüpfen oder, wie man in Kürze sagt, indem wir die Mineralgattungen benennen. Dabei achten wir auf Bestimmtheit des Ausdruckes, indem wir jeder Gattung eine besondere Bezeichnung widmen, so dass niemals zwei wesentlich verschiedene Minerale denselben Namen erhalten.

**230. Künstliche Systeme.** Für den wissenschaftlichen Verkehr würde es hinreichen, die Gattungen unterschieden und bezeichnet zu haben, wenn nicht die Zahl derselben so zugenommen hätte, dass das Aufsuchen der einzelnen Gattungsbeschreibungen sehr erschwert wäre und jede Uebersicht verloren ginge. Hieraus ergibt sich das Bedürfnis einer Gliederung des ganzen Schatzes der Erfahrungen, welche so beschaffen sein soll, dass die Orientirung möglichst erleichtert wird. Diese aufs Praktische gerichtete Eintheilung wird erhalten, wenn die Gattungsbegriffe gemustert und immer solche zusammengestellt werden, welche in einer bestimmten Beziehung eine Aehnlichkeit darbieten. Die Abtheilungen, welche man so erhält, können als Ordnungen bezeichnet werden.

Die Vergleichung und Unterscheidung hat nunmehr einen weiteren Schritt gethan, sie hat den Ueberblick erleichtert und ein Fachwerk angelegt, in welchem die Gattungsbegriffe nach einer bestimmten Regel vertheilt werden. Nach demselben Principe lässt sich aber die Uebersichtlichkeit noch erhöhen, wenn auch die Ordnungen in der vorigen Weise verglichen und schliesslich in Classen eingetheilt werden.

Das Fortschreiten der Classification in diesem Sinne führt sonach zu einem vollständigen System, und zwar zu einem solchen, welches ein künstliches System genannt wird, weil das Princip der Eintheilung ein von vornherein bestimmtes, also gleichsam willkürlich angenommenes ist. Als ein consequent ausgebildetes künstliches System erscheint jenes von Linné, welches die Pflanzen meist nach den Zahlenverhältnissen der Blüthentheile classificirt, ebenso das chemische Mineralsystem von Berzelius, welches die Classification der Minerale nach den chemischen Bestandtheilen durchführt.

**231. Natürliches System.** Die Vermehrung der Gattungsbegriffe regt auch ein wissenschaftliches Bedürfnis an, welches darauf beruht, dass wir uns im allgemeinen gedrängt fühlen, den Zusammenhang, welcher unserem Denken

eigenthümlich ist, in die Aussenwelt zu versetzen, folglich überall einen Zusammenhang anzunehmen. Nachdem also die zahlreichen Gattungen scharf unterschieden sind, macht sich das Streben geltend, den Zusammenhang derselben wieder kenntlich zu machen und dieselben so anzureihen, dass durch die Zusammenstellung alle natürlichen Beziehungen offenbar werden.

In diesem Falle wird die Aehnlichkeit nicht in einer voraus bestimmten Hinsicht an den Gattungen durchgeprüft, sondern die Gattungen werden so gruppiert, dass sich jene zusammenfinden, welche in allen ihren Eigenschaften Aehnlichkeiten und Beziehungen erkennen lassen, und beim Zusammenfassen jeder Gruppe wird auf jene Eigenschaft das Hauptgewicht gelegt, welche gerade in diesem Bereiche den Zusammenhang begründet. Jede Gruppe hat also ihre eigene Classification, welche sich aus ihrer inneren Beschaffenheit ableitet.

Ein solches System, welches gleichsam von innen heraus aufgebaut wird, heisst ein natürliches System. In jedem Wissensgebiete ist nur ein einziges natürliches System möglich, wiewohl die Aufeinanderfolge der Gruppen von verschiedenen Autoren verschieden dargestellt wird.

In der Mineralogie kennen wir bereits eine ziemlich grosse Anzahl solcher Gruppen, wie die Feldspathe, Glimmer, Chlorite, Zeolithe, Fahlerze, Vitriole u. a. Sie finden sich zum Theile schon in den Systemen von Mohs und Breithaupt, obwohl diese einseitig gebildet sind, indem die chemische Beschaffenheit unberücksichtigt blieb.

Lit. Mohs, Naturgesch. des Mineralreiches, Bd. I (1836), pag. 315. Whewell, Geschichte der inductiven Wissenschaften, übers. von J. v. Littrow, 3. Theil (1841), pag. 213. Kobell, Geschichte der Mineralogie, 1864. Mill, System der deductiven u. inductiven Logik, übersetzt von Gomperz (1873), Bd. III, Buch IV, Cap. 6 und 7.

**232. Genetischer Zusammenhang.** Die Betrachtung der Natur, welche dem natürlichen und allen künstlichen Systemen zu Grunde liegt, ist blos auf den gegenwärtigen Zustand der Dinge, blos auf das Sein gerichtet, und jene Systeme stellen die einzelnen Minerale sowie die Gattungen, Gruppen etc. gleichsam blos räumlich zusammen. Da wir aber beim Sammeln der Erfahrungen diese auch beständig nach der Zeitfolge anordnen, so fühlen wir uns genöthigt, überall auch einen zeitlichen Zusammenhang anzunehmen. Die zeitliche Aufeinanderfolge der Erscheinungen wird uns aber erst dann begreiflich, wenn sie mit unserer eigenen Willensfolge übereinstimmt oder, wie man zu sagen pflegt, wenn sie dem Principe der Causalität entspricht. Wir suchen daher die Erscheinungen in der Folge von Ursache und Wirkung anzuordnen, so dass jeder Zustand sich mit Nothwendigkeit aus dem früheren ergibt.

Wenn ein Mineral aus einem früher gebildeten hervorgeht, so ist das Verhältnis der beiden von zweierlei Art. 1. Das neue Mineral ist dieselbe Substanz wie das alte, besitzt jedoch in Folge der Umbildung meist eine etwas andere Form oder Textur. So z. B. entsteht aus dem dichten Kalkstein krystallinischer Kalkspath. In diesem Falle ist das secundäre Mineral mit dem primären wesentlich gleich, und es besteht kein Zweifel darüber, dass die beiden Minerale zusammen

geordnet werden müssen. 2. Das neue Mineral ist von dem alten substanziiell verschieden. Bei der Umbildung haben fremde Substanzen eingewirkt und ein Product geschaffen, welches mit dem ursprünglichen Minerale keine Aehnlichkeit besitzt. So z. B. entsteht aus dem Eisenspath durch Einwirkung von Sauerstoff und Wasser ein Limonit. In solchem Falle besteht zwischen der primären und der secundären Bildung bloß ein entfernter Zusammenhang, weil neue Stoffe eintreten. Man gelangt also hier bei der Betrachtung der genetischen Folge aus der Hauptreihe in eine Nebenreihe. So lange aber die Classification in der Form einer einzigen Reihe fortschreitet, kann der letztere genetische Zusammenhang in derselben nicht zum Ausdrucke kommen.

**233. Wesentliche Eigenschaften.** Bei der ersten Eintheilung der Minerale wählt man als Merkmale jene Eigenschaften, von welchen die meisten anderen abhängen, welche also das Wesen des Mineralen begründen: es sind die chemischen, die substanziiellen Eigenschaften. Diese selbst sind aber nach der heutigen Anschauung wieder abhängig: 1. von der Art und dem Mengenverhältnis der enthaltenen Grundstoffe oder der empirischen Zusammensetzung; 2. von der Lagerung der kleinsten Theilchen, der rationellen Zusammensetzung oder chemischen Constitution. Das mehr direct Erkennbare ist aber die empirische Zusammensetzung, daher dieselbe die erste Grundlage der Unterscheidung bildet.

Von der empirischen Zusammensetzung hängt erstlich das chemische Verhalten jedes Mineralen ab. Jeder Unterschied, welcher hier stattfindet, bedingt eine durchgreifende chemische Verschiedenheit, welche gewöhnlich schon durch einfache Versuche constatirt werden kann. Jeder einfache Stoff und jede chemische Verbindung hat einen bestimmten, scharf umschriebenen Charakter, daher die chemischen Merkmale im Principe keine graduellen, sondern immer totale Unterschiede angeben. Von der empirischen Zusammensetzung hängen aber auch bis zu einem gewissen Grade die physikalischen Eigenschaften ab, wie das specifische Gewicht, die Härte, die Art des Glanzes, bei den idiochromatischen oft die Farbe. Auch die Krystallform ist theilweise davon abhängig, was die Thatsachen der Isomorphie genügend andeuten. Diese Abhängigkeit ist zwar nur eine bedingte, weil noch andere Momente mitwirken, aber die Hauptrolle spielt hier überall die chemische Zusammensetzung.

Die zweite Grundeigenschaft, von der wiederum viele andere abhängen, ist die Art der Krystallisation oder überhaupt des Aggregatzustandes. Der Krystallbau der Individuen bedingt alle jene Unterschiede in den physikalischen Eigenschaften, welche an Richtungen geknüpft sind, also die Verschiedenheiten der äusseren Form, wenn diese zur Ausbildung gelangt ist, ferner jene der Cohäsion, der Lichtbrechung, Absorption, überhaupt des optischen Verhaltens, ebenso des thermischen, magnetischen Verhaltens u. s. w. Auch das specifische Gewicht ist theilweise von der Krystallisation abhängig, wie es die Unterschiede des specifischen Gewichtes heteromorpher Minerale darthun.

**234. Gattung und Art.** Die Vereinigung der Minerale von gleichen wesentlichen Eigenschaften führt zu Begriffen, die gegen einander scharf abge-

grenzt sind und zwischen welchen im Principe keine Uebergänge stattfinden. Für einen solchen Begriff hätte man praktischerweise den Ausdruck Gattung zu gebrauchen, für die Abtheilungen derselben, zwischen welchen Uebergänge stattfinden können, die Bezeichnung Art. Dies wird auch in der Folge hier geschehen,<sup>1)</sup> daher z. B. der Quarz, der Hämatit als Gattungen bezeichnet werden, der Amethyst, der Porphy Quarz als Arten des Quarzes, der vulkanische Eisenglanz, der rothe Glaskopf als Arten des Hämatits angeführt werden.

Eine Mineralgattung ist sonach der Inbegriff aller jener Minerale, welche in der chemischen Zusammensetzung und in der Krystallisation übereinstimmen. Jede Gattung ist demnach eine besondere Substanz oder sie ist eine besondere Krystallisation derselben Substanz. Die Gattung ist ein für jede Art der Systematik für die künstliche und die natürliche Anordnung gleich brauchbarer Begriff, auch für die genetische Anordnung bietet derselbe eine sichere Grundlage, da eine bestimmte chemische Verbindung nur aus einem bestimmten Mengenverhältnis bestimmter Grundstoffe hervorgegangen sein kann, da ferner auch bei den polymorphen Substanzen jede Krystallisation scharf normirt und oft mit einer bestimmten Entstehungsweise verknüpft ist.

Die Unterabtheilung der Gattung in Arten muss einem anderen Principe folgen. Da wir wissen, dass dieselbe chemische Verbindung auf sehr verschiedenen Wegen entstehen kann, so wird es zunächst die verschiedene Art der Bildung sein, welche einen ferneren Eintheilungsgrund darbietet.

Unter einer Mineralart werden demnach hier jene Minerale verstanden, welche derselben Gattung angehören und auch die gleiche Bildungsweise erkennen lassen. Die Bildungsweise kann allerdings nur in wenigen Fällen direct beobachtet werden. Doch wissen wir nach vielen Erfahrungen, dass jede Bildungsweise dem Mineral eine ziemlich bestimmte Textur oder äussere Ausbildung verleiht [204]. Demgemäss hat man schon anfänglich durch den gewöhnlichen Sprachgebrauch viele der Arten ganz gut unterschieden. Beispiele sind Kalksinter, Schaumkalk, Bergmilch, Kreide, welche alle zur Gattung Kalkspath gehören.

Die Unterscheidung der Arten erfolgt also nach der typischen Krystallausbildung, nach der Textur, der Aggregation, der äusseren Form der Aggregate etc., wofern sich darin eine Verschiedenheit der Bildung ausspricht. Hausmann hat zuerst auf diese Unterabtheilung der Gattungen aufmerksam gemacht und dafür den Ausdruck Formation gebraucht, ohne jedoch die genetische Bedeutung anzuerkennen.

<sup>1)</sup> Es ist dies ein Vorgehen, welches, wenn auch nicht jetzt, so doch vielleicht in späterer Zeit eine allgemeinere Aufnahme finden dürfte, sobald die Forschung der naturgeschichtlichen Behandlung unserer Wissenschaft wieder eine grössere Aufmerksamkeit zuwendet und die Bezeichnung der Abtheilungen conform derjenigen gestaltet, welche in den übrigen Theilen der Naturgeschichte seit jeher üblich ist. Bisher nannte man in der Mineralogie dasjenige, was hier Gattung genannt wird, Species. Eine Gattung gab es nicht, oder es wurden, um Gattungen zu bilden, sehr differente Minerale zusammengestellt, z. B. der Anhydrit und der Kryolith in dem Mohs'schen Systeme. Dagegen pflegte man dasjenige, was hier Art genannt wird, als Varietät zu benennen. Die Folge davon war, dass man die »Varietäten« geringschätzig behandelte und glaubte, dass deren Unterschiede, welche meist genetischen Ursprunges sind, nichts zu bedeuten haben.



Weil die Umstände der Bildung im Principe keine scharfe Trennung erlauben, so werden öfter Uebergänge zwischen jenen Abtheilungen, die als Arten bezeichnet werden, bemerklich sein.

An vielen Arten lassen sich noch Unterschiede wahrnehmen, welche mehr zufällig sind, so z. B. Verschiedenheiten der Farbe, untergeordnete Verschiedenheiten der Form etc. Man kann daher auch noch Varietäten unterscheiden, wie z. B. an der Art Amethyst den pyramidal ausgebildeten, den rhomboëdrisch aussehenden, den violetten, den farblosen etc.

Lit. Beudant, *Traité élém. de minéralogie*, Paris 1824. Hausmann, *Handb. d. Mineralogie*, Bd. I, pag. 662 (1828). Naumann, *Jahrb. f. Min.*, 1844, pag. 641. Mill, *Ind. Logik*, Buch IV., Cap. 7.

**235. Classification der Mischungen.** Die Mischkrystalle und die isomorphen Mischungen überhaupt liefern einen Fall, in welchem die scharfe Begrenzung der Gattung aufhört und eine mehr willkürliche Eintheilung platzgreift. Da man erst allmählig zur Kenntniss dieser Mischungen gelangte, so befolgt die Classification derselben kein vorausbestimmtes Princip, sondern ist mehr von dem Herkommen abhängig. Isomorphe Reihen, welche Mischungen zweier Substanzen sind, erfahren gewöhnlich eine Dreitheilung. So nennt man die Verbindung  $Mg_2SiO_4$  Forsterit, die Verbindung  $Fe_2SiO_4$  Fayalit und die isomorphen Mischungen beider Olivin. Mischungen von mehr als zwei Verbindungen sind schwierig zu classificiren. Dies zeigt sich beim Pyroxen, Glimmer etc. Hier werden zuerst jene Minerale als Gattungen herausgehoben, die am wenigsten gemischt erscheinen, und die übrigen nach Thunlichkeit unterschieden.

Die amorphen Minerale sind gewöhnlich Mischungen, jedoch keine gesetzmässigen, wie die zuvor genannten, sondern sie enthalten oft sehr ungleichartige Verbindungen. Die Classification ist hier besonders schwierig. Beispiele dieser Art sind die Harze und Kohlen.

**236. Gruppierung der Gattungen.** Bei der Aufstellung der Gattungen ist die Gleichheit der wesentlichen Eigenschaften erforderlich; bei der Zusammenfassung der Gattungen zu höheren Einheiten kann hingegen bloß die Aehnlichkeit jener Eigenschaften maassgebend sein. Die Grundlage dieser Aehnlichkeit liefern wieder in erster Linie die chemischen Eigenschaften, welche von der empirischen Zusammensetzung und der chemischen Constitution abhängen. Die Aehnlichkeit der empirischen Zusammensetzung ist oft eine leicht bemerkliche, daher ist es z. B. naheliegend, analoge Salze derselben Säure, wie die Minerale Anhydrit  $CaSO_4$ , Cölestin  $SrSO_4$ , Baryt  $BaSO_4$ , zu einer Gruppe zusammenzustellen. Nunmehr ist aber auch auf die chemische Constitution Rücksicht zu nehmen, denn es kommt häufig vor, dass Minerale, welche in der Zusammensetzung analog sind, in dem chemischen Verhalten sich unterscheiden, so dass trotz jener Analogie eine Verschiedenheit in dem Aufbau der Molekel aus Atomen anzunehmen ist. Ein Beispiel geben Quarz, welcher Siliciumdioxid  $SiO_2$  ist, und Pyrolusit, welcher Manganhyperoxyd  $MnO_2$  darstellt. Die Formeln haben wohl etwas Analoges, aber das chemische Verhalten der beiden Substanzen ist total verschieden. Man schreibt

daher diesen beiden Mineralen eine sehr verschiedene Constitution zu und findet diesen Schluss durch die grosse physikalische Verschiedenheit derselben bestätigt. Quarz und Pyrolusit werden daher nicht in einer natürlichen Gruppe vereinigt werden dürfen.

Es würde nicht selten schwierig sein, auf das gesammte chemische Verhalten, nach welchem die Constitution beurtheilt wird, zurückzugehen, weil viele Minerale nicht so genau geprüft sind. Da wir aber aus vielen Erfahrungen wissen, dass Minerale ähnlicher Constitution auch immer physikalisch ähnlich sind, so benutzen wir wiederum die Folge statt der Ursache und berücksichtigen bei der Aufstellung der Gruppen auch die physikalischen Eigenschaften der Minerale. Von chemisch analogen Verbindungen werden daher nur jene zu einer Gruppe vereinigt, welche auch physikalisch ähnlich sind. So z. B. werden die Minerale Calcit, Dolomit, Magnesit etc. (pag. 262) als eine natürliche Gruppe angesehen, weil sie nicht nur gleichartige Carbonate, sondern auch physikalisch sehr ähnlich sind. Dagegen wird man von den drei Mineralen: Pyrit  $\text{FeS}_2$ , Markasit  $\text{FeS}_2$  und Hauerit  $\text{MnS}_2$  das letztere, welches trotz der Analogie, ja der Isomorphie mit Pyrit im chemischen Verhalten und demzufolge in den äusseren Eigenschaften verschieden ist, von den beiden anderen trennen müssen.

Der Pyrit ist hellfarbig, metallisch, etwas härter als Feldspath, durch Salzsäure fast gar nicht zersetzbar; der Hauerit ist dunkelbraun, unmetallisch, zeigt Flusspathhärte und ist durch Salzsäure zersetzbar. Wenn man berücksichtigt, dass das Eisen ein spec. Gewicht von 7.7, das Mangan  $s = 8$  besitzt, so würde man, wenn beide Minerale ganz gleichartig wären, für den Hauerit ein etwas höheres spec. Gewicht erwarten als für den Pyrit. Thatsächlich ist aber für Pyrit  $s = 5.1$ , für Hauerit  $s = 3.46$ . Die Substanz des Pyrits erscheint demnach in Bezug auf den isolirten Zustand der Elemente viel mehr condensirt als jene des Hauerits. Dieses Beispiel zeigt, dass die Unterscheidung zwischen der Constitution der Kiese (Pyrit) und der Blenden (Hauerit) eine Berechtigung hat.

**237. Mineralgattungen, welche durch isomorphe Mischungen zusammenhängen, so dass Uebergänge zwischen denselben stattfinden, werden sammt den Mischungen als natürliche Gruppen angesehen, auch wenn die Endglieder keine gleiche chemische Constitution besitzen.** Beispiele sind die Feldspathe, die Glimmer. Dagegen ist die Isomorphie allein, wenn sie Gattungen von verschiedener chemischer Beschaffenheit umfasst, die sich nicht mischen, für die Classification bedeutungslos. Beispiele sind die isomorphen Minerale Calcit  $\text{CaCO}_3$  und Natriumsalpeter  $\text{NaNO}_3$ .

Mineralgattungen, welche nach ihren wesentlichen Eigenschaften zusammengehörig erscheinen, sind auch in den übrigen Eigenschaften ähnlich, ferner zeigen dieselben auch in genetischer Hinsicht Aehnlichkeiten und Beziehungen, daher die Classification nach natürlichen Gruppen die Kenntniss des Zusammenhanges der Minerale wesentlich fördert.

**238. Ordnungen und Classen.** Beim Fortschreiten der Classification werden die Gruppen zu Ordnungen vereinigt, schliesslich die Ordnungen zu Classen zusammengestellt, wobei Aehnlichkeiten und Beziehungen höheren Grades in Betracht kommen. Die Aehnlichkeiten können hier nur entferntere sein, und es kann sich hier nur um solche allgemeine Ideen von Aehnlichkeit handeln, welche

sich bei der Auffindung der Gruppen als maassgebend herausgestellt haben. Diese Ideen sind aber bisher noch wenig entwickelt. Da nämlich die Auffindung natürlicher Gruppen erst allmählig fortschreitet, folglich viele Mineralgattungen bisher vereinzelt bleiben, so ist auch die Bildung höherer classificatorischer Einheiten bis jetzt noch nicht soweit gelungen, dass ein System erkannt werden könnte, welches mit Recht ein natürliches zu nennen wäre. Die natürliche Classification hört also gegenwärtig bei den Gruppen auf und macht von hier ab einer künstlichen Eintheilung Platz, bei welcher die Aehnlichkeit in der empirischen Zusammensetzung der Minerale als Princip gilt. Man begnügt sich daher gegenwärtig mit einer Anordnung nach zweierlei Grundsätzen (gemischtes System), indem die niederen systematischen Einheiten einer natürlichen Classification entsprechend gebildet sind, die höheren aber eine mehr künstliche Eintheilung darstellen.

**239. Chemische Classification.** In der Mehrzahl der neueren Werke, die eine Anordnung der Mineralgattungen enthalten, herrscht eine Classification, welche sich an die von Berzelius eingeführte Reihung nach dem »elektronegativen Princip« anschliesst. Die Classen sind: einfache Stoffe, Sulfide, Oxyde u. s. w. Innerhalb der Classen werden gewöhnlich die Gattungen so angereiht, dass jene, welche einfachere Verbindungen sind, vorausgehen, übrigens aber diejenigen von analoger empirischer Zusammensetzung aufeinanderfolgen. In solcher Weise wird nach dem Vorgange von G. Rose auch die Isomorphie möglichst berücksichtigt.

Diese Classification erfolgt nach einem im voraus bestimmten Principe und verfährt einseitig, da sie blos auf die empirische Zusammensetzung Rücksicht nimmt, alle übrigen Eigenschaften und Beziehungen aber ausser Betracht lässt. Die Aehnlichkeit, welche die üblichen Formeln ergeben, trifft aber blos einen Theil des Wesens der Minerale, weil die empirische Zusammensetzung blos einen Theil der Eigenschaften begründet. Jede solche Eintheilung ist demnach eine künstliche, sie dient aber auch nur als zeitweiliges Auskunftsmittel, als ein chemisches Register, welches den Ueberblick erleichtert und so lange seine Dienste leistet, bis es gelingt, eine mehr natürliche Anordnung zu finden.

Die chemische Classification hängt selbstverständlich von dem jeweiligen Zustande der Chemie ab. Solange hier die von Berzelius aufgestellten Principien herrschten, behielt auch das chemische System der Minerale seine frühere Gestalt. Seitdem aber in dem theoretischen Theile des chemischen Gebietes bedeutende Veränderungen eintraten, änderte sich auch die Auffassung chemischer Aehnlichkeit, und diese wird eine fernere Wandlung erfahren, wenn die Classification der Grundstoffe, die erst in der letzten Zeit in Angriff genommen wurde, weiter entwickelt sein wird. Diese ordnet die Elementarstoffe nach den Atomgewichten und dem Maximum der Valenz in Reihen, so dass diese Zahlen periodisch aufeinanderfolgen.

Als Andeutung dieser Classification sollen hier die Namen der Elemente, ausgedrückt durch die chemischen Symbole,<sup>1)</sup> in ähnlicher Weise, wie dies von L. Mayer und Mendelejeff geschehen ist, in einer Tafel zusammengestellt werden:

<sup>1)</sup> Vergl. pag 244.

	1	2	3	4	5	6	7	8		
1. S	H Li Na	Be Mg	B Al	C Si	N P	O S	F Cl			
2. S	K Rb Cs	Ca Sr Ba	Sc Y La	Ti Zr Ce, Th	V Nb Di, Ta	Cr Mo W, U	Mn — —	Fe Ru Os	Co Rh Ir	Ni Pd Pt
3. S	Cu Ag Au	Zn Cd Hg	Ga In Tl	Ge Sn Pb	As Sb Bi	Se Te —	Br J —			

Die in derselben Verticalreihe stehenden Zeichen geben Grundstoffe an, welche in Bezug auf das Maximum der chemischen Valenz gleich sind [160] und auch im übrigen chemische Aehnlichkeit zeigen. Dieselben werden durch horizontale Striche in drei Serien zunächst verwandter Elemente abgetheilt. In der letzten Reihe (Reihe 8) herrscht auch Aehnlichkeit der horizontal neben einander gestellten Grundstoffe. Ueber die Stellung einiger Elemente, wie Cu, Au etc., herrscht noch nicht völlige Sicherheit.

Lit. G. Rose, Das krystallo-chemische Mineralsystem, 1852. J. Dana, System of Mineralogy. Naumann-Zirkel, Elemente der Mineralogie. Groth, Tabellarische Uebersicht der Mineralien. L. Mayer, Die modernen Theorien der Chemie. Mendelejeff, Berichte d. deut. chem. Gesellsch. Bd. 14, pag. 2822 (1881).

**240. Anordnung im speciellen Theile.** Der gegenwärtigen Uebung und zugleich der zuletzt genannten Classification der Elemente gemäss, wird im folgenden speciellen Theile nachstehende Anordnung befolgt werden. Den Abtheilungen wurden Namen gegeben, jedoch nicht um das Ganze als ein System erscheinen zu lassen, wofür zu gelten es nicht beansprucht, sondern blos, um später die Wiederholung der Definitionen zu ersparen.

- I. Classe: Elemente. Die Metalle und Metalloide umfassend.
- II. > Lamprite. Verbindungen der Metalle mit Schwefel, Selen, Tellur, Arsen, Antimon, Wismut.
- III. > Oxyde. Einfache Oxyde und Hydroxyde, sowie einige verwandte Verbindungen.
- IV. > Spinellide. Salzartige Verbindungen, von Hydroxyden der 3. Reihe abgeleitet.
- V. > Silicoide. Salze, von Sauerstoffsäuren der 4. Reihe abgeleitet.
- VI. > Nitroide. Salze, von Sauerstoffsäuren der 5. Reihe abgeleitet.
- VII. > Gypsoide. Salze, von Sauerstoffsäuren der 6. Reihe abgeleitet.
- VIII. > Halite. Sauerstofffreie Verbindungen der Elemente aus der 7. Reihe mit den übrigen, also Fluoride, Chloride etc.
- IX. > Anthracide. Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasserstoff oder mit diesem und Sauerstoff, sowie abgeleitete Verbindungen.

Jede Classe wird nun wieder in Ordnungen abgetheilt, wobei wenigstens einigermaassen auf die physikalischen Eigenschaften Rücksicht genommen ist, zuweilen auch die Consequenz der chemischen Anordnung durch Theilung der sonst unverhältnissmässig grossen Ordnungen und durch Zusammenziehung der spärlich besetzten durchbrochen erscheint.

### Uebersicht der Ordnungen.

#### I. Elemente.

Metalloide: Elemente der 1. Serie. Repräsentant: Diamant.  
 Sprödmetalle: Metalle » 5. u. 6. Reihe. » Antimon.  
 Schwermetalle: » » übrigen Reihen. » Gold, Platin.

#### II. Lamprite.

Kiese: Verbindungen der Metalle der 8. Reihe. Repr.: Pyrit, Speiskobalt.  
 Glanze: Verbindungen der vorhergehenden Reihen. Repr.: Bleiglanz, Antimonit.  
 Fahle: Sulfosalze. Repr.: Bournonit, Fahlerz.  
 Blenden: Unmetallische Sulfide. Repr.: Zinkblende.

#### III. Oxyde.

Hydroite: Repr.: Meerwasser, Eis.  
 Leukoxyde: Verb. der 1. Serie. Repr.: Korund, Quarz.  
 Stilboxyde: Verb. der 2. und 3. Serie. Repr.: Rutil, Zinnstein.  
 Oeher: Verb. der 5. und 6. Reihe. Repr.: Antimonocher.  
 Erze: Verb. der 7. und 8. Reihe. Repr.: Eisenglanz, Magnetit

#### IV. Spinellide.

Aluminate: Repr.: Spinell.  
 Borate: Repr.: Boracit.

#### V. Silicoide.

Carbonate: Repr.: Kalkspath, Cerussit, Malachit.  
 Silicide: Harte Silicate. Repr.: Olivin, Augit, Orthoklas, Leucit.  
 Hydrosilicate: Weiche, wasserstoffhaltige Silicate. Repr.: Muscovit, Analcim.  
 Titanolithe: Repr.: Titanit, Perowskit.

#### VI. Nitroide.

Tantaline: Repr.: Tantalit.  
 Pharmakonite: Repr.: Mimetesit, Kobaltblüthe, Vanadinit.  
 Phosphate: Repr.: Apatit, Wawellit, Vivianit.  
 Nitrate: Repr.: Natronsalpeter.

#### VII. Gypsoide.

Sulfate: Repr.: Baryt, Anhydrit, Gyps, Eisenvitriol.  
 Chromate: Repr.: Rothbleierz.  
 Tungsteine: Repr.: Scheelit, Wulfenit.

#### VIII. Halite.

Kerate: Verb. der 3. Serie. Repr.: Hornsilber.  
 Halate: Verb. der 1. und 2. Serie. Repr.: Steinsalz, Carnallit.  
 Fluoride: Repr.: Fluorit.

## IX. Anthraeide.

Carbonsalze: Repr.: Mellit.  
 Harze: Repr.: Bernstein, Retinit.  
 Kohlen: Repr.: Steinkohle.  
 Bitume: Repr.: Asphalt, Erdöl.

**241. Charakteristik.** Die Angabe der Merkmale, die allen Mineralen derselben Classe zukommen, liefert die Definition dieser Classe. Ebenso gibt die Aufzählung der Merkmale, in welchen die Minerale einer Ordnung übereinstimmen, die Definition dieser Ordnung u. s. w. Eine solche Definition pflegt man als Charakteristik zu bezeichnen, und man unterscheidet demnach die Charakteristik der Classe, der Ordnung, der Gattung etc. Bei der systematischen Beschreibung der Minerale folgen die Definitionen in logischer Unterordnung, so dass man im Stande ist, mit Hilfe derselben zu ermitteln, zu welcher Classe und Ordnung, endlich zu welcher Gattung und Art ein vorliegendes Mineral gehört, dass man also im Stande ist, ein vorliegendes Mineral zu bestimmen.

Ein natürliches System würde eine vollständige Charakteristik erlauben, doch bei der gegenwärtigen provisorischen Anordnung wäre es verfrüht, eine solche durchgreifende Charakteristik geben zu wollen, und es concentrirt sich alle Sorgfalt auf die Charakterisirung der Gattungen. In ausführlichen Werken, welche zur Bestimmung dienen, werden daher die wesentlichsten Eigenschaften vollständig und genau beschrieben, so dass jede Mineralgattung vollkommen scharf definirt erscheint. Bei den Ordnungen und Classen, welche nach der chemischen Zusammensetzung aufgestellt sind, ist die kurze chemische Definition hinreichend. So z. B. genügt es, für eine bestimmte Ordnung anzugeben, dass die darin enthaltenen Minerale Carbonate sind, weil jedes der zugehörigen Minerale durch den Versuch als ein Carbonat erkannt werden kann. Ebenso ist es bei der Ordnung der Phosphate, weil die hier verstandenen Minerale durch Versuche als solche erkannt werden können, u. s. w.

Da nun derlei chemische Versuche oft aus mehreren Operationen bestehen, welche ein grösseres Geschick und längere Zeit beanspruchen, so bestimmt man die Minerale gewöhnlich nicht nach der Charakteristik, sondern auf einem kürzeren, mehr empirisch gebahnten Wege, wozu die eingangs erwähnten Werke anleiten. Ist man jedoch auf diesem Wege zur Gattung gelangt, so wird man in jedem Falle die Charaktere derselben durchzunehmen und möglichst viele Merkmale nachzuweisen trachten, um der Bestimmung alle Sicherheit zu verleihen.

**242. Nomenclatur.** Die Bezeichnung der Classen, Ordnungen und Gruppen ist bei den verschiedenen Autoren nicht immer dieselbe, weil die Classification im allgemeinen und die Abgrenzung dieser Begriffe im Besonderen grosse Verschiedenheiten zulässt. Anders ist es bei der Gattung, deren Auffassung und Abgrenzung überall dieselbe ist. Hier herrscht gegenwärtig Einheit und Gleichförmigkeit der Nomenclatur, indem jede Gattung mit einem einzigen Worte bezeichnet wird.

Die Namen der Gattungen sind aus verschiedenen Sprachen entnommen, doch wurden sehr viele derselben der griechischen Sprache gemäss mit dem Ausgange »it« gebildet. Manche sind althergebrachte Bezeichnungen, wie Diamant, Quarz, Gyps. Viele sind von Personennamen abgeleitet, wie Hauyn, Wernerit, Klaprothit, Göthit, Haidingerit, auch von mythologischen Namen hergenommen, wie Pollux, Thorit; andere sind nach Fundorten gebildet, wie Atacamit, Aragonit, Ardennit, Vesuvian.

Häufig sind solche Namen, welche auf die chemische Zusammensetzung hindeuten, wie Sodalith, Manganit, Polyhalit (πολύς viel und ἅλς Salz, aus mehreren Salzen bestehend), oder solche, die sich auf das chemische Verhalten beziehen, z. B. Eulytin (εὐλύτιος leicht löslich, nämlich in Säuren), Pyrochlor (πῦρ Feuer und χλωρός grün, weil er eine grüne Phosphorsalzperle gibt). Manche Namen deuten die allgemeine Gestalt der Krystalle an, wie Skapolith (σκαπός Stängel), Sphen (σφήν Keil), Axinit (ἄξινη Beil); andere die Aggregation oder Textur, wie Fibrolith (fibra Faser, λίθος Stein), wieder andere die Spaltbarkeit, wie Orthoklas (ὀρθός rechtwinkelig, λάσω spalte), Plagioklas (πλαγίος schräge). Viele Namen wurden durch die Farbe veranlasst, wie Albit (albus weiss), Leucit (λευκός weiss), Rutil (rutilus röthlich), Rhodonit (ῥόδον Rose), Melanit (μέλας schwarz).

Auch verschiedene Aehnlichkeiten, Beziehungen und Anspielungen mussten zuweilen helfen, wie beim Saponit oder Seifenstein, beim Apatit (ἀπατάω täusche, weil man ihn mit anderen Mineralen verwechselt hatte).

Mehrfache Bezeichnung derselben Gattung kommt zuweilen vor, doch ist die Zahl der Synonyme nicht sehr gross. J. Dana hat eine sorgfältige Prüfung derselben vorgenommen und die richtige Bezeichnung ermittelt.

Die Nomenclatur der Arten ist noch nicht ausgebildet. Manche Arten werden mit einem einzigen Worte bezeichnet, weil dafür hergebrachte Namen vorhanden sind, wie Kieselsinter, Kreide, Amethyst, oder weil man sie früher für Gattungen hielt, wie Sanidin, Periklin, Damourit, meistens aber gibt es keine kurze Bezeichnung der Art. Man ist daher genöthigt, wenn eine Art hervorgehoben werden soll, dem Gattungsnamen ein Wort beizufügen, welches die charakteristische Eigenschaft oder das auszeichnende Vorkommen angibt. Beispiele dafür sind: körniger Baryt, Fasergyps, erdige Kupferlasur, Porphy Quarz. Zuweilen muss man die Art durch eine längere Angabe hervorheben, z. B. Malachit, pseudomorph nach Atacamit.

Lit. Haidinger, Handbuch der bestimmenden Mineralogie, 1845. v. Kobell, Die Mineralnamen und die mineralogische Nomenclatur, 1853. J. Dana, System of Mineralogy, Introduction. Francke, Ueber die mineralogische Nomenclatur, Berlin 1890.

## Specieller Theil.

Der hier eröffnete zweite Theil des Buches enthält die Beschreibung der wichtigeren Mineralgattungen, welche den Zweck hat, auf jene Wesen des Mineralreiches aufmerksam zu machen, welche in der Natur eine hervorragende Rolle spielen, ferner deren Eigenschaften und Beziehungen, deren Auftreten und Bildungsweise kennen zu lernen, um so an mehreren Beispielen die heutige Auffassung der Naturgeschichte dieses Reiches darzustellen. Dieses Ziel würde zwar durch die Besprechung einer geringeren Anzahl von Mineralen erreicht; um jedoch auch denjenigen, welche sich etwas eingehender mit der Mineralogie zu befassen gedenken, einen Leitfaden zu bieten, ist der Kreis der Beispiele weiter hinausgerückt worden. Um endlich denjenigen, welche über eine Sammlung verfügen, auch die Stellung der selteneren Minerale anzudeuten, sind die genauer bekannten Gattungen von geringerer Verbreitung in kleinerem Drucke angeführt. Für alle weiter gehenden Studien dienen die eingangs erwähnten Handbücher und Uebersichten von Dana, Descloizeaux, Miller, Quenstedt, Naumann-Zirkel, Groth, Rammelsberg, für die Bildungsgeschichte die Werke von Bischof, Blum, Roth, für die Verbreitung die Werke von Zirkel über Petrographie, von Groddeck über Erzlagerstätten, ferner für die Aufsuchung der Fundorte ausser den erstgenannten Handbüchern: G. Leonhard, Handwörterbuch der topographischen Mineralogie, 1843. V. v. Zepharovich, Mineralogisches Lexikon für das Kaiserthum Oesterreich, I. Bd. 1859, II. Bd. 1873, III. Bd., herausgegeben von F. Becke, 1893. Kenngott, Die Minerale der Schweiz, 1866. Frenzel, Mineralog. Lexikon für das Königreich Sachsen, 1874. Greg and Lettsom, Manual of the Mineralogy of Great Britain and Ireland, 1858. Lacroix, Minéralogie de la France, Paris, 1893, u. a. m.

Im Laufe der Beschreibung werden einige Abkürzungen gebraucht, auf welche hier aufmerksam gemacht werden soll.

Bei der Angabe der Krystallformen werden meistens die Miller'schen Zeichen, im hexagonalen Systeme die Bravais'schen Indices gebraucht. Die Winkel sind die Normalenwinkel (s. pag. 19).

Bei den hexagonalen Krystallen wird zur Charakterisirung der gewählten primären Form öfter der Winkel an der horizontalen Kante der Grundpyramide, nämlich  $10\bar{1}1 : 10\bar{1}\bar{1}$ , abgekürzt als Winkel  $(10\bar{1}1)$  angegeben, bei den rhomboëdrischen hingegen der Winkel an der herablaufenden Kante des Grundrhomboëders, abgekürzt als R.-Winkel.



Bei den tetragonalen Krystallen wird öfter der Winkel an der horizontalen Kante der primären Pyramide, nämlich  $111 : 11\bar{1}$ , als Winkel (111) bezeichnet.

Bei den Krystallen von einfacherem Baue gelten folgende Bezeichnungen: für die aufrechten Prismen bedeutet Winkel (110) den vorderen Winkel des Prisma, also  $110 : 1\bar{1}0$ , ebenso für die abgeleiteten Prismen Winkel (120) den Winkel  $120 : 1\bar{2}0$  u. s. w.;

für die Querprismen bedeutet Winkel (101) den Winkel  $101 : 1\bar{0}1$ , also den Winkel an der oberen Kante, und entsprechend sind die Bezeichnungen für abgeleitete Querprismen;

für die Längsprismen bedeutet Winkel (011) den Winkel  $011 : 0\bar{1}1$ , also den Winkel an der oberen Kante, und entsprechend sind die Bezeichnungen für die abgeleiteten Längsprismen.

Bei den monoklinen Krystallen bedeutet  $\beta$  den spitzen Winkel der beiden Axen a und c, gleichzeitig den Winkel  $100 : 001$ .

Bei den triklinen Krystallen werden die drei Winkel der Krystallaxen mit  $\alpha, \beta, \gamma$  bezeichnet.

Die Abkürzung A. V. bedeutet Axenverhältnis, welches bei den Krystallen von wirteligem Baue  $a : c$ , bei denjenigen von einfacherem Baue  $a : b : c$  ist.

U. d. M. für: Unter dem Mikroskope.

Spaltb. > Spaltbarkeit.

H. > Härtegrad.

Für die optische Orientirung gelten die im allgemeinen Theile angeführten Bezeichnungen und Abkürzungen, bei den monoklinen Mineralen im Besonderen gilt die pag. 205 angeführte Zählung der Winkel. Bisweilen werden die Brechungsquotienten, und zwar unter n für einfach brechende, für optisch einaxige hingegen der kleinste und grösste und bei den optisch zweiaxigen der kleinste, mittlere und grösste angeführt.

A. E. für: Ebene der optischen Axen.

G. > spezifisches Gewicht.

Chem. Zus. > Chemische Zusammensetzung.

V. d. L. > Vor dem Löthrohr.

Die Beschreibungen gelten blos den Gattungen. Einzelne Arten sind nur dort hervorgehoben, wo die gegenwärtigen Kenntnisse dies erlauben und wo zugleich die Unterscheidung bestimmter Arten eine wesentliche Bedeutung für das Verständnis der Erscheinungen erlangt hat. Im Uebrigen muss die Angabe des Auftretens, der Pseudomorphosen, der Paragenese die strengere Unterscheidung jener Arten ersetzen, deren Abgrenzung erst durch künftige Arbeiten erfolgen wird.

### I. Classe: Elemente.

Wie der Name besagt, sind es einfache Stoffe, doch werden auch die isomorphen Mischungen und Legirungen von Metallen dazu gerechnet.

Als 1. Ordnung werden die Metalloide aufgeführt, welche freilich einander sehr unähnlich sind.

Die 2. Ordnung sind Sprödmetalle, d. i. Metalle vom G. 5·7 bis 10, welche dabei nicht dehnbar sind.

Die 3. Ordnung sind Schwermetalle vom G. 7·2 bis 23, welche weich und dehnbar sind und nur unter den spec. schwersten einige harte und spröde Glieder aufweisen.

### 1. Ordnung: Metalloide.

Schwefel, rhombisch,  $a:b:c = 0.8138:1:1.9076$ . Diamant, tesseral. Graphit, hexagonal (?)  $a:c = 1:4.797$ .

#### Schwefel.

Die rhombischen Krystalle sind nicht selten, die schönen und grossen aus Sicilien und der Romagna sieht man in allen Sammlungen. Die meisten sind holoëdrisch ausgebildet, doch finden sich, namentlich unter den sicilischen, öfter Formen von hemiëdrischem Habitus, ohne dass an den P-Flächen eine physikalische Verschiedenheit erkennbar wäre.

Fig. 1.



Fig. 2.

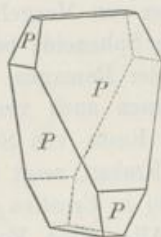


Fig. 3.

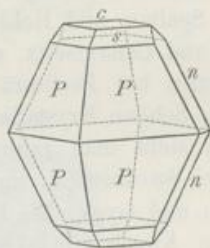
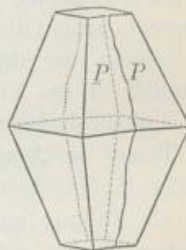


Fig. 4.



Die gewöhnliche Form der Krystalle entspricht einer rhombischen Pyramide oder einer Combination dieser mit  $s = (113)$ ,  $c = (001)$ , auch  $n = (011)$ . Die Winkel sind:  $111:11\bar{1} = 36^\circ 37'$ ,  $111:1\bar{1}\bar{1} = 73^\circ 38'$ ,  $111:1\bar{1}\bar{1} = 85^\circ 10'$ , ferner ist  $001:011 = 62^\circ 20'$ ,  $001:113 = 45^\circ 13'$ .

Bisweilen kommen Zwillinge vor, nach dem Gesetze 101 die Zwillingsebene, wobei aber 111 die Verwachsungsebene, ausserdem Zwillinge nach 110, wie in Fig. 4, wohl auch solche nach 011 (G. v. Rath, Ann. Phys. Chem. Bd. 155; Molengraaff, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 14, pag. 43).

Die Krystalle und Individuen zeigen einen schön muscheligen Bruch, die Spaltb. nach 001 und 110 ist unvollk., bei Druck und Temperaturwechsel zerspringen sie leicht. Dichter S. bricht uneben, auch splittrig, ist wenig spröde.  $H. = 1.5 \dots 2.5$ , Farbe honiggelb, schwefelgelb, auch grau und braun. Krystallflächen haben diamantartigen Fettglanz, Bruchflächen einen reinen Fettglanz, dichter S. ist wenig glänzend. Die starke Doppelbrechung lässt sich an durchsichtigen Individuen direct beobachten. Brechungsq. 1.957, 2.038, 2.245. Die letzteren schwanken so wie die Krystallwinkel mit der Temperatur (Schrauf, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 18, p. 113). A. E. ist 010, die 1. Mittellinie parallel der c-Axe. Doppelbr. positiv. Optische Präparate sind wegen der Sprödigkeit schwierig herzustellen. Der Schwefel ist ein Nichtleiter der Elektrizität, wird durch Reiben auf Tuch

negativ elektrisch.  $G. = 1.9$  bis  $2.1$ , das des reinen  $2.070$  nach Deville. Schmilzt bei  $114^\circ$ , siedet bei  $450^\circ$ . An der Luft entzündet er sich aber schon bei  $270^\circ$  und verbrennt zu schwefeliger Säure. In Schwefelkohlenstoff löslich und aus dieser Lösung in schönen kleinen rhomb. Krystallen zu erhalten, während er aus der Schmelze monoklin krystallisirt.

Chem. Zus.: Schwefel, bisweilen mit Beimischung von Selen, von Bitumen, selten von Schwefelarsen. Die gewöhnliche Bildung des S. ist jene durch Zersetzung des Schwefelwasserstoffes bei der Einwirkung des aus der atmosphärischen Luft herrührenden Sauerstoffs. Je nachdem aber der Schwefelwasserstoff dampfförmig auftritt, wie in vulkanischen Spalten, oder im Wasser absorbiert vorkommt, wie in den Schwefelquellen, erscheint der Vorgang modificirt. Die Herkunft des Schwefelwasserstoffes selbst ist wieder verschieden, indem er entweder ein Product der vulkanischen Tiefe oder ein Resultat der Einwirkung organischer Substanzen auf Sulfate ist. An Vulkanen findet sich auch sublimirter Schwefel.

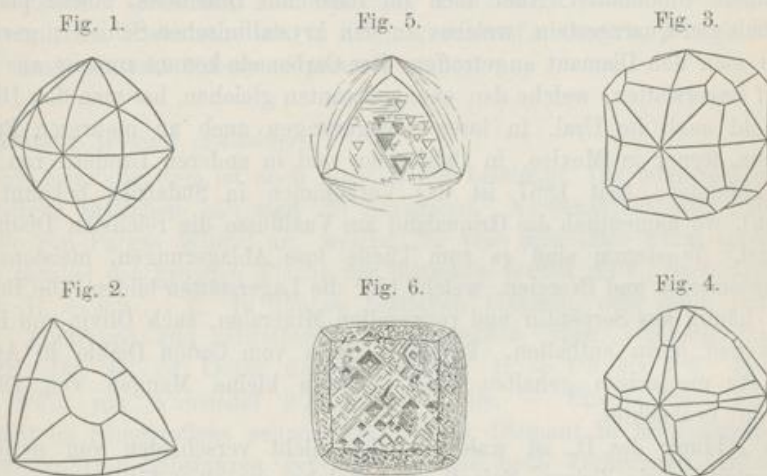
Die Krystalle, welche sich als Absatz von Schwefelquellen bilden, haben dieselbe Ausbildung, wie die schönen grossen, oft in Drusen vorkommenden Krystalle Siciliens. Hier findet sich der S. zugleich mit kryst. Cölestin, Gyps, Aragonit, auch Calcit in Spalten und Hohlräumen von Mergel, Thon und Gyps, im Gebiete von Girgenti und Caltanissetta, schöne Sphenoide bei Cianciana. Eigenthümlich ist das Vorkommen bei Peticara in der Romagna, wo die Krystalle mit Asphalt bedeckt sind. Schöne Krystalle kommen auch von Conil bei Cadix. Bei Teruel in Aragonien sieht man zahlreiche Reste von Sumpfschnecken im dichten S. eingebettet. Bei Swoszowice, unweit Krakau, zeigt er sich in Knollen und als Füllung im Thon und Gyps, bei Radoboj in Croatien in dichten, durch Bitumen braun gefärbten Kugeln im Thon. Alle diese Vorkommen gehören tertiären Schichten an. Der vulkanische S., besonders jener von Island, findet sich öfter als zerreibliche Masse, sog. Mehlschwefel. Durch Zersetzung von Pyrit bei der Verwitterung entstandener Schwefel wird in den Gruben von Rio Tinto in Spanien beobachtet.

Die Production ist am grössten in Italien, welches in der letzteren Zeit jährlich circa 400.000 Tonnen zu Markte brachte. Die Hauptmenge liefert aber Sicilien. Die Verwendung des Schwefels ist eine sehr mannigfaltige. Die grösste Menge wird zur Fabrication der Schwefelsäure verbraucht, ausserdem aber dient der S. zur Bereitung des Schiesspulvers, der Schwefelhölzchen, zum Bleichen und Schwefeln, als Arzneimittel u. s. w. Früher war der gediegene Schwefel das einzige Schwefelerz, seit der Zeit der Continentsperre wird auch der Schwefelgehalt der Eisenkiese und anderer Sulfide der technischen Verwendung zugeführt.

#### **Diamant** (Demant).

Ein höchst merkwürdiger Naturkörper, ein Mineral von geheimnisvoller Herkunft, welches viele ungewöhnliche Eigenschaften in sich vereinigt und dessen wasserhelle Arten seit dem Alterthum als kostbare Edelsteine geschätzt werden. Die Krystallform ist tesseral. Man hat alle Gestalten der holoëdrischen Abtheilung beobachtet, darunter Hexakisoktaëder wie in Fig. 1. Bisweilen kommen jedoch

Krystalle vor, die Zwillinge zweier tetraëdrischer Individuen darstellen. In Fig. 3 ist ein solcher, der zwei Individuen von der Form  $\alpha$  (321) enthält, idealisirt wiedergegeben. Diesen entsprechen manche der oktaëdrischen Formen mit gekerbt aussehenden Kanten, wie in Fig. 4. Demnach werden die Krystalle von manchen Autoren als der tetraëdrischen Abtheilung zugehörig betrachtet (Weiss, Jb. f. Min. 1880, II, 12). Ein physikalischer Unterschied der abwechselnden Octanten wurde bisher noch nicht beobachtet. Zwillinge nach 111 sind häufig, ein Beispiel gibt Fig. 2. Die Flächen sind häufig gerieft, die Kanten krumm und gerundet. Auf den 111-Flächen sieht man oft dreiseitige, auf den 100-Flächen vierseitige Vertiefungen. Fig. 5 und 6. Die einzelnen Krystalle sind immer ringsum ausgebildet, also schwebend gebildet.



Spaltb. oktaëdrisch vollk. Bruch muschelrig. Spröde. Der Diamant ist das härteste Mineral. H. = 10. Nach den Erfahrungen der Diamantschleifer auf (100) viel härter als auf (111). Beim Erhitzen im Sauerstoffgase bilden sich nach G. Rose (Ber. d. Berl. Akad. 1872, pag. 516) auf (111) dreiseitige Aetzfiguren, ähnlich wie in Fig. 5, von Flächen (311) gebildet. Diamantglanz. Durchsichtig, farblos und wasserhell, aber auch weiss, grau, braun, grün, gelb, zuweilen roth, blau, selten schwarz. Starke Lichtbrechung und Farbenzerstreuung,  $n = 2.4135$  roth,  $2.4278$  grün. Totalreflexion besonders in geschliffenen Exemplaren. Zuweilen zeigt sich eine schwache Doppelbrechung, besonders in der Nähe der dampfförmigen Einschlüsse. Leitet die Elektrizität nicht, wird durch Reiben auf Tuch elektrisch. G. = 3.5 bis 3.6, im Mittel 3.52. — Chem. Zus.: Kohlenstoff. Entzündet sich im Sauerstoffgase bei ungefähr  $770^\circ$  und verbrennt vollständig zu Kohlensäure, verschwindet in einer heissen Schmelze von  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  oder  $\text{K}_2\text{CO}_3$  unter Entwicklung von Kohlenoxyd (Moissan).

Man unterscheidet Diamant in einzelnen Krystallen, Krystallgruppen; Bort, in radialstängeligen Kugeln; Carbonat, Carbonado, schwarze krystallinische runde Körper, beim Verbrennen bis zu 2 Percent Asche hinterlassend.

Der Diamant findet sich meist auf secundärer Lagerstätte mit Bruchstücken oder Geschieben verschiedener Minerale und krystallinischer Gesteine. Die ältesten bekannten Fundorte liegen in Vorderindien, sind jedoch gegenwärtig erschöpft. 1727 kam Brasilien an die Reihe, wo namentlich in der Provinz Minas Geraes bei Tejuco oder Diamantina, dann aber auch in der Provinz Bahia reiche Ausbeute gemacht wurde, die nun auch schon sehr abgenommen hat. Der Diamant findet sich hier in losen Ablagerungen mit Quarz, ist öfter von Gold, auch von Platin, ausserdem jedoch immer von solchen Mineralen begleitet, welche sonst accessorisch im Granit und Gneiss vorkommen, wie Topas, Turmalin, Amethyst, Andalusit, Anatas, Rutil, Zirkon, Zinnstein, Magnetit, Granat, Spinell, Chrysoberyll. Eine andere Art des Vorkommens ist jene in einem Quarzconglomerat mit braunem, eisenhaltigem Bindemittel. Aber auch im Itacolomit Brasiliens, einem plattigen, glimmerhaltigen Quarzgestein, welches zu den krystallinischen Schiefer gerechnet wird, hat man den Diamant angetroffen. Der Carbonado kommt zumeist aus Bahia.

Auf Lagerstätten, welche den eben genannten gleichen, hat man den Diamant neben Gold auch im Ural, in losen Ablagerungen auch an mehreren Punkten Australiens, ferner in Mexico, in Californien und in anderen Ländern von Nordamerika gefunden. Seit 1867 ist das Vorkommen in Südafrika bekannt (Capdiamanten), wo namentlich das Griqualand am Vaalflusse die reichsten Diamantengruben hat. Wiederum sind es zum Theile lose Ablagerungen, meistens aber feste Conglomerate und Breccien, welche hier die Lagerstätten bilden. Die Breccien bestehen häufig aus Serpentin und verwandten Mineralen, auch Olivin und Bronzit sind bisweilen darin enthalten. In einem Eisen vom Cañon Diablo in Arizona, welches für meteorisch gehalten wird, wurden kleine Mengen von Diamant (Carbonado) beobachtet.

Die Bildung des D. ist wahrscheinlich nicht verschieden von derjenigen seiner Begleiter, wie Zirkon, Spinell etc., welche aus alten Silicatgesteinen herühren. Das Vorkommen im Itacolomit und in der Serpentinbreccie weist auf die krystallinischen Schiefer hin. Je nachdem diese als Erstarrungs- oder als Umwandlungsproducte angesehen werden, muss auch die Vermuthung über die specielle Bildungsweise verschieden ausfallen. Die Wahrnehmung schwarzer Punktehen und zellenähnlicher Einschlüsse hat die Vermuthung eines organischen Ursprungs wachgerufen, für welche Göppert, Liebig u. A. eintraten, die aber keine Begründung fand. Die künstliche Darstellung ist jüngst Moissan in Paris durch Abscheiden aus einer Lösung von Kohle in geschmolzenem Eisen unter hohem Drucke gelungen (Comptes rend., Bd. 116, pag. 218).

Der D. ist der meist geschätzte Edelstein. Der Preis richtet sich sowohl nach dem Gewichte als nach der Klarheit und Reinheit; schön gefärbte werden am theuersten bezahlt. Das Edelsteingewicht zählt nach Karat. Je nach dem Lande wechselt der Betrag des Karat zwischen 197 und 206 Milligramm. Jetzt gilt es fast allgemein 205 Mgr. Ein gut geschliffener, schöner Brillant von 1 Karat wird mit 240 Mark und darüber bezahlt. Bei schwereren steigt der Preis, beiläufig gesagt, mit der zweiten Potenz des Gewichtes. Der Schriff der grösseren Exemplare ist Brillantschliff, wofern man das Oktaëder, das oft durch Spaltung hergestellt wird, als Ausgangsform benutzt. Die Zahl der gleichen

Facetten ist 4 oder ein Vielfaches von 4. Ein anderer Schliff ist die Rosette, bei welcher die 6-Zahl herrscht. Dazu benutzt man gern die verzerrten Oktaëder oder die Zwillinge, wie in Fig. 2. Kleine Steinchen oder Splitter werden ohne besondere Regel mit Facetten bedeckt und geben die Rauten. Eine alte Schliffform sind die Tafelsteine, Oktaëder mit starker Abstumpfung eines Eckes. Die Erfindung des Schleifens mit Demantpulver auf Metallscheiben wird gewöhnlich Ludwig van Berquen zugeschrieben und in d. J. 1456 versetzt. Als Surrogat des Brillanten dient der Strass, ein bleihaltiges Glas von starker Lichtbrechung und Farbenzerstreuung nach geeignetem Schliffe. Splitter des D. dienen zum Bohren, Graviren, Schleifen der anderen Edelsteine und zum Schneiden des Glases.

Der Bort wird als Schleifmaterial, der Carbonat, welcher bisweilen in Stücken von Faustgrösse vorkommt, zum Schleifen und Bohren benutzt (Diamantbohrer). Das Technische, Historische etc. in Kluge's, Schrauf's, Groth's, Bauer's Edelsteinkunde; King, Natural history of precious stones.

#### Graphit *Werner* (Reissblei).

Das Krystallsystem ist noch nicht sicher bestimmt. Die öfter vorkommenden sechsseitigen Blättchen hält man für hexagonal. Nordenskjöld aber gab für die Krystalle von Pargas Winkel an, welche für eine monokline Form sprechen. — Spaltb. parallel der grössten Fläche der Blättchen höchst vollk., nach dem Prisma unvollk.  $H. = 0.5 . . 1$ . In dünnen Blättchen biegsam, sehr mild, fettig anzufühlen. Abfärbend und schreibend, metallglänzend, opak, eisenschwarz, Strich schwarz. Der G. ist Leiter der Elektrizität.  $G. = 1.9$  bis  $2.3$ . Reiner von Ceylon  $2.25$ , von Wunsiedel  $2.14$  nach Brodie. — Chem. Zus.: Kohlenstoff. Verbrennt im Sauerstoffgas schwieriger als der Diamant zu Kohlensäure; ist oft stark mit anderen Substanzen gemischt, welche beim Verbrennen zurückbleiben. Mit Salpeterschmelze schwach verpuffend, in einem Gemisch von chromsaurem Kali und Schwefelsäure sich in Kohlensäure verwandelnd. Mit einem Gemisch von rauchender Salpetersäure und chlorsaurem Kali längere Zeit erwärmt, wird der G. gelb, wobei er Sauerstoff und Wasserstoff aufnimmt. Das Product wurde von Brodie Graphitsäure genannt. Dabei geht auch Mellitsäure in Lösung. Der beim Eisenprocess in dem Roheisen sich bildende Graphit ist dem natürlichen gleich, ebenso jener im Meteoreisen.

Krystallisirt im körn. Kalk bei Pargas in Finnland, bei Ticonderoga in New-York, strahlig-blätterige Kügelchen im Granulit von Miask, blätterig-körnig mit Magnetkies eingesprengt im Syenit, Sibirien. Im Gneiss von Kultura auf Ceylon bildet er schmale Gänge. Derbe blätterige Massen kommen von Travancor auf Ceylon, solche mit einer eigenthümlich faserigen holzähnlichen Textur, was aber nur eine äussere Aehnlichkeit bedeutet, aus dem Gneissgebirge von Tunkinsk in Sibirien. Schuppig oder dicht in Linsen und Lagern im körnigen Kalkstein oder an der Grenze desselben gegen Silicatgestein, als Graphitschiefer oft mit verschiedenen Mineralen gemengt in krystallinischen Schiefen. Als Imprägnation in solchen Schiefen und im körnigen Kalkstein. Der Anthracit von erdigem Bruche ist schon öfter mit Graphit verwechselt worden.

Der G. wird zur Anfertigung der sog. Bleistifte und der Schmelztiegel, ferner zum Anstreichen der eisernen Geräthe, als Schmiermittel und als leitende Schichte in der Galvanoplastik benutzt.

## 2. Ordnung: Sprödmetalle.

Arsen,	rhomboëdrisch	$a : c = 1 : 1.4025$	Tellur, rhomboëdrisch	$1 : 1.3298$
Antimon,	"	"		1.3236
Wismut,	"	"		1.3035

### Arsen.

Krystalle sind selten. Rhomboëder mit der Basis. R.-Winkel  $94^{\circ} 19'$  bis  $94^{\circ} 56'$ . — Spaltb. nach d. Basis vollk., und nach  $-\frac{1}{2}R = \pi$  (0112) unv. Spröd. H. = 3.5. Weisslich bleigrau, bald grauschwarz anlaufend. G. = 5.7 bis 5.8. Reines A. nach Bettendorff 5.727. — Chem. Zus.: Arsen, oft mit etwas Antimon, auch Spuren von Silber, Gold, Eisen. V. d. L. wird es verflüchtigt und entwickelt knoblauchartigen Geruch, gibt auf Kohle einen weissen Beschlag.

Findet sich auf Erzgängen feinkörnig bis dicht in traubigen oder nierförm. Gestalten mit schaliger Structur (Scherbenkobalt) auch derb und eingesprengt, oft mit arsenhaltigen Silbererzen. Freiberg, Marienberg, Annaberg in Sachsen, Joachimsthal in Böhmen, Andreasberg am Harz sind bekannte Fundorte.

Das gediegene Arsen liefert einen kleinen Theil jenes Arsens, welches in der Technik verwendet wird.

Der Arsenglanz Breithaupt's scheint mit dem Arsen identisch zu sein. Der Allemontit, eine Mischung von Arsen und Antimon, findet sich bei Andreasberg und Příbram, ehemals kam er von Allemont im Dauphiné.

### Antimon.

Die seltenen Krystalle zeigen meistens die Flächen des Rhomboëders, der Basis und jene von  $\frac{1}{4}R = \pi$  (1014) und sind nach  $-\frac{1}{2}R$  zwillingsartig verbunden. R.-Winkel  $92^{\circ} 25'$  bis  $92^{\circ} 53'$ . — Spaltb. basisch sehr vollk., nach  $-\frac{1}{2}R$  vollk., nach  $-2R$  unv. Spröde, doch schon etwas mild. H. = 3 . . 3.5. Stark metallglänzend, zinnweiss, grau oder gelblich anlaufend.

G. = 6.6 bis 6.8, des reinen 6.714. — Chem. Zus.: Antimon oft mit kleinen Mengen von Arsen, Silber, Eisen. V. d. L. sehr leicht schmelzend, auf Kohle sich verflüchtigend, mit schwacher Flamme verbrennend und einen weissen Beschlag liefernd. Das A. findet sich auf Gängen in körnigen Aggregaten von traubiger oder nierförmiger Gestalt, gewöhnlich aber derb und eingesprengt vor bei Andreasberg, Příbram. Schöne Stücke kommen von Sarawak auf Borneo.

### Wismut.

Die Krystalle sind selten deutlich. Sie zeigen das Rhomboëder mit der Basis, jene von Schneeberg  $-2R = \pi$  (0221) selbstständig. R.-Winkel  $92^{\circ} 20'$ . Gewöhnlich sind federartige, baumförmige, gestrickte, auch blechförmige Gestalten, das derbe und eingesprengt vorkommende W. ist körnig. — Spaltb. nach  $-2R$  und basisch vollk. Mild. H. = 2.5. Röthlich silberweiss, bunt anlaufend. W. zeigt den

stärksten Diamagnetismus, gibt mit Antimon in Berührung die stärksten Thermostrome.  $G. = 9.6$  bis  $9.8$ . — Chem. Zus.: Wismut, öfter mit etwas Arsen. V. d. L. schmilzt es sehr leicht, auf Kohle verdampft es und gibt einen citronengelben Beschlag von Wismutoxyd, in Salpetersäure ist es auflöslich, ein Zusatz von viel Wasser und Kochsalz verursacht hierauf einen weissen Niederschlag.

Das W. begleitet auf Gängen die Kobalt- und Niekelerze, so bei Schneeberg, Marienberg, Annaberg, Joachimsthal, Bieber, in Cornwall, Broddbo in Schweden.

Das gediegene Wismut liefert den grössten Theil des Metalles, welches in der Technik namentlich zur Herstellung von leichtflüssigen Legirungen verwendet wird.

Zu den Sprödmetalen gehört auch das Tellur, welches rhomboëdrisch krystallisirt. R.-Winkel  $93^{\circ} 10'$ . Spaltb. nach d. Prisma  $\infty R = (10\bar{1}0)$  vollk., basisch unv. Also nicht eigentlich isomorph mit den vorigen. H. =  $2..2.5$ , mild, zinnweiss.  $G. = 6.1$  bis  $6.3$ . — Chem. Zus.: Tellur mit etwas Gold und Eisen. In körn. Aggregaten in mehreren Gruben in Colorado, N.-Am., Facebay bei Zalathna, Siebenbürgen.

### 3. Ordnung: Schwermetalle.

Alle tesserale bis auf das Zinn und die am Schlusse angeführten seltenen Körper.

#### Gold.

Der König der Metalle. Seit dem Beginne der Civilisation zum persönlichen Schmuck benutzt und hoch geschätzt. Die Formen sind tesserale. Gewöhnlich (111) (100) und (211) =  $v$  Fig. 1, aber auch (110), (210), (311) u. a. Formen. Die Flächen oft uneben. Die Krystalle undeutlich, oft verzerrt, Zwillinge nach (111) häufig, ein solcher Zwilling mit Würfelflächen in Fig. 2, die Zwillingbildung oft wiederholt (G. v. Rath, Zeitschr. f. Kryst., Bd. I). Blechförmig, nach der Zwillingsebene ausgedehnte Platten bildend, wie in Fig. 3, gestrickt, baumförmig, Fig. 4 und 5, moos-, draht-, haarförmig. — Spaltb. nicht wahrnehmbar, Bruch hakig. H. =  $2.5..3$ , geschmeidig und ausserordentlich dehnbar. Goldgelb, messinggelb, auch lichtgelb und speisgelb.  $G.$  schwankend =  $15.0$  bis  $19.4$ , das  $G.$  des reinen  $19.37$  nach G. Rose. — Chem. Zus.: Gold, mit kleineren oder grösseren Mengen von Silber in isomorpher Mischung, auch geringen Quantitäten von Kupfer, Eisen etc. V. d. L. leicht schmelzbar; nur durch Salpetersalzsäure auflöslich, wobei etwa vorhandenes Silber als Chlorsilber zurückbleibt.

Das  $G.$  ist fast immer an Quarz gebunden, welcher entweder in Gängen und Trümmern in Massengesteinen auftritt oder lagerartig, in der Form von Linsen oder Trümmern, krystallinische Schiefer durchzieht. Ein gewöhnlicher Begleiter ist der Eisenkies, mit welchem das  $G.$  oft innig verbunden ist. Durch diese Paragenese wird die Bildungsweise angedeutet, welche eine Abscheidung aus Lösungen sein muss, welche gleichzeitig mit der Abscheidung der  $SiO_2$  durch Kohlensäure und Bicarbonate erfolgte.

Auf primärer Stätte wird der Goldquarz in den verschiedensten krystallinischen Schiefen, bisweilen auch im Granit angetroffen, z. B. in N.-Am. in den Staaten Georgia, Carolina, Virginia, in Brasilien, am Radhausberge bei Gastein. In ebensolchem Gestein wurde ehemals in Böhmen, am Heinzenberg im Zillertal u. a. a. O. Gold gefunden. Einen anderen Charakter hat das Auftreten in eruptiven Gesteinen der Trachyt- und Porphyrgruppe. Hier erscheint das  $G.$



an die Eruptionsproducte gebunden, rührt also aus der Tiefe her. Ein hervorragendes Beispiel ist die Umgebung von Verespatak in Siebenbürgen, woher noch immer schöne Goldstufen in die Sammlungen gelangen. Quarz mit Pyrit, Carbonaten und Gold bilden Gänge und vielverzweigte Trümer in dem zersetzten Eruptivgestein (Quarzandesit). In der Nachbarschaft, bei Nagyág, ist das G. mit Tellurverbindungen in Gesellschaft, ähnliche Vorkommen sind aus Californien bekannt; mit Silbererzen verbunden erscheint es bei Schemnitz, Kremnitz. Auch viele Vorkommen in Peru, Mexico, Australien zeigen die Verbindung mit Eruptivgesteinen.

Fig. 1.

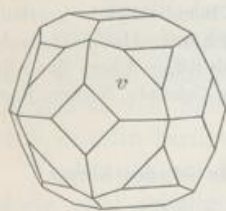


Fig. 2.

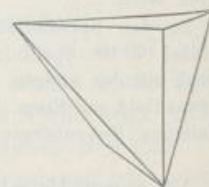


Fig. 3.



Fig. 4.

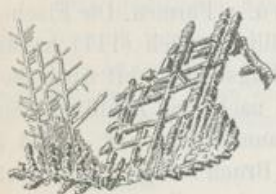


Fig. 5.



Das Vorkommen auf secundärer Stätte wurde begrifflicherweise zuerst bekannt und ausgebeutet. Die Goldseifen sind lose Ablagerungen, seltener feste Conglomerate, worin Klümpchen, Schüppchen, Körner oder staubförmiges Gold gefunden werden. Das Bett der meisten Flüsse enthält etwas Gold. In den Ländern alter Cultur sind diese Lagerstätten erschöpft. An vielen Punkten Europas kann man im Gebiete der Flüsse und Bäche Kegel von Geschieben und Geröllen bemerken, welche Reste alter Goldwäsechen sind. Gegenwärtig lohnt es nicht der Mühe, jene Arbeiten fortzusetzen. Asien, besonders die Länder am Indus und die grossen Inseln, lieferte in alter Zeit grosse Schätze, im Ural und den asiatischen Ländern Russlands werden auch jetzt noch erhebliche Quantitäten gewonnen. Afrika war ehemals reich an Goldseifen, und die Goldküste war der Stapelplatz von Seifengold. Nach der Entdeckung der neuen Welt waren es zuerst die Seifen und Bäche Brasiliens, welche grosse Goldmengen gaben, seit 1848 aber Californien, welches durch seinen grossen Reichthum Aufsehen erregte. Später wurden auch in Georgia, Carolina, Virginia etc. Goldseifen gefunden, welche zu den Goldquarzen, also von der Schlemmarbeit zum Bergbau leiteten. Bald schien Australien alles Andere zu übertreffen, wo die Colonie Victoria das reinste Gold in unerwarteter Menge lieferte und wo auch jetzt noch ergiebige

Ausbeute gemacht wird. 1868 wurde die Goldführung von Witwatersrant im Transvaal in Südafrika entdeckt, wo die Arbeit auch an Seifen begann, jedoch bald auf das feste Gestein geleitet wurde. Hier zeigte sich eine früher unbekannte Art des Goldvorkommens, indem conglomeratise und breccienartige silurische Ablagerungen, die zumeist aus Quarz bestehen, das Gold unmerklich im feinst vertheilten Zustande neben Pyrit enthalten. Die dortige Goldgewinnung stieg bisher mit jedem Jahre. Im J. 1893 betrug die Goldproduction in Australien 53·7, Afrika 44·1, in den Vereinigten Staaten von Nordamerika 43·1, auf der ganzen Erde 234 Tausend Kilogramm. Im J. 1893 producirten Russland 39·8, Oesterreich und Deutschland je 2·2 Tausend Kilogramm.

Da das Gold nur selten in chemischer Verbindung, sonst aber immer gediegen vorkommt, so rührt fast alles gewonnene Gold von diesem Mineral her. Um dem Metalle grössere Härte zu geben, legirt man es mit Kupfer oder mit Silber. Aus einem Kilo Gold werden 2790 Mark R. W., 3280 österr. Kronen, 3444·4 Francs, 290·494 Ducaten geprägt. Die Kronengoldmünzen sind 90procentig. Historisches in dem Werke v. King, Nat. history of precious stones and metals, 1870. Mercantiles und Münzpolitisches in Soetbeer: Ergänzungsheft zu Petermann's geograph. Mitth., 57. Suess, Die Zukunft des Goldes, 1877. Schmeisser, Vorkommen und Gewinnung d. nutzbar. Minerale i. d. südafrik. Republik. Berlin 1894. Vorkommen d. Goldes in Oesterreich in Posepny's Archiv f. prakt. Geologie, Bd. II, 1895.

Als Electrum wird das lichtgelbe Gold von mehr als 20 Percent Silbergehalt, als Porpeit das palladiumhaltige, als Goldamalgame die Legirung mit Quecksilber bezeichnet.

### Silber.

Das weisse Edelmetall ist so lange als das Gold bekannt. Tesseral, gewöhnlich (100), auch (111), (110), (210) und andere Formen. Die Krystalle erscheinen oft verzerrt und mehrfach zusammengesetzt nach der Zwillingfläche (111), (Sadebeck, Tschermak's Min. u. petr. Mitth., I., pag. 293). Häufig sind gestrickte Formen oder haar-, draht-, zahn-, moosförmige, farnkrautartige Gestalten, auch Bleche und Platten. Zuweilen wird es derb, eingesprengt oder fein vertheilt gefunden. — Spaltb. nicht wahrnehmbar. Bruch hakig. Geschmeidig, dehnbar, H. = 2·5 . . 3. Silberweiss oder gelblich, durch Anlaufen gelb, braun, schwarz, bisweilen kupferroth. Der beste Leiter der Elektrizität. G. = 10·1 bis 11·0, des reinen S. 10·52 nach G. Rose. Chem. Zus.: Silber, doch öfter mit Beimischungen von Gold, Kupfer, Eisen, Arsen, auch Platin u. s. w. V. d. L. leicht schmelzbar, in Salpetersäure auflöslich.

Auf Gängen mit Silberverbindungen, wie Silberglanz, Rothgiltigerz oder mit Arsen. So bei Příbram, Freiberg, Schneeberg. Das Vorkommen von Pseudomorphosen nach Stephanit und Rothgiltigerz zeigt hier die secundäre Bildung an. Auf Gängen mit Kalkspath, Flusspath, Quarz etc. bei Kongsberg. Mit Kupfer in und neben dem Mandelstein am Lake Superior, in feiner Vertheilung im Eisenoher, Peru. Grosse schöne Krystalle von Kongsberg. Hier ist auch das goldhaltige oder güldische Silber vorgekommen. Der Arquerit von Coquimbo in Chile und der Kongsbergit von Kongsberg bilden Uebergänge zum Amalgame,

Das ged. Silber unterliegt bisweilen einer Umwandlung in Silberglanz, auch in Chlorsilber. S. auch die Angaben bei Proustit.

Das Amalgam oder Silberamalgam ist tesseral und zeigt oft flächenreiche Krystalle, (110) comb. mit (211), auch mit (111), (100), (310) etc. —  $H. = 3 \dots 3.5$ ; etwas spröde, silberweiss.  $G. = 13.7$  bis  $14.1$ . — Chem. Zus.: Quecksilber und Silber in verschiedenen Verhältnissen als isomorphe Mischung. — Krystalle, Platten, Anflüge, eingesprengte Körner mit Zinnober und Quecksilber. Moschellandsberg, Almaden, Szlana in Ungarn. Chañareillo in Chile.

#### Quecksilber (Mercur).

Bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, bei  $-40^{\circ}$  erstarrend und dann tesseral krystallisiert. Zinnweiss, siedet bei  $357^{\circ}$ .  $G. = 13.5$  bis  $13.6$ , des reinen Q.  $13.596$  nach Regnault. — Chem. Zus.: Quecksilber, oft etwas Silber enthaltend, welches zurückbleibt, wenn das Quecksilber v. d. L. verflüchtigt wird. — Tropfen im Zinnober, seltener grössere geflossene Massen in Höhlungen des Gesteines bildend. Almaden in Spanien, Idria in Krain, im Kalkstein; Moschellandsberg in der Rheinpfalz, Avala in Serbien, Huancavelica in Peru, St. José in Californien.

Das Blei ist tesseral. Ueber viele Funde gibt es nur unsichere Angaben, weil oberflächlich vorkommendes B. leicht von Geschossen herrühren kann. Unzweifelhaft ist das Vorkommen bei Pajsberg in Wermland in der Form von Krystallen, Platten und Blechen mit Magnetit, Eisenglanz, Rhodonit etc., welche ein Lager im Dolomit bilden, und ähnlich bei Nordmark.  $H. = 1.5$ , bleigrau, doch immer schwärzlich angelauten.  $G. = 11.3$  bis  $11.4$ , des reinen  $11.37$  nach Reich. V. d. L. leicht schmelzbar, durch Salpetersäure auflöslich.

Das Zinn kommt sehr selten gediegen vor. Guanajuato in Mexiko, Neusüdwaales.

#### Kupfer.

Oft krystallisiert in gewöhnlichen tesseralen Formen: (111), (100), (110), (210), meist verzerrt, Zwillingsbildungen nach (111) nicht selten. Fig. 2 gibt

Fig. 1.

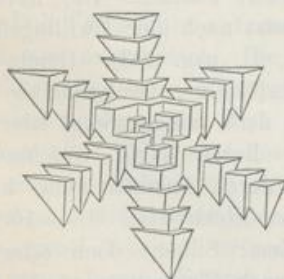


Fig. 2.

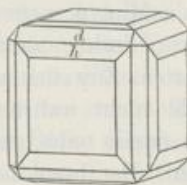


Fig. 3.



eine Combination der ersteren drei Formen und (410) an. Die Krystalle, baumförmige, ästige Gestalten, wie in Fig. 3 (nach E. Dana), welche dem Schema in Fig. 1 entsprechen, haar-, draht-, moosförmige, blechförmige Gestalten sind häufig, doch kommt es auch derb und eingesprengt vor. — Spaltb. nicht wahrnehmbar.  $H. = 2.5 \dots 3$ . Bruch hakig. Das Kupfer ist geschmeidig und dehnbar, kupferroth, öfter gelb oder braun angelauten.  $G. = 8.5$  bis  $8.9$ , des reinen K.  $8.838$  nach Whitney. — Chem. Zus.: Kupfer, meist frei von Beimischungen. V. d. L. schmilzt es ziemlich leicht, durch Salpetersäure wird es zur blauen Flüssigkeit gelöst. Ueber die Formen: E. Dana, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 12, pag. 569.

Das Vorkommen ist ziemlich mannigfaltig. Auf Gängen mit Kupferkies, Kupferglanz etc. oder mit Cuprit, Malachit, Azurit. In letzterem Falle zeigen die Pseudomorphosen nach Cuprit bisweilen die Bildungsweise an (pag. 310). In den krystallinischen Schiefen, im Thonschiefer und Thon, besonders in der letzteren Paragenese, ebenso bisweilen mit Kalkstein. Merkwürdig ist das Auftreten in Mandelsteinen mit Prehnit und anderen Zeolithen, in bedeutender Entwicklung am Lake Superior in N.-Am. Die Hauptmasse kommt hier an der Grenze von Sandstein und Melaphyrmandelstein vor. Das Kupfer bildet manchmal grössere Massen, ist silberhaltig und erscheint zuweilen in Pseudomorphosen nach Kalkspath. Als Neubildung findet sich K. bisweilen in alten Kupfergruben auf Holz. Auf secundärer Lagerstätte wird es, obgleich selten, in losen Körnern oder Klumpen angetroffen. Aufsehen erregte die grosse, 420 Tonnen schwere Masse, die 1857 an der Minnesota-Grube am Lake Superior im Conglomerat gefunden wurde. Schöne krystallisirte Vorkommen sind aus Cornwall, von Rheinbreitbach, Szaszka und Moldawa, Fahlun, Bogoslowsk, auch von Wallaroo in Australien bekannt. Pseudomorphosen nach Aragonit wurden von Corocoro in Bolivia gebracht. Durch den Einfluss der Atmosphärien wird das Kupfer in Cuprit, Malachit, bisweilen in Azurit verwandelt. S. auch Kupferkies.

#### Eisen.

Die Eigenschaften sind durch Beobachtungen am künstlichen und meteorischen ermittelt. Demnach ist die Krystallform tesseral, am künstlichen zuweilen (111) sichtbar, Spaltb. nach (100) vollk. Die Spaltungswürfel erscheinen von Zwillinglamellen durchsetzt.  $H. = 4.5$ , geschmeidig, ziemlich dehnbar, stahlgrau bis eisenschwarz, stark magnetisch.  $G.$  des reinen  $= 7.88$  nach Caron. — Chem. Zus.: Eisen mit verschiedenen Beimischungen. V. d. L. nicht schmelzbar, durch Salzsäure oder Salpetersäure auflöslich.

Die meisten Eisenklumpen, welche bisher gefunden wurden, haben die Eigenschaften des Meteoreisens (s. d. Anhang); doch gibt es wohl unzweifelhaft auch tellurisches Eisen, welches seiner Bildung nach der Erde angehört. Frühere Funde sind jenes von Mossier in Laven der Auvergne, das von Bornemann in Eisenkiesknollen bei Mühlhausen in Thüringen, das von Neumann im Pläner bei Chotzen in Böhmen beobachtete Eisen. Die auf Gold- und Platinseifen gefundenen Schüppchen können von Werkzeugen herrühren, doch fanden sich in den Seifen Brasiliens und des Ural Körnchen und auch grössere Stücke, die als tellurisches E. betrachtet werden. Spärlich und in feiner Vertheilung scheint es in manchen Basalten vorzukommen, welche, wie Andrews zeigte, aus einer Kupfervitriollösung mikroskopisch kleine Häufchen von Kupfer niederschlagen.

Das Vorkommen von gediegenem Eisen in Grönland war seit 1819 durch Capitän Ross bekannt. Die Eskimos benutzten es zu Messerklingen und Werkzeugen. Von der Fortunebai auf Disco kam ein grösseres Stück nach Kopenhagen, 1870 wurden von Nordenskiöld bei Ovivak auf der grönländischen Insel Disco metallische Klumpen, die bis 500 Centner Gewicht hatten und zum Theil aus gediegenem Eisen bestanden, entdeckt, ebenso wurden im benachbarten Basalt Klumpen und Einsprenglinge von Eisen beobachtet. Der Entdecker, sowie mehrere

andere Forscher hielten dieses Eisen anfänglich für meteorisch, von einem während der Eruption des Basaltes hineingefallenen Meteoritenschwarm herführend, bis Steenstrup nach genauer Untersuchung des Vorkommens dessen tellurischen Ursprung als viel wahrscheinlicher darstellte. Die Masse der Klumpen ist viel härter als Eisen, viele Stücke verwitterten sehr rasch, während andere sich frisch erhielten. Während viele Stücke nickelhaltiges Eisen sind, bestehen andere aus kohlenreichem Eisen. Im Basalt ist das Eisen oft von Graphit und Magnetkies begleitet. (Jahrb. f. Min. 1879, pag. 173 und 832.)

Awaruit, ein Nickeleisen, dessen chem. Zus. ungefähr  $Ni_2Fe$ , wurde am Georgsflusse auf Neuseeland im Olivinfels und Serpentin, ein Nickeleisen  $Ni_2Fe$  bei Biella in Piemont gefunden.

### Platin.

Die selten vorkommenden Krystalle sind tesseral, (100) auch (111). Kleine Plättchen, stumpfeckige Körner, grössere glatte oder rauhe Klumpen, fast immer lose, von eckigkörniger Textur. — Spaltb. nicht wahrnehmbar. Bruch hakig. H. = 4.5 . . 5, geschmeidig, dehnbar. Stahlgrau gegen silberweiss, zuweilen magnetisch. G. = 17 bis 18, des reinen gehämmerten bis 21.23. — Chem. Zus.: Platin, doch immer mit Eisen und geringeren Mengen der später erwähnten Platinmetalle gemischt. V. d. L. nicht schmelzbar, nur im Knallgasgebläse zu schmelzen, durch Salpetersalzsäure auflöslich.

Das Platin wurde im Olivinfels am Berge Solovieff bei Nischne Tagilsk in kleinen Körnern, sonst aber meist auf secundärer Stätte gefunden. Auf Quarzgängen, oft mit Gold, wird es von Boussingault und Jervis in Neugranada, von Helmersen bei Beresowsk am Ural angegeben.

Die Begleiter des P. auf den Seifen sind Gold, Chromit, Magnetit, Zirkon, Korund, selten Diamant, häufig Iridium, Osmiridium, Palladium. Die bekanntesten Fundorte liegen am Ural, wo das P. 1822 entdeckt wurde, bei Nischne Tagilsk, hier mit Serpentin, bei Bissersk, Kuschwinsk, Newjansk; im District Choco der Freistaaten von Columbia, wo es zuerst beobachtet und woher es 1735 durch Ulloa nach Europa gebracht wurde; in Brasilien, auf St. Domingo, in Californien, auf Borneo. Kleine Mengen sind aber auch im Rhein, in Irland, Frankreich etc. beobachtet worden.

Aus dem rohen Platin wird einerseits das reine Platin abgeschieden, welches wegen seiner Strengflüssigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Säuren besonders zu Gefässen für chemische Operationen dient, andererseits werden Iridium, Osmium etc. daraus dargestellt. Im Jahre 1886 producirte Russland 4317 Kilo P.

Mit dem Platin finden sich bei Nischne Tagilsk auch Körnchen von Eisenplatin mit höherem Eisengehalte bis zu 19 Perc. G. = 14 bis 15; ausserdem auf mehreren Lagerstätten als wechselnde Begleiter einige Minerale, welche seltene Stoffe repräsentiren: das Iridium, wie voriges tesseral, H. = 6 . . 7, G. = 22, und das Platiniridium vom G. = 17, ferner das Osmiridium (Newjanskit, Haid.) hexagonal, H. = 7, G. = 19.4, ausser Iridium und Osmium auch Rhodium, Ruthenium enthaltend, das ebenfalls hexagonale Iridosmium, G. = 21, reicher an Osmium, und das Palladium, hexagonal und tesseral (dimorph), H. = 4.5 . . 5, G. = 12.

## II. Classe: Lamprite.

Von λαμπρός, glänzend. Sie sind Arsen-, Antimon- und Wismutverbindungen der Schwermetalle, ferner Schwefel-, Selen- und Tellurverbindungen der schweren



und spröden Metalle. Durch das hieraus folgende chemische Verhalten werden sie stets leicht als solche erkannt. Sie zeigen Metallglanz bis Demantglanz. Alle erscheinen als Gangminerale, deren Bildungsweise oben [212] besprochen ist, und nur wenige Gattungen enthalten Arten von anderem Auftreten.

### 1. Ordnung: Kiese (Pyritoide).

Verbindungen von Arsen, Schwefel, selten von Tellur, Antimon mit den Metallen der Eisengruppe (Reihe 8), namentlich mit Kobalt, Nickel, untergeordnet aber auch mit Kupfer. Sie sind alle stark metallglänzend, an den hellen Farben und der durchschnittlich grösseren Härte, immer über 3, von den folgenden zu unterscheiden. Alle sind spröde, mit Ausnahme des Buntkupferkieses, alle geben ein dunkles Strichpulver.

Die Kiese sind zumeist einfache Verbindungen, deren Constitution jedoch nicht näher bekannt ist. Einige werden zu den Sulfosalzen gezählt, wie der Kupferkies, Zinnkies.

Löllingit	FeAs <sub>2</sub> rhombisch	0.6689 : 1:1.2331	Tesserkalkies	CoAs <sub>2</sub>	pyritoëdrisch
Arsenkies	FeAsS	0.680 : 1:1.191	Speiskobalt	CoAs <sub>2</sub>	"
Glaukodot	(Fe,Co)AsS	0.694 : 1:1.192	Chloanthit	NiAs <sub>2</sub>	"
Markasit	FeS <sub>2</sub>	0.7623 : 1:1.2167	Sperrylit	PtAs <sub>2</sub>	"
Nickelin	NiAs hexagonal	1:0.9462	Glanz kobalt	CoAsS	"
Breithauptit	NiSb	1:0.9914	Gersdorffit	NiAsS	"
Millerit	NiS	1:0.9886	Ullmannit	NiSbS	tesseral tetart.
Magnetkies	Fe <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	1:0.862	Pyrit	FeS <sub>2</sub>	pyritoëdrisch
Eisennickelk.	(Ni,Fe)S tesseral		Laurit	RuS <sub>2</sub>	"
Linnéit	Co <sub>3</sub> S <sub>4</sub>		Buntkupferkies	Cu <sub>3</sub> FeS <sub>2</sub> tesseral	
Carrolit	CuCo <sub>2</sub> S <sub>4</sub>		Zinnkies	Cu <sub>2</sub> FeSnS <sub>4</sub> tetraëdrisch	
Cuban	CuFe <sub>2</sub> S <sub>4</sub>		Kupferkies	Cu <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> S <sub>4</sub> tetrag. sphen. 1:0.9856	

#### Löllingit. *Haidinger* (Arseneisen, Arsenikalkies).

Rhombisch. Gewöhnlich (110), (101), auch (011) und (013). Winkel (110) 66° 20', (013) 46° 10' nach Schrauf. Einzelne Krystalle oder derb, eingesprengt, bei strahliger oder körniger Textur. — Spaltb. (001) ziemlich deutlich, Bruch uneben. H. = 5..5.5, silberweiss ins Stahlgraue, Strich schwarz. G. = 7.0 bis 7.2. — Chem. Zus. FeAs<sub>2</sub>, entsprechend 27.2 Eisen und 72.8 Arsen, jedoch ist immer auch eine kleine Menge Schwefel vorhanden. V. d. L. schwer zur unmagnetischen Kugel schmelzbar, im Köhlbehen ein Sublimat von Arsen gebend.

Im Serpentin von Reichenstein in Schlesien, im Gebiete des Eisenspathes bei Lölling in Kärnten, auf den Gängen bei Příbram, auch bei Andreasberg u. a. O. Der Löllingit verwittert bisweilen zu Grüneisenerz und Skorodit.

Das Vorkommen mit geringerem Arsengehalt wollte Zepharovich als Leukopyrit abtrennen. Der Glaukopyrit Sandberger's steht dem Löllingit sehr nahe.

#### Speiskobalt. *Werner* (Smaltin, *Beudant*).

Tesseral, meistens (100) mit (111), (110) seltener (211). Nach Groth's Beobachtungen hemiëdrisch, der pyritoëdrischen Abtheilung entsprechend. Die Würfel oft bauchig, mitunter wie gequollen oder geborsten, die Krystalle schalig zusammengesetzt, oft in Drusen vereinigt; häufig sind gestrickte oder stauden-

artige Formen, traubige oder nierförmige Gestalten, derbe und eingesprengte körnige bis dichte Aggregate. — Spaltb. nicht deutlich. Bruch uneben, H. = 5·5, zinnweiss bis lichtstahlgrau, grau oder bunt anlaufend, Strich grauschwarz. G. = 6·4 bis 7·3. — Chem. Zus.:  $CoAs_2$ , jedoch immer mit kleinen Mengen



von Schwefel, ferner grösseren Mengen von Eisen und von Nickel. Manche Analysen geben weniger Arsen an als die Formel verlangt, welcher 28·2 Kobalt und 71·8 Arsen entsprechen, daher nicht nur eine isomorphe Mischung mit Arseneisen und Arsennickel, sondern auch mechanische Beimengungen anzunehmen sind. V. d. L. auf Kohle unter Ausgeben von Arsenrauch leicht zur grauen magnetischen Kugel schmelzbar, im Kölbchen erst bei starker Hitze Arsen, im offenen Glasrohr einen weissen Beschlag von arseniger Säure gebend, durch Salpetersäure leicht auflöslich, eine rothe Lösung liefernd.

Auf den sog. Kobaltgängen mit Quarz, Rothnickelkies, Wismut, Pyrit, Bleiglanz, Silbererzen, bei Schneeberg in Sachsen, ähnlich bei Marienberg, Annaberg, Johanngeorgenstadt, Joachimsthal, mit Baryt u. a. M. bei Riechelsdorf, Bieber, mit Spatheisenstein und Kupfererzen in der Nähe des Gabbro bei Dobschau etc.

Bei der Verwitterung bedeckt er sich mit einem rothen Beschlag von Kobaltblüthe.

Ueber die Krystallisation des S. haben Naumann (Pogg. Ann., Bd. 31), G. v. Rath (Zeitschrift f. Kryst., Bd. 1), Groth (Min. Samml. d. Univ. Strassburg) wichtige Arbeiten geliefert. Die hierhergehörigen Minerale sind isomorphe Mischungen, daher eine scharfe Grenze gegen den weiterhin besprochenen Chloanthit nicht anzugeben ist. Ein Mineral, welches die Zusammensetzung eines Speiskobaltes hat, jedoch rhombisch krystallisirt, ist der Safflorit oder Eisenkobaltkies (Spathiopyrit). Der bisweilen beobachtete stängelige Speiskobalt ist wohl auch dazu zu rechnen und eine Dimorphie der Substanz  $CoAs_2$  anzunehmen. Der Wismutkobaltkies Kersten's von Schneeberg ist ein wismuthaltiger S. Der Tesseralkies (Skutterudit) von pyritödrischer Form erscheint nach der Formel  $CoAs_3$  zusammengesetzt.

#### **Chloanthit.** *Breithaupt* (Weissnickelkies, Arseniknickelkies z. Th.).

Formen und viele phys. Eig. wie beim Speiskobalt, mit welchem er früher vereint wurde. G. = 6·4 bis 6·8. — Chem. Zus.:  $NiAs_2$ , jedoch immer mit etwas Eisen und Kobalt. Der Formel entsprechen 28·2 Nickel und 71·8 Arsen. V. d. L. gibt er Arsenrauch, setzt arsenige Säure an, bleibt lange glühend, gibt ein sprödes Metallkorn, durch Salpetersäure auflöslich, indem er eine grüne Lösung liefert.

Das Vorkommen ist dasselbe wie beim Speiskobalt. Besonders rein von Riechelsdorf, Grosseamsdorf, Allemont bekannt. Bei der Verwitterung zeigt er einen grünen Beschlag von Nickelblüthe.

Auch der Chloanthit hat in dem Rammelsbergit (Weissnickelkies, Arseniknickel z. Th.), welcher bei gleicher Zusammensetzung rhombisch krystallisirt bei Schneeberg, Riechelsdorf, Wittichen vorkommt, seinen heteromorphen Vertreter gefunden. Ein Platinkies ist der Sperrylit  $PtAs_2$  von pyritödrischer Form und G. = 10·6. Vermilion mine, Algoma, Canada.



**Nickelin** *Beudant* (Rothnickelkies, Kupfernickel, Arseniknickel).

Hexagonal. Die seltenen sitzenden Krystalle zeigen die Pyramide, auch die Basis. Winkel (1011)  $93^{\circ} 10'$ . Meistens derb oder eingesprengt, körnig bis dicht, aber auch gestrickt, baumförmig. — Spaltb. kaum erkennbar, Bruch muschelig oder uneben. H. = 5·5, licht kupferroth, schwärzlich anlaufend. Strich bräunlich-schwarz. G. = 7·4 bis 7·7. Chem. Zus.: *NiAs*, entsprechend 43·6 Nickel und 56·4 Arsen, mit Beimischung von Antimon und Schwefel. V. d. L. auf Kohle nach Entwicklung von Arsenrauch zur weissen spröden Metallkugel schmelzbar, im Kölbchen kein Arsen gebend, durch concentrirte Salpetersäure unter Abscheidung von arseniger Säure löslich. Die Lösung ist grün.

Das Vorkommen ist dasselbe wie beim Speiskobalt, doch tritt er in geringerer Menge auf, gut krystallisirt zu Sangerhausen, schöne derbe Stücke kamen früher von Schladming, sonst findet er sich bei Freiberg, Schneeberg, Annaberg, Riechelsdorf u. a. O. Bei der Verwitterung liefert er Nickelblüthe. Ist das wichtigste und am meisten verbreitete Nickelerz.

Die Minerale Speiskobalt, Chloanthit, Nickelin bilden auf Gängen eine constante Paragenesis (Kobaltformation Breithaupt's). Die in den krystallinischen Schiefen bei Schneeberg in grosser Zahl auftretenden quarzreichen Gänge, ferner jene bei Marienberg, Annaberg, Joachimsthal, Johannegeorgenstadt abgebauten sind merkwürdig durch die Begleitung arsenhaltiger Silbererze, welche stets die jüngere Bildung darstellen. Aehnlich sind die Verhältnisse bei Wittichen im Schwarzwalde.

Bei Schladming zeigt sich eine Durchsetzung von eisenkieshaltigen Fahlbändern durch Kobaltgänge, welche an den Stellen des Zusammentreffens beider eine Anreicherung wahrnehmen lassen. Für das Vorkommen in sedimentären Gesteinen geben die sogenannten Kopaltrüben, welche die kupfererzführenden Thonschiefer bei Riechelsdorf und Bieber durchtrüben und Baryt als charakteristisches Gangmineral führen, ein Beispiel.

Die Kobalt- und Nickelerze sind seit langer Zeit Gegenstand einer aufmerksamen Aufbereitung und Verhüttung. Ehemals wurden sie nach dem Rösten mit einer Glasmasse geschmolzen, welche durch Aufnahme von Kobaltoxyd sich schwarzblau färbte und nach dem Pulvern und Schlämmen die Smalte lieferte. Diese wurde als Deckfarbe, ferner als feuerbeständige Glasur- und Emailfarbe verwendet. Den kobaltfreien metallinischen Rest verarbeitete man auf Nickel. Als Anstreichfarbe und Malerfarbe ist die Smalte seit 1845 durch das lebhaftere Ultramarin verdrängt worden, und gegenwärtig wendet sich die Verarbeitung jener Erze vorzugsweise der Gewinnung des Nickels zu. Die Darstellung desselben ist ein ziemlich schwieriger Process, und man erhielt früher das Nickel niemals vollständig rein. Seit Entdeckung des Nickelsilicats (Garnierit) in Neu-Caledonien fabricirt man vollkommen reines Nickelmetall, welches dehnbar ist und zu Gefässen verarbeitet wird. Früher waren es die als Neusilber (Argentan) und Packfong bezeichneten Legirungen mit Kupfer und Zink, für welche das Nickel in Verwendung kam, seit Einführung der Nickelmünzen (Legirung 1 Nickel : 3 Kupfer) in mehreren Staaten ist der Verbrauch gestiegen und hat durch die Erfindung des Vernickelns der Eisen- und Zinkwaaren noch zugenommen. Alfénide ist Neu-

engte  
= 5·5,  
warz.  
ngen  
und  
n an  
71·8  
orphe  
auch  
d. L.  
zur  
ehen  
einen  
auf-

Pyrit,  
anna-  
sdorf,  
Dob-

von

(Zeit-  
liefert.  
n den  
amen-  
isen-  
dazu  
tkies  
pyri-

früher  
etwas  
d. L.  
ein  
sung

von  
gt er

Th.),  
sdorf,  
rylit

silber mit 1 bis 2 Percent Silber. Aehnlich ist Chinasilber, Perusilber, Alpaca. Das Tiers-argent besteht aus 63 Neusilber und 27 Silber.

Mit dem Nickel in isomorph ist der Breithauptit (Antimonnickel) von Andreasberg. (1011) 93° 4. Chem. Zus.: NiSb. Zu den kupfer- und antimonhaltigen Kiesen gehört auch der Horsfordit  $Cu_3Sb$  von Mytilene in Kleinasien, zu den arsenhaltigen der Domeykit (Arsenkupfer, Condurrit), vorzugsweise in Chile und Mexiko vorkommend, so wie die Verwandten: Algodonit, Whitneyit, mit welchem letzteren der Darwinit übereinstimmt.

#### Arsenkies oder Misspickel (Arsenopyrit, Glocker).

Rhombisch. Gewöhl. Formen  $M = (110)$  mit  $r = (014)$  kurze Krystalle oder lange Prismen bildend, an welchen ausserdem  $g = (101)$  mit kleinen Flächen ausgebildet ist, die Flächen in der in den Figuren angedeuteten Art gerieft. Zwillinge häufig nach (101) wie in der Fig. 3, seltener nach (110). Die Winkel schwankend nach den Fundorten, resp. der Mischung. Miller gibt (110) 68° 48', (014) 33° 32', (011) 100° 38', (101) 120° 48'. Die Krystalle einzeln sitzend, gewöhnlicher zu Drusen verbunden, wohl auch schwebend gebildet; manchmal kommen stängelige Aggregate mit krummer Oberfläche vor, oft derbe Massen

Fig. 1.

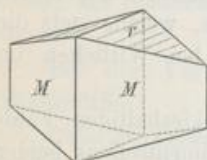


Fig. 2.

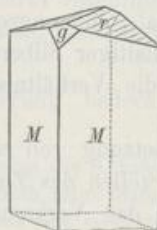


Fig. 3.

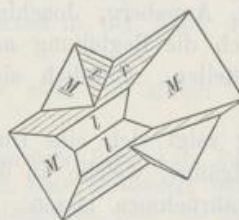
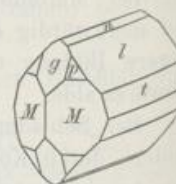


Fig. 4.



von körniger Textur. — Spaltb. (110) eben erkennbar. Bruch uneben, H. = 5·5...6, silberweiss bis lichtstahlgrau, gelb oder grau anlaufend, Strich schwarz. G. = 6 bis 6·2. — Chem. Zus.:  $FeAsS$ , entsprechend 34·4 Eisen, 46·0 Arsen und 19·6 Schwefel. Die Analysen geben bisweilen merkliche Abweichungen von dieser Regel, durch einen Gehalt von Kobalt bilden manche der hierhergehörigen Minerale einen Uebergang zum Glaukodot. Ein kleiner Gehalt an Silber oder Gold zeichnet manche Vorkommen aus. V. d. L. auf Kohle schmilzt er zur braunen oder schwarzen magnetischen Kugel, im Kölbchen liefert er ein doppeltes Sublimat, zuerst ein braunes von Schwefelarsen, dann ein schwarzes von metallischem Arsen, durch Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel und etwas arseniger Säure löslich.

Der A. ist ein auf sehr vielen Gängen verbreitetes Mineral. Die Zinnerz-lagerstätten haben ihn als gewöhnlichen Begleiter, mit Silbererzen ist er bei Freiberg, Bräunsdorf u. a. O. häufig zu finden, mit Bleiglanz auf den Gängen von Sala, mit Blende auf jenen von Rodna, mit Kobalt- und Nickelerzen bei Skutterud in Norwegen, bei Chatham in Connecticut, im Serpentin bei Reichenstein, im Thonschiefer in der Nähe der Kupfererze bei Mitterberg, oft in innigem Gemenge mit Eisenkies an vielen Orten. Durch Verwitterung erzeugt sich Skoderit, häufiger Pittizit.

Der Plinian Breithaupt's ist Arsenkies, der Geierit Breithaupt's enthält mehr Arsen als dieser. Der Danait (Kobaltarsenkies), welcher öfter die in Fig. 4 dargestellte Combination zeigt, wo  $p = (111)$ ,  $t = (031)$ ,  $l = (011)$ ,  $n = (012)$ , bildet den Uebergang zum Glaukodot.

#### **Glanzkobalt** (Kobaltglanz, Kobaltin).

Die öfter schwebend gebildeten, im Kupferkies liegenden Krystalle haben pyritoëdrische Form, wie Eisenkies, derbe körnige Massen kommen ebenfalls vor. — Spaltb. (100) vollk. H. = 5·5, stark glänzend, röthlich silberweiss, grau anlaufend, Strich graulichschwarz. G. = 6·0 bis 6·1. — Chem. Zus.:  $CoAsS$ , entsprechend 35·5 Kobalt, 45·2 Arsen, 19·3 Schwefel, doch fast immer auch etwas Eisen enthaltend. V. d. L. schmilzt er nach Entwicklung von Arsenrauch zur grauen, schwach magnetischen Kugel, im Kölbchen gibt er keinen Arsenspiegel, im offenen Glasrohr bei starker Hitze schwefelige Säure und Beschlag von arseniger Säure, durch Salpetersäure ist er unter Abscheidung von Schwefel und arseniger Säure löslich, die Lösung ist roth. — Vorkommen lagerartig in krystallinischen Schieferen mit Pyrit, Kupferkies, auch Magnetit neben Quarz, Hornblende, Glimmer etc., bei Tunaberg und Vena in Schweden, Skutterud, ferner auch bei Querbach, Siegen etc. Bedeckt sich bei der Verwitterung mit Kobaltblüthe, ist eines der reichsten Kobalterze. (Vergl. Speiskobalt.)

Der Glaukodot Breithaupt's, welcher rhombisch krystallisirt und mit dem Arsenkies isomorph ist, hat die Zusammensetzung eines eisenreichen Glanzkobaltes. Er findet sich bei Häkansbo in Schweden, Valparaiso in Chile. Durch den Danait hängt er mit dem Arsenkies zusammen. Der Alloklas Tschermak's von Orawicza ist ein wismuthaltiger Glaukodot.

#### **Gersdorffit** (Arseniknickelglanz, Nickelarsenkies, Nickelglanz z. Th.).

Die Krystallform ist pyritoëdrisch, doch ist die Comb. (111), (100) die gewöhnliche, meist findet er sich nur derb mit körniger Textur. — Spaltb. (100) ziemlich vollk., Bruch uneben. H. = 5·5; silberweiss ins Stahlgraue geneigt, graulichschwarz anlaufend, Strich grauschwarz. G. = 6·0 bis 6·7. — Chem. Zus.:  $NiAsS$ , entsprechend 35·1 Nickel, 45·5 Arsen, 19·4 Schwefel, immer mit etwas Eisen und Kobalt als Stellvertreter des Nickels. Zerknistert im Kölbchen, gibt ein braunes Sublimat von Schwefelarsen. V. d. L. unter Entwicklung von Arsen dampfen zur Kugel schmelzbar, im Glasrohr schwefelige und arsenige Säure gebend, durch Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel und arseniger Säure löslich. Die Lösung ist grün.

Ausgezeichnete Fundorte sind Loos in Schweden, Schladming in Steiermark, wo er mit Nickelin, Lobenstein, Harzgerode, wo er mit Ullmannit vereinigt ist, Müsen.

Der Korynit Zepharovich's von Olsa in Kärnten, oktaëdrisch krystallisirt, ist antimonalhaltig und bildet den Uebergang zum Ullmannit. Der Wolfachit Sandberger's von derselben Zusammensetzung ist jedoch rhombisch.

#### **Ullmannit** (Antimonnickelglanz, Nickelglanz z. Th.).

Tesseral. Nach Miers sind die Formen tetartoëdrische. Vergl. pag. 75. Die Krystalle zeigen gewöhnlich (100), (111), auch  $\pi$  (210), zuweilen auch Ergänzungszwillinge, Oktaëder mit gekerbten Kanten, ähnlich wie beim Diamant. Gewöhnlich sieht man das Mineral derb und eingesprengt mit körn. Textur. — Spaltb. (100)

ca.  
(11)  
re-  
fer.  
nit.alle  
ten  
eft.  
kel  
18'.  
ge-  
nal  
sen.6.  
= 6  
fel.  
ren  
net  
der  
nat.  
em  
gerrz-  
bei  
gen  
bei  
en-  
em  
ko-

vollk., Bruch uneben. H. = 5.5, bleigrau bis stahlgrau, grauschwarz, auch bunt anlaufend. G. = 6.2 bis 6.5. — Chem. Zus.:  $NiSbS$ , entsprechend 27.4 Nickel, 57.5 Antimon, 15.1 Schwefel, bisweilen mit etwas Arsen. V. d. L. auf Kohle unter Entwicklung von Antimonrauch schmelzend, im Glasrohr weissen Beschlag liefernd. Durch concentrirte Salpetersäure wird er zersetzt, durch Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel gelöst; die Lösung ist grün.

Der U. findet sich mit Blende und Kupferkies bei Freusburg und Umgebung in Nassau, bei Harzgerode, Lobenstein, Lölling, Waldenstein (Kärnten).

Gersdorffit und Ullmannit werden, wofern sie in erheblicher Menge auftreten, auf Nickel verhüttet.

#### Eisenkies oder Pyrit (Schwefelkies).

Das häufigste Mineral der ganzen Classe. Sehr oft krystallisirt, das vorzüglichste Beispiel der pyritoëdrischen Hemiëdrie. An den Krystallen ist bald das Hexaëder, bald das Oktaëder oder das Pyritoëder  $\pi$  (210) vorwiegend entwickelt, oder diese Formen treten selbständig auf, auch das Dyakisdodekaëder  $\pi$  (321) findet sich bisweilen selbständig. S. pag. 75. Der Ergänzungszwilling des Pyritoëders, der Zwilling des eisernen Kreuzes genannt, Fig 208, auf pag. 90, ist nicht selten. Die Zahl der einfachen Formen und der Combinationen ist sehr gross. Nach den Beobachtungen von Sella, Strüver (Atti Acad. Torino 1869), Groth u. A. zählt man 25 verschiedene Pyritoëder, 9 Ikositetraëder, 4 Triakisoktaëder und 28 Dyakisdodekaëder. Einige Beispiele von Combination geben die umstehenden Figuren, welche Krystalle von Elba und Traversella darstellen. Fig. 1 ist (100),  $\pi$  (210); Fig. 2 ist (111) mit  $\pi$  (210); die Fig. 3 gibt  $\pi$  (210) mit  $\pi$  (421). Letzteres Zeichen aus den Zonen [001:210] und [100:021] zu berechnen. Fig. 4 ist (100) und (111) mit  $s = \pi$  (321); Fig. 5 zeigt die beiden letzteren Formen an  $\pi$  (210) als Träger der Combination; Fig. 6 stellt eine complicirtere Combination dar, welche ausser dem Hexaëder und Oktaëder noch  $e = \pi$  (210), ferner  $t = \pi$  (421) und  $u = (211)$  darbietet.

Die Flächen des Hexaëders sind häufig parallel den abwechselnden Kanten gerieft (s. Fig. 231 auf pag. 104), die Flächen des Pyritoëders im selben Sinne, nämlich parallel den Combinationskanten mit dem Hexaëder, an den Oktaëderflächen ist auch öfter eine Riefung parallel den Combinationskanten mit dem Pyritoëder bemerkbar. Beim Aetzen mit Salpetersäure bilden sich Aetzfiguren, welche im Sinne dieser Riefungen gestreckt sind und den pyritoëdrischen Charakter auch auf den Hexaëder- und Oktaëderflächen anzeigen. Die Krystalle sind oft schwebend gebildet und dann bisweilen ziemlich gross, wie manche Exemplare von Elba und aus Cornwall. Stabförmig verzerrte oder auch kreuzförmig aussehende Krystalle werden öfter beobachtet, letztere entsprechen den vorgenannten Durchkreuzungs- oder Ergänzungszwillingen. Häufig sieht man Drusen, ferner kugelige, traubige, nierförmige Gestalten, sehr oft aber derbe und eingesprengte Vorkommen von körniger Textur. Spiegelflächen (Harnische) in Klüften sind nicht selten.

Der Bruch der Individuen ist muschelrig, die Spaltb. nach dem Hexaëder ist kaum bemerklich. Die Härte ist grösser, als sie sonst an den gewöhnlicheren

Kieserit beobachtet wird, nämlich 6 . . 6.5, also etwas grösser, als die des Feldspathes. Die Farbe ist speisgelb, ein helles Gelb mit etwas Grau, manchmal zeigt sich ein satteres Gelb, durch Anlaufen wird die Oberfläche braun, selten bunt. Der Strich ist bräunlichschwarz.

Der Eisenkieserit leitet zwar die Elektrizität, doch zeigt er Strömen gegenüber einen starken Widerstand. Das thermoelektrische Verhalten ist schwankend. Der Magnetismus ist ungemein gering, da nur die sehr empfindlich gemachte

Fig. 1.

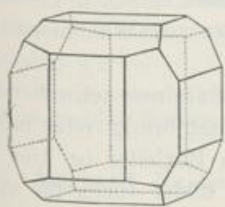


Fig. 4.

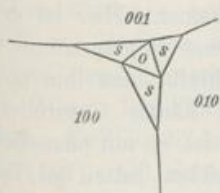


Fig. 2.

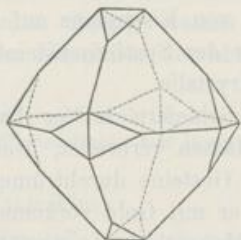


Fig. 5.

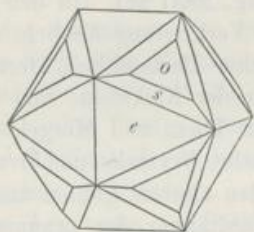


Fig. 3.

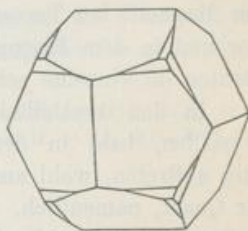
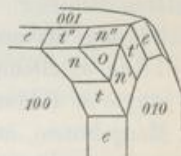


Fig. 6.



Magnetnadel eine schwache Wirkung zeigt, dem Elektromagneten gegenüber ist er paramagnetisch.

G. 4.9 bis 5.2. Für den reinen Eisenkieserit gibt Zepharovich 5.185 an.

Die chem. Zus. ist  $FeS_2$ , entsprechend 46.67 Eisen und 53.33 Schwefel, doch wurden öfter geringe Beimischungen von Nickel, Kobalt, Kupfer, Zinn, Arsen, auch von Thallium, ferner Spuren von Gold und Silber beobachtet. Im Kölbchen liefert er ein Sublimat von Schwefel, worauf  $FeS$  zurückbleibt; v. d. L. erhitzt, entzündet er sich und brennt mit blauer Farbe, worauf er ebenfalls eine dem Magnetkieserit entsprechende Substanz hinterlässt. Durch Salpetersäure wird er unter Abscheidung von Schwefel gelöst, durch Salzsäure aber fast gar nicht angegriffen. Die künstliche Darstellung gelang sowohl auf trockenem wie auf nassem Wege.

Der Eisenkieserit ist eine ungemein verbreitete Mineralgattung, welche sowohl als Gangmineral, wie auch als Begleiter aller Gesteinsarten auftritt. (»Hanns in allen Gassen« bei Henckel in dessen Kieshistorie, 1725.) Die wechselnde Paragenese verräth eine mannigfache Bildungsweise, daher viele Arten unterschieden werden können. Auf den Erzgängen ist er der gewöhnliche Begleiter, auch auf Zinnsteingängen, die sonst nicht reich an Sulfiden sind, ferner auf vielen Mineral-

gängen. Wo Schwefelverbindungen vereinigt sind, ist er überall zu Hause, bald als primäre Bildung, bald als ein indirecter Absatz, pseudomorph nach Magnetkies, wie auf den Gängen von Příbram und Rodna, nach Kupferkies und Arsenkies auf jenen von Freiberg, nach Silberglanz, Stephanit, Rothgiltigerz bei Freiberg und Joachimsthal. Bei Příbram überkleidet er Baryt oder verdrängt denselben, auf anderen Gängen finden sich hohle Rinden mit den Formen des Fluorits, Kalkspathes etc. Als Gangmineral und zugleich unzweifelhaft als Absatz aufsteigender Quellen gebildet, findet er sich in den Steigrohren von Thermen, z. B. bei Deutsch-Altenburg mit Calcit, bei Aachen etc. In den stockförmigen Massen von Magnetit bei Traversella, von Eisenglanz auf Elba bildet er schöne Drusen, hier und in dem Eisenglimmer der Spatheisensteinlagerstätte von Waldenstein in Kärnten oft einzelne schöne Krystalle.

In den krystallinischen Schiefen ist er bald in einzelnen schwebenden Krystallen, bald in derben Massen verbreitet, welche linsenförmig oder lagerartig auftreten, wohl auch die Gesteine durchtrümen. Sein Begleiter ist hier oft der Quarz, namentlich, wenn er mit Gold vorkommt. Er bildet theils für sich, theils mit Kupferkies und Magnetkies Lagerstätten, wie bei Schmöllnitz in Ungarn, Trondhjem in Norwegen, Ducktown in Tennessee, öfter tritt er in der Form von Fahlbändern (pag. 283) auf. In den Phylliten und den älteren sedimentären Schiefen ist die Verbreitung ähnlich, aber sparsamer. Hier ist er oft gleichförmig als accessorischer Bestandtheil, ferner als feine Imprägnation vertheilt. Die bläuliche Farbe vieler Kalksteine und Thone schreibt man ihm zu. In den jüngeren Bildungen, im Thon und Mergel, bildet er häufig Concretionen, sog. Mergelnüsse, auch einzelne Krystalle und Gruppen. Oft ist er mit pflanzlichen Ueberresten verbunden in den älteren Kohlen und Braunkohlen, selten im Torfe, ferner findet er sich als Verdränger der organischen Substanz in Vererzungen von Pflanzenresten häufig, manchmal auch in der Form von Ammonitenschalen etc. Alle diese Bildungen sind auf einen Reductionsprocess zurückzuführen (pag. 305), welcher durch das Vorkommen von neugebildetem Schwefelkies in Sümpfen deutlich gemacht wird. Als Neubildung erscheint er ferner in zersetzten Eruptivgesteinen sehr häufig, besonders an Stellen, wo Exhalationen von Schwefelwasserstoff stattfinden, in den Solfataren.

Die Veränderungen, welche der Eisenkies erfährt, gehören dem Bereiche der Verwitterung an. An der Luft verwandelt er sich in Eisenvitriol und freie Schwefelsäure (pag. 307), letztere zerstört in der Nachbarschaft befindliche organische Substanzen, verwandelt etwa vorhandenen Kalkspath in Gyps, zersetzt mitvorkommenden Thon und bildet Thonerdesulfat etc. Thonschiefer, welche mit Eisenkies imprägnirt sind, sog. Alaunschiefer, wurden daher in früherer Zeit nach der Verwitterung zur Alaunbereitung verwendet. Wodurch das ungewöhnlich rasche Vitriolesiren mancher Stufen bedingt wird, ist noch unbekannt. Oft erzeugt sich aus dem Vitriol untergeordnet ein gelbes basisches Eisenoxyd-Sulfat, dem Misy ähnlich. Bei der Einwirkung sauerstoffhaltiger Wässer, unter Gegenwart von Carbonaten, verwandelt sich der Eisenkies in Göthit (pag. 311), secundär in Hämatit. Oft finden sich Krystalle, die bloß eine braune Rinde zeigen, im Innern aber frisch sind. Die Verwitterung schreitet hier oft schichtenweise oder über-

haupt regelmässig vor (Blum, Pseudom., 3. Nachtr., pag. 184; E. Geinitz, Jahrb. f. Min., 1876, pag. 478).

Der Pyrit kommt zur Verwendung bei der Bereitung von Schwefelsäure, auch von Schwefel, worauf der aus Eisenoxyd bestehende Rückstand oft als Farbe oder Polirmittel benützt wird, ferner als Zuschlag bei manchen Hüttenprocessen. Vieler Eisenkies wird wegen der Beimengung von Kupferkies, mancher wegen des Goldgehaltes aufbereitet und verhüttet. Die grössten Pyritminen sind jene von Rio Tinto in Spanien. Ehedem wurde das Mineral auch wie der Feuerstein gebraucht (Büchsenstein), womit der Name Pyrit im Zusammenhange steht, doch verstand man im Alterthum unter  $\piυριτης$  erstens das heute als Feuerstein bezeichnete Mineral, zweitens den Eisenkies, der aber vom Kupferkies nicht unterschieden wurde.

Als interessantes rutheniumhaltiges Mineral ist der pyritoëdrische Laurit  $RuS_2$  zu erwähnen, welchen Wöhler zwischen Platinkörnern von Borneo auffand. H. = 7.5, G. = 6.99.

#### Markasit *Haidinger* (Wasserkies).

Die oft vorkommenden Krystalle sind rhombisch, theils von prismatischem, theils von tafelförmigem Habitus. Die gewöhnlichen Formen sind  $M = (110)$ ,  $l = (011)$ ,  $P = (001)$ , ferner  $r = (013)$ ,  $g = (101)$ ,  $c = (111)$ . Die Aehnlichkeit der Combinationen mit jenen des Arsenkieses ist gross, die Gestalten, Fig. 1 und 2, des letzteren wiederholen sich beim Markasit. In den Winkeln herrscht aber ein ziemlich starker Unterschied:  $(110) 73^\circ 55'$ ,  $(011) 80^\circ 20'$ ,  $(101) 115^\circ 8'$ , nach Miller. Die Flächen  $P$  und  $r$  sind häufig ihrer Durchschnittskante parallel gerieft. Zwillingsbildungen sind häufig und von zweierlei Art: nach  $(110)$  und nach  $(101)$ . Oft sieht man kugelige, nierförmige, stalaktitische Krystallgruppen und dementsprechende strahlige Aggregate. — Spaltb. undeutlich  $(110)$ , Bruch uneben, Härte wie beim Eisenkies, G. aber verschieden = 4.65 bis 4.88. Der reine M. gibt nach Julien 4.80. Die Farbe ist licht speisgelb, in Grau oder Grün geneigt, also heller und weniger rein als die des Pyrits, auch wird der Markasit durch Anlaufen matt und grau, der Strich ist dunkel grünlichgrau.

In chemischer Beziehung existirt zwischen Pyrit und Markasit kein Unterschied, so dass eine Dimorphie der Substanz  $FeS_2$  anzunehmen ist, obwohl es bisher noch nicht gelang, die rhombische Form künstlich darzustellen.

Das Vorkommen ist ungefähr dasselbe wie beim Eisenkies, doch ist der Markasit in den Massengesteinen und krystallinischen Schiefen nicht so häufig vertreten, wohl aber auf Gängen, z. B. bei Clausthal, Schemnitz, Freiberg. Dasselbst findet er sich oft in Drusen, theils in einfachen Krystallen, theils in Zwillingsbildungen. Die einfachen Zwillinge nach 110, wie in Fig. 2, sind seltener, die Wiederholungszwillinge, Fig. 4, werden als Kammkies bezeichnet. Die stängeligen und faserigen Aggregate werden Strahlkies genannt. Als secundäre Bildung erscheint er pseudomorph nach denselben Mineralen wie der Eisenkies, er zeigt dann gewöhnlich eine dichte Textur bei halbmattlichem Aussehen und geringem Glanze als Leberkies.

In den sedimentären Gesteinen findet er sich als Verdränger von organischer Substanz beinahe häufiger als der Eisenkies, ebenso in Concretionen und in

stalaktitischen Formen, oft aber bildet er daselbst Krystalle, welche sich zu Wenzwillingen vereinigen, wie in Fig. 3, an welcher die Spitze vier Individuen nach  $110$  und  $1\bar{1}0$  verwachsen zeigt, während im übrigen sich dieselben Stellungen wiederholen. Diese und ähnliche Formen, als Speerkies bekannt, trifft man besonders schön bei Littmitz und Altsattel in Böhmen, bei Folkestone in England im Thon. An dem Speerkies aus Böhmen sieht man die regelmässige

Fig. 2.

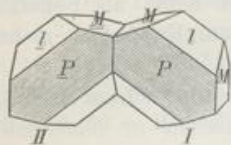


Fig. 1.

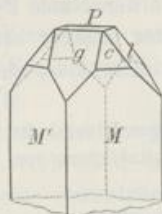


Fig. 5.



Fig. 3.

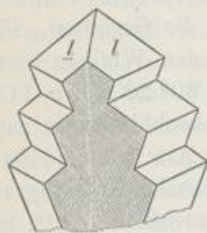


Fig. 4.

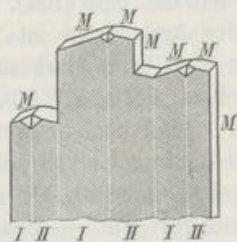
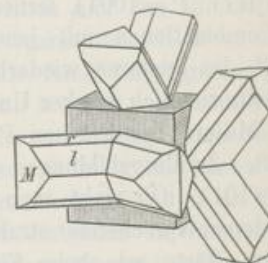


Fig. 6.



Verwachsung mit Pyrit oft sehr deutlich. Der Pyrit lagert sich so auf, dass eine Würfffläche mit der  $P$ -Fläche parallel ist, ferner stellt sich eine andere Würfffläche parallel zu einer  $110$ -Fläche des Markasits. Fig. 5. Nach einem zweiten Gesetze lagert sich, wie Sadebeck (Ann. Chem. Phys., Ergänzbd. 8) zeigte, eine  $110$ -Fläche des Pyrits parallel zur  $010$ -Fläche des Markasits. Bei Brilon sitzen nach Trechmann Zwillinge von Markasit auf Pyritwürfeln in der Stellung nach dem ersten Gesetze. Fig. 6.

Unter den Neubildungen in Absätzen von Schwefelquellen, in Sümpfen, dürfte der Markasit auch vorkommen, da zwischen den beiden heteromorphen Kieseriten oft nicht schärfer unterschieden wird. Die Verwitterungserscheinungen sind dieselben wie beim Eisenkieserit, auch erfährt der Markasit dieselbe Verwendung, namentlich zur Bereitung von Schwefelsäure.

Der Name Markasit ist, wie es scheint, arabischen Ursprunges und bezog sich ehemals auf den Eisenkieserit.

Der Weichkieserit und der Kyrosit Breithaupt's gehören zum Markasit, ebenso der Kausimkieserit oder Lonchidit Breith., welcher durch einen Arsengehalt auch eine Aehnlichkeit mit Arsenkieserit gewinnt.



**Magnetkies** (Pyrrhotin *Haidinger*).

Selten krystallisirt und in den bisweilen vorkommenden grossen matten Krystallen oft nicht mehr unverändert erhalten. Die Form gilt für hexagonal. Die gewöhnliche Comb. ist das Prisma mit der Basis, selten ist auch die Pyr. vorhanden. Winkel (10 $\bar{1}1$ )  $53^{\circ} 10'$  nach Miller. Die grossen schönen Krystalle von Morro Velho in Brasilien sowie die kleinen Krystalle von Schneeberg in Tirol zeigen oft eine Faltung der Endfläche, wie solche an manchem Klinochlor zu sehen ist. Gewöhnlich findet er sich nur in derben körnigen Massen, welche eine auffallende schalige Zusammensetzung zeigen, oder auch ohne diese und eingesprengt. Die Schaligkeit parallel der Basis wurde früher für Spaltb. gehalten, er ist aber nur nach d. Prisma unvollk. spaltb.  $H. = 3.5 \dots 4.5$ , bronzegelb, zwischen speisgelb u. kupferroth, jedoch bald tombackbraun anlaufend, Strich graulichschwarz. Der Magnetismus ist deutlich, doch nicht an allen Stücken gleich. Die empfindlich gemachte Magnetnadel zeigt öfter auch eine Polarität an.  $G. = 4.54 \dots 4.64$ . — Die chem. Zus. weicht von dem Verhältnis Fe S wenig ab, doch ist immer etwas mehr Schwefel vorhanden, aber in schwankendem Verhältnisse, so dass eine bestimmte Formel nicht angegeben werden kann. Der M. von Bodenmais ist nach Habermehl  $Fe_7S_8$ . Viele Magnetkiese enthalten etwas Nickel. Im Kölbchen geglüht, verändert sich die Probe nicht. V. d. L. auf Kohle im Reductionsfeuer zur grauschwarzen Masse schmelzbar, durch Salzsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff und Abscheidung von etwas Schwefel löslich. Die künstliche Darstellung gelingt nach Dölter auf nassem und auf trockenem Wege. In den Meteorsteinen wurden Krystalle von derselben Form und Zus. gefunden.

Der Magnetkies findet sich bisweilen als accessorischer Gemengtheil in älteren Massengesteinen, z. B. in Syenit, Gabbro, ferner im körnigen Kalkstein, in grösseren Mengen als Hauptbestandtheil von Lagerstätten, welche in krystallinischen Schiefen unregelmässig linsenförmig auftreten, ausserdem Pyrit, Kupferkies, auch Bleiglanz und verschiedene Silicate mitführen, wie bei Bodenmais in Bayern, Fahlun in Schweden, Ducktown in Tennessee, oder stockförmig, wie im Val-Sesia in Piemont, endlich ist er mehr sporadisch auf verschiedenen Erzgängen verbreitet und bildet hier öfter deutliche Krystalle, wie auf den Gängen von Andreasberg, Kongsberg, Kupferberg, Bottino. Als Gangmineral ist er ganz gewöhnlich der Umwandlung zu Markasit oder Pyrit ausgesetzt, wie bei Rodna, Příbram, Freiberg; auch die grossen Krystalle von St. Leonhard in Kärnten sind gewöhnlich solche Pseudomorphosen. Bei der Verwitterung liefert er Eisenvitriol. Der nickelhaltige M. wird gegenwärtig auch bei geringerem Gehalte verarbeitet.

Nahe verwandt ist der Silberkies oder Argentopyrit S. v. Waltershausen's, der bei Joachimsthal, Freiberg, Marienberg, Andreasberg etc. in sechsseitigen Kryställchen angetroffen wurde, die sich öfter als rhombische Drillinge erweisen, immer silberhaltig sind, jedoch gewöhnlich im Bruche wie Leberkies aussehen. Manche sind als Pseudomorphosen leicht erkennbar. Der Argyropyrit Weisbach's gehört auch zu diesen Mineralen. Chemisch nahe verwandt sind der Sternbergit Haidinger's und der Frieseit Vrba's, beide rhombisch, die aber durch ihre geringe Härte (bis 1.5) auffallen. Der Eisennickelkies (Pentlandit, Folgerit) von tesseraler Form enthält Fe S und Ni S, ihm ähnlich ist der Saynit und Polydymit, der aber nur wenig Eisen enthält.

zu  
nen.  
gen  
man  
ng-  
sigedass  
dere  
inem  
l. 8)  
Bei  
derdürfte  
iesen  
die-  
na-

bezog

so der  
iehkeit

**Millerit Haidinger** (Nickelkies, Haarkies).

Haarförmige oder nadelförmige, bald büschelig, bald verworren gruppierte Krystalle, an welchen Miller eine rhomboëdrische Endigung mit dem R-Winkel  $35^{\circ} 52'$ , ferner ein sechsseitiges und zwei dreiseitige Prismen beobachtete. — H. = 3·5; messinggelb bis speisgelb, zuweilen grau oder bunt angelaufen. Strich grünlichschwarz. G. = 5·26 bis 5·30. — Chem. Zus.:  $NiS$ , entsprechend 64·5 Nickel und 35·5 Schwefel. V. d. L. zur glänzenden Kugel schmelzbar, durch Salpetersäure auflöslich. Riechelsdorf, Příbram, im Steinkohlengebirge bei Saarbrücken und Dortmund, bei Nanzenbach etc. meist mit Eisenspath oder Pyrit, Gap mine, Lancaster Cty. Pennsylvania etc.

Dem Millerit sehr ähnlich und mit demselben öfter verwachsen ist der Beyrichit Liebe's, doch enthält er mehr Schwefel, der Horbachit ausserdem auch Eisen. Der Melonit Genth's, welcher kleine sechsseitige Täfelchen bildet, ist der Hauptsache nach Tellurnickel.

Der Kobaltkies (Kobaltnickelkies, Linnéit) zeigt bisweilen tesserale Krystalle, Oktaëder oft mit dem Würfel, Zwillingskrystalle nach 111, gewöhnlich ist er derb und eingesprengt. H. = 5·5; röthlich silberweiss, oft gelblich angelaufen. G. = 4·8 bis 5·0. — Chem. Zus.:  $Co_2S_4$ , jedoch meistens in isomorpher Mischung mit der entsprechenden Nickel- und Eisenverbindung, auch kupferhaltig. Müsen, Ryddarhytta, in Maryland und Missouri.

Siegenit nennt Dana die nickelreichen Kobaltkiese; der tesserale Carrolit aus Maryland ist ungefähr  $CuCo_2S_4$ .

**Kupferkies** (Chalkopyrit Henckel).

Durch seinen Kupfergehalt und die starke Verbreitung der nützlichste aller Kiese. Krystalle sind ziemlich häufig, doch öfter schwer zu entziffern. Die Form derselben ist tetragonal, in den Winkeln der tesserale genähert, daher sie von den älteren Mineralogen für tesserale gehalten wurde, bis Haidinger dieselbe richtig bestimmte. Die oktaëdrisch aussehenden Krystalle sind eine Combination des positiven und des negativen Sphenoides. Sadebeck (Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges., Bd. 20 u. 21) nimmt die glatten Flächen für das negative, die gewöhnlich gerieften oder matten für das positive Sphenoid. Der Winkel der herablaufenden Kante  $p:r$  ist  $70^{\circ} 7'$ , der horizontalen  $p:r$  aber  $71^{\circ} 20'$ . Beim Oktaëder wären beide gleich und  $70^{\circ} 32'$ . Häufig sind ausserdem  $e = (101)$ ,  $z = (201)$ ,  $c = (001)$ ,  $m = (110)$ ,  $t = (221)$ ,  $u = (212)$ , auch Skalenoëder kommen vor. Fig. 3 stellt die Form  $z$  (423) dar.

Die grosse Mehrzahl der Krystalle sind Zwillingsbildungen, und zwar Ergänzungszwillinge, entsprechend der Fig. 6, ferner einfache Zwillinge und Wiederholungszwillinge nach 111, ähnlich wie der Spinellzwilling auf pag. 90, oder wie jener in Fig. 7 mit den Flächen der verwendeten Pyramide, bisweilen Fünflinge nach diesem Gesetze, indem an die vier unteren Flächen (111) eines Krystalls vier andere angelagert erscheinen, Fig. 8. Zwillinge nach 101 kommen auch vor. (Fletcher, Zeitschr. f. Kryst. Bd. 7, pag. 321.)

Gewöhnlich findet sich der Kupferkies derb und eingesprengt. Der Bruch ist muscheliger bis uneben, die Spaltb. nach  $z$  ist undeutlich. H. = 3·5 . . . 4, Farbe messinggelb bis goldgelb. Durch die geringe Härte und durch die Farbe ist er leicht vom Eisenkies zu unterscheiden. Zuweilen ist er bunt angelaufen. Strich grünlich schwarz. G. = 4·1 bis 4·3. — Chem. Zus.:  $Cu_2Fe_2S_4$ , entsprechend 34·6 Kupfer, 30·5 Eisen, 34·9 Schwefel, bisweilen mit Spuren von Selen oder

Thalli  
auf K  
Salpet  
mäßige  
und l  
zuges  
unter  
Kupfe



CuCl  
J. 18

schie  
ersch  
einze  
linise  
berg,  
wo e  
bei S  
Gäng  
und  
chit.  
Bild  
die  
fand  
kies-

Thallium. V. d. L. zerknistert er, entwickelt etwas schwefelige Säure und schmilzt auf Kohle unter Sprühen leicht zur schwarzen magnetischen Kugel. Durch Salpetersalzsäure ist er unter Abscheidung von Schwefel auflöslich. Durch allmähliches Erhitzen bei Luftabschluss verliert er ein Viertel des Schwefelgehaltes und liefert  $\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{FeS}$ , daher dem Kupferkies die Gliederung  $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Fe}_2\text{S}_3$  zugeschrieben wird. Krystalle von derselben Form und Zusammensetzung wurden unter den zufälligen Hüttenproducten beobachtet. R. Schneider erhielt einen dem Kupferkies gleichen, doch weicheeren Körper durch Einwirkung einer Lösung von

Fig. 1.

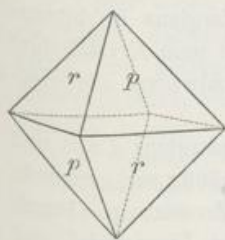


Fig. 2.

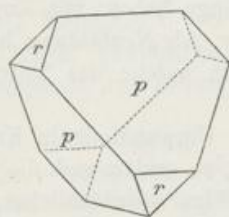


Fig. 3.

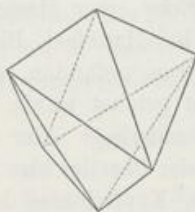


Fig. 4.

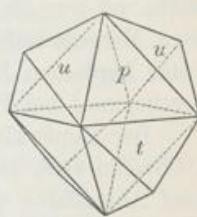


Fig. 5.

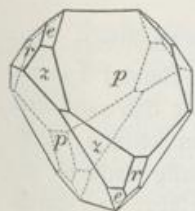


Fig. 6.

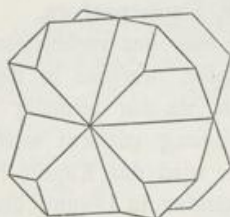


Fig. 7.

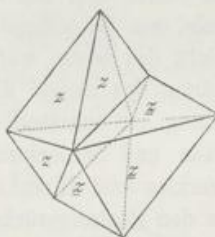
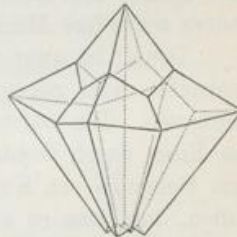


Fig. 8.



$\text{CuCl}$  auf die Verbindung  $\text{K}_2\text{S} \cdot \text{Fe}_2\text{S}_3$  (Journ. prakt. Chem., Bd. 38, pag. 569, J. 1888).

Das Auftreten des Kupferkieses ist ein mannigfaltiges, da er auf sehr verschiedenen Lagerstätten und in wechselnder Paragenese gefunden wird. Meistens erscheint er als primäre Bildung. Die Krystalle sind immer sitzend gebildet, einzeln und in Drusen mit anderen Mineralen auf Gängen im Granit, den krystallinischen Schieferen und älteren Thonschiefern, wie bei Clausthal, Freiberg, Schneeberg, in Gesellschaft von Zinnerzgängen und auch auf denselben in Cornwall, wo er sich zuweilen in Pseudomorphosen nach Kupferglanz finden soll, ferner bei Schlaggenwald, Graupen u. a. O. Bei Dillenburg in Nassau u. a. O. bildet er Gänge im Diabas. Am Monte Catini in Toscana setzt der Gang im Melaphyr und Serpentin auf. Manche dieser Gänge haben einen Hut, welcher viel Malachit, Rothkupfererz enthält wie bei Gumeschewsk, oder auch andere secundäre Bildungen wie Brochantit, Libethenit etc. wie bei Nischne Tagilsk im Ural, wo die Gänge einen Diorit begleiten. In der Nachbarschaft des letzten Fundortes fand sich Kupferkies pseudomorph nach Magnetit. Die unregelmässigen, Magnetkies-reichen Lagerstätten von Bodenmais, Fahlun wurden beim Magnetkies erwähnt,

interessant ist auch das Vorkommen mit Augit, Pyrit, Bleiglanz, Blende von Monte Calvi in strahligen Sphäroiden. Mit Eisenspath, Ankerit, Pyrit bildet der Kupferkies Lager und Linsen an mehreren Punkten der Alpen, wie bei Mitterberg, Kitzbühel. In Hohlräumen solcher Lagerstätten finden sich oft schöne Krystalle, wie bei Horhausen, Müsen. Die grösste Verbreitung genießt er in Verbindung mit Eisenkies in den krystallinischen Schiefen und älteren Thonschiefern, wo die Kiese meist lager- oder linsenförmig auftreten, so bei Schmöllnitz in Ungarn, am Rammelsberg bei Goslar am Harz, bei Wicklow in Irland, bei Trondhjem in Norwegen, wo das Gemenge oft nur wenig Kupfer enthält, doch aber den Abbau lohnt. Als Imprägnation und in der Form von dünnen Lagen, welche oft nur die Dicke einer Messerklinge haben, mit Kupferglanz im bituminösen Mergelschiefer bei Mansfeld, Bieber. Als Neubildung hat man Kryställchen in den kupfernen Röhren gefunden, durch welche das Thermalwasser der Margaretheninsel bei Pest geleitet wurde.

Der Kupferkies unterliegt öfter der Umwandlung in Kupferglanz  $\text{Cu}_2\text{S}$  und in Covellin  $\text{CuS}$ . Da der Covellin blau ist, so erklärt sich die häufig vorkommende blaue Anlauffarbe des Kupferkieses in Folge oberflächlicher Zersetzung. Durch eine weiter vorschreitende Verwitterung liefert er gleichzeitig Eisenvitriol und Kupfervitriol, bei Gegenwart von Carbonaten aber Brauneisenerz und Malachit, auch Azurit. Auf Gängen bilden sich aus der Substanz des Kupferkieses auch noch andere secundäre Minerale, wie Kieselkupfer, Kupferpecherz.

Der K. ist zwar nicht das beste, wohl aber das verbreitetste Kupfererz. Aus demselben wird gegenwärtig das meiste Kupfer, welches in den Handel kommt, gewonnen. Die Darstellung ist umständlich, da nur allmählig der Schwefel und das Eisen durch Oxydation und Schlackenbildung entfernt werden können. Aus dem Gemenge von Kupferkies und Eisenkies wird das Kupfer häufig dadurch erhalten, dass man es aus den Röstungsrückständen in Lösung überführt und durch hineingelegtes Eisen fällt (Cementkupfer). Aus den verschiedensten Kupfererzen kann es durch einen elektrolytischen Process nach Zugabe von Eisenvitriol abgeschieden werden.

Das Kupfer ist jenes Metall, welches dem Menschen zuerst zur Herstellung von geschmiedeten Waffen, Werkzeugen und Geräthen diente. Die ältesten Metallgegenstände wurden aus Erz  $\chi\alpha\lambda\kappa\acute{o}\varsigma$  gefertigt, worunter zuerst Kupfer, später die Legirung mit Zinn, auch mit Blei verstanden wurde. Erst im Mittelalter taucht die Bezeichnung bronzium auf. Zur Bronze gehört auch das Kanonenmetall, die Glockenspeise. Der grüne Ueberzug der ausgegrabenen Bronzen entspricht den Mineralen Malachit, Atacamit, Brochantit. Messing und Tomback sind Kupfer-Zink-Legirungen.

#### **Buntkupferkies** (Buntkupfererz, Bornit, *Haidinger*).

Die seltenen Krystalle sind tesserale. Gewöhnlich findet er sich derb, eingesprengt von muscheligen bis unebenem Bruche. H. = 3, ziemlich milde. Die kupferrothe bis tombackbraune Farbe sieht man bloß auf dem frischen Bruche, da er bald blau oder roth anläuft. G. = 4.9 bis 5.1. Die chem. Zus. schwankend, oft auf eine Mischung von  $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{CuS}$  und  $\text{FeS}$  deutend, bisweilen im Verhältnis

$\text{Cu}_2\text{S}$   
er un  
Kupfe  
in Co  
achte

tessera  
stahlg  
Durch

bindt  
Striel  
Schw  
Anha

S  
N  
E

welc  
Diese  
Aehr  
Forn  
Aust  
erhö  
liche  
m =  
z =  
e =  
sind  
Win

nach  
Fig.  
nach  
Kry  
derb  
H. =  
G. =  
öfter  
dure

$\text{Cu}_2\text{FeS}_3$ . V. d. L. schmilzt er zur stahlgrauen Kugel, durch conc. Salzsäure ist er unter Abscheidung von Schwefel auflöslich. Das Auftreten gleicht dem des Kupferkieses, welchen er begleitet. Freiberg, Dognaczka, Mansfeld. Auf den Gängen in Cornwall wurde an Pseudomorphosen die Bildung aus Kupferglanz  $\text{Cu}_2\text{S}$  beobachtet. Er wird wie der Kupferkies verwendet.

Ähnliche Minerale sind der Homichlin, Barnhardtit, Cuban. Letzterer ist  $\text{CuFe}_2\text{S}_4$ , tesseral, von Cuba und aus Schweden bekannt. Der Zinnkies (tetraëdrisch) ist meistens  $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ , stahlgran, ins Speisgelbe geneigt. H. = 4, G. = 4.4, Cornwall, Joachimsthal, Tambillo in Peru. Durch seine Weichheit auffallend ist der Vallerit.

## 2. Ordnung: Glanze (Galenoide).

Unter dieser Ordnung sind jene Lamprite begriffen, welche einfache Verbindungen darstellen, Metallglanz, vorherrschend dunkle Farben, gleichartigen Strich und geringe Härte, gewöhnlich 2.5 bis 3, besitzen. Sie lassen sich als Schwefelglanze, Selenglanze und Tellurglanze unterscheiden, wozu noch ein kleiner Anhang kommt.

Tesseral		Tesseral		Rhombisch	
Silberglanz	$\text{Ag}_2\text{S}$	Bleiglanz	$\text{PbS}$	Antimonit	$\text{Sb}_2\text{S}_3$ 0.9926:1:1.0179
Naumannit	$\text{Ag}_2\text{Se}$	Clausthalit	$\text{PbSe}$	Bismutin	$\text{Bi}_2\text{S}_3$ 0.9680:1:0.985
Hessit	$\text{Ag}_2\text{Te}$	Altait	$\text{PbTe}$	Molybdänit	$\text{MoS}_2$ hexagonal
		Kupferglanz	$\text{Cu}_2\text{S}$ rhombisch		0.5822:1:0.9706
		Stromeyerit	$\text{CuAgS}$		0.5820:1:0.9206

### a) Schwefelglanze.

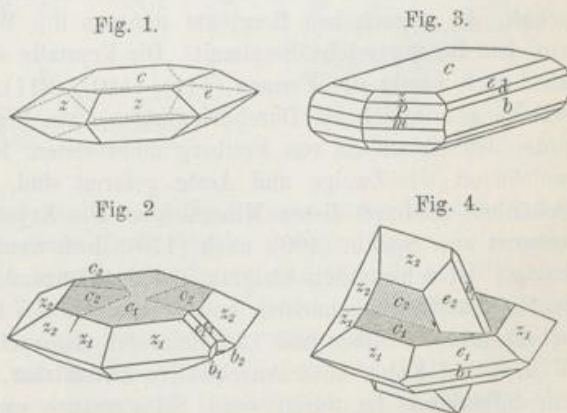
#### Kupferglanz (Chalkosin *Beudant*, Redruthit *Nicol*).

Ein gern gesehenes und nicht selten vorkommendes Kupfererz. Die Krystalle, welche leicht anlaufen, sind rhombisch mit dem Prismenwinkel (110)  $60^\circ 25'$ .

Dieser bedingt schon eine Aehnlichkeit mit hexagonalen Formen, welche durch die Ausbildungsweise oft noch erhöht wird. Die gewöhnlichen Formen sind  $c=001$ ,  $m=(110)$ ,  $b=(010)$ ,  $z=(113)$ ,  $d=(021)$ ,  $e=(023)$ . Die Flächen  $c$ ,  $e$ ,  $b$  sind gewöhnlich gerieft. Winkel  $001:023=32^\circ 53'$ .

Zwillinge und Drillinge nach 110 sind häufig, s. Fig. 2, seltener Zwillinge nach 112 wie in Fig. 4. Die

Krystalle finden sich einzeln sitzend oder in Drusen, gewöhnlich ist das Mineral derb, eingesprengt. Spaltb. unvollk. nach (110), Bruch muschelrig bis uneben. H. = 2.5..3, sehr mild, schwärzlich bleigrau, Strich ebenso, etwas glänzend. G. = 5.5 bis 5.8. Chem. Zus.:  $\text{Cu}_2\text{S}$ , entsprechend 79.9 Kupfer, 20.1 Schwefel, öfter mit etwas Eisen. V. d. L. färbt er die Flamme blau, schmilzt unter Spritzen, durch Salpetersäure ist er unter Abscheidung von Schwefel auflöslich. Wird



von der ter-  
üne  
in  
on-  
nitz  
bei  
och  
en,  
mi-  
nen  
far-  
and  
nde  
rch  
and  
hit,  
och  
Aus  
mt,  
and  
Aus  
er-  
rch  
fer-  
riol  
ang  
all-  
die  
icht  
die  
den  
fer-  
ein-  
Die  
he,  
nd,  
tnis

Kupferglanz geschmolzen, oder wird die Substanz  $\text{Cu}_2\text{S}$  durch Zusammenschmelzen der einfachen Stoffe dargestellt, so erhält man oktaëdrische Krystalle, was eine Dimorphie der Substanz  $\text{Cu}_2\text{S}$  ergibt. Kryställchen von der Form und Beschaffenheit des Kupferglanzes wurden bei Plombières als Product der Einwirkung der Therme auf Bronzegegenstände gefunden.

Im Auftreten stimmt das Mineral mit dem Kupferkies überein, mit dem es oft vorkommt, doch ist es weniger häufig. Die schönsten Krystalle kommen von den Gängen in Cornwall, auch die Gänge bei Freiberg, Siegen, Saalfeld u. a. liefern krystallisirten Kupferglanz. Merkwürdig ist das Auftreten in dem bituminösen Mergelschiefer bei Mansfeld, wo er mit Kupferkies und Buntkupferkies gemengt ist (vergl. Kupferkies), ebenso sind es die Funde bei Frankenberg in Hessen, wo er mit den Resten von Araucarien und Farnen, diese zum Theil verdrängend, beobachtet wurde.

Der Kupferglanz unterliegt oft der Veränderung zu Covellin  $\text{CuS}$ , welche nach Knop durch Behandlung mit Salzsäure unter Einwirkung der Luft nachgeahmt werden kann.  $\text{CuCuS} + \text{O} + 2\text{HCl} = \text{CuS} + \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . Das Kupferchlorid geht in Lösung. Bei der Verwitterung liefert der Kupferglanz oft Kupfervitriol, bei Gegenwart von Carbonaten Malachit, auch Azurit. In den älteren Sandsteinen am südlichen Fusse des Riesengebirges und an anderen Orten ist er grösstentheils in dieser Weise verwandelt.

Der Harrisit, welcher die chem. Zus. des Kupferglanzes besitzt, ist eine Pseudomorphose nach Bleiglanz.

#### Silberglanz (Argentit *Haidinger*, Glaserz).

Durch seine Geschmeidigkeit auffallend. Agricola kennt schon diese Eigenschaft, die ungarischen Bergleute nannten ihn Weichgewächs zum Unterschiede von dem Röschgewächs (Stephanit). Die Krystalle sind tesseral, gewöhnlich Würfel, aber auch häufig die Formen (111), (110), (211), auch sind Zwillinge nach 111, welche gewöhnlich als Durchdringungen, wie Fig. 207 auf pag. 90, erscheinen, unter den Krystallen von Freiberg nicht selten. Krystallstöcke verschiedener Art, welche oft wie Zweige und Aeste geformt sind, gestrickte Formen von grosser Schönheit zeichnen dieses Mineral aus. Die Krystalle sehen aber oft krumm und verzerrt aus. Spaltb. (100), auch (110), doch wenig deutlich.  $H. = 2 \cdot 2 \cdot 5$ , Bruch hakig. Ist schwärzlich bleigrau, wenig glänzend, oft schwarz oder braun ange laufen. Lässt sich schneiden und prägen.  $G. = 7$  bis  $7 \cdot 4$ . Chem. Zus.:  $\text{Ag}_2\text{S}$ , entsprechend 87.1 Silber und 12.9 Schwefel, demnach ein sehr werthvolles Silbererz. V. d. L. auf Kohle unter Anschwellen schmelzbar, gibt nach längerer Behandlung ein Silberkorn, ist durch conc. Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel auflöslich.

Die Stufen von den silberreichen Gängen Sachsens, namentlich aus dem Gebiete von Freiberg, sind in den Sammlungen gewöhnlich. Von dort kennt man die schönsten Krystalle und gestrickten Formen. Die zahnförmigen und moosförmigen Gestalten dürften meist Pseudomorphosen nach gediegen Silber sein. Auf den Kobalt- und Nickelerze führenden Gängen von Schneeberg, Annaberg, Marienberg, Johanngeorgenstadt wurde der Silberglanz auch öfter gut krystallisirt

gefunden. Alle diese Vorkommen liegen im alten krystallinischen Gebirge. Bei Schemnitz und Kremnitz, wo die Gänge zum Theil in trachytischen, also jung-eruptiven Gesteinen aufsetzen, spielt der Silberglanz auch eine wichtige Rolle.

Auf Gängen in Peru, Chile, Mexiko ist er oft vertreten. Der berühmte Comstockgang in Nevada, welcher die unglaubliche Mächtigkeit von 150 bis 190 Meter erreicht und nun fast abgebaut ist (s. Stephanit), bestand aus einer Füllmasse von Nebengestein (Quarzandesit) und Quarz mit Silbererzen, unter denen Stephanit und Silberglanz vorherrschten.

Manche Stufen von Silberglanz, namentlich die ungarischen, sind mit Pyrit überzogen, welcher den Silberglanz theilweise verdrängt. Die Bildung von Silberglanz aus Rothgiltigerz ist auf mehreren Gängen an Pseudomorphosen erkannt worden, doch wurde auch der entgegengesetzte Vorgang, nämlich die Verwandlung des Silberglanzes in Rothgiltigerz, von Blum beobachtet.

Der Akanthit, welcher bei Freiberg, Annaberg, Joachimsthal, Wolfach beobachtet wurde, ist nach Krenner Silberglanz in verzerrten Krystallen. Dieselben wurden früher für rhombisch gehalten. Der Silberkupferglanz (Stromeyerit) enthält beide Sulfide  $Ag_2S$  und  $Cu_2S$  und ist mit Kupferglanz isomorph. Der Jalpait, welcher mehr von dem ersten Sulfid enthält, ist tesseral.

#### Bleiglanz (Galenit, *Kobell*).

Die unvergleichliche Spaltbarkeit nach dem Würfel und der intensive Metallglanz machen das Mineral auffallend und leicht erkennbar, daher war es schon

Fig. 1.

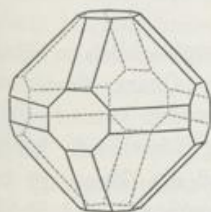


Fig. 2.

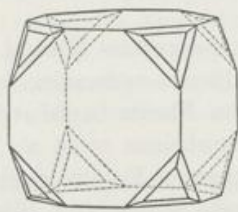
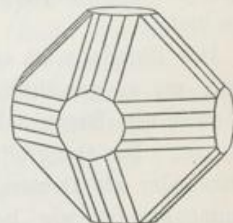


Fig. 3.



im Alterthum als Galena wohlbekannt. Die häufig vorkommenden Krystalle haben zuweilen bedeutende Grösse; sie sitzen theils einzeln, theils in Drusen beisammen. An der Mehrzahl ist der Würfel herrschend, oder es sind Würfel- und Oktaëderflächen gleichzeitig ausgebildet, auch kommt das Oktaëder öfter selbständig vor. Sonst sind (110), (211), (221) häufig. An den Krystallen von Neudorf spielen die Triakisoktaëder eine Rolle, wie in Fig. 3 die Flächen von (221) und (331). Man kennt 5 verschiedene Triakisoktaëder, 12 Ikositetraëder, 3 Hexakisoktaëder. Zwillingbildungen nach 111 sind nicht selten, die Berührung findet entweder an der Zwillingsebene oder an einer dazu senkrechten Fläche statt. Manche Zwillinge erscheinen öfter tafelförmig nach 111 ausgedehnt, besonders jene von Gonderbach. Auf den Spaltflächen bemerkt man zuweilen auch feine Zwillinglamellen nach anderen Gesetzen eingefügt. (Sadebeck, Zeitschr. deutsch. geol. Gesellsch., Bd. 26. Zepharovich, Z. Kryst., Bd. I.) Die Krystalle sind öfter verzerrt, die Flächen erscheinen manchmal uneben, ja manche Krystalle sehen wie geflossen aus. Ge-

strickte und zellige Formen sind nicht häufig, bisweilen sind die Aggregate nierförmig oder auch stalaktitisch, Anflüge und Spiegel kommen nicht selten vor. Die körnigen Aggregate haben oft einen etwas schaligen Bau, erscheinen also im Querbruche streifig, auch sind sie bisweilen sehr feinkörnig.

Die tesserale Spaltbarkeit ist so vollkommen, dass sie bei jeder Art von Trennung auftritt und der Bruch nie zum Vorschein kommt. Eine oktaëdrische Spaltb. wird ausnahmsweise angegeben.  $H. = 2.5$ , mild. Wegen des ungemein starken Metallglanzes nennt ihn Quenstedt den Diamant unter den Erzen. In der dichten Form (Bleischweif) ist der Glanz freilich gering. Die Farbe ist bleigrau mit röthlichem Stich, Anlauffarben sind ungewöhnlich, der Strich graulichschwarz.  $G. = 7.3$  bis  $7.6$ .

Der chem. Zus.  $PbS$  entsprechen  $86.6$  Blei und  $13.4$  Schwefel, doch sind oft kleine Mengen von Eisen, Zink, Antimon, zuweilen auch Selen beigemischt. Der öfter vorkommende geringe Silbergehalt beträgt allerdings meist nur  $0.01$  bis  $0.03$  Percent, doch lohnt es bei grossen Bleiglanzmassen, den Silbergehalt auszubringen, wofür Pflibram ein Beispiel. V. d. L. zerknistert er meistens, auf Kohle schmilzt er später und gibt ein Bleikorn. Dieses wird durch längeres Blasen theils verflüchtigt, theils in Oxyd verwandelt, und es bleibt nach diesem Abtreiben bei den silberhaltigen ein kleines Silberkorn zurück. Unter den zufälligen Hüttenproducten hat man schon öfter tesserale skelettartige Krystalle von der Zusammensetzung und Spaltbarkeit des Bleiglanzes gefunden, auch ist die künstliche Darstellung der krystallirten Verbindung auf mehreren Wegen gelungen. Als Neubildung wurde dieselbe auf Bleiröhren der Therme von Bourbonne beobachtet.

Der Bleiglanz ist ein stark verbreitetes Mineral, das hauptsächlich in Gängen auftritt, wo es gewöhnlich mit Blende verbunden, ferner von Quarz, Carbonaten, aber auch von Baryt, seltener von Fluorit begleitet ist. Bisweilen kommt es ganz allein vor. Die Gangfüllungen erscheinen meist als prächtig aussehende körnige Absätze oder als Drusen. In jüngeren Eruptivgesteinen sind die Gänge oft bunt zusammengesetzt wie bei Kapnik, wo schöne Blende, Bournonit und Fahlerz zugleich vorkommen und der Bleiglanz pseudomorph nach Bournonit beobachtet wurde, einfacher bei Rodna in Siebenbürgen. In Granit und krystallinischen Schieferen setzen quarzreiche Gänge, die auch Blende und Baryt führen, bei Linares in Spanien auf; solche, die Braunspath und Kiese führen, in der Gegend von Freiberg in Sachsen. Hier sieht man öfter die regelmässige Verwachsung von Bleiglanz mit gelber Blende (schillernder Bleiglanz). In älteren sedimentären Gesteinen, besonders Thonschiefern, hat man die Gänge bei Andreasberg am Harz, bei Pflibram in Böhmen, mit Kalkspath, Siderit, Silbererzen etc. Hier ist der Einfluss der Diabasgänge deutlich bemerkbar (pag. 281). Die Gänge von Clausthal am Harz, von Mies in Böhmen, im rheinischen Schiefergebirge sind auch hierhergehörige Beispiele. In letzterem Gebiete ist das Vorkommen des sog. Blaubleierztes bei Berncastel bemerkenswerth: Bleiglanz erscheint in sechseitigen Säulen pseudomorph nach Pyromorphit.

Sehr charakteristisch ist das Auftreten der Füllungen im Kalkstein und Dolomit. Der körnige Kalk von Tunaberg in Schweden, die alten Kalksteine vom



Monte Poni auf Sardinien, von Derbyshire und Cumberland in England, von Bilon und Iserlohn in Westphalen und im grössten Maasstabe die Kalksteine bei Alpucharras an der Sierra Nevada in Spanien, in den Staaten Missouri, Illinois, Iowa, Wisconsin beherbergen in Gängen, Trümmern und Nestern reiche Absätze, die auch öfter Höhlungen auskleiden, ähnlich die alpinen Kalksteine bei Bleiberg und Raibl in Kärnten. Ueberall ist die Auflösung, Aushöhlung und Verdrängung des Kalksteins durch den Absatz von Bleiglanz, Blende, Galmei, die oft mit einer Dolomitirung des Kalksteines verbunden ist, deutlich ausgesprochen, bei Raibl sind die Ueberwachungen von Bleiglanz durch Blende, ferner die stalaktitischen Formen dieser Vereinigung häufig zu sehen.

Merkwürdig ist das Vorkommen im Buntsandstein bei Commern in der Eifel, wo der Bleiglanz rundliche sandige Concretionen bildet (Knottenerz). Als Vererzungsmittel wurde das Mineral von Blum beobachtet.

Veränderungen des Bleiglanzes gehören zu den gewöhnlichen Erscheinungen. Das Mineral erscheint oft zerfressen, erdig, mulmig, häufig von den gewöhnlichen Zersetzungsproducten Anglesit  $PbSO_4$ , Cerussit  $PbCO_3$ , bedeckt oder durchsetzt (s. pag. 311). Pseudomorphosen, welche die Umwandlung in Pyromorphit angeben, wurden auch öfter gefunden; aber auch viele andere secundäre Bildungen, wie Gelbbleierz, Mimetesit, Phosgenit, rühren ihrem metallischen Bestandtheile nach von Bleiglanz her.

Der grösste Theil des Bleies, welches in den Handel kommt, wird aus dem Bleiglanz dargestellt, auch die Menge des Silbers, welche manche Vorkommen liefern, ist nicht unbedeutend. Sowohl die Bleiglätte (Bleioxyd), als auch das unveränderte Mineral finden eine beschränkte Anwendung zur Glasur von Töpferwaren, letzteres auch zu Streusand und zur Verzierung mancher Gegenstände.

Der Steinmannit Zippe's ist vom Bleiglanz nicht verschieden, der Johnstonit (Uberschwefelblei) ist mulmiger Bleiglanz, mit etwas Schwefel gemengt. Der Cuproplumbit Breith enthält neben  $PbS$  auch  $Cu_2S$ .

#### **Molybdänglanz** (Molybdänit, *Beudant*; Wasserblei).

Das Mineral ist dem Graphit ähnlich, mit welchem es früher oft verwechselt wurde; der Name (*μολύβδανος*, Bleierz) deutet auf das bleiartige Aussehen. Es ist ebenso blätterig mit biegsamen Blättchen, wie mancher Graphit, die seltenen Krystalle sind sechsseitige Blättchen, die auch für monoklin gehalten wurden, es ist mild, fettig anzufühlen, auf Papier schreibend, die Härte sehr gering = 1 . . 1.5, die Farbe röthlich bleigrau. G. = 4.6 bis 4.9. Die chem. Zus.:  $MoS_2$  entspricht 59 Molybdän, 41 Schwefel. V. d. L. unerschmelzbar, färbt die Flamme zeisiggrün, gibt auf Kohle einen weissen Beschlag. Mit Salpeter geschmolzen, zeigt es schwaches Verpuffen, durch Salpetersäure wird es zersetzt. Am reichlichsten findet sich der M. in der Nachbarschaft des Zinnerzes bei Zinnwald, Schlaggenwald, Altenberg, in Cornwall, aber auch sonst im Granit und Gneiss, wie bei Nertschinsk, im Ilmengebirge bei Miask, in Grönland. Grosse Krystalle kommen aus Canada.

#### **Antimonglanz** (Antimonit, *Haidinger*, Spiessglanz, Grauspiessglanz).

Die lang säulenförmigen oder nadelförmigen Krystalle sind rhombisch und zeigen gewöhnlich  $m = (110)$ ,  $b = (010)$ ,  $p = (111)$  oder  $v = (121)$ ,  $s = (113)$ ,

sonst aber noch mancherlei Formen. Winkel (110)  $89^{\circ} 4'$ , also das Prisma nahe rechtwinkelig,  $111:110 = 34^{\circ} 45'$ ,  $113:110 = 64^{\circ} 20'$  nach Krenner (Sitzb. d. Wr. Akad., Bd. 49. Koort, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 12, pag. 78). Die Säulenflächen sind fast immer der Länge nach gerieft, die Enden zeigen selten eine deutliche Ausbildung, die Krystalle sind oft gebogen und geknickt. Drusen mit büscheliger Anordnung der Krystalle, derbe, strahlige, faserige bis dichte Aggregate bilden Füllungen. Die Spaltb. ist ungemein vollk. nach 010, ausserdem unv. nach 001 und anderen Richtungen. Die stark glänzenden Flächen der vollk. Spaltb. sind

Fig. 1.

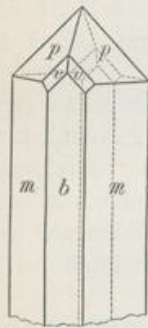
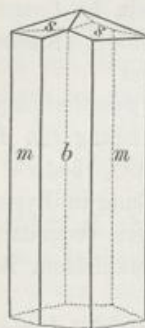


Fig. 2.



oft quer geknickt.  $H. = 2$ , mild; bleigrau, oft schwärzlich oder bunt angelaufen.  $G. = 4.6 \dots 4.7$ . Chem. Zus.:  $Sb_2 S_3$  entsprechend 71.8 Antimon 28.2 Schwefel. Schmilzt schon in der Kerzenflamme, v. d. L. gibt er auf Kohle einen weissen Beschlag und wird verflüchtigt. Durch heisse Salzsäure auflöslich.

Der Antimonglanz tritt entweder in mehr selbständiger Weise auf, indem er mit Quarz Gänge im Granit und Gneiss bildet, wie bei Magurka in Ungarn, Schönberg in Böhmen, auch lagerartig zwischen Kieselschiefer vorkommt, wie bei Arnsberg in Westphalen; oder er begleitet andere Minerale, z. B. Bleiglanz, Baryt, Blende,

wie auf den Gängen von Felsöbánya, ähnlich bei Schemnitz und in wechselnder Gesellschaft bei Příbram, Freiberg, Neudorf am Harz, in Toscana, auf Borneo u. s. w. In letzter Zeit sind von Ichinokawa in Japan prachtvolle Stufen gebracht worden (E. Dana, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 9, pag. 29). Bei der Verwitterung geht das Mineral in Valentinit  $Sb_2 O_3$  oder in Antimonocher über.

Das Antimon des Handels und die Antimonpräparate werden fast sämtlich aus dem Antimonglanz dargestellt. Im Alterthum wurde das Pulver des letzteren als kosmetisches Mittel benutzt ( $\sigma\tau\beta\iota$  oder  $\sigma\tau\mu\mu\mu$ , daraus später das Wort Stibium für Antimon). Die Mischung von Blei mit Antimon liefert das Letternmetall.

Isomorph mit dem vorigen ist der Wismutglanz (Bismutin)  $Bi_2 S_3$ , der aber heller grau, fast zinnweiss ist, ferner der Frenzelit (Selenwismutglanz)  $Bi_2 Se_3$ , der schon zu den folgenden gehört.

#### b) Selenglanze.

Diese Minerale sind den entsprechenden Schwefelverbindungen analog und, soweit die Beobachtungen reichen, auch isomorph, doch gehören sie alle zu den seltenen oder sehr seltenen Mineralen.

Der Clausthalit (Selenblei)  $Pb Se$  ist hexaëdrisch spaltbar, also mit dem Bleiglanz isomorph, ebenso der Lerbachit (Selenquecksilberblei). Der Tiemannit (Selenquecksilber) ist tetraëdrisch, vom Zorgit (Selenkupferblei und Selenbleikupfer) und Berzelin (Selenkupfer)  $Cu_2 Se$  ist die Form nicht bekannt, ebensowenig vom Crookesit, welcher sich von letzterem durch einen Thalliumgehalt unterscheidet, und vom Eukairit  $AgCu Se$ . Der Naumannit (Selen Silber)  $Ag_2 Se$  hingegen lässt durch seine tesserale Spaltb. die Isomorphie mit dem Silberglanz erkennen.

## c) Tellurglanze.

Auch diese tellurhaltigen Minerale sind nicht häufig, doch zeigen sich dieselben öfter gut krystallisirt.

Der Hessit (Tellursilber)  $\text{Ag}_2\text{Te}$  ist in letzter Zeit bei Botes in Siebenbürgen in deutlichen, zum Theile grossen Krystallen gefunden worden. Er ist dem Silberglanz ähnlich und mit ihm isomorph. Die Krystalle haben bald eine mehr reguläre Ausbildung, bald erscheinen sie länglich und spiessig wie der Akanthit. Dasselbe Mineral wurde früher bei Nagyag, Rezbánya, ferner am Altai und in Californien angetroffen. Aehnlich demselben ist der Petzit, jedoch durch einen Goldgehalt ausgezeichnet. Vorzugsweise aus Tellurgold besteht der rhombisch krystallisirte Krennerit (Bunsenin, Weisstellur, Gelberz) von Nagyag und der monokline Sylvanit (Schrifterz), welcher durch die eigenthümlichen gestrickten Formen und die zeilenartige Anordnung der Kryställchen auffallend ist; derselbe kommt von Nagyag und aus dem Calaverasgebiet in Californien. Verwandt ist der Calaverit. Grösstentheils aus Tellurblei nebst etwas Tellurgold besteht der Nagyagit (Blättertellur), der nach Schrauf rhombisch krystallisirt. Diese Minerale kommen bisweilen in genügender Menge vor, um die Abscheidung von Silber und Gold zu lohnen.

Der tesserale Altait ist fast reines Tellurblei,  $\text{PbTe}$ , der Coloradoit Genth's besteht aus Tellurquecksilber  $\text{HgTe}$ , der in rhomboëdrischen Zwillingskrystallen vorkommende Tetradymit, welcher in Schubkau bei Schemnitz, bei Orawicza, sowie in Virginien, Nordcarolina, Montana gefunden wurde, ist hauptsächlich Tellurwismut  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ , verwandt mit demselben ist der Josëit. Mit dem Namen Wehrilit ist ein ebenfalls dazu gehöriges Mineral, aber auch ein pikritartiges Gemenge bezeichnet worden.

## d) Anhang.

Zu den einfacheren Verbindungen gehört auch das Antimonsilber (Diskrasit), dessen rhombische Krystalle ähnliche Winkel wie der Kupferglanz darbieten. Es scheint wesentlich  $\text{Ag}_2\text{Sb}$  zu sein, doch ist viel mehr Silber enthalten. Von Andreasberg, Altwolfach, Chañarcillo kommen bisweilen gut krystallisirte Stufen. Das Wismutsilber (Chilenit) und das Arsensilber scheinen Gemenge zu sein, das Wismutgold (Maldonit) von Maldon in Victoria ist  $\text{Au}_2\text{Bi}$ .

## 3. Ordnung: Fahle (Fahlite).

Diese Minerale werden bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung häufig als Sulfosalze bezeichnet. Sie sind dreigliedrig, indem sie ein Schwermetall, ein Sprödmittel und Schwefel enthalten. Früher wurden die Formeln in zwei Theile getrennt, indem einerseits die Sulfide  $\text{PbS}$ ,  $\text{Ag}_2\text{S}$  u. s. w., andererseits die Sulfide  $\text{As}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  geschrieben wurden. Gegenwärtig schreibt man dieselben gewöhnlich den modernen Formeln der Sauerstoffsalze entsprechend als einheitliche Verbindungen. Nimmt man einmal die Elemente As, Sb, Bi dreiwertig, so erhält man die beiden Typen  $\text{H}_3\text{S}_3 \equiv \text{As}$  (entsprechend dem Proustit  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$ ) und  $\text{HS} - \text{As} = \text{S}$  (entsprechend dem Miargyrit  $\text{AgSbS}_2$ ). Nimmt man jene Elemente fünfwerthig, so erhält man, der Phosphorsäure analog, einen dritten Typus  $\text{H}_3\text{AsS}_4$  (entsprechend dem Enargit  $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ), ferner einen vierten, der Salpetersäure analogen  $\text{HSbS}_5$ , welchem der Sundtit  $\text{AgFeSb}_3\text{S}_5$  entspricht, und kann noch andere intermediäre Typen ableiten (pag. 252). Die Formeln werden aber häufig complicirt, weil mehrere Verbindungen den basischen Anhydridsalzen entsprechen (pag. 253). Trotzdem bleiben aber noch Fälle übrig, in welchen man gezwungen ist, statt einer einheitlichen Verbindung eine Molecularverbindung anzunehmen, so beim Polybasit  $\text{Ag}_3\text{SbS}_3 + 3\text{Ag}_2\text{S}$ . Im Folgenden werden die Formeln bloß summarisch angeführt.

Die Minerale dieser Ordnung zeigen meist graue (fahle) Farben, keinen starken Metallglanz, in einigen Fällen Diamantglanz. Die Härte ist nicht gross, gewöhnlich 3. Sie lassen sich, den enthaltenen Schwermetallen entsprechend, hauptsächlich in Bleispiessglanze, Fahlkupfererze (Cu) und Giltigerze (Ag) abtheilen.

## a) Bleispiessglanze.

Skleroklas	$PbAs_2S_4$	rhombisch 0.5389:1:0.6188 (Sartorit) Binnenthal.
Zinckenit	$PbSb_2S_4$	» 0.5575:1:0.6353.
Galenobismutit	$PbBi_2S_4$	derb, zinnweiss, Wermland, Colorado (Alaskait). [Binnenthal.
Dufrenoyisit	$Pb_2As_2S_5$	rhombisch 0.938:1:1.531 (Binnit, <i>Wiser</i> ; Skleroklas, <i>Sartorius</i> )
Jamesonit	$Pb_2Sb_2S_5$	» 0.915:1: — [(Bjelkit).
Cosalith	$Pb_2Bi_2S_5$	» 0.919:1:1.460 Mexico, Colorado, Rezbanya, Wermland
Boulangerit	$Pb_2Sb_2S_6$	»
Lillianit	$Pb_2Bi_2S_6$	derb, stahlgrau, Colorado.
Jordanit	$Pb_4As_2S_7$	monoklin 0.4945:1:0.26552, $\beta = 89^\circ 26'$ , Binnenthal, Nagyag.
Meneghinit	$Pb_4Sb_2S_7$	rhombisch 0.5289:1:0.36132 Bottino, Schwarzenberg, Barrie.
Geokronit	$Pb_6Sb_2S_8$	» 0.581:1:0.503, Sala, Meredo, Pietra santa.
Beegerit	$Pb_6Bi_2S_9$	tesseral, dunkel bleigrau, Baltie Gang in Colorado.
Plagionit	$Pb_9Sb_8S_{17}$	monoklin 1.1331:1:0.4288, $\beta = 72^\circ 50'$ , Wolfsberg, Arnsberg.

Der Chiviatit steht der chem. Zusammensetzung nach zwischen Wismutglanz und Galenobismutit, der Kobellit zwischen Cosalith und Jamesonit, der Kilbreeckenit nähert sich dem Geokronit, der Semseyit dem Plagionit. Im Anhang zu der Gruppe sind zu erwähnen: Der Frankekeit  $Pb_5Sn_2Sb_2S_{12}$ , der mit diesem verwandte Kylandrit, beide aus Bolivia; ferner der Livingstonit  $HgSb_4S_7$  aus Mexico und als Eisenspiessglanz der Berthierit, welcher öfter die Zus.:  $FeSb_2S_4$  ergibt. Stängelig, faserig, dem Antimonit ähnlich. Chazelles in der Auvergne, Bräunsdorf in Sachsen, Arany-Idka in Ungarn.

**Zinckenit, G. Rose.**

Rhombisch, sechsseitige Durchwachsungszwillinge bildend, die säulenförmig oder nadelförmig aussehen. Isomorph mit Skleroklas  $H. = 3..3.5$ . Dunkel stahlgrau, bisweilen bunt angelaufen.  $G. = 5.3$  bis  $5.35$ . Chem. Zus.:  $PbSb_2S_4$ . V. d. L. zerknistert er, gibt Antimondämpfe und kann bis auf einen geringen Rückstand verflüchtigt werden. Wolfsberg am Harz, Hausach.

**Jamesonit, Haidinger.**

Rhombisch, (110),  $78^\circ 40'$ . Säulenförmige oder nadelförmige Krystalle ohne deutliche Endausbildung oder derb stängelig bis faserig.  $H. = 2$  bis  $2.5$ , stahlgrau.  $G. = 5.56$  bis  $5.72$ . Chem. Zus.:  $Pb_2Sb_2S_5$ . V. d. L. wie Zinckenit. Cornwall, Nertschinsk. Das Federerz (Heteromorphit, Plumosit) ist Jamesonit in der Form zarter haarförmiger Kryställchen, die Büschel, filzartige oder zunderähnliche Lappen bilden (Zundererz). Wolfsberg, Andreasberg, Clausthal, Neudorf, Freiberg, Felsöbánya.

**Boulangerit, Thaulow.**

Blos derb und zwar stängelig, faserig und feinkörnig bekannt, oft dem Federerz ähnlich.  $H. = 3$ , schwärzlich bleigrau,  $G. = 5.8$  bis  $6$ . Chem. Zus.:  $Pb_2Sb_2S_6$ . V. d. L. verhält er sich ähnlich wie der Jamesonit, gibt einen Blei-

beschlag. Kommt in grösseren Mengen bei Molières im Dép. du Gard vor, findet sich auch bei Wolfsberg, Příbram, Bottino, Nertschinsk u. a. O.

## b) Fahlkupfererze.

Wolfsbergit	$\text{CuSbS}_2$	rhombisch	— : 1:0.6065 (Kupferantimonglanz) Wolfsberg.
Emplektit	$\text{CuBiS}_2$	"	0.5430 : 1:0.6256 (Kupferwismutglanz) Schwarzenberg,
Bournonit	$\text{CuPbSbS}_3$	"	0.9379 : 1:0.8968 [Freudenstadt, Copiapo.
Nadelerz	$\text{CuPbBiS}_3$	"	0.9719 : 1: — (Patrinit) Beresowsk.
Wittichenit	$\text{Cu}_3\text{BiS}_2$	"	. . . . . (Kupferwismuterz) Wittichen.
Guejarit	$\text{Cu}_2\text{Sb}_4\text{S}_7$	"	0.8221 : 1:0.7841 Andalusien.
Binnit	$\text{Cu}_6\text{As}_4\text{S}_9$	tetraëdrisch	(Binnit v. Rath, Dufrenoyzit, Damour) Binnenthal.
Klaprothit	$\text{Cu}_6\text{Bi}_4\text{S}_9$	rhombisch	0.74 : 1: — Wittichen, Freudenstadt in Württemberg.
Fahlerze	$\text{Cu}_{10}\text{Zn}_2\text{Sb}_4\text{S}_{13}$	tetraëdrisch.	Mehrere isomorphe Verbindungen.
Enargit	$\text{Cu}_3\text{AsS}_4$	rhombisch	0.8711 : 1:0.8248. S. auch Clarit.
Famatinit	$\text{Cu}_3\text{SbS}_4$	"	0.871 : 1:0.823. Rioja in der Argentina.

Der Luzonit hat dieselbe chem. Zus. wie der Enargit, ist jedoch derb. Der Epigenit ist durch einen Eisengehalt vom Enargit verschieden.

**Bournonit, Jameson.**

Rhombisch, ziemlich formenreich. Gewöhnlich treten  $c = (001)$ ,  $o = (101)$ ,  $n = (011)$ ,  $m = (110)$  aber auch  $a = (100)$ ,  $b = (010)$ ,  $e = (210)$ ,  $f = (120)$ ,  $y = (111)$ ,  $u = (112)$ ,  $x = (102)$  auf. Winkel  $(110) 86^\circ 20'$ ,  $011 : 001 = 41^\circ 54'$ ,  $001 : 101 = 43^\circ 43'$ . (Formen: Miers, Min. Magaz. Bd. 6, pag. 59.) Die Krystalle

sind entweder dick-tafelförmig durch Vorherrschen von  $c$ , oder säulenförmig, indem sie nach einer der Krystallaxen gestreckt erscheinen. Zwillingskrystalle nach 110 sind häufig. Einfache Zwillinge, wie der in Fig. 2 und die entsprechenden Wiederholungszwillinge, die parallel der punktierten Linie zwischen  $c$  und  $e$  mehrere schmale Individuen einschaltet zeigen, kommen oft

vor, ebenso Wendezwillinge, wie in Fig. 4, in welcher vier Individuen nach demselben Gesetze verbunden erscheinen. Diese an den ungarischen Bournoniten gewöhnliche Ausbildung wurde von den dortigen Bergleuten mit dem Namen Rädelerz belegt.

Spaltb. nur unvollk. nach  $b$ , Spuren nach anderen Richtungen. Bruch muschelig bis uneben. H. = 2.5...3, stahlgrau bis bleigrau oder schwärzlich, stark metallglänzend. G. = 5.70 bis 5.86. Chem. Zus.  $\text{CuPbSbS}_3$  entsprechend 13.0 Kupfer, 42.4 Blei, 25.0 Antimon, 19.6 Schwefel. Der Bournonit wird daher zugleich mit anderen Erzen, mit welchen er vorkommt, auf Blei und Kupfer verhüttet. V. d. L. schmilzt er nach Entwicklung von Antimondämpfen zur

Fig. 1.

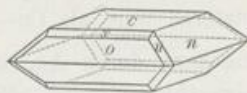


Fig. 2.



Fig. 4.

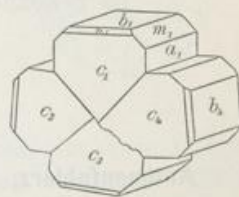


Fig. 3.



schwarzen Kugel, welche durch weiteres Erhitzen einen Bleibeschlag liefert und, nachdem das Blei verflüchtigt ist, mit Soda ein Kupferkorn gibt. Durch Salpetersäure wird er unter Abscheidung von Schwefel und Antimonoxyd gelöst, die Lösung ist blau.

Schöne Krystalle kommen von den Gruben in Cornwall, von Příbram, Kapnik, Freiberg, Neudorf (grosse Krystalle), Wolfsberg, Clausthal, Andreasberg u. a. O. Der Bournonit hat kein selbständiges Auftreten, auch bildet er nirgends grössere Massen. Er kommt auf Gängen zugleich mit Bleiglanz, Blende, Fahlerz, Kupferkies, auch mit Antimonit vor, mit welchen Mineralen, die Blende ausgenommen, er in chemischer Hinsicht verwandt ist. Auf einem der Kapniker Gänge zeigt sich an Pseudomorphosen die Entstehung von Bournonit durch Umwandlung des Fahlerzes. Aus Kärnten kamen früher oberflächlich zersetzte Bournonite, welche als Wölchit (Antimonkupferglanz) in die Sammlungen gelangten.

#### Fahlerzgruppe.

Diese Minerale sind tetraëdrisch, metallisch glänzend, ohne deutliche Spaltbarkeit. Alle enthalten Kupfer und Schwefel, ausserdem Antimon oder Arsen, in wechselnder Menge aber auch Zink, Eisen, Silber, Quecksilber. Alle Fahlerze werden auf Kupfer verhüttet, bei einem Gehalt an Silber oder Quecksilber werden auch diese Metalle abgeschieden. Man kann dieselben als Molecularverbindungen auffassen, in welchen die dem Pyargyrit entsprechende Verbindung  $\text{Cu}_3\text{SbS}_3$  und eine zweite dem Stephanit entsprechende Verbindung  $\text{CuZn}_2\text{SbS}_4$  vereinigt sind. Die Constitution des letzteren wäre als  $\text{Cu}-\text{S}-\text{Sb} \begin{matrix} \text{S}-\text{Zn} \\ \text{S}-\text{Zn} \end{matrix} \text{S}$  zu deuten. Das Cu der ersten Verbindung kann durch Ag, das Zn der zweiten durch Hg, Fe oder auch durch die zweiwerthige Gruppe  $-\text{Cu}-\text{Cu}-$  ersetzt werden.

Demnach wären enthalten:

Im gewöhnlichen Fahlerze	$3 \text{Cu}_3\text{SbS}_3 + \text{CuZn}_2\text{SbS}_4$
im Spaniolit	$3 \text{Cu}_3\text{SbS}_3 + \text{CuHg}_2\text{SbS}_4$
» Freibergit	$3 \text{Ag}_3\text{SbS}_3 + \text{CuFe}_2\text{SbS}_4$
» Tennantit	$3 \text{Cu}_3\text{AsS}_3 + \text{CuFe}_2\text{AsS}_4$
» Arsenfahlerz	$3 \text{Cu}_3\text{AsS}_3 + \text{CuCu}_4\text{AsS}_4$

#### Antimonfahlerz.

Die Krystalle sind einfache Tetraëder, Trigondodekaëder und Combinationen von tetraëdrischem Habitus oder auch solche, an welchen das Rhombendodekaëder vorherrscht. Oft ist das positive Tetraëder glänzend, die Abstumpfung durch das negative rauh. Häufig treten an den Ecken des Tetraëders drei Flächen des Rhombendodekaëders auf, wie in Fig. 2. Das gewöhnliche Trigondodekaëder ist  $l = z$  (211), die Kanten desselben werden bisweilen abgestumpft durch das Deltoiddodekaëder  $n = z$  (332). Zwillingsbildungen nach 111 kommen öfter vor. Es sind Durchdringungen zweier Tetraëder, welche eine Fläche 111 gemein haben, so dass drei Ecken des einen drei Flächen des andern Individuums durchbrechen. Die Krystalle sind bisweilen mit einem Ueberzuge von Kupferkies bedeckt, welcher feindrüsiger, auf den Flächen (100) bisweilen glatt ist. Die kleinen

Kupferkieskrystalle sind mit ihrer Hauptaxe parallel zu einer der Krystallaxen des Fahlerzes angelagert. Hierüber und über die Krystallisation des Fahlerzes: Sadebeck, Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch., Bd. 24, Klein. Jahrb. f. Min. 1871.

H. = 3. .4, der Bruch ist muschelig bis uneben, die Farbe stahlgrau bis eisenschwarz, der Strich schwarz, bisweilen auch röthlich, namentlich in den zinkreicheren Fahlerzen. Die mannigfaltige chem. Zus. lässt sich durch eine Formel mit ziemlicher Sicherheit darstellen. H. Rose, welcher eine neue Methode der Fahlerzanalyse erfand (Aufschliessen durch Chlorgas) wurde durch seine sorgfältigen Arbeiten zu dem Verhältnis  $Cu_8Sb_2S_7$  geführt, worin Cu theilweise durch Silber, Sb theilweise durch As,  $Cu_2$  theilweise durch Zn, Hg, Fe ersetzt sein können; die Beobachtungen entsprechen jedoch besser dem freilich etwas complicirteren Verhältnis  $Cu_{10}Zn_2Sb_4S_{13}$ , welches 38 Kupfer, 7.8 Zink, 29.3 Antimon

Fig. 1.

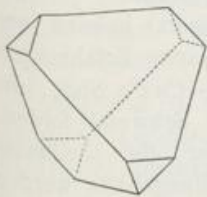


Fig. 2.

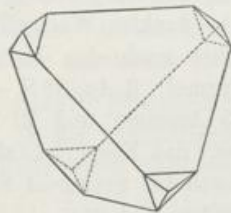


Fig. 3.

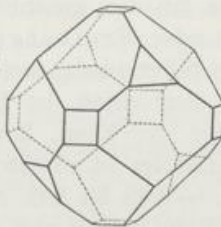


Fig. 4.

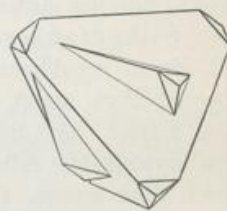


Fig. 5.

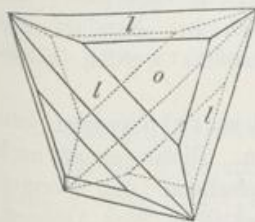


Fig. 6.

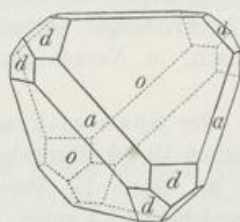
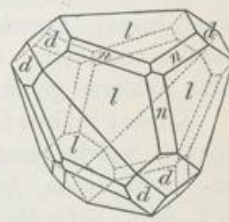


Fig. 7.



und 24.9 Schwefel fordert. Im Kölbchen erhitzt und geschmolzen, gibt es ein dunkelrothes Sublimat, im offenen Glasrohre einen Antimonbeschlag, v. d. L. auf Kohle schmilzt es leicht zur grauen Kugel, durch Salpetersalzsäure wird es vollständig zersetzt. Bei der Verwitterung bilden sich aus dem Mineral gewöhnlich Malachit, Azurit, Antimonoher. Es gibt krystallisirte Antimonfahlerze, welche eine isomorphe Beimischung von Arsenfahlerz enthalten. In manchen derben Fahlerzen ist von der letzteren Verbindung ziemlich viel vorhanden (Antimon-Arsenfahlerze). Manche enthalten etwas Kobalt. Als Untergattungen des Antimonfahlerzes werden genannt:

Gewöhnliches Fahlerz, Tetraëdrit, diejenigen, welche der Zus.:  $3 Cu_3SbS_5 + CuZn_2SbS_4$  nahekommen, indem statt des Zn auch Eisen eintritt, ferner geringe Mengen von As an Stelle des Sb sich einstellen. G. = 4.5 bis 5. Diese Minerale werden auf Kupfer verhüttet.

Beispiele des Auftretens geben die in alten Sandsteinen und Thonschiefern vorkommenden Gänge von Horhausen im rheinischen Schiefergebirge, die Spath-eisenstein und Quarz führen und Fahlerz neben Pyrit, Kupferkies, Bournonit, Blende, Antimonit enthalten, oder jene von Clausthal am Harz in gleichem Gestein und wieder mit Eisenspath und Quarz, aber ausserdem mit Baryt, Bleiglanz, oder der Stock von Eisenspath bei Müsen, wo das Fahlerz wiederum in Gesellschaft von Pyrit, Kupferkies und Bleiglanz zuweilen erhebliche Mengen bildet, ferner auch die Gänge von Příbram, wo das Fahlerz nur untergeordnet vorkommt, jene am Spessart, in Thüringen, in Cornwall. Die Gänge von Kapnik, welche in trachytartigem Gestein aufsetzen, zeigen schöne Fahlerzkrystalle auf Quarzdrusen und zuweilen die Umwandlung des Fahlerzes in Bournonit. Ganz anders verhalten sich die Gangtrümer im Kalkstein, wie bei Brixlegg in Tirol, wo das Fahlerz blos in der einfachen Begleitung von Baryt vorkommt. Hier sind die Krystalle immer vom Typus des Rhombendodekaëders. Cornwall, Clausthal, Wolfach liefern zuweilen Drusen mit dem genannten Ueberzug von Kupferkies.

Silberfahlerz oder Freibergit (dunkles Weissgiltigerz) heissen jene mit einem erheblichen Silbergehalt, welcher nach den bisherigen Erfahrungen über 31 Perc. steigt, entsprechend der Formel:  $3 Ag_3 Sb S_3 + Cu Fe_2 Sb S_4$ , die 13.2 Kupfer, 33.8 Silber, 5.8 Eisen, 25.5 Antimon und 21.7 Schwefel fordert. Das krystallisirte Silberfahlerz ist arsenfrei, das Eisen ist aber öfter theilweise durch Zink ersetzt. G. = 4.85 bis 5.0. Auch bei geringem Silbergehalte werden derlei Fahlerze zugleich auf Kupfer und Silber verhüttet.

Bekannt sind die quarzhaltigen Gänge von Bräunsdorf bei Freiberg, welche in krystallinischen Schiefen vorkommen und neben Giltigerzen, Silberglanz und silberhaltigem Arsenkies auch Freibergit enthalten. Auch bei Neudorf und Clausthal am Harz, bei Wolfach, in Nevada und Nordcarolina wurden silberreiche Fahlerze gefunden.

Quecksilberfahlerz oder Spaniolit, auch Schwatzit werden jene genannt, welche einen merklichen Quecksilbergehalt zeigen. Dieser steigt nach den vorhandenen Analysen bis über 17 Perc., entsprechend der Formel:  $3 Cu_2 Sb S_3 + Cu Hg_2 Sb S_4$ , welche 32.7 Kupfer, 20.6 Quecksilber, 25.2 Antimon, 21.5 Schwefel fordert, doch ist in Folge der isomorphen Beimischung von Tetraëdrit meist weniger Quecksilber vorhanden, dessen Stelle theilweise von Zink oder Eisen eingenommen wird. Im offenen Glasrohr erhitzt, geben diese Fahlerze ausser dem Antimonrauch noch einen grauen Beschlag von Quecksilber. Sie sind nicht häufig. Wo sie gefunden werden, gewinnt man ausser dem Kupfer auch Quecksilber aus denselben.

Die Gänge in den krystallinischen Schiefen des Gömör-Zipser Gebirges in Ungarn haben derlei Fahlerze geliefert. Bei Kötterbach besteht die Füllung aus Quarz und Eisenspath mit Kupferkies, Zinnober und solchem Fahlerz. Bei Igló wird es von Eisenspath und Kupferkies begleitet. Bei Schwatz in Tirol fand sich einst Schwatzit. Bei Moschel in der Rheinpfalz ist die Begleitung wiederum Zinnober. Diese Gesellschaft ist chemisch erklärlich und auch deshalb von Interesse, weil das Quecksilberfahlerz bisweilen eine Veränderung erfährt, bei welcher ausser Malachit und Antimonocher auch Zinnober gebildet wird.



**Arsenfahlerz.**

Die Form der Krystalle ist dieselbe wie bei den Antimonfahlerzen, die Farbe im allgemeinen auch nicht verschieden, der Strich hingegen ist vorwiegend röthlichgrau bis dunkelkirschroth. Die Krystalle sind öfter angelaufen. Die Härte ist etwas grösser, nämlich 4, das G. meist geringer, nämlich 4·5 bis 4·9. Alle geben, im offenen Glasrohr erhitzt, Arsenrauch. Man unterscheidet:

Gewöhnliches Arsenfahlerz von dem höheren G. 4·9 und der chem. Zus.:  $3 Cu_3 AsS_3 + Cu_5 AsS_4$ , entsprechend 55·4 Kupfer, 18·7 Arsen und 25·9 Schwefel. V. d. L. schmilzt es leicht zur Kugel, welche nicht magnetisch ist.

Ein Beispiel ist das Fahlerz von Szaszka im Banat, reicher an Kupfer als alle übrigen.

Tennantit, *Phillips*. Ist eisenhaltiges Arsenfahlerz von dem G. 4·4 bis 4·6, gemäss der Formel  $3 Cu_3 AsS_3 + CuFe_2 AsS_4$  zusammengesetzt, welche 43·4 Kupfer, 7·7 Eisen, 20·5 Arsen und 28·5 Schwefel fordert, doch ist der Kupfergehalt wegen isomorpher Beimischung des vorigen gewöhnlich etwas höher. V. d. L. schmilzt er zur schwarzen magnetischen Schlacke.

Redruth in Cornwall, Skutterud in Norwegen, Capelton in Canada haben Tennantit geliefert. In der zugehörigen Kupferblende Breith. von Freiberg ist das Eisen grösstentheils durch Zink ersetzt.

Die als Aphthontit, Annivit, Studerit bezeichneten Minerale sollen Fahlerze sein, der Rionit ein wismuthaltiges Arsenfahlerz. Der tesserale Julianit hat die Zusammensetzung eines Arsenfahlerzes, ist jedoch weicher. Der Sandbergerit steht der Kupferblende nahe. Der rhombische Stylotyp hat eine Zus., welche der eines silberhaltigen Fahlerzes gleichkommt. Das leichte Weissgiltigerz, welches oft zum Fahlerz gestellt wird, enthält 6 Perc. Silber und viel Blei. Es dürfte ein Gemenge sein.

**Enargit, Breithaupt.**

Dieses in Europa ziemlich seltene Mineral krystallisirt rhombisch. Gewöhnliche Formen sind (110), (001), (010), (100). Winkel (110)  $82^\circ 7'$ , (011)  $79^\circ 2'$ . Spaltb. vollk. nach (110), nach den Endflächen unvollk. H. = 3, spröd, eisenschwarz mit schwarzem Strich, unvollk. Metallglanz. G. = 4·4 bis 4·5. Chem. Zus.:  $Cu_3 AsS_4$ , entsprechend 48·4 Kupfer, 19 Arsen und 32·6 Schwefel. Leicht zur Kugel schmelzbar.

Bildet einen mächtigen Gang im Trachyt bei Mancayan auf Luzon, ferner mächtige Füllungen bei Marocoeha in Peru, in der Sierra de Famatina in Argentinien, findet sich in Mexico, Californien, Südearolina, ferner in kleinen Mengen neben Fahlerz, Pyrit, Kupferkies, Blende in einem zerklüfteten Andesit, welcher stellenweise petroleumhaltig ist, bei Parad in der Matra in Ungarn. Letztere Lagerstätte macht nach v. Cotta recht deutlich den Eindruck einer Quellenbildung. Wo der Enargit in grösserer Menge auftritt, gibt er ein geschätztes Kupfererz.

Die Substanz  $Cu_3 AsS_4$  kommt nach Sandberger auch monoklin als Clarit bei Schapbach vor.

		c) Giltigerze.	
Miargyrit	$\text{AgSbS}_2$	monoklin,	2.9945 : 1 : 2.9095, $\beta = 81^\circ 22\frac{1}{2}'$ (Silberantimonglanz) Bräunsdorf, Příbram, Potosí. Zugehörig d. Kenngottit.
Proustit	$\text{Ag}_3\text{AsS}_3$	rhomboedr.	1 : 0.8038.
Pyrargyrit	$\text{Ag}_3\text{SbS}_3$	"	1 : 0.7892.
Stephanit	$\text{Ag}_3\text{SbS}_4$	rhombisch,	0.6291 : 1 : 0.6851.
Polybasit	$\text{Ag}_3\text{SbS}_6$	"	0.5793 : 1 : 0.9130.
Andorit	$\text{AgPbSb}_2\text{S}_6$	"	0.9776 : 1 : 0.8699, Felsöbanya.
Freieslebenit	$\text{Ag}_3\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{S}_8$	monoklin,	0.5872 : 1 : 0.9277, $\beta = 87^\circ 46'$ (Schilfglaserz) Hiendelaencina, Freiberg, Felsöbanya.
Diaphorit	$\text{Ag}_3\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{S}_8$	rhombisch,	0.4919 : 1 : 0.7433. Mit vorigem heteromorph. Příbram.
Sundtit	$\text{AgFeSb}_2\text{S}_6$	"	0.6771 : 1 : 0.4458 Oruro in Bolivien.
Argyrodit	$\text{Ag}_3\text{GeS}_3$	monoklin,	0.67 : 1 : 0.61, $\beta = 70^\circ$ ca. Freiberg. Als germaniumhaltiges Mineral merkwürdig. Nach Penfield tetraëdrisch.

#### Polybasit, H. Rose (Eugenglanz, Breithaupt).

Die dünnen, tafelförmigen Krystalle wurden früher für hexagonal gehalten, die Form ist jedoch rhombisch, das Prisma (110) hat fast genau  $60^\circ$ . Die gewöhnliche Combination ist (001), (111), (021), der Winkel (111)  $63^\circ$ .

Mild, H. = 2 . . 2.5, metallglänzend, eisenschwarz, mit ebensolchem Strich. Descloizeaux fand dünne Lamellen, durchscheinend und optisch zweiachsig, die l. Mittellinie parallel der c-Axe. G. = 6.0 bis 6.2. Die chem. Zus. wird gewöhnlich durch die Zahlen  $\text{Ag}_3\text{SbS}_6$  dargestellt, doch sind auch kleine Mengen von Arsen und Kupfer vorhanden, welche isomorphen Beimischungen entsprechen. Schmilzt leicht, gibt mit Soda geschmolzen ein kupferhaltiges Silberkorn.

Er findet sich auf den Silbererzergängen von Freiberg, bei Příbram, ebenso kennt man ihn von Joachimsthal, Schemnitz, ferner ist sein Vorkommen in Mexico, Nevada, Idaho beobachtet.

#### Stephanit, Haidinger (Melanglanz, Breithaupt, Sprödglasserz).

Die Krystalle sind rhombisch hemimorph, bald von tafelförmigem, bald von säulenförmigem Habitus. Die gewöhnlichen Formen sind  $c = (001)$ ,  $m = (110)$ ,  $b = (010)$ ,  $p = (111)$ ,  $u = (112)$ ,  $d = (021)$ , ausserdem kommen aber noch verschiedene Pyramiden wie (113), (223), (332) und Prismen wie (011), (034) und andere Formen vor. Winkel (110)  $64^\circ 21'$ , (021)  $107^\circ 48'$ , (111)  $75^\circ 40'$ .

Zwillingsbildung nach 110 ist häufig, dieselbe wiederholt sich meistens. (Kryst. Schröder in d. Annal. d. Phys., Bd. 95. Vrba, Zeitschr. Kryst., Bd. 14, p. 79.)

Spaltb. unvollk. nach  $d$  und  $b$ , mild, H. = 2 . . 2.5, metallglänzend, eisenschwarz, Strich schwarz. G. = 6.2 bis 6.3. Chem. Zus.  $\text{Ag}_3\text{SbS}_4$ , entsprechend 68.4 Silber, 15.4 Antimon, 16.2 Schwefel. Im offenen Glasrohre entwickelt er Antimonrauch, auf Kohle schmilzt er zur dunkelgrauen Kugel, welche mit Soda ein Silberkorn gibt. Durch warme Salpetersäure wird er zersetzt.

Der Stephanit ist ein werthvolles Silbererz. Auf den Silbererzergängen Sachsens bei Freiberg, Annaberg, Schneeberg, Johannegeorgenstadt, ferner auf den Gängen bei Příbram, Schemnitz, Kremnitz wurde er oft gefunden. In den grössten Mengen, wenngleich nur derb, tritt er auf dem berühmten Comstock-Lode bei Virginia City in Nevada auf. Hier setzt ein Gang, welcher aus Bruchstücken des Nebengesteins, aus einer thonigen Masse und aus den Erzen besteht

und bei der genannten Stadt durch seine enorme Mächtigkeit von mehr als 150 Metern einen stockartigen Charakter annimmt, im Quarzandesit auf. Stephanit und Silberglanz bilden das Haupterz, aber auch ein silberreicher Bleiglanz, Rothgiltigerz, Polybasit kommen mit Pyrit, Kupferkies, Blende, Kalkspath u. s. w. darin vor. 1859 wurde der Gang entdeckt, 1875 die »Bonanza« angehauen. Den

Fig. 1.

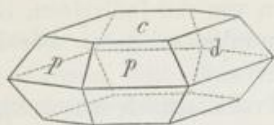


Fig. 2.



Höhepunkt erreichte die Production in den Jahren 1876—1878. Bis 1883 hatte die Grube gegen 40 Millionen Dollars ergeben. Bei 900 Meter Tiefe stieg die Temperatur sehr stark, und heisse Wässer sprudelten empor, den Bergbau ungemain erschwerend. Auch in Idaho, bei Zacatecas in Mexico etc. findet sich Stephanit, z. Th. schön krystallisiert. Die Verwandlung in gediegen Silber wurde an Pseudomorphosen bei Příbram beobachtet.

**Pyrargyrit, Glocker** (Antimonsilberblende, dunkles Rothgiltigerz.)

Rhomboëdrisch, hemimorph. Am häufigsten sind säulenförmige Krystalle, an welchen das Prisma  $n = (11\bar{2}0) = \infty R2$  herrscht und die Enden durch das Rhomboëder  $P = \pi (1011)$ , das verwendete stumpfere Rhomboëder  $z = \pi (011\bar{2}) = -\frac{1}{2}R$ , die Skalenoëder  $h = \pi (2131) = R3$ ,  $l = \pi (21\bar{3}4) = \frac{1}{4}R3$ , oft auch durch die Endfläche  $c$  begrenzt erscheinen.

Ausserdem kommen auch einfache Skalenoëder und viele andere, namentlich skalenoëdrische Combinationen vor, so dass die Zahl der beobachteten Formen eine sehr beträchtliche ist. (Rethwisch, Jahrb. f. Min., Beilagebd. 4, pag. 31;

Fig. 1.

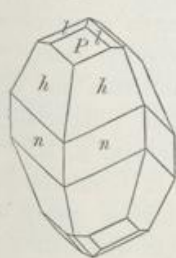


Fig. 2.

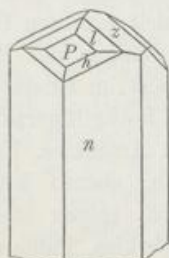


Fig. 3.

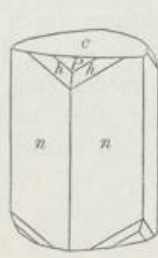


Fig. 4.

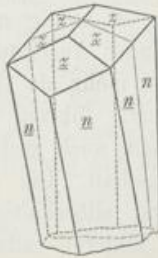
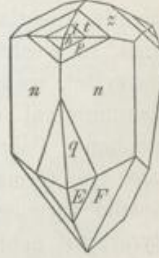


Fig. 5.



Groth, Univ.-Sammlg., Strassburg; Miers, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 15, pag. 129. Die Angaben beziehen sich z. Th. auf die folgende Gattung.)

Das Prisma  $(011\bar{0}) = \infty R$  tritt oft nur mit drei Flächen auf, was einer Hemimorphie entspricht. (Vgl. Turmalin [44].) Man hat auch an beiderseitig ausgebildeten Krystallen die Hemimorphie direct beobachtet. (Schuster, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 12, pag. 117.)

Fig. 5 stellt einen Krystall von Andreasberg dar, an welchem ausser  $z, l, h$  noch einerseits  $p = R5, t = \frac{1}{4} R5$ , andererseits  $q = -5R\frac{1}{5}, E = -R\frac{1}{3}$ , und  $F = R\frac{2}{3}$  auftreten.

Zwillingsbildungen sind häufig, namentlich die in Fig. 4 dargestellte, welche der zweiten Verwachsungsart, pag. 80, entspricht. Hier sind die beiden Individuen an einer Zwillingsebene verwachsen, welche auf der Polkante des Rhomboëders  $\varepsilon$  senkrecht ist. Nicht selten wiederholt sich die Bildung in mehreren dünnen Lamellen, manchmal entstehen auch Verbindungen von vier Individuen, indem sich nach diesem Gesetze drei Individuen an ein centrales anlagern. Der R.-Winkel beträgt  $71^{\circ} 18'$ , der von  $z$  ist  $52^{\circ} 2'$ .

Spaltb. nach dem Rhomboëder  $P$  ziemlich vollk., Bruch muschelrig, an den derben Stücken oft uneben und splitterig. H. = 2..2.5. Metallartiger Diamantglanz. Farbe kermesinroth bis dunkelbleigrau, Strich cochenille- bis kirschroth. In dünnen Schichten ist das Mineral durchsichtig. Bisweilen kommen vollk. klare Krystalle vor. An einem solchen von Andreasberg bestimmte Fizeau die beiden Brechungsq.  $\omega = 3.084, \varepsilon = 2.881$  für roth. Demnach ist die Doppelbrechung sehr stark und negativ. G. = 5.75 bis 5.85. Für reinen P. 5.85 nach Miers.

Chem. Zus.  $Ag_3 Sb S_3$ , entsprechend 59.8 Silber, 22.5 Antimon, 17.7 Schwefel, demnach ist der P. ein reiches Silbererz. Im Kölbchen erhitzt, zerknistert er, schmilzt leicht, gibt ein braunrothes Sublimat von Schwefelantimon, auf Kohle schmilzt er unter Abgabe von Antimonrauch und schwefliger Säure zur Kugel, welche mit Soda ein Silberkorn liefert. Durch Salpetersäure wird das Pulver schwarz und löst sich dann unter Abgabe von Schwefel und Antimonoxyd. Mit Kalilauge behandelt, gibt er Schwefelantimon ab, welches aus der Lösung durch Säuren mit orangegelber Farbe gefällt wird. Sénarmont hat die Verbindung künstlich dargestellt, indem er Natriumsulfantimoniat mit Natriumbicarbonat in geschlossenem Rohre bei höherer Temperatur auf Silbersalze wirken liess und so Krystalle erhielt.

Der Pyrargyrit ist auf den Silbererzgängen ein häufiges Mineral. Eines der schönsten Vorkommen ist wohl jenes bei Andreasberg, wo derselbe mit Arsen, Blende, Bleiglanz in wenig mächtigen durch Calcit erfüllten Gängen angetroffen wird. In wechselnder Ausbildung ist er auf den Gängen des Freiburger Gebietes verbreitet, welche, mehr als 150 an der Zahl, meist im Gneiss auftreten und als Hauptmineral Quarz führen. Hier sind beide Rothgiltigerze mit Silberglanz, Stephanit, Polybasit, auch gediegenem Silber, mit Arsenkies, Fahlerz u. a. Mineralen in Gemeinschaft. Die Gänge bei Příbram, ebenso jene in Gonderbach, welche vorwiegend silberhaltigen Bleiglanz liefern, zeigen stellenweise schönen Pyrargyrit neben anderen Silbererzen, neben Kupferkies, Fahlerz etc. Bei Schemnitz und Kremnitz, wo die quarzreichen Gänge in Eruptivgesteinen aufsetzen, sind auch die früher genannten Silbererze die Begleiter. Kongsberg, bekannt durch die schönen Stufen von gediegenem Silber, gibt das Beispiel von Gängen, welche Fahlbänder im Gneiss durchsetzen. Dieselben enthalten vorzugsweise Kalkspath, auch Fluorit und verschiedene Silicate. Beim Zusammentreffen mit den Fahlbändern zeigen sich gediegen Silber, Silberglanz, Rothgiltigerz, Bleiglanz, Blende, Magnetkies u. s. w. Ein reiches Vorkommen ist jenes von Chañarcillo bei Copiapo,

wo die silberreichen Gänge von einem Kalkstein eingeschlossen sind, der viele Diabasgänge aufweist. Zunächst der Erdoberfläche sind die Sulfide zersetzt, in Oxyde und Chloride umgewandelt. Grosse Quantitäten von Rothgiltigerz besitzt Mexico, auch Nevada. In Idaho werden oft Massen von mehreren Centnern auf einmal angebrochen; dieselben sind öfter mit Hornsilber verbunden.

Die chemischen Veränderungen, welche der Pyrargyrit erfährt, geben dieselben Producte, wie die folgende Gattung.

**Proustit, Beudant** (Arsensilberblende, liches Rothgiltigerz).

Die Formen sind dieselben, wie jene des Pyrargyrits, jedoch kommen Krystalle von skalenoëdrischem Typus hier weit häufiger vor. Der R.-Winkel ist  $72^{\circ} 10'$ . In der Bildung der Zwillinge, in der Spaltb. und Härte sind beide Minerale gleich.

Diamantglanz. Durchsichtig bis durchscheinend, cochenille- bis kermesinroth, nach dem Anlaufen bis bleigrau. Strich morgenroth bis cochenilleroth. Energische negative Doppelbrechung.  $G. = 5.5$  bis  $5.6$ . Für den reinen P.  $5.57$  nach Miers. Chem. Zus.  $Ag_3 As S_3$ , entsprechend  $65.5$  Silber,  $15.1$  Arsen,  $19.4$  Schwefel. Demnach herrscht vollkommene Isomorphie mit dem Pyrargyrit.

Im Kölbehen erhitzt, gibt der Proustit nach dem Schmelzen eine geringe Menge von braunem Schwefelarsen, v. d. L. schmilzt er leicht, gibt Arsenrauch und liefert ein sprödes Metallkorn, welches nur schwer zu Silber reducirt werden kann. Durch Salpetersäure zersetzbar unter Abgabe von Schwefel und arseniger Säure. Kalilauge zieht Schwefelarsen aus, welches aus der Lösung durch Säuren citrongelb gefällt wird. Die künstliche Darstellung gelang Sénarmont auf analoge Art, wie jene der vorigen Gattung.

Beide Rothgiltigerze unterliegen auf den Gängen bisweilen der Umwandlung in Silberglanz  $Ag_2 S$ , ferner auch in gediegenes Silber. Die Neubildung von Silber ist gewöhnlich sehr locker, entsprechend dem grossen Stoffverluste. Alle bisher genannten Giltigerze werden öfter von Pyrit überzogen, auch kommen vollständige Pseudomorphosen von Pyrit oder Markasit nach diesen Mineralen vor.

In manchen Gangrevieren treten die beiden Rothgiltigerze neben einander auf, wie im Gebiete von Freiberg, oft aber hat der Proustit seine besondere Verbreitung, namentlich in Gesellschaft von arsenhaltigen Kiesen. Hierher gehören die beim Speiskobalt erwähnten Gänge von Marienberg, Annaberg, Johannegeorgensstadt, Joachimsthal, wo die Silbererze als spätere Bildung auf die Kobaltformation folgen, ebenso jene von Wittichen, von Wolfach, Markirch, wo er auch öfter schön krystallisirt angetroffen wird. Bei Chalanches im Dauphiné zeigt sich das Zusammentreffen der Silbererzgänge mit arsenkies- und eisenkieshaltigen Fahlbändern, bei Chañareillo in Chile führen die Gänge und Trümer im Kalkstein, namentlich an Stellen des Zusammentreffens mit den Schichtenablösungen und den Diabasgängen reiche Silbererze, darunter öfter prachtvoll krystallisirten Proustit. Man hat Skalenoëder von  $7$  Centimeter Länge von dort gebracht. In Mexico, Peru, in Nevada und Idaho ist der Proustit ähnlich wie der Pyrargyrit verbreitet.

Sämmtliche Giltigerze bilden mit dem Silberglanz eine oft wiederkehrende Paragenesis, die Gangformation der edlen Geschicke. Dieselbe lagert oft auf Quarz, ist oft mit Carbonaten, wie Eisenspath, Perlspath, Kalkspath verbunden und zeigt sich besonders reichlich dort, wo der Baryt sie begleitet. Die Gewinnung des Silbers beruht vorzugsweise auf der Verarbeitung dieser Erze, ist jedoch häufig eine ziemlich verwickelte Operation. Südamerika und Mexico produciren das meiste Silber und demnächst die Vereinigten Staaten von Nordamerika. Im Jahre 1893 betrug die Silberproduction in Amerika 3863, in Australien 637, in Europa 472, auf der ganzen Erde circa 5339, im Jahre 1894 hingegen 5205 Tausende Kilogramm. Das Silber wird für den Gebrauch mit Kupfer legirt. Aus 1 Kilo Feinsilber werden 239·52 österr. Kronen geprägt, welche 83·5percentig sind. Historisches und Münzpolitisches in den bei Gold angeführten Werken und in: Suess, Die Zukunft des Silbers. Wien 1892.

An die Rothgiltigerze reihen sich einige seltene Minerale von Diamantglanz und gelbem bis rothem Strich: die Feuerblende (Pyrostilpnit)  $Ag_3SbS_3$  (wie Pyrargyrit), monoklin, von Andreasberg, Freiberg, der Xanthokon  $Ag_3AsS_3$  (wie Proustite), monoklin, von Freiberg, der zugehörige Rittingerit, von Joachimsthal, ferner der thalliumhaltige Lorandit  $TlAsS_2$ , monoklin, cochenilleroth, von Allachar, Macedonien.

#### 4. Ordnung: Blenden (Chinnabarite).

Hieher werden einfache Schwefelverbindungen gestellt, welche alle Diamantglanz bis Fettglanz und meist einen hellen Strich zeigen. Anhangsweise werden einige Minerale von ähnlichen physik. Eigensch. erwähnt, welche durch einen Sauerstoffgehalt den Uebergang zur folgenden Classe bilden.

Blende	Zn S	tesseral, tetraëdrisch.
Metacinnabarit	Hg S	„ „
Manganblende	Mn S	„ „
Wurtzit	Zn S	hexagonal, hemimorph, 1 : 0·8175.
Greenockit	Cd S	„ „ 1 : 0·8109.
Zinnober	Hg S	trapezoëdrisch-tetartoëdrisch, 1 : 1·1453.
Covellin	Cu S	rhomboëdrisch 1 : 1·1466.
Realgar	As S	monoklin 1·4403 : 1 : 0·9729, $\beta = 66^\circ 5'$ .
Auripigment	$As_2S_3$	rhombisch 0·60304 : 1 : 0·67427.
Hauerit	Mn S <sub>2</sub>	tesseral, pyritoëdrisch.

#### Blende oder Zinkblende (Sphalerit, *Glocker*).

Die Krystalle sind tetraëdrisch und zeigen oft beide Tetraëder und die Würfelflächen. Dann sind aber die abwechselnden (111)-Flächen bisweilen von etwas verschiedener Beschaffenheit, wie in Fig. 1. Häufig ist das Rhombendodekaëder  $d$  ausgebildet und oft in Combination mit einem oder mit beiden Tetraëdern, ferner mit dem Trigondodekaëder  $z$  (311) =  $y$ , wie in Fig. 3. Auch andere Trigondodekaëder kommen vor, die Flächen derselben sind oft gerieft oder gekrümmt.

Meistens herrscht Zwillingsbildung nach 111. Ein Beispiel gibt Fig. 4, in welcher jedes der Individuen die Combination  $o = z$  (111) mit  $o' = z$  (111) darstellt, ferner Fig. 2, in welcher an den Individuen das Rhombendodekaëder  $d$  herrscht, endlich Fig. 5, die zwei Individuen mit Würfel- und beiderlei Tetraëderflächen zeigt. Wiederholungszwillinge, wie in Fig. 6, sind häufig, auch kommen

Wendzwillinge nach demselben Gesetze an vielen Exemplaren vor. Derlei zusammengesetzte Zwillinge sind oft schwierig zu deuten. Als Berührungsebene fungirt bisweilen eine auf 111 senkrechte Fläche von (211). (Sadebeck, Zeitschr. D. geol. Ges., Bd. 21 und 30. Groth, Min. S. Univ. Strassburg, pag. 23.)

Die derbe Blende ist meistens körnig, doch kommt auch feinfaserige bis dichte, oft mit schaliger Structur und nierförmiger Oberfläche vor, Leberblende, Schalenblende, diese und die strahlige B. gehören meist zur folgenden Gattung (Wurtzit).

Durch die sehr vollk. Spaltb. nach dem Rhombendodekaëder ist das Mineral vor allen übrigen ausgezeichnet.  $H. = 3.5 \dots 4$ , spröde. Auf ebenen Flächen Diamantglanz, auch Fettglanz, vollk. Durchsichtigkeit bis zur Undurchsichtigkeit bei dunklen Exemplaren. Farbe meist braun und schwarz, oft grün, gelb, roth,

Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.

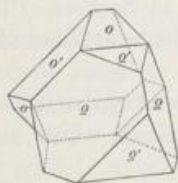
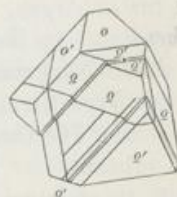


Fig. 5.



Fig. 6.



selten sind farblose Exemplare. Strich meist gelb oder braun, seltener weiss. Beim Zersprengen oder Kratzen phosphoresciren manche Stücke. Durch Erwärmen werden manche polarelektrisch, wobei die Flächen und die Ecken des Tetraëders sich entgegengesetzt verhalten (Friedel).  $G. = 3.9$  bis  $4.2$ , die dichte B. hat meist ein geringeres G.

Chem. Zus.  $ZnS$ , entsprechend 67 Zink und 33 Schwefel, doch ist häufig  $FeS$  isomorph beigemischt, besonders viel in den schwarzen Blenden, welche bis zu 20 Pere. Eisen mit etwas Mangan enthalten. Cadmium ist in vielen vorhanden, in manchen wurden auch Zinn, Gallium, Indium, Thallium nachgewiesen. V. d. L. zerknistert die Blende heftig, schmilzt aber fast gar nicht, im starken Oxydationsfeuer gibt sie auf Kohle den Zinkbeschlag, durch Salpetersäure wird sie unter Abscheidung von Schwefel gelöst. Krystalle von der Form und Zusammensetzung

der Blende finden sich öfter unter den zufälligen Hüttenproducten, auch wurden solche künstlich dargestellt. Vergl. pag. 269.

Die Blende findet sich öfter selbständig, gewöhnlich aber begleitet sie den Bleiglanz, so dass nur wenige Bleiglanzlagerstätten frei von Blende sind. Auf Gängen der Massen- und Schichtgesteine kommt die Blende häufig mit Bleiglanz, Baryt und verschiedenen Schwefelverbindungen vor, wie z. B. bei Freiberg, oder auch mit Bleiglanz und Fluorit, wie im Münsterthal in Baden, in Devonshire; mit Bleiglanz und Carbonaten auf Quarz bei Příbram, besonders aber auf den ungarischen Erzgängen, dort öfter mit Silbererzen. Ungewöhnlich schön ist die gelbe Blende von Kapnik, die auf Quarz oft neben Manganspath, auch neben Fahlerz auftritt. Auf Kupferkiesgängen ist Blende nicht selten. In den krystalinischen Schiefen bildet sie zuweilen Linsen und ganze Lager, im grössten Maasstabe bei Ammeberg am Wettersee in Schweden, in geringerer Ausdehnung bei St. Martin nächst Sterzing in Tirol (Schneeberg), wo sie mit Magnetkies und Granat, auch Bleiglanz gefunden wird. Besonders hervorzuheben ist das häufige Auftreten in Hohlräumen, Gängen und Trümmern im Kalkstein und Dolomit, so z. B. jenes in einzelnen schönen Krystallen im Dolomit des Binnenthals oder jenes in grösseren bis kopfgrossen Krystallen und Individuen, welche schöne durchsichtige Spaltungstücke liefern, in einem dunklen Kohlenkalkstein am Picos de Europa in Asturien. Bei Raibl in Kärnten bilden Bleiglanz und Blende Krusten, Füllungen und stalaktitische Formen im Kalkstein, der in der Nähe gewöhnlich dolomitisch ist. (S. Posepny, Jahrb. d. geol. Reichsanst., Bd. 23, pag. 317.) In manchen Kalksteinen Württembergs findet sich Blende in den Kammern der Ammoniten. Lagerstätten von Blende und Bleiglanz sind in vielen Kalksteinen und Dolomiten Nordamerikas bekannt. Die schwarze Blende findet sich schön bei Rodna in Siebenbürgen, bei Freiberg und Breitenbrunn in Sachsen (Christophit, Breith.), bei Ems. Als Neubildung wurden Absätze von Blende auf dem Holze alter Bergbaue durch Nöggerath und Bischof beobachtet.

Bei der Verwitterung der B. entsteht Zinkvitriol, bei Gegenwart von Kalkstein Zinkblüthe. Die Umwandlung in Zinkspath und Kieselzink wurde an Pseudomorphosen erkannt.

Die B. dient gegenwärtig zur Gewinnung von Zink (Spiauter), welches jetzt für allerlei Gusswaaren eine ausgebreitete Verwendung findet und in der Legirung mit Kupfer das Messing liefert, das schon seit alter Zeit bekannt ist und zu den verschiedensten Metallgeräthen verarbeitet wird. Früher verstand man es nicht, die Blende zu verhütten, den alten Bergleuten war die mit Bleiglanz gefundene B. eine Galena inanis und die dunkle ein Sterile nigrum. Das Mineral wurde als unbrauchbar auf die Halde geworfen. Im laufenden Jahrhunderte lernte man die Zinkbereitung aus der B., und es bildeten sich Gesellschaften zur Aufbereitung jener nun willkommenen Haldenvorräthe.

Die Substanz  $ZnS$  ist dimorph. Breithaupt fand die Strahlenblende von Příbram hexagonal, nach dem Prisma und der Basis spaltbar, und nannte sie Spiauterit. Später beobachtete Friedel hexagonales Schwefelzink von Oruro in Bolivien und nannte dasselbe Wurtzit. Entsprechende Krystalle wurden als zufälliges Hüttenproduct gefunden und auch künstlich dargestellt. Der seltene Greenockit  $CdS$  ist isomorph mit dem vorigen. Die künstlich dargestellten Krystalle sind nach Schüler rhomboëdrisch.



**Zinnober.** (Cinnabarit, Mercublende.)

Die meist kleinen Krystalle zeigen gewöhnlich eine rhomboëdrische Ausbildung. Die Basis  $d$  herrscht in der Regel vor, die Rhomboëder  $n$ ,  $i$  und mehrere andere Rhomboëder, darunter das verwendete  $g = -\frac{1}{2}R$  und das Prisma  $m$  bilden eine Reihe von Combinationen. (S. Mügge, Jahrbuch f. Min. 1882, Bd. 2.)  $n$  ist  $\pi(10\bar{1}1) = R$ , der R.-Winkel beträgt  $108^\circ 12'$ , der W.  $d:n = 69^\circ 17'$ .  $i$  ist  $\pi(20\bar{2}5) = \frac{2}{3}R$ . An manchen Krystallen beobachtete man das Auftreten von Skalenoëder- und Prismenflächen in halber Anzahl und jener Vertheilung, welche einer trapezoëdrischen Tetartoëdrie entspricht. (Vergl. Quarz, pag. 68.) An den Krystallen Fig. 2 und 3 sind es die Flächen  $\chi = 2P\frac{2}{3}$  und  $D = \frac{2}{3}P\frac{2}{3}$ . Im übrigen treten wiederum Rhomboëder auf.  $n' = -R$ ,  $f = 2R$ ,  $l = -2R$ ,  $h = -\frac{2}{3}R$ . An manchen Stufen wurden Zwillinge gefunden, in welchen  $d$  die Zwillingssebene.

Fig. 2. Gewöhnlich ist der Z. derb, körnig bis dicht, auch erdig.

Spaltb. ziemlich vollk. nach  $m$ , Bruch uneben oder splittrig. H. = 2 . . 2.5, mild. Diamantglänzend, durchsichtig bis durchscheinend, starke Doppelbrechung zeigend.  $\omega = 2.854$ ,  $\varepsilon = 3.201$  für roth. Descloizeaux beobachtete die vom Quarz

Fig. 1.

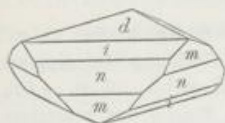
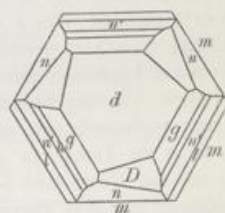


Fig. 2.



Fig. 3.



her bekannte Circularpolarisation auch an diesem Mineral, dessen Drehungsvermögen jedoch 15mal so gross ist, als jenes im Quarz. Die Farbe ist cochenille-roth bis scharlachroth oder grau, der Strich scharlachroth. G. = 8.0 bis 8.2.

Chem. Zus.  $HgS$ , entsprechend 86.2 Quecksilber und 13.8 Schwefel. Im Köhlchen erhitzt, wird er sublimirt, im offenen Glasrohr verbrennt ein Theil des Schwefels, und es bildet sich ein grauer, aus Tröpfchen bestehender Quecksilberbeschlag. Mit Soda erhitzt, wird er vollständig zerlegt und liefert Quecksilber, durch Salpetersäure wird er gänzlich gelöst.

Der Z. liefert fast alles Quecksilber, welches in den Handel kommt, doch sind Lagerstätten desselben nicht häufig. In der Rheinpfalz erscheint er auf Gängen in Sandsteinen und Thonschiefern, die von Porphyrgesteinen durchsetzt und von Hornstein begleitet sind. Am bekanntesten ist der Fundort Moschellandsberg. Der Z. bildet Trümer und Schnüre, auch ist er als Imprägnation fein vertheilt. Seine Menge nimmt mit der Tiefe ab. Pyrit und Markasit begleiten ihn, öfter auch Erdpech und Asphalt. Zuweilen bildet er Pseudomorphosen nach Pyrit und Quecksilberfahlerz. Bei Münsterappel zeigten sich Zinnoberanflüge auf Fischresten und in Pflanzenversteinerungen. In der berühmten Lagerstätte von Idria in Krain ist der Z. im Schiefer und Dolomit vertheilt und bildet im Gemenge mit Erdpech (Idrialin) und Thon das Quecksilberlebererz oder Quecksilber-

branderz und als Imprägnation einer schwarzen schaligen Masse das Korallenerz. Bei Almaden in Spanien steckt der ganze Zinnoberreichthum in Sandsteinlagen, welche mit tauben Thonschiefern wechseln. Die reichsten Lagerstätten sind jene von Neu-Almaden in Californien, wo der Z. in und neben Serpentin auftritt. In den Eisenspathlagerstätten der Alpen findet sich derber Zinnober in geringer Menge. Merkwürdig ist das Vorkommen von Zinnoberstücken im Sinter heisser Springquellen, wie auf Island und in Klüften des Solfatargebietes Sulphur-Banks in Californien. Alle Lagerstätten des Zinnobers entsprechen der Bildung durch aufsteigende Quellen. Nach G. F. Becker (Geology of the Quicksilver Deposits of the Pacific slope, Washington 1888) scheidet sich der Zinnober aus gelösten Doppelverbindungen wie  $\text{HgS} + 4\text{Na}_2\text{S}$  ab.

Der Z. war schon im Alterthume bekannt. Bei Theophrast wird er als  $\text{Κιννάβαρις}$  angeführt, bei Vitruv und Plinius heisst er Minium. Die Benützung als Farbe führte zur künstlichen Darstellung. Wenn jedoch Quecksilber und Schwefel zusammen gerieben werden oder das  $\text{HgS}$  aus Lösungen durch Schwefelwasserstoff gefällt wird, so erscheint es in der schwarzen Modification. Durch Sublimation wird es roth.

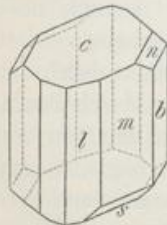
Auch die schwarze Modification des Schwefelquecksilbers von  $G. = 7.7$  und tetraëdrischer Form wurde in Lake Cty. in Californien, später auch bei Idria gefunden und von Moore Metacinnabarit genannt. Wenig verschieden, doch etwas zinkhaltig ist der Guadaleazarit Petersen's und der Onofrit, welcher etwas Selen enthält.

Von den kupferhaltigen Mineralen ist der Covellin (Kupferindig) hierher zu stellen, ein blaues Mineral von der Zus.  $\text{CuS}$ , welches häufig als secundäre Bildung auf Kupferkies und Kupferglanz vorkommt und selten krystallisirt ist (hexagonal).  $H. = 1.5 \dots 2$ ,  $G. = 4.6$ . Covellin beobachtete es am Vesuv. In grösseren Mengen wird es in Chile, Bolivia und besonders auf der Insel Kaware bei Neuseeland gefunden. Cantonit, Alisonit scheinen Pseudomorphosen von C. nach Bleiglanz zu sein. Ferner sind zwei Manganverbindungen einzuschalten: Die Manganblende (Alabandin) krystallisirt tetraëdrisch, herrschende Formen sind Oktaëder und Würfel.  $H. = 3.5 \dots 4$ . Farbe schwärzlich,  $G. = 3.9$  bis  $4.1$ . Chem. Zus.  $\text{MnS}$ . Kapnik, Nagyag u. a. O. Der Hauerit  $\text{MnS}_2$ , gewöhnlich in Oktaëdern vorkommend, ist wegen der Isomorphie mit Pyrit bemerkenswerth. (Vergl. pag. 323.) Kalinka in Ungarn, Raddusa auf Sicilien.

### Realgar.

Krystallform, monoklin. Gewöhnliche Formen  $m = (110)$ ,  $l = (210)$ ,  $b = (010)$ ,  $c = (001)$ ,  $n = (011)$ ,  $s = (11\bar{1})$ . Winkel  $(110) 105^\circ 34'$ ,  $001 : 011 = 23^\circ 58'$ ,  $001 : 110 = 75^\circ 48'$ ,  $\beta = 66^\circ 5'$  nach Marignac. Spaltb. nach  $c$  und  $b$  deutlich,  $H. = 1.5 \dots 2$ . Die Krystalle sind kurz, einzeln oder in Drusen vereinigt, morgenroth, durchsichtig bis durchscheinend, geben orangegelben Strich. Negative Doppelbrechung.

Fig. 1.



A. E. parallel  $010$  wie beim Gyps,  $aa = 53^\circ$ ,  $ac = 13^\circ$ . Oefter derb, körnig bis dicht.  $G. = 3.4$  bis  $3.6$ .

Chem. Zus.  $\text{As}_2\text{S}_3$ , entsprechend  $70.1$  Arsen und  $29.9$  Schwefel. Im Kölbchen wird es durch Erhitzen sublimirt, v. d. L. auf Kohle verbrennt es mit weisgelber Flamme.

Die Verbindung wird oft künstlich dargestellt, in amorphen Stücken erhalten und als »Rubinschwefel« oder »Sandarach« in der Feuerwerkerei etc. benützt. Sie entsteht oft in Krystallen als zufälliges Hüttenproduct und bei Braunkohlenbränden, wurde auch in Vesuvlava gefunden.

Schöne Krystalle sieht man im Dolomit des Binnenthals, grosse auf den Erzgängen von Antimonit, mit Blei- und Silbererzen bei Felsöbánya, Kapnik etc., derbe Füllungen mit Auripigment bei Tajowa in Ungarn, Drusen im Phyllit bei Kresovo in Bosnien.

Dem Tageslichte an der Luft ausgesetzt, wird das Mineral allmählig gelb und undurchsichtig, indem: es in ein Gemenge von  $As_2S_3$  und  $As_2O_3$  verwandelt wird.

#### Auripigment (Operment, Rauschgelb).

Rhombisch, gewöhnlich  $a = (100)$ ,  $u = (110)$ ,  $n = (120)$ ,  $b = (010)$ ,  $o = (011)$ ,  $p = (122)$  zeigend. Winkel  $(110) 79^\circ 20'$ ,  $(011) 96^\circ 30'$ . Kleine kurze Krystalle, stengelige oder körnige Aggregate. Spaltb. sehr vollk. nach  $a$ , dünne Blättchen biegsam, mild.  $H. = 1.5 \dots 2$ , Fettglanz, auf  $b$  oft Perlmutterglanz. Durchsichtig bis durchscheinend. A. E. parallel 001. Citrongelb bis orange gelb, Strich gleich.  $G. = 3.4$  bis  $3.5$ . Chem. Zus.  $As_2S_3$  entsprechend 61 Arsen und 39 Schwefel. Im Kölbchen erhitzt, sublimirt es, durch Kalilauge wird es vollständig gelöst.

Auch diese Verbindung wird künstlich dargestellt und als Malerfarbe (Königsgelb) gebraucht. Das Vorkommen ist sehr ähnlich dem des vorigen Mineralen. Bei Tajowa bildet es Gangfüllungen in Thon, auf Erzgängen bei Kapnik, Felsöbánya, Kresowo in Bosnien u. a. O. wird es in geringer Menge angetroffen, in Kurdistan bei Djulamerik in bedeutenden Quantitäten.

Der Dimorphin Seacchi's ist nach Kenngott identisch mit Auripigment.

Im Anhange zu den Blenden sind noch einige Minerale zu erwähnen, welche als Verbindungen eines Sulphides mit einem Oxyde zu betrachten sind:

Antimonblende (Rothspießglaserz, Pyrostibnit). Diamantglänzende, nadelförmige rhombisch-hemiëdrische Krystalle von kirschrother Farbe und der Zus.  $Sb_2S_2O$ , die sich in der Hitze ähnlich wie Antimonit verhalten. Oefter als Umwandlungsproduct des Antimonits beobachtet. Bräunsdorf, Bösing, Pfibram etc. Die entsprechende künstlich dargestellte Verbindung ist der Kermes der Pharmacie. Karelinit  $Bi_4SO_3$ , Bolivit  $Bi_2S_3 + Bi_2O_3$ , Voltzin  $4 ZnS + ZnO$ . Letzterer der Schalenblende ähnlich, wahrscheinlich ein Gemenge, wie auch die beiden vorigen.

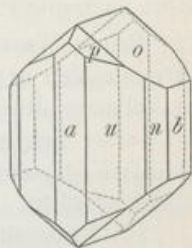
### III. Classe: Oxyde.

Diese Classe umfasst einfache Oxyde und Hydroxyde, ferner auch einige diesen ähnliche, von Hydroxyden abgeleitete Verbindungen. Die Ordnungen von höherem specifischen Gewichte sind Oxyde und Hydroxyde schwerer Metalle. Diese wurden von Mohs als »Erze« zusammengefasst.

#### 1. Ordnung: Hydroite.

Die Verschiedenheit von den übrigen Oxyden, die Eigenthümlichkeit der Verbreitung und die Grossartigkeit des Auftretens rechtfertigt die gesonderte Betrachtung des Wassers in der 1. Ordnung, welche mit dem von Breithaupt gebildeten Namen belegt wird.

Fig. 1.



rz.  
en,  
ne  
In  
ger  
ser  
ks  
ch  
of  
en

als  
ng  
nd  
el-  
ch

ber  
ta-  
er-

ein  
nd  
elli  
der  
C.  
n-  
fel-  
O.  
rit

)),  
8',  
c  
in  
h-  
g-  
er

el.  
auf

en  
h-  
es  
n.



**Wasser.**

Die Bedeutung des Wassers, als des hauptsächlichlichen Trägers der Bewegung im Mineralreiche, wurde im allgemeinen Theile besprochen. Ueber die Eigenschaften bleibt Weniges zuzufügen. Das Wasser liefert uns den Maasstab für die Bestimmung vieler physikalischer Grössen, so auch des spec. Gew. Reines W. hat demnach das  $G. = 1$ , jene Wässer, welche Salze aufgelöst enthalten, zeigen ein höheres G., das Meerwasser 1.0275 (s. pag. 287). Reines W. ist farblos, nach Bunsen ist aber eine Schichte von 3 Metern Dicke im durchfallenden Lichte blau, durch zarte Trübung erscheint W. auch im auffallenden Lichte blau, die Farbe grosser Wassermengen rührt überdies von der Farbe des Grundes, von Beimischungen kleiner Organismen etc. her, die oberflächliche, wechselnde Farbe von der Art der Beleuchtung und Spiegelung. Nach Versuchen, welche im Mittelmeer angestellt wurden, dringt hier das Licht nicht weiter als 400 Meter in die Tiefe; im Genfersee nicht weiter als 200 Meter.

Reines Wasser leitet die Elektrizität blos in sehr geringem Maasse, absorbiert Wärmestrahlen in grösster Menge. Vom Schmelzpunkte an wird durch Erwärmung das Volumen des Wassers verkleinert, bei  $4^{\circ}$  C. ist der Wendepunkt, wonach das Wasser sich ausdehnt. Bei  $100^{\circ}$  C. ist sein Vol. 1.043mal so gross, als beim Schmelzen. Meerwasser und Salzlösungen überhaupt zeigen jene Anomalie zwischen  $0^{\circ}$  und  $4^{\circ}$  nicht.

Die Unterscheidung nach dem Auftreten als atmosphärisches W. als Gebirgsfeuchtigkeit, Quell-, Fluss-, See- und Meerwasser wurde früher angeführt. Von den Quellwässern mit einem grösseren Gehalt an Salzen oder den Mineralwässern kann man einer alten Nomenclatur gemäss jene, die viel NaCl enthalten, als Soolquellen, die mit erheblichen Mengen von NaCl, KCl als muriatische Wässer, die an  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  reichen als alkalische, die mit grösseren Mengen von  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ , als erdige, jene mit viel  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , als salinische W. bezeichnen. Ausserdem werden öfter Glaubersalzwässer ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), Bittersalzwässer ( $\text{MgSO}_4$ ), eisenhaltige W. ( $\text{FeCO}_3$ ), kieselhaltige W. ( $\text{SiO}_2$ ) u. s. w. unterschieden, ferner nach den in grösserer Menge absorbirt enthaltenen Gasen: Säuerlinge ( $\text{CO}_2$ ) und Schwefelwässer ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Thermalwässer mit sehr geringem Gehalte an fixen Bestandtheilen werden Akratothermen genannt, z. B. jene von Gastein, Pfäfers (vergl. pag. 287). (Lit. Pfaff, Das Wasser, 1870; Tyndall, Das W. in seinen Formen als Wolken und Flüsse etc., 1879; Dove, Der Kreislauf d. W. auf der Oberfläche der Erde, 1874; Daubrée, Les eaux souterraines à l'époque actuelle. Paris 1887.)

**Eis.**

Aus der Form der Schneesterne ist auf ein hexagonales Krystallsystem zu schliessen. Von einigen Beobachtern wurden an grösseren Eiskrystallen Combinationen von holoëdrischem Charakter wahrgenommen, während von anderen rhomboëdrische Gestalten angegeben werden. Eine Winkelmessung, durch welche die Grundform genauer bestimmt würde, ist noch nicht gelungen. Die Schneekrystalle sind netzartig ausgebildete Individuen oder auch Zwillingsbildungen. Der Entstehung dieser zierlichen Körperchen durch regelmässige Anlagerung von

Wassermolekeln haben ausgezeichnete Männer, wie Bartholin, Kepler (*de nive sexangula* 1670) nachgeforscht. Die mannigfaltigen Formen wurden vielfach abgebildet. Fast immer herrscht der sechsgliedrige Bau, selten kommen vierstrahlige Sterne vor, die noch nicht sicher gedeutet sind.

Das Eis zeigt keine deutliche Spaltb., muscheligen Bruch,  $H. = 1.5$ . Mügge beobachtete eine Verschiebbarkeit ohne Biegung (Translation) parallel der Endfläche bei Druck. Die Schlagfigur besteht nach Klocke aus drei Strahlen, welche unter je  $120^\circ$  zusammentreffen. Tyndall machte die Beobachtung, dass durch Einwirkung eines Kegels von Sonnenstrahlen im Innern des Eises scheibenförmige oder sechsgliedrige Schmelzformen entstehen, welche mit Wasser gefüllte negative Krystalle sind, deren grösste Fläche parallel der Basis. Das E. ist glasglänzend, farblos, in grossen Massen erscheint es blau oder auch grünlich gefärbt. An Eiskrusten, wie sich solche auf stillem Wasser bilden, beobachtete Brewster die optischen Erscheinungen einaxiger Körper, die optische Axe ist senkrecht zur Erstarrungsebene, die Doppelbrechung positiv. Brechungsq.  $\omega = 1.3090$ ,  $\varepsilon = 1.3133$  bei  $8^\circ \text{C.}$  f. Natriumlicht nach G. Mayer. Dass die Individuen der Eiskrusten mit den Hauptaxen parallel sind, wird auch dadurch bestätigt, dass beim Schmelzen zuweilen ein Zerfallen in stengelige Stücke im selben Sinne eintritt.

Das G. ist  $0.9175$  nach Dufour, demnach dehnt sich das Wasser beim Gefrieren um  $\frac{1}{11}$  seines Volumens aus, und das Eis bildet sich an ruhigen Wassermassen immer zuerst an der Oberfläche. Beim Gefrieren scheiden sich die absorbirten Gase aus und bilden rundliche Einschlüsse, selten negative Krystalle. Auch die gelösten Salze werden dabei ausgeschieden, daher das Meereis frei von Salzen ist oder solche nur in den Einschlüssen enthält.

Das E. hat je nach der Bildungsweise sehr verschiedene Formen. Als Schnee erscheint es bald in schönen, klaren, Kryställchen, bald in weissen, wie gepudert aussehenden Körperchen oder in grösseren Flocken, als Reif in dünnen oft wie mehlig aussehenden Ueberzügen oder in zierlich blumenartigen oder flockigen Absätzen; in den Gräupeln bildet es lockere Körner, dem Reif ähnlich, im Hagel hingegen solide Körner, die pyramidal geformt sind, eine abgerundete Basis und, von der Spitze der Pyramide gerechnet, eine radiaifaserige Textur haben; zuweilen fallen auch Agglomerate solcher Körner. Als Tropfeis zeigt es stalaktitische Gestalten, als Krusteneis Ueberzüge, als Scholleneis Tafeln von verschiedener Dicke und der früher genannten Zusammensetzung auf Eisfeldern, auf stehenden und fliessenden Süsswässern und auf dem Meere. Als Bodeneis kommt es für sich in Lagern oder als Bindemittel von Eisconglomeraten im Boden arktischer Gegenden, besonders in Sibirien in wechselnder Tiefe unter der Erdoberfläche vor.

Eine eigenthümliche Bildung hat das Grundeis, [welches am Grunde von Bächen und Flüssen als schwammige Masse an rauhen Stellen angesetzt wird, indem die beim Abkühlen des fliessenden Wassers innerhalb desselben gebildeten Eisnadeln an hervorragende Gegenstände anfrieren.

In den höchsten Regionen der Gebirge fällt aller atmosphärischer Niederschlag als Schnee, der auch im Sommer sich erhält und als Hochschnee bezeichnet wird. Durch theilweises Schmelzen in der Sonne und neues Zusammen-

frieren bildet sich daraus eine krümlische Masse, der Firn, aus welchem durch Zusammenschmelzen der Körner das Gletschereis hervorgeht. Dieses reicht, in der Gestalt von Gletschern zungenförmig in Thälern lagernd, unter die Grenze des ewigen Schnees hinab, bei uns oft bis in die Waldregion. Die Gletscher der Polargegenden reichen häufig ins Meer hinein. Bruchstücke derselben bilden die schwimmenden Eisberge.

Das Gletschereis ist körnig, die Körner sind Individuen. Nach Hugi nimmt die Grösse derselben allmählig zu, wodurch sich die fortschreitende Bewegung der Gletscher erklären würde. (Lit. Heim, Handbuch der Gletscherkunde. Stuttgart 1885.)

## 2. Ordnung: Leukoxyde.

Dieselben sind glasglänzend, zeigen weissen Strich, ein G. unter 4, und geben auf Kohle erhitzt keinen Beschlag.

Brucit	MgH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	rhomboëdrisch 1:1:5208. Vergl. den isomorphen Pyrochroit.
Sassolin	BH <sub>3</sub> O <sub>3</sub>	triklin 1:7329:1:9:0228, $\alpha = 92^\circ 30'$ , $\beta = 104^\circ 25'$ , $\gamma = 89^\circ 49'$ .
Hydrargillit	AlH <sub>3</sub> O <sub>3</sub>	monoklin 1:7089:1:1:9184, $\beta = 85^\circ 29'$ .
Diaspor	AlHO <sub>2</sub>	rhombisch 0:93722:1:0:60387.
Periklas	MgO	tesseral. Vergl. die isomorphen: Bunsenit, Manganosit
Korund	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	rhomboëdrisch 1:1:3630.
Quarz	SiO <sub>2</sub>	trapezoëdrisch-tetartoëdrisch 1:1:09997.
Tridymit	SiO <sub>2</sub>	rhombisch 1:7437:1:3:3120.

### Brucit, Beudant (Talkhydrat).

Tafelförmige, rhomboëdrische Krystalle, an denen ausser der Endfläche mehrere Rhomboëder auftreten, oder derbe schuppige, seltener faserige Aggregate. Winkel 0001:10 $\bar{1}$ 1 = 60° 21'. Nach der Endfl. sehr vollk. spaltb., mild. H. = 2. Dünne Blättchen sind biegsam. Glasglanz, auf der Endfl. Perlmutterglanz. Farblos, weiss, auch grünlich. Das Mineral ist dem Talk ähnlich, von dem es aber schon optisch leicht unterschieden wird, weil es sich einaxig und positiv verhält. G. = 2:3 bis 2:4.

Chem. Zus. MgH<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oder MgO.H<sub>2</sub>O, entsprechend 69 Magnesia und 31 Wasser. Oefter ist ein geringer Eisengehalt gefunden worden. Beim Erhitzen im Kölbchen gibt der B. Wasser, bei der Probe mit Kobaltsolution wird er blassroth, durch Säuren wird er gelöst. Der B. findet sich bisweilen in Gängen und Trümmern in Serpentin, wie bei Texas in Pennsylvania, woher die grössten Krystalle und Tafeln kommen, oder auf der Insel Unst, derb im Kalkstein, wie bei Filipstad in Schweden, oder an der Contactzone im Kalkstein eingesprengt, wie bei Predazzo in Südtirol. Der faserige B., welcher bei Hoboken in New-Jersey in Serpentin vorkommt, wurde Nematolith genannt. Durch Aufnahme von Kohlensäure geht der Brucit in Hydromagnesit über.

Der Völknerit oder Hydrotalkit scheint ein Gemenge von Brucit und Gibbsit zu sein, der demselben ähnliche Houghtit findet sich pseudomorph nach Spinell.

Der Periklas MgO bildet kleine Oktaëder oder Hexaëder im Kalk der Auswürflinge des Monte Somma am Vesuv, im körn. Kalk bei Nordmark, Schweden. H. = 6.

Der trikline Sassolin BH<sub>3</sub>O<sub>3</sub> (Borsäure) wurde als Absatz der Fumarolen auf der Insel Volcano, als Quellenabsatz bei Sasso in Toscana gefunden. Die heissen Dämpfe, welche bei Volterra und Massa marittima in Spalten (Soffioni) empordringen, sind reich an Borsäure, welche beim

Durchleiten der Dämpfe durch Wasser von diesem absorbiert und daraus in perlmutterglänzenden Blättchen erhalten wird. Sie dient namentlich zur Darstellung von Borax und Boroxyd  $B_2O_3$  (Borsäure-Anhydrid).

Der Gibbsit oder Hydrargillit  $AlH_3O_3$  erscheint zuweilen in sechsseitigen Blättchen (monoklin), wie auf der Insel Eikaholmen, Norwegen, gewöhnlich aber in schuppig körnigen, auch in faserigen Aggregaten bei Slatoust im Ural, Villarica in Brasilien, an mehreren Orten in Nordamerika.

Der Beauzit, auch Bauxit und Wocheinit genannt, hat das Aussehen eines rothen Thones. Enthält viel Aluminiumhydroxyd. Wird zur Darstellung von Alaun und von Aluminium verwendet. Beaux bei Arles, Feistritz in der Wochein (Krain), im Vogelsgebirge etc.

#### Diaspor, Hawy.

Die zuweilen vorkommenden tafelförmigen Krystalle sind rhombisch. Winkel (110)  $50^\circ 6'$ , (011)  $61^\circ 18'$ . Spaltb. nach (010) sehr vollk., nach (110) wenig vollk., sehr spröde. H. = 6. Gewöhnlich bildet er blätterige Aggregate, ist farblos, blassgrün oder bläulich, oft äusserlich durch Eisenhydrat gelblichbraun gefärbt. Durchsichtig bis durchscheinend, die farbigen Exemplare bieten einen deutlichen Trichroismus. Auf der Spaltfläche zeigt sich öfter Perlmutterglanz, sonst Glasglanz. G. = 3.3 bis 3.5. A. E.  $\parallel$  010, positiv, a = c.

Chem. Zus.  $AlHO_2$  oder  $Al_2O_3 \cdot H_2O$ , entsprechend 85 Thonerde und 15 Wasser. Beim Erhitzen zerknistern manche Exemplare. Das Wasser entweicht erst beim Glühen. Der D. ist unschmelzbar, wird bei der Probe mit Kobaltsolution blau, durch Säuren ist er nur schwer angreifbar. Auf nassem Wege dargestellt von Friedel. Fundorte sind Kossobrod am Ural, Schemnitz in Ungarn, wo er, in einem steinmarkähnlichen Mineral (Dillnit) eingeschlossen, in farblosen Krystallen vorkommt; Campolongo im Tessin, wo er mit Korund im Dolomit gefunden wird; Greiner im Zillertal, wo er mit Cyanit, Naxos, wo er mit Smirgel verbunden ist; Unionville in Pennsylvanien, wo er von Margarit begleitet wird.

#### Korund.

Wegen seiner enormen Härte schon im Alterthume bekannt und als Schmuckstein, sowie zum Bearbeiten der weicheren Steine benützt. Die Bezeichnungen Smyris, Asteria, Sapphir sind uralt. Korund ist ein indischer Name. Die Krystalle sind meist lose oder eingeschlossen und zeigen rhomboëdrische Formen.

Bisweilen sieht man einfache Rhomboëder mit der Basis wie in Fig. 1, oder kurze Prismen, an welchen  $d = (0001) = 0R$ ,  $l = (11\bar{2}0) = \infty P2$ , auch  $r = \pi(10\bar{1}1) = R$  und  $n = (2\bar{2}43) = \frac{1}{3}P2$  auftreten, Fig. 5, häufig aber langsäulenförmige und spitzpyramidale Gestalten, an welchen  $m$ ,  $n$ ,  $e$  herrschen.  $e = (44\bar{8}3) = \frac{2}{3}P2$ ,  $m = (22\bar{4}1) = 4P2$ ,  $o = \pi(02\bar{2}1) = -2R$ . Rhomboëderwinkel =  $93^\circ 56'$ . Isomorphie mit Eisenglanz. (Ueber die Formen: Kokscharow, Klein, s. Jahrb. f. Min. 1871, pag. 487.)

Die Flächen des Deuteroprisma und der Deuteropyramiden sind horizontal gerieft oder im selben Sinne wellig gekrümmt. Oefter wird eine Zwillingbildung nach  $R$  bemerkt, indem Lamellen parallel zu diesen Flächen eingeschaltet erscheinen. Fig. 4. Dem entspricht auch die auf der Basis öfter vorkommende Riefung, welche diese Fläche in sechs Sektoren theilt; auch nach der Basis zeigt sich zuweilen wiederholte Zwillingbildung. Bisweilen ist auch eine isomorphe Schichtung zu bemerken, Fig. 6.



Eine Spaltb. ist nicht erkennbar, die schalige Absonderung nach  $r$  und auch nach  $d$  oft sehr deutlich. Der Bruch ist muscheliger bis splittrig.  $H. = 9$ . Selten ist der K. wasserhell und farblos, meist gefärbt, glasglänzend, auf  $d$  zeigt sich manchmal, besonders an geschliffenen Exemplaren, ein Asterismus (s. pag. 150), entsprechend der früher genannten Riefung. Die Doppelbrechung ist schwach,  $\omega = 1.768$ ,  $\varepsilon = 1.760$  für roth, der opt. Charakter demnach negativ. Dichroismus öfter deutlich. Die Krystalle sind häufig deutlich einaxig, manche aber ebenso deutlich zweiaxig. Der Axenwinkel ist oft grösser als  $10^\circ$ . Jene Krystalle mit den Sektoren auf der Endfläche verhalten sich im polaris. Lichte wie Drillinge zwei-axiger Individuen. Mallard betrachtet alle Korundkrystalle als mimetische. Die Individuen müssten dann monoklin sein. (Aut. Min. petr. Mitth., Bd. 1, pag. 362.)  $G. = 3.9$  bis  $4$ .

Fig. 1.

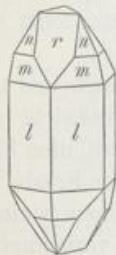


Fig. 2.

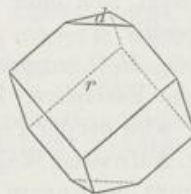


Fig. 3.



Fig. 4.

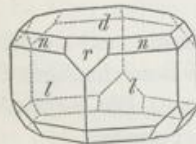
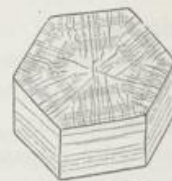


Fig. 5.



Fig. 6.



Die chem. Zus. ist  $Al_2O_3$ , also blos Thonerde, entsprechend 53 Aluminium und 47 Sauerstoff. V. d. L. ist der K. unschmelzbar, bei der Probe mit Kobaltlösung wird er blau, von Soda wird er gar nicht angegriffen, in der Boraxperle aber langsam aufgelöst. Durch Säuren wird er nicht gelöst, durch Schmelzen mit saurem schwefelsauren Kali aber aufgeschlossen.

Die künstliche Darstellung in Krystallen und mit Nachahmung der natürlichen Farben gelang Ebelmen, Deville u. A., doch waren die Krystalle immer nur von geringer Grösse. In letzter Zeit wurden aber von Frémy und Verneuil schleifbare Krystalle aus einer Schmelze durch Benützung von Fluoriden und kohlen-saurem Kali als Lösungsmittel erhalten.

Der Korund findet sich in Granit, Gneiss, Glimmerschiefer, Chloritschiefer, ferner auch in körnigem Kalkstein und Dolomit, bald in einzelnen Krystallen,

bald in derben Stücken oder körnigen Massen. Er zeigt mannigfache Verwachsungen mit anderen Mineralen, so mit Spinell, Fibrolith, Glimmer. Zuweilen finden sich nach Genth vollständige Pseudomorphosen, welche die Verwandlung von Korund in diese Minerale andeuten.

Die durchsichtigen Arten des Korunds werden im allgemeinen Sapphir genannt und, wofern sie schöne Farben zeigen, als Edelsteine sehr geschätzt. Die Juweliere unterscheiden die rothen als Rubin oder orientalischen Rubin, die gelben als orientalischen Topas, die violetten als orientalischen Amethyst. In dem blauen Sapphir ist das Pigment öfter ungleich vertheilt, und man bemerkt sodann blaue Körner in dem farblosen oder blassen Individuum. Die schönen Exemplare aller dieser Steine kommen von secundären Lagerstätten aus Indien, aus Ceylon. Der blaue Sapphir dieser Herkunft wurde von Werner Salamstein genannt. Ein merkwürdiges Vorkommen ist der blaue Sapphir in Körnern als fremder Einschluss in Basalten am Rhein u. a. O.

Die wenig durchsichtigen, verschiedentlich gefärbten, meist blauen, grünen, braunen Arten werden als Korund oder als Demantspath bezeichnet. Sie finden sich nicht nur lose, sondern auch häufig im Gestein in Indien, Ceylon, China; bei Miask im Ilmengebirge, auch sonst am Ural. Am Gotthard zeigt sich der K. im Dolomit. Ein bedeutendes Vorkommen ist jenes bei Chester in Massachusetts, wo er mit Magnetit eine Ader im Glimmerschiefer bildet, ferner in der Culsagee-Grube in Nord-Carolina, wo grosse, bis über 3 Ctr. schwere Krystalle gefunden wurden. Lit. Brown und Judd, Phil. transact. London. Bd. 187, pag. 151.

Der Smirgel ist körniger Korund von grauer, brauner, blauer Farbe, oft im Gemenge mit Magnetit und Hämatit. Sehr bekannt ist das Vorkommen auf Naxos (Autor in Tschermak's Min. und petr. Mitth., Bd. 14, pag. 311). In grosser Menge wird er am Gümüşdagh in Kleinasien, in kleinerer Quantität bei Chester in Massachusetts gefunden. Er dient so wie der Demantspath als ein vorzügliches Schleifmittel.

#### Quarzgruppe.

Die hierhergehörigen Minerale haben  $H. = 5.5$  bis  $7$ ,  $G. = 1.9$  bis  $2.6$ . Sie bestehen wesentlich aus Siliciumdioxid ( $SiO_2$ ), welches theils deutlich krystallisirt auftritt und in diesem Falle dimorph erscheint: Quarz und Tridymit, theils dicht als Chalcedon oder amorph als Opal vorkommt, in diesem Mineral mit Wasser verbunden.

#### Quarz.

Der Name diente den Bergleuten schon im Mittelalter zur Bezeichnung der auf Erzgängen vorkommenden Arten, wogegen im Alterthume der durchsichtige Quarz Krystall genannt wurde.

Die Form ist rhomboëdrisch, der trapezoëdrisch-tetartoëdrischen Abtheilung zugehörig. Die schwebend gebildeten Krystalle haben meist das Aussehen einer sechsseitigen Pyramide, Fig. 1. Die Form der trüben, sitzenden Krystalle mit dem Prisma  $a$  gleicht ebenfalls einer hexagonalen Combination, Fig. 2. An vielen Krystallen sind jedoch die Flächen des Rhomboëders  $p$  grösser als die des verwendeten Rhomboëders  $z$ , oder  $p$  herrscht allein, Fig. 3. Die durchsichtigen Krystalle lassen aber sehr häufig den tetartoëdrischen Charakter durch das Auftreten

auch  
elten  
sich  
(50),  
rach,  
smus  
enso  
den  
wei-  
Die  
162.)

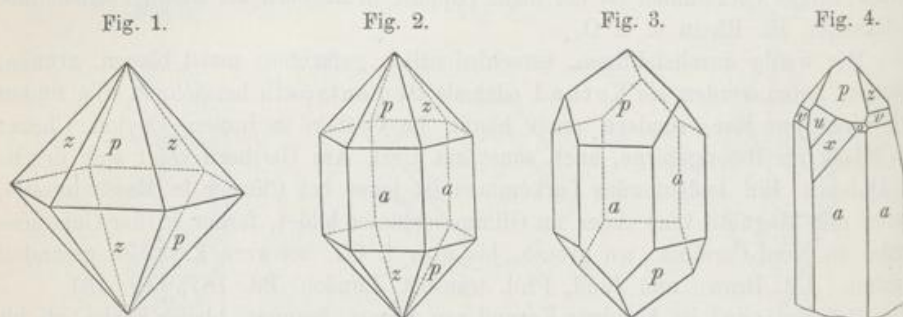
nium  
balt-  
perle  
mit

atür-  
mer  
neuil  
und

efer,  
llen,

der Flächen  $x$  und anderer skalenoëdrischer Flächen (Trapezflächen), ferner der Flächen  $s$  und anderer Trigonoëderflächen (Rhombenflächen) erkennen. Bisweilen findet sich auch das dreiseitige Prisma  $i$ , dessen Flächen die Lage  $\infty P2$  haben. Rhomboëder, welche steiler sind als  $p$  und  $z$ , kommen ziemlich häufig vor. Merkwürdig ist das Fehlen der Basis. Die bisher in dieser Lage gefundenen Flächen dürften sämtlich als Abformungen zu betrachten sein.

Das Prisma  $a$  ist horizontal gerieft oder in diesem Sinne wellig gekrümmt, die steilen Rhomboëder erscheinen oft als matte Flächen mit starker horizontaler Riefung,  $s$  ist bisweilen parallel der Kante  $ps$  fein gerieft. Die Flächen  $p$  und  $z$  sind öfter mit dreiseitigen Erhabenheiten besetzt. Manchmal sind  $p$  und  $z$  verschieden,  $p$  glänzend,  $z$  matt. Die Gestalt der Krystalle ist oft mannigfaltig verzerrt, und sie erscheint skelettartig oder wie zerfressen.



Häufiger vorkommende Flächen sind:<sup>1)</sup>

$p = (10\bar{1}1) = R$	$z = (01\bar{1}1) = -R$	$x = (51\bar{6}1) = +\frac{6P^{\frac{5}{6}}}{4}$
$o = (30\bar{3}1) = 3R$	$v = (07\bar{7}2) = -\frac{3}{2}R$	$x' = (6\bar{1}\bar{5}1) = -\frac{6P^{\frac{5}{6}}}{4}$
$t = (40\bar{4}1) = 4R$	$w = (07\bar{7}1) = -7R$	$u = (31\bar{4}1) = +\frac{4P^{\frac{4}{3}}}{4}$
$q = (50\bar{5}1) = 5R$	$l = (0, 11, \bar{1}1, 1) = -11R$	$u' = (4\bar{1}\bar{3}1) = -\frac{4P^{\frac{4}{3}}}{4}$
$a = (10\bar{1}0) = \infty R$	$s = (11\bar{2}1) = +\frac{2P2}{4}$	$d = (21\bar{3}1) = +\frac{3P^{\frac{3}{2}}}{4}$
$i = (11\bar{2}0) = \frac{\infty P2}{4}$	$s' = (2\bar{1}\bar{1}1) = +\frac{2P2}{4}$	$d' = (3\bar{1}\bar{2}1) = -\frac{3P^{\frac{3}{2}}}{4}$

Mittels der Flächen  $x$  und  $s$  unterscheidet man rechte und linke Krystalle. Die Fig. 4, 5 stellen linke, die Fig. 6, 8 rechte Krystalle dar. Ist  $s$  allein vorhanden, so entscheidet die Riefung, wie dies Fig. 9 angibt. Selten kommen an rechten Krystallen untergeordnet auch linke Flächen vor und umgekehrt, z. B.

<sup>1)</sup> Zur Bezeichnung dienen die Symbole der holoëdrischen Formen, welchen aber, namentlich jenen der eigentlich tetartoëdrischen, ein  $\rho$  o vorzusetzen wäre, z. B.:  $x = \rho \circ (51\bar{6}1)$ . In den Naumann'schen Symbolen wird für die letzteren Formen an dem Symbol der hexagonalen Form der Nenner 4 angebracht, rechts und links durch + und - unterschieden.

an einem rechten Krystall auch  $u'$ . Man urtheilt immer nach dem Vorkommen von  $x$  und  $s$ ; wenn diese Flächen nicht ausgebildet sind, entscheidet die Aetzung oder das optische Verhalten.

Der Rhomboëderwinkel des Quarzes beträgt  $85^\circ 45'$ . Einige charakteristische Winkel sind

$p : z$ herablaufende Kante	= $46^\circ 16'$	$x : a = 12^\circ 1'$
$p : z$ horizontale	> = $76 26$	$s : a = 37 58$
$p : a$	> = $38 13$	$s : p = 28 54$
$z : a$	> = $38 13$	$p : t = 27 5$

Fig. 5.

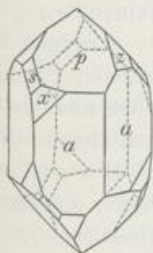


Fig. 6.

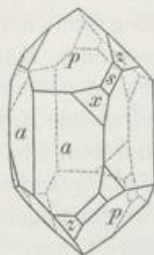


Fig. 7.



Fig. 8.



Fig. 10.

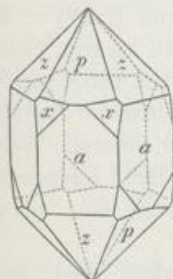


Fig. 9.

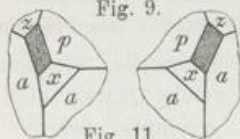


Fig. 12.

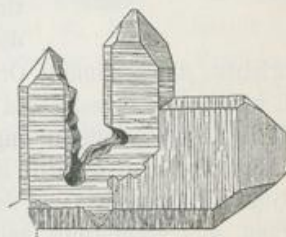


Fig. 11.



Obwohl die Krystalle gewöhnlich wie einfache aussehen, so sind doch die meisten aus mehreren Individuen zusammengesetzt. Man unterscheidet hier mehrerlei Bildungen.

1. Am häufigsten sind Individuen gleicher Drehung zwillingsartig nach dem Gesetze verwachsen, dass die Hauptaxe Zwillingsaxe ist, Fig. 7 und 8. Dieses Gesetz wird auch so ausgedrückt, dass eine Fläche  $\infty R$  die Zwillingsene. Auf pag. 89 sind die hierhergehörigen Durchdringungszwillinge beschrieben. Merkwürdigerweise sind aber die Individuen mit ihren Axen meistens nicht genau parallel gelagert, indem die Prismenflächen  $a$  der verschiedenen Individuen nicht zusammenfallen, sondern schwach ein- und ausspringende Winkel bilden, ebenso die Flächen  $p$  der einen und die Flächen  $z$  der anderen Individuen von einander um etwas abweichen, auch öfter ein verschiedenes Niveau haben.

$P\frac{5}{3}$   
 $\frac{1}{4}$   
 $P\frac{5}{3}$   
 $\frac{1}{4}$   
 $P\frac{4}{3}$   
 $\frac{1}{4}$   
 $P\frac{4}{3}$   
 $\frac{1}{4}$   
 $P\frac{3}{3}$   
 $\frac{1}{4}$   
 $P\frac{3}{3}$   
 $\frac{1}{4}$

alle.  
 vor-  
 an  
 B.  
 lich  
 den  
 orm

2. Individuen von entgegengesetzter Drehung bilden Ergänzungszwillinge. Selten sind derlei Bildungen so einfach wie in Fig. 10; gewöhnlich sind die hierhergehörigen Krystalle aus Lamellen von entgegengesetzter Drehung, welche abwechselnd gelagert sind, zusammengesetzt, Fig. 11. Dann zeigt sich, wie Descloizeaux und v. Rath beobachteten, öfter eine zarte Riefung parallel  $p$  auf dem Prisma, zuweilen auch auf den anderen Flächen.

3. Zwei Individuen sind an der Zwillingsebene  $P2$  verbunden, die Hauptaxen derselben weichen um  $84^{\circ} 33'$  von einander ab. Diese Zwillinge kommen nicht häufig vor, Fig. 12. Quarz von Traversella nach Websky.

4. Viele Individuen gleicher Drehung sind mit einander in der Richtung einer horizontalen Axe nahezu parallel verbunden. Die Hauptaxe jedes folgenden Individuums weicht gegen die des vorigen im selben Sinne um einen kleinen Betrag ab.

Fig. 13.



Fig. 14.



Die aneinander stossenden Flächen der einzelnen Individuen setzen sich zu grossen windschiefen Flächen zusammen. Rechtsdrehende Krystalle sehen aus, als ob sie rechts gewunden wären, Fig. 13, linksdrehende hingegen erscheinen links gewunden, Fig. 14. Derlei gewundene Krystalle kommen nicht selten unter den Bergkrystallen der Schweiz vor. Die Abweichung vom Parallelismus der Hauptaxen ist von derselben Art wie bei der unter 1 beschriebenen Verwachsung.<sup>1)</sup>

Die bisweilen vorkommende regelmässige Orientirung, welche Quarzkrystalle, die auf Kalkspath sitzen, diesem gegenüber zeigen, wurde von Eck,<sup>2)</sup> v. Rath beschrieben, die bestimmte Orientirung von Quarz und Feldspath im sog. Schriftgranit und den entsprechenden Drusen von Breithaupt (Jahrb. f. Min. 1839, pag. 89).

Die Krystalle führen ungemein häufig Einschlüsse, die entweder krystallisierte Minerale, wie: Chlorit, Epidot, Rutil, Eisenglanz etc., oder amorphe Körper, als: Glas-, Flüssigkeits- und Gaseinschlüsse sind, pag. 110, 111. Beim Kappenquarz bewirken schichtenförmig gelagerte Glimmerblättchen oder dergl. eine schalige Absonderung, pag. 107.

Eine regelmässige Spaltb. ist am Quarz nicht zu bemerken, doch finden sich manchmal Krystalle oder häufiger derbe Stücke, welche nach  $p$  ziemlich ebene Trennungsf lächen liefern. Der Bruch ist muschelrig, in den Aggregaten auch uneben bis splitterig, die  $H. = 7$ . Die künstlichen Aetzfiguren und natürliche

<sup>1)</sup> Wichtige Schriften über die Krystallisation des Quarzes sind folgende:

G. Rose's Arbeit in den Abhandlungen der Berliner Ak. 1844. Descloizeaux, Mémoire sur la cristallisation et la structure intérieure du Quartz. Memoiren der Pariser Ak. 1858. Sella. Studii sulla mineralogia sarda 1859. E. Weiss, Abh. d. naturf. Gesellsch. z. Halle, Bd. 5 (1860). Websky (Q. v. Striegau), Zeitschr. d. D. geol. Gesellsch., Bd. 17 (1865). Jahrb. für Min. 1871. v. Rath (Q. v. Palombaja), Zeitschr. d. D. geol. Gesellsch., Bd. 22 (1870). (Q. v. Zöptau), Zeitschr. f. Kryst., Bd. 5 (1880). Groth (Amethyst v. Brasil., ebendas., Bd. 1, pag. 297). Tschermak (Gewundene Bergkrystalle), Denkschr. d. Wiener Ak., Bd. 61, pag. 365. Molengraaff (künstl. und natürl. Aetzfig.), Zeitschr. f. Kryst., Bd. 14, pag. 173, Bd. 17, pag. 137.

<sup>2)</sup> Eck, Zeitschr. d. D. geol. Gesellsch., Bd. 18. v. Rath, Pogg. Ann., Bd. 155.

Aetzungsformen sind pag. 145, die entsprechenden Lichtfiguren pag. 150 angegeben.

Auf Krystall- und Bruchflächen herrscht Glasglanz, der auf den letzteren oft in Fettglanz übergeht. Die Färbung ist mannigfaltig, doch sind farblose und weisse Stücke gewöhnlich. Der Q. ist optisch einaxig, positiv mit schwacher Doppelbrechung,  $\omega = 1.5418$ ,  $\varepsilon = 1.5508$  für roth. Die Erscheinungen der Circularpolarisation wurden pag. 202 angeführt, jene der Pyro-Elektricität pag. 219. G. = 2.5 bis 2.8, für reinen Q. 2.653 nach Schaffgotsch.

Chem. Zus.:  $Si O_2$ , entsprechend 46.9 Silicium und 53.1 Sauerstoff. Durch Kalilauge nur schwierig auflöslich. Durch Säuren unauflöslich, ausgenommen durch Flussäure, v. d. L. uneschmelzbar, im Knallgasgebläse zur amorphen Masse von G. = 2.2 schmelzbar. Mit Soda schmilzt er unter Schäumen zu Glas zusammen.

Die künstliche Darstellung des Quarzes gelang Sénarmont durch Erhitzen von gelatinöser Kieselsäure mit Wasser unter hohem Drucke. Aehnliche Versuche wurden von Friedel und Sarasin sowie von Chrustschoff ausgeführt. Daubrée erhielt Quarz neben anderen Silicaten beim Zersetzen von Glas durch überhitzte Wasserdämpfe, Hautefeuille durch Schmelzprocesse, s. pag. 271. Die einzige bekannte chemische Veränderung des Quarzes bieten die Pseudomorphosen von Speckstein nach Quarz von Göpfersgrün dar.

Der Quarz ist das häufigste Mineral, da er nicht nur für sich als Quarzit, als Sand und Sandstein grosse Massen bildet, sondern auch in jenen primären und secundären Felsarten, welche die Hauptmasse der Erdrinde ausmachen, als wesentlicher Gemengtheil oder als Begleiter enthalten ist. Die Entstehung aus Lösungen lässt sich an den jüngsten Bildungen verfolgen, da in Braunkohlen, Muschelversteinerungen, im versteinerten Holze, ja auch auf antiken Bronzegegenständen Quarzkrystalle gefunden wurden. Bei Canterets (Oberpyrenäen) wurde die Bildung von Quarz aus dem Thermalwasser beobachtet.

Einige wichtige Arten sind im Folgenden angegeben:

Als Bergkrystall bezeichnet man die klaren durchsichtigen, sitzenden Krystalle, welche sich namentlich in den Alpen als Auskleidungen linsenförmiger oder unregelmässiger Hohlräume und Spalten in krystallinischen Schiefen finden. Sie werden im unwegsamen Hochgebirge oft mit Lebensgefahr von den »Strahlern« aufgesucht. Kleinere Exemplare bringen die Gletscher herab. Ein »Krystallkeller« am Zinkenstock im Berner Oberland lieferte im Jahre 1735 Krystalle von zusammen 1000 Ctr. Von der Insel Madagaskar kamen ehemals riesige Exemplare bis zu 8 Metern im Umfang. In älterer Zeit wurde der Bergkrystall häufiger als jetzt zu Gefässen und Luxusgegenständen verschliffen. Mit jenen, welche in Folge von Sprüngen das Irisiren zeigen, oder welche besonders geformte Einschlüsse führen, wurde früher oft Spielerei getrieben. Sehr reine Exemplare dienen für optische Zwecke, zu Normalgewichten etc.

Die rundum ausgebildeten schönen Krystalle, welche namentlich in Mergeln bisweilen vorkommen, werden gern mit Diamanten verglichen, z. B. die Marmorose Diamanten. Prachtvoll klare Bergkrystalle stecken zuweilen in Klüften des weissen Marmors von Carrara.

Die rauchbraunen Krystalle wurden als Rauchtöpas oder Rauchquarz, die schwarzen als Morion bezeichnet. Die Färbung rührt nach A. Forster von einer kohlenstoffhaltigen, in der Hitze flüchtigen Substanz her. Die Krystalle werden daher durch Glühen farblos und können sodann als Bergkrystall verwendet werden. Die grössten Rauchquarze wurden 1868 am Tiefengletscher im Canton Uri gefunden. Gelber Bergkrystall heisst Citrin, doch ist das, was man so nennt, meistens ein gebrannter Amethyst.

Amethyst ist ein alter Name für violblaue durchsichtige Stücke, welche bei reiner Färbung als Schmucksteine benutzt werden. Die Krystalle, welche als Auskleidung hohler Achatkugeln, ferner auch auf Gängen vorkommen, tragen häufig die Comb.  $R.\infty R$ , wie Fig. 3. Bei der optischen Prüfung zeigen sie sich aus Lamellen und Theilen, welche abwechselnd rechts- und linksdrehend sind, zusammengesetzt, Fig. 11. An Stellen, wo beiderlei Quarz gemischt ist, verschwindet die Drehung, und es zeigt sich im convergenten Lichte das schwarze Kreuz ungestört, wo rechts- und linksdrehende Schichten übereinander liegen, erblickt man Airy'sche Spiralen. Die Durchkreuzung der Lamellen veranlasst bisweilen in grösseren Krystallen eine stengelige Textur. Selten sieht man deutliche Ergänzungszwillinge, Fig. 10 und 11. Die Farbe ist oft ungleichmässig vertheilt, manchmal wechseln farblose und gefärbte Lamellen. Die stärker gefärbten Theile sind optisch zweiachsig. Schöne violette Stücke kommen aus Brasilien und Ceylon, grosse, oft skelettartige oder scepterförmige Krystalle aus dem Zillerthal, Drusen kleinerer Krystalle von Schemnitz. Wenn der Amethyst geglüht wird, verliert er bei  $250^{\circ}$  die violette Farbe und wird gelblich; damit ist auch jene Zweiachsigkeit verschwunden. Die Färbung und optische Anomalie beruht also hier auf einem leicht zerstörbaren Stoffe. Viele Amethyste bieten einen Wechsel von durchsichtigen und von weissen trüben Schichten. Dieselben optischen Charaktere, welche an den violetten wahrgenommen werden, zeigen sich auch an manchen gelblichen, grünlichen, farblosen und nelkenbraunen Krystallen, daher man solche auch zum Amethyst rechnet. (Lit. Böcklen, Jahrb. f. Min. 1883. I. 62.)

Die Gangquarze sind nicht gleichartig, sondern man kann jene der sulfidischen Erzgänge, welche sich an den Amethyst anschliessen, von denen der Zinnerzformation, die oft rauchgrau und stellenweise getrübt sind, ferner jene auf Carbonatgängen, welche sich dem Bergkrystalle nähern, endlich den gemeinen krystallisirten Quarz, der gewöhnlich ganz trübe Krystalle zeigt und auf tauben Gängen und Klüften vorkommt, sowie noch mehrere andere unterscheiden. Pseudomorphosen sind eine ziemlich häufige Erscheinung, und zwar vor Allem die Verdrängungen von Kalkspath, Fluorit, Baryt. Dadurch und durch das ganze Auftreten sind alle die genannten Vorkommen des Quarzes und was damit zusammenhängt als Bildungen aus wässriger Lösung charakterisirt. Dem entspricht auch das häufige Vorkommen zerbrochener Krystalle, an denen die Bruchflächen durch Ansatz neuer Substanz ausgeheilt oder drusig geworden sind.

Von dem derben Quarz werden ausser dem gewöhnlichen körnigen Vorkommen auch noch einige durch die Textur ausgezeichnete Arten unterschieden. Z. B.:

Faserquarz, parallelfaserige bis stengelige Platten, welche ihr Gefüge von Fasergyps, Faserkalk etc. ererbt haben, wie der Faserquarz von Wettin bei Halle.

Zellquarz, zellig, oft mit deutlichen Abformungen von Zellenkalk, Kalkspath, Ankerit, Baryt etc., nicht selten wie zerhackt aussehend. Beispiele liefern viele Quarze aus den krystallinischen Schiefern der Alpen.

Sternquarz, radialstengelig, wie jener von Starckenbach in Böhmen.

Ausserdem werden durch Farbe oder durch Einschlüsse charakterisirte Varietäten unterschieden, wie der Milchquarz, der Rosenquarz. Der lauchgrüne Prasem von Breitenbrunn enthält Strahlstein-, das grünlichgraue bis braune Katzenauge aus Ostindien, von Hof etc. parallel gelagerte Amiantfasern.

Der gelbe, rothe oder braune Avanturin vom Altai etc. enthält Glimmerschüppchen oder zeigt feine Risse, der blaue Sapphirquarz von Golling soll Fasern von Krokydolith einschliessen. Gelbe oder rothe Quarze, welche durch Brauneisenerz oder Rotheisenerz gefärbt sind, werden Eisenkiesel genannt, z. B. jene von Eibenstock, Johanngeorgenstadt. Der graue bis braune Stinkquarz von Osterode etc. entwickelt beim Reiben oder Schlagen einen Geruch in Folge eines Bitumengehaltes. Beide letztere Varietäten sind öfter auch krystallisirt.

Der in den Felsarten in grosser Menge auftretende Quarz begreift eine Anzahl von Arten in sich, von welchen einige besonders wichtig sind.

Der Porphyrrquarz bildet schwebende Krystalle von der Form  $R$ . —  $R$  (Fig. 1) von matter Oberfläche und meist grauer Farbe im Quarzporphyr, Granitporphyr etc. Oft finden sich auch Bruchstücke solcher Krystalle, namentlich im Porphyrtuff.

Der Granitquarz stellt eingesprengte Körner dar, welche meist grau und ziemlich durchsichtig sind und einen wesentlichen Gemengtheil vieler Granite und Gneisse ausmachen.

Der Lagenquarz erscheint in kleinkörnigen Lagen in manchem Gneisse, im Glimmerschiefer. Für sich bildet derselbe den schiefrigen oder plattigen Quarzit.

Der Trümerquarz von körniger, oft sehr grobkörniger Textur bildet Trümer in den Kieselgesteinen, besonders in den krystallinischen Schiefern. Zuweilen treten aber im Bereiche der letzteren weithin gestreckte Gänge auf als körniger Quarzit. Im bairischen und böhmischen Walde sind solche Gänge zahlreich. Der Quarzgang von Beudel bei Tirschenreuth setzt senkrecht auf und dehnt sich sieben Stunden weit fort durch Granit, Gneiss und Hornblendefels. Entblösste Quarzgänge ragen oft wie Mauern empor, z. B. in Arizona der goldführende Mossgang, welcher bis 100 Fuss hohe Mauern bildet.

Die letzteren, stark verbreiteten Arten erscheinen auch auf secundärer Stätte in der Form von Geröllen und Geschieben, von Sand, ferner als grobes oder feines Pulver in den thonigen Ablagerungen und dementsprechend in Conglomeraten, Sandsteinen und Thonschiefern.

In derlei Felsarten, ferner in zersetztem primären Gestein findet sich der Quarz oft als Imprägnation, so dass zersetzter Granit oder Theile von Thonschiefer-Ablagerungen verkieselt, Sandsteine zu Quarzit umgewandelt erscheinen u. s. w., s. pag. 283 u. 313.



Zu erwähnen ist auch noch der geschmolzene Quarz, das Kieselglas, welches im Bindemittel der Blitzröhren (Wichmann, Zeitschr. d. geol. Gesellsch. 1883, pag. 849) und auch in den glasigen kieselreichen Gesteinen wie im Obsidian als vorhanden anzunehmen ist.

Zum Quarze werden endlich noch einige dichte Arten gezählt, welche den Uebergang zur folgenden Gattung bilden:

Hornstein, von gelber, rother, brauner, grauer Farbe, muscheligen bis splittrigem Bruche, auf den Bruchflächen schwach glänzend bis matt. Auf Gängen bildet er öfter Pseudomorphosen, unter denen wiederum jene nach Kalkspath, Flusspath, Baryt die häufigsten sind, z. B. bei Freiberg, Schneeberg in Sachsen. Auch als Versteinerungsmaterial findet er sich nicht selten, bald in der Form von Thierresten, bald als Holzstein mit Pflanzentextur. Der Hornstein kommt aber auch trümerartig, ferner in Lagen zwischen sedimentärem Gestein, besonders zwischen Mergelschichten, vor und enthält dann oft Beimengungen von Thon.

Unter Jaspis versteht man Hornsteine von starker Eisenfärbung: roth, braun, gelb; auch kugelige Bildungen, wie solche in der Lybischen Wüste, im Nilbette etc. häufig gefunden werden und eigentlich schon zum Chalcedon zu stellen sind.

Der Quarz ist ein ungemein wichtiges und nützlich Mineral, da er nicht nur in den meisten Gegenden als Bestandtheil der Ackerkrume hauptsächlich das Bodenskelett ausmacht und als Sand bei der Wasserführung des Bodens eine Hauptrolle spielt, sondern auch als Sandstein einen wichtigen Schleif- und Baustein darbietet, in der Form von Sand zu Mörtel verarbeitet, ferner als Formsand, Streusand, als Schleif- und Scheuermaterial benutzt wird. Die reineren Quarzarten dienen auch zur Glasfabrication, zur Darstellung des Wasserglases etc.

Lussatit wurde eine milchfarbene Umhüllung von Quarzkrystallen von der chem. Zus. der letzteren genannt, Quarzin ein opt. positiv zweiachsiges Mineral, die erste Mittellinie parallel der Faserung, Luteit ein dem vorigen opt. ähnliches mit complicirt zusammengesetzten Krystallen, welche wie flache hexagonale Pyramiden aussehen.

#### Chalcedon, *Agricola*.

Freie Bildungen haben traubige, nierförmige Oberfläche, oder auch stalaktitische Formen. Im Bruche sind sie dicht, wachsähnlich und besitzen oft eine wenig merkliche Faserung senkrecht zur Oberfläche. Oefter lässt sich eine schalige Zusammensetzung parallel der Oberfläche bemerken. Die Fasern sind opt. schwach zweiachsig positiv, die zweite Mittellinie ist parallel deren Längsrichtung. Das negative Verhalten in den zur Faserung senkrechten Schnitten lässt die Verschiedenheit von Quarz erkennen.  $n = 1.537$  für roth.

Der Bruch des Ch. ist eben bis splittrig.  $H. = 7$ . Glatte Flächen sind glasglänzend bis fettglänzend, Bruchflächen schimmernd. Auch die farblosen Stücke sind etwas trübe, die weissen vollständig trübe, im Uebrigen zeigt das Mineral verschiedene graue, braune, gelbe, rothe, grüne und blaue Farben.  $G. = 2.59$  bis  $2.64$ , also etwas geringer wie beim Quarz.

Chem. Zus.:  $SiO_2$ , wie beim Quarz, auch ist das Verhalten wie bei diesem, doch wird der Ch. durch Kalilauge stark angegriffen, der dichtere mehr als der faserige.

Der durchscheinende Ch. bildet öfter Pseudomorphosen, von welchen wieder jene nach Kalkspath und Flusspath die häufigsten sind. Der blaue drusenartige Ch. von Trestyan in Siebenbürgen wird von Descloizeaux, Behrens und E. Geinitz auch für eine Pseudomorphose, und zwar nach Fluorit gehalten, da Platten desselben ein zum Theil krystallinisches Gemenge erkennen lassen. Die schönen Pseudomorphosen nach Datolith erhielten den Namen Haytorit.

Nach der Farbe unterscheidet man Carneol (gelblichroth), Sarder (braun, im durchfall. Lichte blutroth), Chrysopras (apfelgrün), Plasma (lauchgrün bis berggrün), Heliotrop (ebenso, mit rothen Punkten).

Der trübe Ch. oder Kascholong ist häufig compact, bisweilen ziemlich locker.

Der Achat bildet meistens deutlich geschichtete Auskleidungen von runden Hohlräumen oder Füllungen derselben; die Schichten sind oft von verschiedener Farbe oder stellen einen Wechsel von durchscheinendem Chalcedon und von Kascholong dar. Im Inneren zeigt sich öfter eine Hohlkruse von Quarz oder eine Ansiedelung von Calcit, von Zeolithen etc. Bisweilen sind Bruchstücke von Achat wieder verkittet (Trümmerachat). Im Uebrigen unterscheidet man nach der Zeichnung Bandachat, Wolken-, Festungs-, Korallen-, Punktachat. Einschlüsse, namentlich von Chlorit, veranlassen das Aussehen des Moosachates. Schöne Achate kommen aus Brasilien, Uruguay, früher wurden auch bei Oberstein und Vicenza, ferner in Sachsen, Ungarn, Siebenbürgen gute Exemplare gefunden.

Chalcedon kommt in reinen Stücken aus Island und von den Faröern, farbige finden sich an vielen Orten. Die verschiedenen Arten von Chalcedon bilden ziemlich dicke Auskleidungen von Hohlräumen, öfter vollständige Geoden in Eruptivgesteinen, auch Füllungen von Klüften in Silicatgesteinen. Sie sind als Producte der Zersetzung dieser Felsarten anzusehen. Eine durchscheinende Chalcedongeode mit Wasserinhalt wird Enhydros genannt. Schöne Stücke liefert Uruguay.

Der Feuerstein oder Flint, von gelblicher bis brauner und rother Farbe, kommt in knollenförmigen Stücken oder in Platten, auch Lagern, besonders in der Kreide auf den Inseln Rügen und Mön, in Jütland, England etc. vor und bildet auch öfter Versteinerungen von Meeresthierresten. Er führt oft Panzer von Diatomeen, lässt oft eine Beimischung von kohlen saurem Kalk, immer aber von organischer Substanz und von Wasser erkennen. Er enthält demnach etwas Opalsubstanz. Diese Umstände deuten darauf, dass er aus Ueberresten von kieselabsondernden Meeresthieren gebildet ist. Die Rinde ist oft weiss und locker. Als ein Feuersteinconglomerat erscheint der Puddingstein aus England. Die Knollen in demselben sollen von Spongien herrühren. Eine von Organismenresten abzuleitende Bildung dürfte auch der Kieselschiefer sein, der als dickschieferige Ablagerung auftritt und bisweilen durch Kohle dunkel gefärbt ist. In demselben wurden Radiolarienreste beobachtet. Dazu wird auch der Lydit gerechnet, welchen man als Probirstein benutzt.

Von den Varietäten des Chalcedons dienen alle schönfarbigen, und zwar sowohl die gleichartigen, wie der Carneol, Chrysopras, als auch die gebänderten, namentlich die Achate, als billige Schmucksteine. Man rechnet sie zu den Halbedelsteinen. Die Achate werden meistens gefärbt, da der durchscheinende Chalcedon

in Folge einer eigenthümlichen Porosität die Eigenschaft besitzt, von Lösungen allmählig durchdrungen zu werden. Die im ursprünglichen Zustande am wenigsten einladend aussehenden Stücke geben oft die schönsten Producte. Gelingt es, eine Schichte schwarz oder roth zu färben, auf welche eine trübe weisse folgt, so hat man einen Onyx oder Sardonyx, welche namentlich für Gemmen oder Cameen geeignet sind. Der Achat liefert ferner ein ausgezeichnetes Material für Reibschalen, Reibsteine, Glättsteine. Die Verwendung des Feuersteines zum Feueranschlagen und in der Glasfabrication hat sehr abgenommen.

#### Tridymit, *G. vom Rath.*

Die kleinen Krystalle tragen Formen, welche von dem Entdecker des Minerals, v. Rath, als hexagonale bestimmt wurden.  $c$  ist Basis,  $a$  wurde als Prisma betrachtet, ausserdem kommen Abstumpfungen der Kanten dieser Combination vor, von welchen eine  $p$  als  $(10\bar{1}1) = P$  genommen wurde, eine andere  $b$  die Lage  $(11\bar{2}0) = \infty P2$  hat. Der Winkel  $(1011)$  ist  $55^{\circ} 18'$ .

Sehr häufig sind Zwillingbildungen von zwei oder mehreren Individuen nach Flächen der Pyramide  $(10\bar{1}6) = \frac{1}{3}P$ , Fig. 2 und 3. Drillinge nach diesem Gesetze sind an manchen Fundorten gewöhnlich, daher der Name (*τριδομοι*, Drillinge). Andere Zwillingbildungen haben  $(30\bar{3}4) = \frac{2}{3}P$  als Zwillingsebene. Die Wiederholung solcher Verwachsungen liefert oft kugelige Gruppen. Eine schalige Zusammensetzung nach  $c$  ist öfter zu bemerken. Nach Mallard ist die Form eine mimetische, und die Grundform ist rhombisch, optisch zweiachsig.  $H. = 6.5$ , durchsichtig und farblos oder trübe weiss, gelblich, grau. Durch Erhitzen werden die Individuen optisch einachsig.  $G. = 2.282$  bis  $2.326$ , also geringer als das des Quarzes.

Fig. 1.

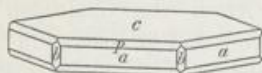


Fig. 2.

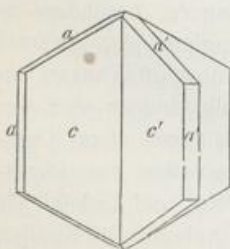


Fig. 3.



Chem. Zus.:  $SiO_2$ , wie Quarz, jedoch öfter mit Beimengungen aus dem umgebenden Gestein. Durch heisse Sodalösungen wird der T. aufgelöst, im Uebrigen verhält er sich wie Quarz. Die künstliche Darstellung des T. erfolgt nach G. Rose durch Zusammenschmelzen von Quarz, amorpher Kieselerde oder von Silicaten mit Phosphorsalz.

In sitzenden Krystallbildungen wurde das Mineral durch v. Rath in dem trachytischen Gestein des Berges San Cristobal bei Pachuca in Mexico entdeckt, seither aber in mehreren anderen Felsarten der Trachytgruppe, auch der Porphyry- und Basaltgruppe gefunden. Beispiele sind die Trachyte vom Drachenfels und vom Mont Dore, der Augitandesit des Gutiner Berges, der Porphyrit von Waldböckelheim. Die tafelförmigen Krystalle im Trachytgestein der Euganeen sind nach Mallard in Quarz verwandelt. Als Beimischung in Opalen fand G. Rose den

Tridymit in mikroskopisch-kleinen Kryställchen. Diese werden durch Kalilauge, welche den Opal auflöst, blossgelegt.

Im Gestein eingeschlossen erscheint das Mineral in dachziegelartig geschuppten Blättchen in vielen Trachyten und Andesiten. Aber auch im Porphyrit und in dem Meteoriten von Rittersgrün wurden Körner gefunden.

Dem Tridymit steht der Cristobalit nahe. Weisse mimetische Oktaëder, aus neg. opt. einaxigen Theilen bestehend. San Cristobal, Mayen in Rheinpreussen.

### Opal, *Plinius*.

Der Typus der amorphen Steine. Freie Bildungen haben traubige, nierförmige Oberflächen, auch stalaktitische und knollige Formen. Gewöhnlich ist der O. derb, eingesprengt.  $H. = 5.5 \dots 6.5$ . Bruch muschelrig bis uneben. Glasglanz, Fettglanz, selten Perlmutterglanz. Wasserhell bis vollständig trübe, oft und verschieden gefärbt.  $n = 1.45$ , jedoch etwas schwankend.  $G. = 1.9$  bis  $2.3$ . — Chem. Zus. variabel:  $SiO_2$  und  $H_2O$  in schwankendem Verhältnisse. Der Wassergehalt beträgt gewöhnlich 3 bis 13 Percent. Es soll aber auch wasserfreien O. geben. Man hält die Opale für Mischungen von amorpher Kieselerde mit Siliciumhydroxyden. Erhitzt geben sie Wasser und schmelzen nicht. V. d. L. verknistern die meisten. Durch heisse Kalilauge werden sie fast gänzlich aufgelöst. Im Uebrigen verhalten sie sich wie Quarz. Die künstliche Darstellung gelingt durch allmähliges Eintrocknen einer vorsichtig bereiteten Kieselgallerte.

Man kennt mehrere Arten, entsprechend der verschiedenen Bildungsweise:

Freie Sinterbildungen:

Kieselsinter oder Geysirit. Als Absatz heisser Quellen in Island, im oberen Yellowstone-Gebiete in Nordamerika, auf Neuseeland etc. erzeugen sich traubige, nierförmige, warzige Krusten, die unregelmässig geschichtet sind, ferner auch stalaktitische Massen von weisser, gelblicher, röthlicher, auch grauer Farbe, welche durchscheinend bis trüb, wenig glänzend bis matt sind.

Sinterbildungen in Klüften:

Hierher gehört der Hyalit, welcher farblose, glashelle, traubige Häufchen oder Ueberzüge darstellt. Er zeigt oft energische Doppelbrechung, welche auf die bei der Entstehung durch Eintrocknen auftretende Spannung (pag. 209) zurückgeführt wird. Kleine Halbkugeln geben im polaris. Lichte ein schönes schwarzes Kreuz mit negativem Charakter.  $G. = 2.15 \dots 2.18$ . Wassergehalt meist 3 Percent. Bekanntere Vorkommen sind jene auf Klüften des Basaltes von Walsch in Böhmen, von Schemnitz.

Der Kascholongopal, traubig, nierförmig, trübe, weiss oder gelblich, von Island, den Faröern, von Hüttenberg etc. ist eine dem Kascholongquarz entsprechende Art.

Ausscheidungen, derb, eingesprengt oder in Trümmern in zersetzten Eruptivgesteinen:

Der Edelopal, welcher bei Czerwenitza in Ungarn, in Mexico, Neuseeland, Uruguay gefunden wird, hat öfter ein prächtiges Farbenspiel, pag. 165. Er zeigt viele feine Sprünge und schwache Doppelbrechung. Der schöne ungarische Edelopal ist ein ungemein geschätzter Edelstein und gegenwärtig in der Mode.

ngen  
gsten  
eine  
hat  
neen  
Reib-  
euer-

erals,  
isma  
vor,  
Lage

duen  
esem

Dril-

Die

alige

be-

eine

hom-

rech-

gelb-

die

282

des

doch

nge-

ngen

hält

Dar-

urch

pher

'hos-

dem

eckt,

hyr-

und

fald-

sind

den

Schon die Alten kannten solche Steine, die aus Indien gebracht wurden. Den haselnussgrossen Edelopal des Nonius schätzte man sehr hoch, nach heutiger Rechnung auf mehr als 2 Millionen Mark.

Der Feueropal von Zimapan in Mexico, Telkibánya etc. ist durchsichtig, von hyacinthrother bis weingelber Farbe.

Der gemeine Opal ist durchsichtig bis trübe; bei zarter Trübung im auffallenden Lichte blau, im durchgehenden röthlichgelb, sonst aber auch weiss, gelb, grün, roth, braun. Schöne Exemplare kommen von Tokaj, Telkibánya, Kosemüntz. Derlei Stücke werden öfter als Halbedelsteine verschliffen.

Der Hydrophan ist trübe, wird aber durch Einlegen in Wasser durchscheinend, bisweilen sogar farbenspielend.

Alle diese Sinterbildungen in Klüften und die Ausscheidungen sind Zeretzungsproducte von Silicatgesteinen. Durch Imprägnation bilden sich Gemenge.

Zu diesen gehört der meiste Halbopal, trüb, fettglänzend, von weisser, grauer, auch gelber, rother und brauner Farbe, der Jaspopal oder Opaljaspis, welcher durch einen starken Eisengehalt roth oder braun gefärbt erscheint.

Secundäre Formen zeigen die zuweilen im Gestein vorkommenden Pseudomorphosen, z. B. jene nach Feldspath, ferner der Holzopal, welcher durch die feine Holztextur leicht als eine Versteinerung zu erkennen ist. Die Farbe des letzteren ist mannigfaltig.

Als eine Concretionsbildung erscheint der Menilit oder Knollenopal, grau, leberbraun, kastanienbraun, wenig glänzend, undurchsichtig, in Knollen oder geringen Schichten, in Mergeln und Schieferthon vorkommend. Menilmontant bei Paris, Weisskirchen in Mähren etc.

Aus Incrustationen von Algen und anderen Pflanzen besteht der Kiesel-tuff, der in der Nähe von heissen Quellen auf Irland und im Yellowstone-Gebiete Nordamerikas vorkommt, aus Resten von Organismen die lockere erdige Kieselguhr, ferner der Tripel, weiss oder gelblich, matt, und der entsprechende Polirschiefer, welche alle als Anhäufungen von Kieselpanzern verschiedener Diatomeen erkannt werden.

Der Tripel und Polirschiefer dienen als Polirmaterial, die Kieselguhr oder Diatomeenerde wird seit neuerer Zeit als Beimischung bei der Fabrication des Dynamits verwendet, besonders die Kieselguhr von Oberlohe in Hannover.

Der Forcherit ist ein durch Schwefelarsen gelb gefärbter Opal. Der Melanophlogit von Girgenti, welcher kleine doppeltbrechende Würfel bildet, enthält vorzugsweise Kieselerde und Wasser, aber auch eine kleine Menge Schwefel.

### 3. Ordnung: Stilboxyde.

Diese zeigen auf glatten Flächen Diamantglanz bis Glasglanz, haben weissen oder gefärbten Strich, sind in der Hitze nicht flüchtig. G. über 4. Die Härte steigt bis 7.5.

Zirkon,	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	tetragonal	1:0.6404	Baddeleyit,	ZrO <sub>2</sub> monoklin	0.9768:1:1.0475
Rutil,	TiO <sub>2</sub>	"	0.6440	Zinkit,	ZnO hexagonal	1:1.6219
Zinnstein,	SnO <sub>2</sub>	"	0.6723	Bunsenit,	NiO tesseral, Johanngeorgenstadt	
Plattnerit,	PbO <sub>2</sub>	"	0.6764	Manganosit,	MnO " Nordmark.	
Anatas,	TiO <sub>2</sub>	"	1.7844	Pyrochroit,	MnH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> rhomboëdrisch	1:1.400
Brookit,	TiO <sub>2</sub>	rhombisch	0.5941:1:1.1222	Cuprit,	Cu <sub>2</sub> O tesseral.	

[β = 81° 20' Rakwana, Ceylon

p =  
oft a  
Zwil  
öfter  
H. =  
Laac  
wird  
Redu  
glan  
4:4

V. d  
Ana

geor  
begl  
der  
in

17 (

im S  
des  
und  
in

über  
klei  
däre  
Kry  
im  
Var  
als

Mine  
mit  
Kies  
dem

s =  
Pyr  
und  
fläc  
mei  
den

**Zirkon.**

Tetragonale, meist schwebend gebildete Krystalle, an welchen die Pyramide  $p = (111)$ , das Prisma  $m = (110)$ , sowie das verwendete  $a = (100)$  auftreten, oft auch noch andere Flächen, wie  $v = (221)$ ,  $u = (331)$ ,  $x = (311)$  hinzukommen. Zwillinge nach 101. Winkel  $(111)$  ist  $95^\circ 40'$ . Rundliche Körner werden auch öfter gefunden. — Spaltb. nach  $(111)$  und  $(110)$  unvollk. Bruch muschelrig.  $H. = 7.5$ . Selten wasserhell und farblos, wie die Krystalle von Pfitsch oder vom Laachersee, meist gefärbt, braun, roth, aber auch gelb, grün, grau. Die Farbe wird nach den Angaben von Spezia durch Glühen in der Oxydations- oder Reductionsflamme verändert. Die Krystallflächen zeigen Diamant- bis Glanz, diese und Bruchflächen auch Fettglanz. Doppelbrechung positiv.  $G. = 4.4$  bis  $4.7$ .

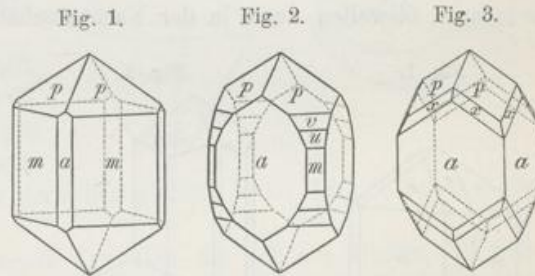
Chem. Zus.:  $ZrO_2 \cdot SiO_2$ , öfter mit Beimischung von wenig Eisenoxyd. V. d. L. unschmelzbar, durch heisse Schwefelsäure schwer zersetzbar. Bei der Analyse dieses Minerals wurde von Klapproth die Zirkonerde entdeckt.

Der Z. kommt gewöhnlich in rundum ausgebildeten Krystallen als untergeordneter oder zufälliger Gemengtheil in Silicatgesteinen, bisweilen auch im begleitenden körnigen Kalk vor, der braune häufig im Syenit in Norwegen, wo man bis 17 Cm. lange Krystalle fand, im Syenit von Miask, im Basalt des Siebengebirges, ferner hier und da im Granit, Porphyr und in krystallinischen Schiefen, überall häufig in mikroskopisch kleinen Krystallen. Auf secundärer Lagerstätte im Sand, in Krystallen und Geschieben mit Spinell, Korund auf Ceylon, mit anderen Mineralen im Riesengebirge, an der tyrrhenischen Küste etc. Die orangegelben und rothen Var. werden auch Hyacinth genannt. Diese und schönfarbige überhaupt finden als Edelsteine Verwendung.

Der Auerbachit ist dem Zirkon ähnlich, der Malakon und Cyrtolith sind veränderte Minerale, welche durch Aufnahme von Wasser aus Zirkon gebildet wurden. Der Thorit, isomorph mit Zirkon, und der Orangit sind verwandte Minerale, welche wesentlich Thorerde  $ThO_2$ , Kieselerde und Wasser enthalten, letzteres ist secundär. Brewig. Der Oerstedtit, ebenfalls mit dem Zirkon isomorph, besteht zumeist aus  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$  und  $SiO_2$ .

**Rutil, Werner.**

Tetragonale, meist säulenförmige Krystalle, an welchen oft die Combination  $s = (111)$ ,  $m = (110)$ ,  $a = (100)$ , auftritt, häufig aber auch die verwendete Pyramide  $e = (101)$  und achtseitige Prismen ausgebildet sind, z. B.  $(210)$  und  $(320)$ , wie in beistehenden Figuren. Winkel  $(111) = 95^\circ 20'$ . Die Prismenflächen sind gewöhnlich der Länge nach gerieft. Zwillingbildungen sind ungewein häufig, meistens ist 101 Zwillingsebene, und die Individuen weichen mit den Hauptaxen um  $65^\circ 35'$  von einander ab. Wenzwillinge mit drei bis zu



Den  
tiger  
htig,  
im  
eiss,  
lose-  
rch-  
Zer-  
nge-  
sser,  
pis,  
udo-  
die  
des  
pal,  
llen  
tant  
sel-  
jete  
sel-  
nde  
ner  
yder  
des  
ygit  
und  
ssen  
ärte  
ylon  
0475  
6219  
stadt  
400

rings geschlossenen mit sechs Individuen kommen öfter vor, ebenso Wiederholungszwillinge und netzartige Bildungen. Die radförmigen Zwillinge mit acht Individuen von Graves Mount und Magnet Cove gehorchen, wie G. Rose und v. Rath zeigten, demselben Gesetze.

Spaltb. nach (110) und (100) vollk., nach (111) unvollk. Bruch muschelrig bis uneben. H. = 6. .6.5. Farbe braun und roth: hyacinthroth, blutroth, auch gelb und gelblichbraun, Strich gelblichbraun, auf glatten Flächen metallartiger Diamantglanz. Durchsichtigkeit meist gering, positive Doppelbrechung. G. = 4.2 bis 4.3.

Chem. Zus.:  $TiO_2$ , entsprechend 60 Titan, 40 Sauerstoff, jedoch ist fast immer auch etwas Eisenoxyd vorhanden. V. d. L. ist der R. unschmelzbar, durch Säuren wird er nicht angegriffen. In der Schmelze mit Phosphorsalz erhält man die Titanreaction. Die künstliche Darstellung des R. ist mehrfach gelungen, mit dem meisten Erfolge bei den Versuchen Hautefeuille's, pag. 269. Derselbe zeigte, dass je nach der Temperatur entweder Rutil oder Anatas oder Brookit erhalten werden kann, wodurch die Trimorphie des Titandioxydes bestätigt wurde.

Der R. bildet öfter sitzende Krystalle, nicht selten als feine Nadeln, auf Klüften der krystallinischen Schiefer, auch im Granit neben Quarz, Feldspath, Eisenglanz, bisweilen auch in der Nachbarschaft von Brookit oder Anatas. Oft

Fig. 1.

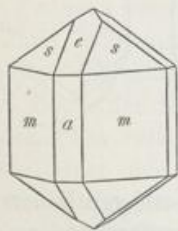


Fig. 2.

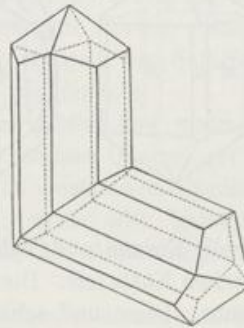
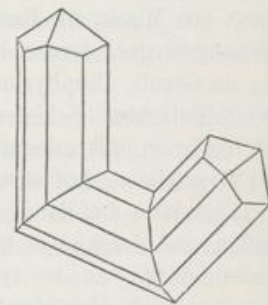


Fig. 3.



werden die Nadeln von Bergkrystall eingeschlossen. Bemerkenswerth ist die zuweilen vorkommende regelmässige Verwachsung von Rutil mit Eisenglanz, die seltenere mit Magnetit. Feine blondgelbe Netze von Rutil wurden Sagenit, die schwarzen eisenreichen Krystalle und Körner wurden Nigrin, jene von Miask Ilmenorutil genannt. Grosse schöne Krystalle von R. kommen von Graves Mount in Georgia, wo sie zwischen Disthen und Pyrophyllit gefunden werden.

Stark verbreitet ist der R. in Krystallen, auch eingesprengt in herzförmigen Zwillingen, in Körnern oder körnigen Aggregaten in den krystallinischen Schiefen und deren Trümerquarzen, selten im körnigen Kalk und Dolomit, häufig vererbt in sedimentären Gesteinen. Schöne grosse, meist einfache Krystalle werden im Quarz bei Modriach in Steiermark angetroffen. In den Phylliten wird er in kleinen Krystallen allgemein wahrgenommen, auch die merkwürdigen von Zirkel entdeckten mikroskopischen Nadeln im Dachschiefer sind nach Werveke und Cathrein Rutil.

Interessant sind die Paramorphosen von Rutil nach Arkansit (Brookit) von Magnet Cove, von R. nach Anatas aus Brasilien. Der Edisonit aus Nordcarolina, welcher für rhombisch gehalten wurde, gehört zum Rutil.

Auf secundären Lagerstätten findet sich der R. öfter in Sand mit Quarz, Turmalin etc., bisweilen mit Gold, der Nigrin in kleinen Geschieben bei Olahpian in Siebenbürgen.

#### Anatas, Haüy.

Tetragonale diamantglänzende Krystalle, in der Grundform von der vorigen Gattung verschieden, da der Winkel (111)  $43^{\circ} 24'$ . Die zuerst bekannt gewordenen Krystalle sind indigoblau bis schwarz, von spitz pyramidalem oder tafelförmigem Typus mit  $p = (111)$  und  $c = (001)$ . Später lernte man auch stumpf pyramidale und säulenförmige Krystalle kennen, die meist honiggelb bis braun sind. An diesen herrschen Pyramiden, wie  $v = (117)$ ,  $z = (113)$ , oder Flächen wie  $m = (110)$ ,  $a = (100)$ ,  $e = (101)$ . (S. Klein im Jahrb. f. Min. 1871, pag. 900, und 1875, pag. 337.)

Spaltb. nach  $p$  und  $c$  vollk.  $H. = 5.5 \dots 6$ ,  $G. = 3.83$  bis  $3.93$ , also beide geringer als bei der vorigen Gattung, auch durch negative Doppelb.

davon verschieden, chemisch aber derselben gleich. Zus.:  $TiO_2$ . Durch Glühen erhält der A. das G. des Rutils.

Der A. bildet meistens sitzende Krystalle, die sich auf Klüften, oft neben Bergkrystall, in krystallinischen Silicatgesteinen finden. Tavetsch, Gotthardgebirge, Binnenthal, Bourg d'Oisans. Aus der brasilianischen Provinz Minas Geraës wurden bisweilen farblose und gefärbte Krystalle von ungewöhnlicher Grösse gebracht. Als Gemengtheil wurde A. in Porphyren Thüringens beobachtet.

Die gelben bis braunen Krystalle aus dem Binnenthal wurden früher irrigerweise als Wiserin bezeichnet.

#### Brookit, Lévy.

Rhombische Krystalle von Diamantglanz, bisweilen auch von halbmattlichem Aussehen und von tafelförmiger, säulenförmiger und pyramidaler Ausbildung. An den Tafeln herrscht  $a = (100)$ , welches gewöhnlich eine Längsriefung zeigt,  $p = (110)$ ,  $c = (001)$ , und meist kommen  $e = (122)$ ,  $t = (021)$ ,  $x = (102)$  hinzu. An den pyramidalen, halbmattlich aussehenden, von den Hot springs Arkansas, welche Arkansit genannt werden, herrscht  $e$  (Fig. 3). Winkel (110) =  $80^{\circ} 10'$ , (102) =  $58^{\circ} 36'$ .

Spaltb. 010. Härte wie bei der vorigen Gattung,  $G. = 3.8 \dots 4.1$ , also etwas grösser. Farben wie beim Rutil. Optisch merkwürdig, da Platten parallel  $a$  im convergenten pol. Tageslichte vier hyperbolische Streifensysteme zeigen. Benutzt

Fig. 1.

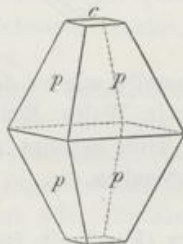
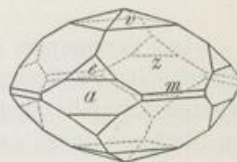


Fig. 2.



der-  
acht  
und

melig  
gelb  
tiger  
= 4.2

fast  
urch  
man  
mit  
igte,  
alten

auf  
path,  
Oft

die  
anz,  
nit,  
von  
von  
den.  
igen  
fern  
erbt  
im  
inen  
ent-  
rein



man jedoch Natriumlicht, so hat man die gewöhnliche Figur zweiachziger Medien und A. E. parallel 001. Im blauen Lichte erhält man A. E. parallel 010, also Zerstreuung in zwei Hauptschnitten. — Chem. Zus.:  $TiO_2$ , wie in den beiden vorigen Gattungen. Durch Glühen erhöht sich ebenfalls das spec. Gewicht bis zu jenem des Rutil.

Fig. 1.

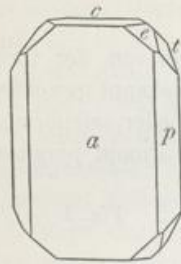


Fig. 2.

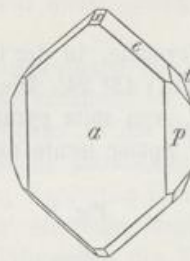
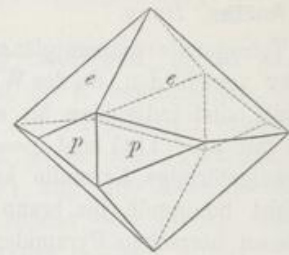


Fig. 3.



Das Vorkommen ist dasselbe wie bei der vorigen Gattung. Schöne tafelförmige Krystalle liefern Tremadoc in Wales, Bourg d'Oisans, das Gotthardgebirge. Die grössten Krystalle sind aus Tirol bekannt. Pseudomorphosen nach Titanit werden von Markirch in Elsass angegeben.

#### Zinnstein oder Zinnerz (Kassiterit *Beudant*).

Tetragonal, vorwiegend kurze, dicke Krystalle, welche meistens die Flächen  $s = (111)$ ,  $m = (110)$ ,  $a = (100)$ ,  $e = (101)$  tragen, aber öfter noch andere Formen,

Fig. 1.

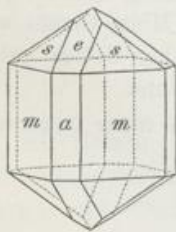


Fig. 2.

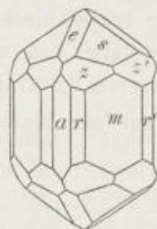
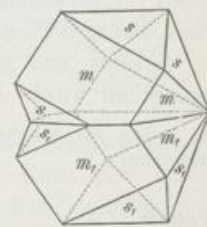


Fig. 3.



wie  $r = (210)$ ,  $z = (321)$ , erkennen lassen. An den spitzen und nadelförmigen Krystallen (Nadelzinnerz) wurden auch steile Pyramiden wie (551), (552) beobachtet.

Winkel  $(111) = 92^\circ 53'$ . (Ueber die Formen: Becke in Tschermak's Min. Mitth. 1877, pag. 243, Kohlmann, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 24, pag. 350.)

Die Flächen der Prismen haben gewöhnlich eine Längsriefung. Einfache Krystalle sind nicht häufig, dagegen Zwillingskrystalle nach (101) sehr gewöhnlich. Die Hauptaxen der beiden Individuen weichen von einander um  $67^\circ 50'$  ab. Wiederholungszwillinge, ferner Wendezwillinge von der Bildung wie beim Rutil, kommen öfter vor. — Spaltb. (100) und (110) unvollk. H. = 6 .. 7. Farbe gelblich- oder

röthlichbraun bis schwarz, selten roth, grau, gelblich. Strich gelblich oder weiss. Diamantglanz oder Fettglanz, unvollkommene Durchsichtigkeit, positive Doppelbrechung.  $G. = 6.8$  bis  $7$ , jenes des reinen  $Z.$   $6.844$  nach Forbes.

Chem. Zus.:  $SnO_2$ , entsprechend  $78.6$  Zinn und  $21.4$  Sauerstoff, jedoch fast immer etwas Eisen, Kiesel, auch Tantal als Beimischung. V. d. L. unschmelzbar und unveränderlich, gibt mit Soda auf Kohle metallisches Zinn, wird durch Säuren nicht angegriffen, durch schmelzendes Kali aufgelöst. — Die künstliche Darstellung gelang Deville u. A. nach der beim Rutil angegebenen Methode. Das Vorkommen als Pseudomorphose, ferner die Auffindung als Neubildung in fossilen Knochen im Pentewan- und Carwonthale in England lassen die Bildung aus Lösungen erkennen.

Der  $Z.$  hat sein hauptsächliches, ursprüngliches Verbreitungsgebiet in alten Silicatgesteinen, in welchen er sammt den begleitenden Mineralen sowohl Gänge und mannigfach verzweigte Trümer als auch gleichzeitig Imprägnationen bildet, so dass die ganze, in solcher Art durchtränkte, oft quarzige Gesteinsmasse (Stockwerk) sich wie eine allerdings arme Erzmasse verhält, aus welcher der  $Z.$  durch Pochen und Schlämmen gewonnen wird.

Der gewöhnliche Begleiter ist Quarz, charakteristisch sind die Wolframate: Wolframit und Scheelit, von Silicaten: Beryll, Topas, Zinnwaldit. Apatit, Fluorit sind auch häufig. Die vier letzten sind fluorhaltig. Man hat daher dem Fluor eine Rolle bei der Bildung der Zinnerzgänge zugeschrieben. Molybdänglanz, arsenhaltige Kiese, Bleiglanz, Blende begleiten auch öfter die Zinnerzformation. Die dicken Zwillingskrystalle, Zinngrauen, sind oft von Zersetzungsproducten, wie Steinmark, Nakrit umgeben.

Bei Altenberg, Marienberg, Geyer in Sachsen ist das erzführende Gestein Granit und Gneiss, ebenso dieser letztere bei Schlaggenwald und Graupen in Böhmen, bei Zinnwald ist es Porphyry und Granit. Aehnliche Verhältnisse zeigen sich in den Lagerstätten in der spanischen Provinz Galicien und in der Bretagne. In Cornwall verbreitet sich das Erz in Gemeinschaft mit Kupfererzen im Thonschiefer. Bei St. Agnes fand sich der Stannit, ein Gemisch von Zinnstein und Quarz, ferner kommen von dort schöne Pseudomorphosen, in welchen die beiden Minerale in der Form von Orthoklas erscheinen. Auf Gängen im Trachyt und Andesit Boliviens erscheint der  $Z.$  in Gesellschaft von Silbererzen und Fahlerz, bei Durango in Mexico im Rhyolith mit Eisenglanzblättchen. Als eine Ausnahme erscheint die allerdings zinnerzarme Lagerstätte von Campiglia marittima, welche von geschichtetem Kalkstein umschlossen wird.

Auf secundärer Stätte findet sich der  $Z.$  in Geröllen und Geschieben auf den Zinnseifen der Halbinsel Malacca, der Insel Banca etc. In dem Seifenzinnerz von Cornwall, von Mexico zeigte sich zuweilen auch Holzzinnerz, ein haarbrauner, radialfaseriger bis dichter  $Z.$  vom  $G. = 6.4$ .

Der Zinnstein ist das einzige Zinnerz. Schon im Alterthum war das Mineral bekannt und wegen der Brauchbarkeit zur Herstellung der Bronze hoch geschätzt. Die Verwendung des Zinnes zu Geschirren hat abgenommen, doch wird das Metall im Zingguss, der Legirung von Zinn und Blei, in der Bronze verwendet und zum Verzinnen etc. benutzt. Das Britanniametall ist eine Legirung mit Antimon. Die

edien  
also  
eiden  
is zumige  
Die  
erdenehen  
men,nigen  
be-

Min.

fache  
lich.  
eder-  
amen  
oder

jährliche Gesamtproduction wird auf nahe 700.000 Ctr. angegeben. Das Meiste liefern Australien und Banca. (Geologisches und Technisches in Reyer: Das Zinn, 1882. Collins, On Cornish tin ores, Truro 1888.)

Hier sind mehrere Oxyde von Schwermetallen einzuschalten, wie die Bleiglätte (Massicot), welche in gelblichen Blättchen, die aus Bleioxyd  $PbO$  bestehen, in Mexico gefunden wurde, die Mennige (Minium)  $Pb_3O_4$  von morgenrother Farbe von Bolanos in Mexico, Badenweiler etc., das Schwerbleierz (Plattnerit)  $PbO_2$  von Leadhills in Schottland.

Das Rothzinkerz (Zinkit) bildet selten hexagonal-hemimorphe Krystalle, gewöhnlich aber grosse schalige Körner von blutrother Farbe, welche senkrecht zur Absonderung nach einem sechseckigen Prisma spalten und wesentlich aus Zinkoxyd  $ZnO$  bestehen. Dieselben kommen mit Franklinit und Kalkspath im Staate New-Jersey vor. Die rothe Farbe rührt von Mangan her. Das künstlich dargestellte farblose Zinkoxyd krystallisirt auch hexagonal.

#### Rothkupfererz (Cuprit, *Haidinger*).

Die Krystalle sind gewöhnlich Oktaëder, seltener Würfel- oder Rhombendodekaëder, auch andere Formen, wie (221) oder (211), kommen damit vor. Miers beobachtete gyroidal-hemiëdrische Formen. Die Aggregate sind körnig. Spaltb. (111) zieml. vollk.  $H. = 3.5 . . 4$ . Farbe cochenilleroth bis bleigrau, Strich bräunlichroth, glatte Flächen zeigen metallartigen Demantglanz, die Lichtbrechung ist ausserordentlich stark, doch ist das Mineral oft kaum durchscheinend.  $G. = 5.7$  bis 6.

Chem. Zus.:  $Cu_2O$  Kupferoxydul, entsprechend 88.8 Kupfer, 11.2 Sauerstoff, demnach ist es das reichste Kupfererz. V. d. L. auf Kohle erhitzt, wird das R. zuerst schwarz, worauf es ruhig schmilzt und ein Kupferkorn liefert. In Säuren, aber auch in Ammoniak löslich.

Krystalle von der Zusammensetzung des Rothkupfererzes hat man wiederholt als zufälliges Hüttenproduct in Kupferofenschlacken gefunden, ferner auch als Neubildung in der Rinde antiker Kupfer- und Bronzegegenstände. Die Verwandlung natürlicher Kupferkrystalle in R. beobachtete Blum an Stücken von Rheinbreitbach. Für die Bildungsgeschichte sind die Versuche von Mitscherlich wichtig, welcher eine Lösung von Kupfervitriol mit Stärkezucker versetzte und nach längerer Zeit Krystalle von den Eigenschaften des R. erhielt. Die Entziehung von Sauerstoff, welche hier durch eine organische Substanz bewirkt wird, erfolgt nach Knop unter Umständen auch durch Eisenvitriol.

Das Rothkupfererz ist vorzüglich dort verbreitet, wo Lagerstätten von Kupferglanz, Kupferkies u. dgl. einer Verwitterung unterlegen sind, es findet sich demnach oft in den oberen Regionen solcher Erzgänge, welche tiefer unten geschwefelte Kupfererze führen. Diese Erscheinung beobachtet man auf den Gängen in Cornwall, von welchen öfter prächtige Drusen glänzender und durchsichtiger Krystalle in die Sammlungen gelangen. Ebenso bei Rheinbreitbach, bei Gumeschewsk und Nischni Tagil am Ural, bei Burra-Burra in Australien. Meistens ist an diesen Fundstätten gediegen Kupfer der Begleiter, und oft sind Pseudomorphosen von Kupfer nach Cuprit beobachtet worden. Knop zeigte, dass man diese Umwandlung durch Behandlung von Cuprit mit sehr verdünnter Schwefelsäure nachahmen könne. (S. pag. 310.)

Schwebend gebildete Krystalle, welche das Oktaëder und Rhombendodekaëder zeigen, wurden im Thon bei Chessy gefunden, doch sind dieselben oberflächlich

in Malachit verwandelt. Aehnliche Vorkommen sind vom Altai und aus dem Damaraland in Afrika bekannt.

Kupferblüthe oder Chalkotrichit nennt man die haarförmigen oder netzartigen Krystallbildungen, aus verzerrten Hexaëdern bestehend, von prächtig rother Farbe, von Rheinbreitbach, Gumeschewsk am Ural, Redruth in Cornwall etc.

Das Ziegelerz ist ein ziegelrothes erdiges Gemenge von Cuprit mit Brauneisenerz. Dillenburg, Turjinsk.

Das Rothkupfererz wird mit den zugleich vorkommenden Mineralen, wie Malachit, Azurit etc., auf Kupfer verhüttet.

#### 4. Ordnung: Ocher.

Meist erdige, seltener krystallinische Minerale. H. gewöhnlich unter 3. Strich weiss oder nur blass gefärbt. G. = 3·6 bis 6·3. Mehrere werden durch Erhitzen v. d. L. verflüchtigt. Alle sind Verwitterungsproducte.

Arsenit	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> tesseral	Claudetit	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> monoklin	0·4040:1:0·3445, β = 86° 3'.
Senarmontit	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> „	Valentinit	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> rhombisch	0·3910:1:0·3364.
Tellurit	Te O <sub>2</sub> rhombisch			0·4566:1:0·4693.

#### Arsenit (Arsenikblüthe).

Kommt als mehliges Beschlag auf Arsen, Arsenkies, Speiskobalt etc. vor, wo diese verwittern, z. B. bei Andreasberg. — Chem. Zus.: Arsenoxyd oder arsenige Säure As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Die oktaëdrische Form und Spaltbarkeit kennt man von den sublimirten Krystallen her, welche beim Rösten der arsenhaltigen Minerale die Abzugsröhren auskleiden. (Hüttenrauch.)

Der so erhaltene Arsenit (Arsenikmehl, Giftmehl), welcher auch oft zur amorphen Masse zusammengeschmolzen (weisses Arsenikglas) aus den »Giftfängen« herausgekehrt wird, kommt als weisser Arsenik in den Handel. Er wird in der Farbenfabrication, in der Färberei, Zeugdruckerei, bei der Emaildarstellung, der Glasfabrication, in der Medicin angewandt, auch zur Conservirung zoologischer Objecte und gegen schädliche Thiere benutzt.

Der Arsenit hat einen süsslich-herben Geschmack. Er ist ein heftiges Gift, doch gibt es in den Alpenländern Arsenikesser.

#### Valentinit (Antimonblüthe, Weiss-Spiessglanz).

Rhombische Prismen oder Tafeln, diese oft fächerförmig, büschelig, sternförmig angeordnet. Nicht selten derb, stengelig, schalig. H. = 2·5. Farbe gelblich bis grau. Auf der Längsfläche Perlmutterglanz, sonst auf glatten Flächen Demantglanz. Chem. Zus.: Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Sehr leicht zu schmelzen und zu verflüchtigen, in Salzsäure leicht löslich. Mit Bleiglanz, Antimonit etc. bei Bräunsdorf, Pfibram, Allemont, Sansa in Constantine u. a. O. Pseudomorphosen, welche die Entstehung aus Antimonit und Antimonblende verrathen, sind nicht selten.

Das Arsenoxyd As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> erscheint in dem Claudetit von den San Domingo-Gruben in Portugal in monoklinen Krystallen; in einem Hüttenrauch fand Wöhler auch derlei Formen. Das Antimonoxyd Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bildet als Senarmontit oktaëdrische Krystalle, die ein abnormes optisches Verhalten zeigen. Die schönsten kommen von Sansa in der Provinz Constantine (Algerien).

Von Antimonverbindungen reihen sich hier an: der Cervantit  $Sb_2O_4$ , der Stiblich  $H_2Sb_2O_5$ , gelblich, erdig, welcher oft als Pseudomorphose nach Antimonit gefunden wird, und der beiden ähnliche Antimonocher; endlich gehört zu der Gruppe auch der Wismutocher,  $Bi_2O_3$ .

Als Seltenheiten sind noch zu nennen: Tantalocher, Tellurocher (Tellurit)  $TeO_2$ , Molybdänocher  $MoO_3$ , gelb, Wolframoher  $WO_3$ , grünlich, der zugehörige wasserhaltige Meymaeit, gelb, der Uranocher, gelb. An letzteren reiht sich das Gummierz (Gummit), der Eliasit (Pittinerz), der Uranosphärit.

### 5. Ordnung: Erze.

Dunkelfarbige, undurchsichtige, zum Theil halbmattlich aussehende Minerale, alle von farbigem bis schwarzem Strich. H. = 2 bis 6. V. d. L. meist unsmelzbar, seltener schwierig smelzbar, nicht flüchtig.

Manganit	$MnHO_2$	rhombisch	0.8441 : 1 : 0.5448	Hämatit	$Fe_2O_3$	rhomboedr.	1 : 1.36557
Göthit	$FeHO_2$	"	0.9185 : 1 : 0.6068	Ilmenit	$FeTiO_3$	rhodr. tet.	1 : 1.38458
Limonit	$Fe_2H_2O_9$	rhombisch		Pyrophanit	$MnTiO_3$	" "	1 : 1.3692
Polianit	$MnO_2$	tetr.	1 : 0.66476	Hausmannit	$Mn_3O_4$	tetr.	1 : 1.1571
Pyrolusit	$MnO_2$	dicht, pseudom.		Magnetitgruppe	$Fe_3O_4$	tesseral, Mischgn.	
Braunit	$Mn_2O_3$	tetr.	1 : 0.9924	Pseudobrookit	$Fe_4Ti_3O_{12}$	rhombisch	[0.87776 : 1 : 0.88475.

#### Manganit, Haidinger. (Graubraunstein z. Th.)

Häufig krystallisirt, lange rhombische Prismen bildend, an welchen  $m = (110)$  und  $c = (001)$  herrschen, Fig. 1. Die ersteren Flächen sind stark vertical gerieft,

Fig. 1.

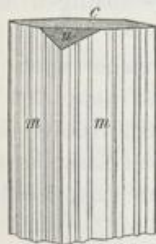


Fig. 2.

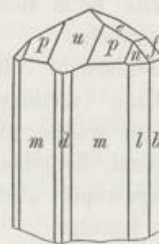
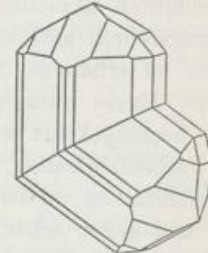


Fig. 3.



die Endfläche parallel der Queraxe gerieft oder auch gekrümmt. An solchen Krystallen findet sich  $u = (101)$ . Die kurzen Krystalle sind oft flächenreich und zeigen häufig ausser  $m$  und  $u$  noch  $b = (010)$ ,  $l = (120)$ ,  $d = (210)$ ,  $p = (111)$ ,  $n = (121)$ ,  $e = (011)$ ,  $f = (021)$ , Fig. 2. Zwillinge nach 011 sieht man öfter, Fig. 3. Winkel  $(110) = 80^\circ 20'$ , W.  $(011) = 57^\circ 10'$ , W.  $111 : \bar{1}\bar{1}1 = 49^\circ 11'$ . Nach Haidinger's und Busz' Beobachtungen kommt zuweilen eine hemiädrische Vertheilung von Pyramidenflächen wie beim Bittersalz vor (pag. 56). Groth lieferte eine sorgfältige Bearbeitung der Formen (Min.-Samm. d. Univ. Strassb.).

Oft sieht man radialstengelige, faserige, auch körnige Bildungen.

Die Spaltb. parallel der Längsfläche  $(010)$  ist sehr vollkommen, weniger vollkommen dagegen nach dem Prisma  $(110)$  und nach  $(001)$ . H. = 3.5..4. Farbe stahlgrau oder eisenschwarz bis bräunlichschwarz. Strich braun. Unvollk., aber entschiedener Metallglanz. G. = 4.3 bis 4.4.

Chem. Zus.: Secundäres Manganhydroxyd,  $MnHO_2$  oder  $Mn_2O_3 \cdot H_2O$ , analog dem Diaspor und Göthit, welchen er auch in der Form ähnlich ist. Die Formel entspricht 90.9 Manganoxyd und 9.1 Wasser. V. d. L. unschmelzbar, beim Erhitzen geht das Wasser erst bei einer Temperatur über  $200^\circ$  fort. Starke Salzsäure löst das Mineral unter Chlorentwicklung.

Man kennt den Manganit als Absatz mancher Quellen, ferner in schönen Verdrängungs-Pseudomorphosen nach Kalkspath. Blum beschrieb eine solche von Ilfeld, welche noch nicht vollendet war. Dadurch ist die Bildung aus wässriger Lösung documentirt. Der Manganit unterliegt aber auch häufig der Veränderung in Pyrolusit. Die Veränderung lässt sich durch langsames Erhitzen an der Luft nachahmen (Gorgeu).

Sehr bekannt sind die schönen Stufen von Ilfeld am Harz, wo der Manganit mit Baryt oder Kalkspath und mit anderen Manganerzen bis 60 Cm. mächtige Gänge im Porphyrit bildet. In Drusenräumen und Nestern findet er sich mit anderen Manganerzen von Kalkstein umgeben in Nassau. Fernere Fundorte sind Ilmenau und Oehrenstock in Thüringen, Cornwall, Udenäs in Schweden etc.

Der rhomboëdrische Chalkophanit  $(Mn, Zn)O \cdot 2MnO_2 + 2H_2O$ , ein Umwandlungsproduct des Franklinit, findet sich bei Sterling in New-Jersey.

Der Braunit, welcher grösstentheils aus  $Mn_2O_3$  besteht, aber auch  $MnSiO_3$  enthält, findet sich in schwarzen, oktaëderähnlichen, tetragonalen Krystallen mit Pyrolusit, Hausmannit bei Elgersburg, Oehrenstock, St. Marcel in Piemont (Marcelin). Der Langbanit (hexagonal) enthält ausser den im Braunit enthaltenen Stoffen auch Eisen und Antimon.

Der Polianit Breithaupt's, ein wenig verbreitetes, aber theoretisch interessantes Mineral, nach E. Dana tetragonal, isomorph mit Zinnstein. (111) =  $93^\circ 32'$ . Licht stahlgrau, unvollk. metallglänzend. H. = 6. . 6.5, G. = 4.9 bis 5.0. Chem. Zus.  $MnO_2$ , also Manganhyperoxyd. Verhalten wie bei der folgenden Gattung. Zuweilen pseudomorph nach Manganit. Platten, Schneeberg, Joachimsthal, Nassau, Cornwall.

#### Pyrolusit, Haidinger. (Graubraunstein z. Th.)

Oft in Krystallformen, welche rhombische Prismen mit der Endfläche, auch dem Längsprisma, oder kleine Tafeln darstellen, häufig erscheinen sie spiessig. Die Prismenflächen sind vertical gerieft. Die prismatischen Gestalten gehen oft in viele feine Spitzen aus. Man sieht Drusen und verschiedengestaltige Aggregate von strahliger bis faseriger Textur. Oft ist das Mineral dicht, auch erdig, abfärbend. Spaltb. (110), auch nach den Endflächen. H. = 2. . 2.5, fast mild. Farbe dunkel stahlgrau, Strich schwarz, halbmattlicher Glanz auf glatten Flächen. G. = 4.7 bis 5.

Chem. Zus.: Manganhyperoxyd  $MnO_2$ , entsprechend 63.2 Mangan und 36.8 Sauerstoff. V. d. L. unschmelzbar, durch Glühen wird er braun, indem er Sauerstoff verliert, durch warme Salzsäure wird er unter starker Chlorentwicklung aufgelöst.

Der P. hat eine indirecte Bildung, indem er aus anderen manganhaltigen Mineralen entsteht, deren letztes Verwitterungsproduct er darstellt, oder indem er Carbonate verdrängt. Daher zeigt das Mineral so lockere Beschaffenheit. Die früher als Pyrolusitkrystalle betrachteten Vorkommen sind Pseudomorphosen, zumeist mit der Form des Manganits. Man findet öfter auch unvollendete

blith  
, und  
mut-Te O<sub>2</sub>,  
altige  
amit),erale,  
zbar,36557  
38458  
3692  
1571  
gn.

8475.

110)  
rieft,chen  
und  
(11),  
fter,  
11'.  
sche  
ferteiger  
. . 4.  
llk.,

Bildungen, die noch einen Kern von Manganit enthalten. Auch aus dem Manganspath  $MnCO_3$  bildet sich der P. häufig, aber nicht nur aus dem reinen Carbonat, sondern auch aus dem manganhaltigen Eisenspath. Dieser liefert aber häufig ein pulveriges oder schaumiges oder erdiges Gemenge (Manganschaum).

Verdrängungs-Pseudomorphosen nach Kalkspath sind nicht selten. Schöne Exemplare hat man von Ilmenau und von Oehrenstock. Bisweilen ist es nicht schwierig, daran zu erkennen, dass der Pyrolusit zunächst in der Form des Manganits erscheint, dass also zuerst eine Verdrängung des Kalkspathes durch Manganit und später die Umwandlung dieses Mineralen in P. stattgefunden habe. Die Pseudomorphose nach Bitterspath ist auch bekannt. Der P. stellt sonach ein Mineral dar, welches immer eine secundäre Bildung verräth und als eine zweite, und zwar dichte oder amorphe Modification des Manganhyperoxyds erscheint, das in Krystallen von grosser Härte den Polianit bildet.

Schöne Drusenformen von Pyrolusit kennt man von Johannegeorgenstadt in Sachsen, von Hirschberg in Westphalen u. a. O. Grössere Mengen des derben Mineralen werden in Gängen des Porphyr bei Elgersburg in Thüringen, bei Vorderehrnsdorf in Mähren, bei Platten in Böhmen, Romanèche in Frankreich, an mehreren Punkten des Staates Vermont in N.-Am. u. a. O. gefunden.

Der Varveit, welcher in Pseudomorphosen nach Kalkspath bekannt ist, scheint ein Gemenge von Manganit und Pyrolusit zu sein.

#### **Hausmannit, Haidinger.**

Die Krystalle sind tetragonal. Winkel (111)  $63^\circ 1'$ . Die gewöhnliche Form ist die Pyramide (111), deren Flächen horizontal gerieft sind. Zwillinge und Fünflinge nach (101), wie beim Kupferkies, pag. 355. Fig. 7 und 8 sind nicht selten. Spaltb. (001). H. = 5..5.4. Metallglanz. Farbe eisenschwarz. Strich braun. G. = 4.7 bis 4.8. Chem. Zus.  $Mn_3O_4$ , entsprechend 72 Mangan, 28 Sauerstoff. V. d. L. unschmelzbar, mit Salzsäure Chlor gebend. Krystallisirt von Ilmenau, Oehrenstock, Ilfeld. Körnige Massen in Dolomit bei Pajsberg, Nordmark in Schweden.

#### **Psilomelan, Haidinger. (Hartmanganerz, schwarzer Glaskopf.)**

Traubige, nierförmige, auch stalaktitische Bildungen von ebenem oder muscheligen Bruche und bedeutender Härte. H. = 5.5..6. Manche zeigen Spuren von Fasertextur, andere sind dicht mit schimmerndem Bruche, manche werden dem glatten Bruche zufolge für amorph gehalten. Im Striche glänzend. Farbe eisenschwarz, bläulichschwarz, Strich bräunlichschwarz. G. = 4.1 bis 4.3. Die chem. Zus. ist unregelmässig schwankend, wie dies bei nicht krystallisirten Mineralen gewöhnlich. Vorwiegend ist  $MnO_2$ , ausserdem aber sind  $MnO$ ,  $BaO$ ,  $K_2O$ ,  $H_2O$  etc. in variabler Menge vorhanden. Man hat barythaltige (bis 17perc.  $BaO$ ) und kalihaltige (bis 5perc.  $K_2O$ ) Psilomelane unterschieden, und Gorgeu hat darin salzartige Verbindungen wie  $BaMn_3O_7$  angenommen.

In einigen Arten wurden kleine Mengen von Lithium und von Thallium nachgewiesen. V. d. L. ist er fast gar nicht zu schmelzen, färbt die Löthrohrflamme grün (Ba) oder violett (K). Durch Salzsäure wird er unter Chlorentwicklung gelöst. Concentrirte Schwefelsäure wird durch das Pulver roth gefärbt.

Der Psilomelan findet sich öfter für sich, Gänge im Porphyry oder Trachyt ausfüllend, öfter bildet er schalige Abwechslungen mit Pyrolusit, wie bei Elgersburg in Thüringen, zuweilen ist er mit Baryt oder Kalkspath verbunden, wie bei Ilfeld am Harz. Mit anderen Manganerzen vereinigt, begleitet er oft Rotheisenerzgänge, wie im Sächsischen Erzgebirge, oder er tritt im Bereiche von Eisenspath-Lagerstätten als Verwitterungsproduct auf.

Zunächst verwandt ist der Wad, ein zartschuppiges bis erdiges Mineral, das oft knollig, nierförmig, stalaktitisch vorkommt, öfter schalig und häufig locker und so leicht erscheint, dass es auf dem Wasser schwimmt. Er ist reicher an Wasser als der Psilomelan und enthält Baryum und Kalium blos in geringer Menge. Er scheint öfter aus Psilomelan entstanden zu sein, häufiger durch Verwitterung aus manganhaltigem Eisenspath.

In manchem Kalkstein, Mergel, Chalcedon, Opal etc. kommen schwarze bis braune, oft sehr zierliche dendritische Absätze vor, welche manganhaltig sind und bald als körperliche Dendriten, bald als zarte Zeichnungen auf den Kluftflächen erscheinen. Dieselben sind wohl zum Wad zu stellen.

Eine merkwürdige Bildung stellen die sogenannten Manganknollen dar, welche bei der Expedition des Schiffes Challenger auf dem Boden des pacifischen Oceans gefunden von Church als Pelagit bezeichnet wurden. Es sind braune Concretionen, welche vorwiegend aus Mangan- und Eisenoxyd, Kieselerde, Wasser bestehen und oft eine Beimischung von vulcanischem Tuff, sowie Reste von Organismen erkennen lassen.

Der Grorolith ist Wad. Zum Psilomelan ist auch der Lithiophorit Frenzel's zu stellen, der einen erheblichen Thonerdegehalt besitzt.

Die gewöhnlichen Manganerze: Manganit, Pyrolusit, Psilomelan, haben in ihrem Auftreten so viel Gemeinsames und sind so häufig mit einander verbunden, dass sie bestimmte Erzformationen bilden.

Eine sehr charakteristische Verbindung ist jene der gangförmig auftretenden Manganerze mit krystallinischen Silicatgesteinen, z. B. mit Porphyren und Melaphyren bei Ilfeld und Ilmenau, mit Granit bei Wittichen im Schwarzwalde. In diesen Fällen ist nach Sandberger die Bildung durch Secretion aus dem Nebengestein anzunehmen, weil die in letzterem enthaltenen Augite, Hornblenden, Biotite ausser den Eisensilicaten auch Mangansilicat enthalten. Diese werden unter dem Einflusse der Tagewässer zerlegt, und es werden die Oxyde abgetrennt. Daher sind auch überhaupt die Rotheisenerz- und Brauneisenerzgänge häufig von Manganerzen begleitet. Seltener ist das Auftreten der Manganerze im Sandstein, wie bei Vorderehrnsdorf in Mähren. Das Material solcher Lagerstätten dürfte aus tiefergelegenen krystallinischen Gestein abzuleiten sein.

Wiederum charakteristisch sind die Lagerstätten im Kalkstein, wie am Iberg im Oberharz, bei Wetzlar, Giessen und in Nassau, wo die Erze als gänzliche oder theilweise Ausfüllung unregelmässiger Hohlräume vorkommen. Hier ist es augenscheinlich, dass die Lösungen, welche das Erz absetzen, den Kalkstein zernagt und aufgelöst haben, und dass eine Verdrängung des letzteren durch die Oxyde stattgefunden habe. Solche Manganerze sind fast immer mit Eisenerzen



verbunden, oft von Dolomit begleitet, wie bei Ibbenbüren und Osnabrück. Die taschenförmigen Lagerstätten im Departement Hautes Pyrénées gehören auch hierher.

Endlich sind solche Lagerstätten häufig, welche durch Verwitterung von manganhaltigem Spatheseisenstein entstanden. Die gleichzeitige Bildung von Brauneisenerz und Manganerzen lässt sich in dem Spatheseisenstein von Hüttenberg in Kärnten im kleineren Maasstabe deutlich verfolgen. Eine grössere hierhergehörige Bildung ist der im Dolomit auftretende Erzstock zwischen Herges, Brotterode und Seligenthal im Thüringerwalde. Die Erzmasse ist Brauneisenerz mit begleitenden Manganerzen. »Das Ganze macht den Eindruck einer gewaltigen Höhle, welche von verwittertem Eisenspath erfüllt ist.«

Für die Manganerze ist die Bezeichnung »Braunstein« gebräuchlich, die schon bei Basilius Valentin im 15. Jahrhundert vorkommt. Der Name bezieht sich vielleicht, wie Quenstedt meint, auf die braune Glasur, welche sich mittels derselben herstellen lässt. Die Glasmacher des 16. Jahrh. nannten diese Minerale Manganes. Ob dies mit *Μάγικον*, Zaubermittel, zusammenhängt, ist fraglich. Ein späterer Name ist *Magnesia nigra*. Die Verwendung zum Entfärben des Glases ist eine sehr alte. Durch den beim Erhitzen abgegebenen Sauerstoff werden die im Glase vertheilte braunfärbende Kohle und das grünfärbende Eisenoxydsilicat oxydirt; daher der Name Pyrolusit: *πῦρ*, Feuer und *λόω*, wasche. Die Eigenschaft, mit Salzsäure Chlor zu entwickeln, machte die Erze zur Grundlage der Kunstbleiche und damit den Pyrolusit, welcher sich als das geeignetste erwies, zu einem der hauptsächlichsten Rohstoffe der chemischen Grossindustrie. Die Bereitung von Sauerstoff aus dem letzteren Erze hat niemals grosse Dimensionen erreicht, dagegen sind in der neueren Zeit jene Verwendungen der Manganerze häufiger geworden, bei denen das Metall Mangan eine Rolle spielt, und zwar zuerst bei der Darstellung des übermangansauren Kali, das eine Zeitlang als Desinfectionsmittel verwendet wurde, dann der Legirung mit Eisen: Ferromangan, welche als Zusatz bei der Bereitung des Bessemerstahles dient.

Wie schon im Psilomelan eine salzartige Verbindung anzunehmen ist, so betrachtet man auch noch andere schwarze Minerale, die sich als Verwitterungsproducte auf Erzgängen finden, als derlei Verbindungen. Hierher sind zu zählen der Crednerit  $3\text{CuO} \cdot 2\text{Mn}_2\text{O}_3$ , körnigblättrig, der Hetairit (Hetärolith)  $\text{ZnO} \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3$ , faserig, das Kupfermanganerz, die Kupferschwärze, beide amorph, ausser Manganoxyd auch Kupferoxyd und Wasser enthaltend, und der Asbolan (Kobaltmanganerz, schwarzer Erdkobalt), welcher überdies Kobaltoxyd hat und auf Kobaltgängen (pag. 345) vorkommt. Hieran reihen sich der Heubachit, Heterogenit, in welchen das Kobaltoxyd vorwiegt. Der Tenorit  $\text{CuO}$  bildet graue bis schwarze trikline Blättchen, Vesuv, oder erdige Massen: Melaconit, Tennessee.

#### Göthit. *Lenz* (Pyrrhosiderit *Ullmann*).

Rhombische Krystalle, die säulenförmig bis haarförmig ausgebildet sind oder dünne Tafeln darstellen. Die gewöhnlichsten Formen sind:  $d = (210)$ ,  $m = (110)$ ,  $b = (010)$ ,  $p = (111)$ ,  $e = (011)$ , Fig. 1, aber auch  $a = (100)$ ,  $x = (401)$ , Fig. 2. Isomorph mit Diaspor.

Winkel  $(110) = 85^\circ 8'$ , W.  $(011) = 62^\circ 30'$ , W.  $111 : 1\bar{1}1 = 53^\circ 42'$ .

Spaltb. nach  $b = (010)$ , sehr vollk. H. = 5 . . 5.5. Dünne Schichten sind durchsichtig, glatte Flächen diamantglänzend. Farbe schwärzlichbraun bis gelblichbraun. Strich hell gelblichbraun. G. = 3.8 bis 4.3.

Chem. Zus.:  $FeHO_3$  oder  $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ , entsprechend 89.9 Eisenoxyd und 10.1 Wasser. Zuweilen wird ein geringer Gehalt an Kieselsäure oder Mangan gefunden. Gibt im Kölbchen erhitzt Wasser, wird durch Glühen roth, schmilzt äusserst schwer, wird im Reductionsfeuer schwarz und magnetisch. Durch Salzsäure wird das Pulver vollkommen aufgelöst. Es ist bisher noch nicht gelungen, Krystalle von der Zusammensetzung des Göthits darzustellen. Die Verwandlung des G. in Rotheisenerz wurde von Haidinger an Pseudomorphosen erkannt.

Man unterscheidet gegenwärtig:

**Nadeleisenerz:** Die nadelförmig krystallisirten, sowie die strahligen Vorkommen, wie solche von Lostwithiel und Botallak in Cornwall und von Příbram herrühren. Kleine Büschel feiner Nadeln finden sich zuweilen in den Kammern der Ammoniten in Württemberg, Büschel oder einzelne Nadeln im Quarz der Wolfsinsel im Onegasee (Onegit), im Amethyst von Oberstein.

Sammtblende heissen die feinfaserigen traubigen Ueberzüge mit sammtartiger Oberfläche, die bei Příbram vorkommen.

**Rubinglimmer.** Die tafelförmig krystallisirten und blättrigen Ausbildungen, welche besonders schön bei Eiserfeld im Siegen'schen, bei Raschau in Sachsen, Nadabula in Ungarn, und zwar mit Brauneisenerz vorkommen. Eine besondere Art bilden die kleinen tafelförmigen Kryställchen, die als Einschlüsse in manchen Mineralen, z. B. im Carnallit, beobachtet wurden.

**Lepidokrokit.** Schuppig faserig bis körnig, oft mit traubiger oder nierförmiger Oberfläche. Sayn in Rheinpreussen, Easton in Pennsylvanien, mit Brauneisenerz.

**Dichter Göthit in Pyritform.** Man pflegt die häufig vorkommende Pseudomorphose hierher zu rechnen, seit v. Kobell in mehreren solchen Bildungen einen dem Göthit entsprechenden Wassergehalt fand.

Der Göthit ist nicht sehr häufig, oft ist er mit Brauneisenerz und Rotheisenerz in Verbindung, auf Erzgängen erscheint das Nadeleisenerz jedoch selbstständig. Der Name soll ein Zeichen der Huldigung sein, dargebracht dem Genius des grossen Dichters, der auch dem stillen Reiche der Steine sinnige Betrachtung widmete.

**Limonit, Beudant** (Brauneisenerz).

Niemals krystallisirt, jedoch krystallinisch, und zwar faserig, dicht oder erdig. Krystallsystem rhombisch nach Pelikan.  $H. = 5 \cdot 5 \cdot 5$ , spröde. Farbe nelkenbraun, gelblichbraun, schwärzlichbraun, Strich gelblichbraun, daher die schaumigen und erdigen Arten stark ins Gelbe spielen.  $G. = 3.5$  bis  $3.96$ .

Chem. Zus.:  $Fe_4O_3(HO)_6$  oder  $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ , entsprechend 85.6 Eisenoxyd und 14.4 Wasser, doch sind fremde Beimischungen häufig. Das Verhalten ist wie beim Göthit.

Fig. 1.

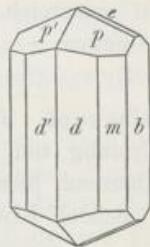
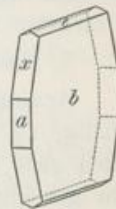


Fig. 2.



Die  
her.  
von  
an-  
in  
rige  
und  
den  
lehe

die  
ieht  
tels  
rale  
ich.  
des  
den  
dul-

Die  
lage  
ies,  
Die  
nen  
erze  
war  
als  
gan,

man  
den,  
rig,  
fer-  
und  
und  
in  
hen,

der  
(0),  
(1),

ind  
ch-

Eine vollständige Nachahmung des deutlich krystallinischen Limonits ist noch nicht gelungen. Der braune Niederschlag, welchen man in eisenoxydhaltigen Lösungen durch Ammoniak erhält, ist ein anderes Hydroxyd, nämlich  $\text{FeH}_3\text{O}_3$ , wenn aber die siedende Lösung durch heisse Natronlauge gefällt wird, so hat der Niederschlag die Zusammensetzung des Limonits. Wird der bei gewöhnlicher Temperatur erhaltene Niederschlag jahrelang unter Wasser aufbewahrt, so wird er etwas krystallinisch, und seine Zus. entspricht dem Limonit. Die Bildung des L. ist eine sehr mannigfaltige, da derselbe so ziemlich überall entsteht, wo eisenhaltige Minerale verwittern oder Eisenoxydsalze gefällt werden. Die Gattung ist demnach ungemein artenreich. Nach den Texturverhältnissen zerfallen dieselben in mehrere Abtheilungen.

#### 1. Faseriger L.

Brauner Glaskopf. Faserig, oft radialfaserig und zugleich concentrisch-schalig, als Auskleidung von Hohlräumen und Geoden. Die Oberfläche ist nicht selten glatt und glänzend, bisweilen bunt angelaufen. Stalaktitische Formen sind sehr gewöhnlich. Schöne Exemplare von Siegen, Horhausen, Schneeberg, Nadabula, Hüttenberg.

Manche Vorkommen enthalten weniger Wasser, als der Formel entspricht, und zeigen schon einen röthlichen Strich. Hierher gehört der Hydrohämatit Breithaupt's. Derlei Bildungen werden als Uebergänge zum rothen Glaskopf betrachtet, welcher nach Haidinger aus dem braunen durch allmäligen Verlust des Wassergehaltes entsteht (pag. 125). Dasselbe gilt von dichten Erzen jener Beschaffenheit, z. B. vom Turjit, doch zeigte Pelikan, dass mancher Glaskopf aus ursprünglich gebildeten abwechselnden Lagen von Limonit und Hämatit besteht.

#### 2. Dichter L.

Die dichten Brauneisenerze umfassen viele Arten. Es gibt solche, die ausgedehnte Lager bilden. Sie haben oft eine oolithische Structur, indem sie aus unzähligen kleinen rundlichen Körperchen zusammengesetzt erscheinen, welche bisweilen Splitter von Organismenresten (Bryozoön, Foraminiferen, Conchylien oder Röhren von Algen) enthalten. Sehr bekannt sind die Lager von Kressenberg und Sonthofen in Baiern, jene von Aschaffenburg, Wasseralfingen, Harzburg, sowie die ausgedehnten Ablagerungen in Luxemburg, Lothringen und im Departement der oberen Marne. Unter den heute noch fortdauernden Bildungen zeigen die später zu erwähnenden See-Erze eine merkliche Analogie.

Gangförmige Brauneisenerze sind ebenfalls häufig. Hierher gehören jene im älteren Sandstein Westphalens, der Rheinlande, der Vogesen, ebenso jene im Schwarzwald, in der Haardt und in Nassau. In den krystallinischen Silicatgesteinen, z. B. im Melaphyr, Amphibolit, lässt sich die Bildung von Erztrümmern in Folge der Zersetzung des Nebengesteins öfter deutlich verfolgen. Hier concentrirt sich der Eisengehalt, welcher dem Gestein durch die Tagewässer entzogen wird, in den Gesteinsklüften. Mit den Erscheinungen der Verdrängung treten häufig Trümer und Nester im Kalkstein auf, bisweilen auch ganze Lagerstätten, z. B. in der Eifel, öfter sind es Erzanhäufungen am Contacte zwischen Kalkstein und Silicatgesteinen, wie in Nassau, in Mähren zwischen Kalkstein

und Diabas. Pseudomorphosen, welche die Verdrängung von Kalkspath durch Brauneisenerz beweisen, wurden bei Bodenmais gefunden (s. pag. 309).

Sehr gewöhnlich sind solche Brauneisenerze, welche durch Verwitterung von Eisenspath entstanden sind (s. pag. 310). Im Kleinen ergibt sich das Resultat dieses Vorganges an den Pseudomorphosen, welche die Rhomboëder des Eisenspathes vollkommen erhalten zeigen, z. B. an jenen von Hüttenberg und Eisenerz; aber auch ganze Lagerstätten lassen durch Pseudomorphosen, Ueberbleibsel, Erhaltung der Textur u. s. w. deutlich erkennen, dass sie früher aus Eisenspath bestanden. So der schon früher genannte mächtige Stock bei Herges und Brotterode im Thüringerwald, die unregelmässige Lagerstätte am Iberg und Winterberg im Harz u. a. m. Für das Verwitterungsproduct gebraucht man öfter die Namen Schwarzerz, Blauerz. Viele Eisenspathlagerstätten sind blos am Ausgehenden in Brauneisenerz verwandelt.

Durch Verwitterung der Eisenkiese sind auch bisweilen grössere Ablagerungen entstanden, wie z. B. jene in den Staaten Neu-England, Pennsylvanien, Tennessee etc. nach den Beobachtungen von Lesley. Kleine Mengen von Brauneisenerz erscheinen bisweilen durch Umwandlung von Eisenglanz ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) und Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) gebildet. Eisenhaltige Silicate, wie Olivin, Augit, Hornblende, Biotit, liefern bei der Verwitterung oft Pseudomorphosen reich an Br. Auch Verdrängungs-Pseudomorphosen nach Gyps, Cerussit, Fluorit u. a. sind beobachtet worden.

### 3. Ocheriger L.

Lockere, gelblichbraune bis gelbe Ocher begleiten öfter in kleinen Mengen alle Limonite. Grössere, abbauwürdige Mengen des als Farbe verwendbaren Ochers bilden sich hie und da bei der Verwitterung eisenhaltiger Dolomite, z. B. am Semmering. Der geringe Eisengehalt liefert einen schaumigen Rückstand, weil die ganze übrige Substanz des ursprünglichen Minerals aufgelöst und fortgeführt wird. Als zum Limonit gehörige Ocher sind nach den Beobachtungen des Autors der Gelbeisenstein Hausm., welcher oft mit braunem Glaskopf verwachsen vorkommt, und der Xanthosiderit Schmid's anzusehen, während sonst darin ein Hydrat  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  vermuthet wurde. Aller Limonit erscheint bei feiner Vertheilung ocherig, z. B. im braunen Thoneisenstein. Hierher gehören auch die Gemenge, welche von Hausmann Umbra genannt wurden und welche etwas kieselsäurehaltig sind. Die Umbra von Cyprien darf jedoch nicht mit der kölnischen Umbra des Handels verwechselt werden, die eine aus Braunkohle bereitete Farbe ist. Auch der Hypoxanthit, als Terra di Siena bekannt, ist ein Gemenge von Brauneisenerz mit Thon.

### 4. Fettglänzender (schlackiger) L.

Ein Gehalt an Kieselsäure oder Phosphorsäure verursacht einen glatten muscheligen Bruch mit fettglänzender Bruchfläche: Stilpnosiderit (Eisenpecherz), welcher als Verwitterungsproduct entsprechender Minerale nicht selten ist. Schöne Exemplare kommen von Siegen, aus dem Westerwald, von Czerhowitz in Böhmen. Heller gefärbt ist das Kupferpecherz, das nicht selten bei der Verwitterung von Kupferkies und verwandten Mineralen gebildet wird und etwas Kupfersilicat enthält.

## 5. Löcheriger, knolliger, erdiger L. mit Sand u. s. w.

Diese Limonitarten werden oft als Raseneisenerz zusammengefasst.

Dieselben finden sich vorzüglich in Sand- und Haidegrund, bilden einzelne knollige Stücke, grössere Klumpen, auch zusammenhängende Lager. Alle enthalten Kieselsäure und Phosphorsäure, manche haben einen höheren Wassergehalt, so dass ein Hydrat  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  darin zu vermuthen ist. Beimischung organischer Substanz ist häufig zu erkennen. (Quellerz wegen des Gehaltes an Quellsäure.) Gewöhnlich umschliessen sie Sand, Geschiebe, Glimmerblättchen und andere fremde Körper. Die Bildung wurde pag. 304 erwähnt.

Das Wiesenerz Werner's ist löcherig, dunkelfarbig, dem Stilpnosiderit ähnlich. Morasterz, Sumpferz ist bald mehr dicht und ocherig, bald wie Kalktuff löcherig und zeigt Pflanzenabdrücke.

In sandigem Wiesen- und Ackergrund bilden sich bisweilen Concretionen und Vererzungen von Wurzeln etc. Die Heimat aller dieser jugendlichen Bildungen sind die feuchten sandigen Niederungen in Norddeutschland, Dänemark, Finnland, Schweden, überhaupt der nördliche Theil der gemässigten Zone.

In Schweden bildet sich am Grunde mancher Seen ein dunkler Schlamm, aus dem ocherige Schichten von See-Erz entstehen. Sie enthalten öfter Aggregate kleiner Kügelchen, analog den oolithischen Erzen. In 15 bis 30 Jahren kann eine Schichte von 10 bis 15 Ctm. Dicke gewonnen werden. Kleine Organismen, auf welche Ehrenberg aufmerksam machte, sollen bei diesem Absatz mitwirken. (Stapff, Zeitschr. d. geol. Gesellsch., Bd. 18, pag. 86.) Alle Erze dieser Abtheilung lassen sich leicht schmelzen, daher die Meinung entstand, dass mit diesen die Eisengewinnung begann. Linné's Name Tophus Tubalcaini spielt hierauf an.

## 6. Pisolithischer L.

Kügelchen von Erbsengrösse und darüber, welche schalige Textur zeigen, öfter durch ein Bindemittel verkittet, häufig mit einander zu Klumpen vereinigt sind, bilden die Bohnerze. Sie füllen Spalten und sackförmige Vertiefungen im Kalkstein oder lagern in Thalsenkungen. Sie sind als Quellenbildungen aufzufassen, analog dem Erbsenstein, pag. 298. Bekannte Fundorte sind Kandern und Mühlheim in Baden, Tuttlingen und Frohnstätten in Württemberg, auch sind die Bohnerze in Krain, in der Schweiz, im Franche Comté und anderwärts verbreitet. Manche derselben enthalten kleine Mengen von Titan, Chrom, Vanadin, Arsen. Jene, welche mit Säuren Kieselgallerte geben, nähern sich dem Chamosit.

## 7. Imprägnationen.

Das Bindemittel mancher Conglomerate und Sandsteine ist reich an Brauneisenerz. Sand, Gerölle, Thonablagerungen, Kalksteine und viele Kieselgesteine sind durch fein vertheiltes Brauneisenerz gelb oder braun gefärbt, auch die Ackerkrume zeigt oft durch ihre Farbe ihren Eisengehalt an. Im Sand, Mergel, Thon vereinigt sich das Erz häufig zu Concretionen, deren manche schalig erscheinen, wie die Eisenniere, während andere hohl sind, wie die Adlersteine, Klappersteine. Bisweilen lagern viele knollenförmige Concretionen in derselben Schichte. Davon sind jedoch solche Ablagerungen zu

unterscheiden, welche abgerollte Erzstücke auf secundärer Lagerstätte zeigen. (Unterkrain, Peine bei Hannover.)

Unter den Brauneisenerzen ist der Limonit das reinste, für die Stabeisenbereitung vorzüglich geeignet. Die Sumpferze und Raseneisensteine waren früher wegen des Phosphorgehaltes gering geachtet, indess werden dieselben gegenwärtig, da man die Entfernung des Phosphors durch Magnesit und Dolomit auszuführen gelernt hat, gleichfalls verhüttet.

#### Hämatit, Hausmann (Rotheisenerz).

Rhomboëdrisch. RW.  $93^{\circ}50'$ . Die Krystalle zeigen bisweilen das Grundrhomboëder  $R$  für sich, Fig. 1, z. B. jene von Altenberg, oft aber sind die Polkanten durch  $e = -\frac{1}{2}R$  (0112) abgestumpft, Fig. 2. An den Krystallen von Elba, Fig. 3 und 4, ist die verwendete Pyramide  $n = \frac{1}{3}P2$  (2243) die typische Form, doch kommen auch Skalenoëder, wie  $i = \frac{2}{3}R3$  (4265) und stumpfe Rhomboëder vor. Von letzteren ist  $s = \frac{1}{2}R$  (1014) gewöhnlich. In treppenförmiger Wiederholung mit  $u = \frac{2}{3}R$  (3035) bildet es die Riefen, welche auf der Kuppe der Elbaner Krystalle fast immer zu sehen sind. An den tafelförmigen Krystallen

Fig. 1.

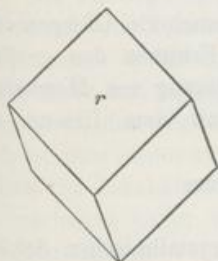


Fig. 2.

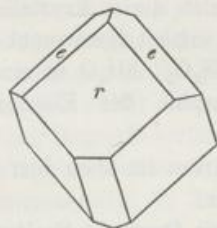


Fig. 3.

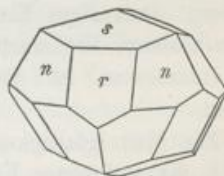


Fig. 4.

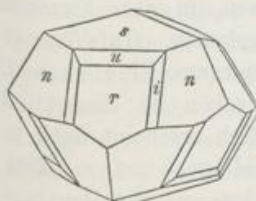


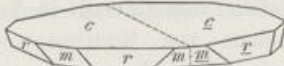
Fig. 5.



Fig. 7.



Fig. 6.



der alpinen Fundorte hat man ausser der herrschenden Endfläche  $c = oR$  (0001) eine ziemliche Mannigfaltigkeit in den Combinationen der schmalen Flächen, unter denen das verwendete Prisma  $m = \infty P2$  (1120) und das verwendete Rhomboëder  $d = -2R$  (0221) häufig sind, Fig. 5, 6. (Ueber die Formen: Strüver i. d. Schriften d. Akad. z. Turin, 1872. Bücking, Zeitschr. f. Kryst., 1877, I., 562, 1878, II., 423.)

Auf der Endfläche zeigt sich oft eine Treppnbildung parallel den Kanten  $c:d$ . Zwillinge sind nicht selten. Die Elbaner Krystalle haben  $OR$  als Zwillings-

ebene (vergl. pag. 88), die tafelförmigen hingegen  $\infty R$ , wie in Fig. 6. Es kommen auch Zwillinge nach  $R$  vor und auch Zwillingslamellen, ähnlich wie beim Korund.

Eine deutliche Spaltb. ist nicht vorhanden, die Absonderungen nach  $r$  und  $c$  dürften blos einer durch Zwillingsbildung bedingten schaligen Zusammensetzung entsprechen.  $H. = 5.5-6.5$ , spröd. Bruch muschelrig bis uneben und erdig. Die krystallisirten Arten haben Metallglanz, eisenschwarze oder dunkel stahlgraue Farbe. In sehr dünnen Schichten zeigt sich Durchsichtigkeit und ergibt sich negative Doppelbrechung. Strich kirschroth bis braunroth. Die Wirkung auf die Magnetnadel ist gering, die empfindlich gemachte Nadel wird aber deutlich angezogen.  $G. = 4.9$  bis  $5.3$ .

Chem. Zus.: Eisenoxyd  $Fe_2O_3$ , entsprechend 70 Eisen, 30 Sauerstoff. Manche Arten sind titanhaltig, fremde Beimischungen häufig. V. d. L. schmilzt er nicht, im Red.-Feuer geglüht, wird er stark magnetisch. Das Pulver löst sich nur langsam in Säuren.

Die künstliche Darstellung des krystallisirten Eisenoxydes ist schon oft ausgeführt worden, und zwar sowohl durch Schmelzprocesse als durch Anwendung von Dämpfen, pag. 269. Am leichtesten erhält man die Blättchen, nach G. Rose, durch Schmelzen von Eisenoxypulver mit Borax.

Als zufälliges Product wurden derlei Krystalle bei mancherlei Ofenprocessen erhalten. Pulveriges Eisenoxyd erhielt Senarmont durch Erhitzen des gewöhnlichen braunen Niederschlages  $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$  in einer Auflösung von Meersalz.

Interessant ist die Isomorphie des Eisenoxydes mit dem Ilmenit und Korund.

Die Mannigfaltigkeit der Arten ist auch hier sehr gross.

#### 1. Krystallisirter Eisenglanz.

Sitzende Krystalle, meist mit Quarz in Spalten der krystallinischen Schiefer und überhaupt der älteren Silicatgesteine, ferner auch in Hohlräumen von Eisenglanz-Lagerstätten sind ältere Krystallisationen. Dickere Krystalle in schöner Ausbildung finden sich auf Gängen bei Altenberg in Sachsen, in dem körnigen Eisenglanz der Insel Elba. Diese sind häufig bunt angelaufen. Tafelförmige Krystalle, bald einzeln, bald gehäuft in rosettenförmiger Gruppierung (Eisenrosen), kommen auf Spalten im Gebiete des Gotthard und sehr schön im Binnenthal vor. Auf manchen Eisenglanztäfelchen vom Cavradi in Tavetseh erscheint Rutil in regelmässiger Verwachsung, welche von Breithaupt, Haidinger und v. Rath beschrieben wurde. Die Rutilprismen sind so gelagert, dass sie die Hauptaxe senkrecht zu einer Prismenfläche am Eisenglanz und ihr 100 parallel zur Endfläche des letzteren haben. In Folge dessen spiegeln die Flächen 101 und 111 am Rutil annähernd gleichzeitig mit  $r$  und  $n$  am Eisenglanz, Fig. 7. Durch einen merklichen Titangehalt ergeben sich Uebergänge zum Titaneisenerz. Schöne Vorkommen sind auch jene von Traversella in Piemont, Framont in Nieder-Elsass, Capao in Brasilien. Dünntafelige Krystalle mit Quarz bilden schöne Drusen bei Cleator Moor in Cumberland, säulenförmige Krystalle kennt man von Reichenstein in Schlesien. Sowohl an dem Elbaner Eisenglanz als auch an alpinen Stufen wurde die Umwandlung in Magnetit mehrmals constatirt.

Als jüngere Bildung erscheint der vulkanische Eisenglanz in tafelförmigen, oft skelettartig gebildeten Krystallen in Spalten der Vesuvlava, ebenso am Aetna, der Insel Ascension, in Spalten des trachytischen Gesteines im Hargitagebirge Siebenbürgens. Ueber die Bildung s. p. 294.

Mikroskopische Täfelchen von Eisenglanz finden sich als Einschluss im Sonnenstein, Carnallit etc. und bedingen einen rothen metallischen Schiller (pag. 151).

Einzelne meist tafelförmige Kryställchen werden als accessorischer Gemengtheil in manchen Felsarten, besonders in älteren Silicatgesteinen, zuweilen auch im Steinsalz gefunden.

### 2. Blätteriger und körniger Eisenglanz.

Blätterige bis schuppige Massen (Eisenglimmer) treten untergeordnet in älteren schiefrigen Felsarten auf, zuweilen mit Eisenspath und Pyrit, z. B. bei Waldenstein in Kärnten. Locker verbundene Schüppchen geben den Eisenrahm. Im Eisenglimmerschiefer sind die Blättchen und Schuppen von Eisenglanz meist durch Quarz verbunden. Derselbe findet sich in ausgedehnten Lagern in Brasilien, Nordcarolina, ferner auch in der Marmaros und an a. O. Im Itabirit Brasiliens ist auch Magnetit beigemengt.

Der körnige Eisenglanz bildet viele bedeutende Lagerstätten, darunter die altberühmte von Elba: *Insula inexhaustis chalybum generosa metallis.* (Virgil Aen.) Die Erzmasse bildet ein stockartiges Lager, 1500 M. lang, 500 M. breit, zwischen Talkschiefer und aufliegendem körnigen Kalk. Sie zieht sich am Strande bei Rio Marina, wo der grosse Tagbau, bis zu 200 Metern hinauf. Der Eisenglanz ist mit Rotheisenerz, stellenweise auch mit Magnetit verbunden. Eingelagerter Eisenglimmer enthält die bekannten schönen Pyritkrystalle. In Spanien hat die Provinz Sevilla ein mächtiges Lager im Glimmerschiefer, in Schweden beherbergen die krystalinischen Schiefer von Gellivara, Grengesberg, Norberg, Langbänshytta die weltberühmten Lager von Eisenglanz und Magnetit, welche häufig von körnigem Kalkstein und verschiedenen Silicaten begleitet werden. Am Iron Mountain in Missouri durchsetzt eine Masse von dichtem Eisenglanz den Melaphyr und ist von Apatit begleitet. Gänge werden auch bei Rio Albano in Italien beobachtet. Verdrängungs-Pseudomorphosen nach Kalkspath kennt man von Sundwig bei Iserlohn, Markirch im Elsass, Andreasberg etc. Diese und das Vorkommen von Eisenglanz als Vererzungsmaterial von Muscheln bei Semur im Côte d'or zeigen die Bildung des Eisenglanzes aus Lösungen an.

### 3. Faseriges Rotheisenerz.

Der rothe Glaskopf (Blutstein) hat die doppelte Textur wie der braune Glaskopf, aus welchem jener nach Haidinger durch Verlust des Wassers hervorgegangen ist. Der Glanz ist gering, auf den glatten Schalenflächen ist er noch etwas metallisch. Farbe schon deutlich roth. Häufig in Sachsen, Böhmen, am Harz, in den Vogesen mit dichtem Rotheisenerz. Früher zum Poliren, gegenwärtig manchmal für Schmuckgegenstände benutzt.

### 4. Dichtes Rotheisenerz, Rotheisenstein.

Die kirschrothe oder braunrothe Farbe tritt stark hervor, Metallglanz mangelt. Die Erze sind compact, porös, oolithisch, oft mit Quarz, aber auch mit Kalkstein



gemengt. Sie scheinen in den meisten Fällen aus Brauneisenerz hervorgegangen zu sein. Dafür spricht auch die Wahrnehmung, dass Brauneisenerze in allen geologischen Formationen, Rotheisenerze vorwiegend in den älteren vorkommen. Lager von dichtem oder oolithischem Rotheisenstein sind in den alten sedimentären Schichten Böhmens verbreitet, ebenso bei Elbingerode am Harz, im rheinischen Schiefergebirge, in Westphalen, in Nassau. Sie sind öfter mit Diabas und Schalestein verknüpft. Ausgedehnte Lager werden auch im Steinkohlengebiete des nördlichen England, im Süden des Oberen Sees in Nord-Amerika und an a. O. abgebaut. Manche Rotheisensteine zeigen ein gangförmiges Auftreten, wie bei Zorge am Harz im Diabas, bei Altenberg, Geyer, Schneeberg, Johannegeorgenstadt, Eibenstock in Sachsen im Granit, Porphyry und Gneiss, bei Diez in Nassau im Porphyry. Derlei Gänge zeigen häufig die Begleitung von Manganerzen.

Manche Rotheisenerze geben sich als Verdränger des Kalksteins zu erkennen, nicht bloß in Lagern, welche Ammoniten, Korallen etc. in vollständiger Vererzung darbieten, wie solche in Nassau, am Harz vorkommen, sondern auch trümerförmige und nesterartige Vorkommen von Rotheisenstein und Quarz, welche daselbst gefunden werden, sind hierher zu rechnen. Die Pseudomorphose nach Calcit findet sich überdies häufig auf den sächsischen Rotheisenlagerstätten, ferner bei Siegen, Dillenburg, Andreasberg, Iserlohn etc. Die übrigen aus Rotheisenerz bestehenden Verdrängungs-Pseudomorphosen (nach Dolomit, Fluorit, Anhydrit etc.) entsprechen jenen aus Brauneisenerz gebildeten. Die Umwandlung von Eisenkies und jene von Eisenspath in Rotheisenerz kann man häufig constatiren, die Pseudomorphose nach Magnetit, welche an Exemplaren von Rittersgrün in Sachsen und aus Brasilien mit Sicherheit erkannt werden kann, hat Anlass zur Controverse gegeben, da Breithaupt selbe als Martit bezeichnete und für eine besondere Gattung hielt, so dass eine Dimorphie des Eisenoxydes angenommen wurde. Eisenhaltige Silicate, wie Olivin, Biotit, Granat, geben bei der Verwitterung öfter Anlass zur Bildung von Pseudomorphosen, die viel R. enthalten.

#### 5. Ocheriges Rotheisenerz.

Rother Ocher begleitet viele der genannten Erze; mit Thon gemengt, gibt er den rothen Thoneisenstein, der bisweilen durch Braunkohlenbrände eine stengelige Absonderung angenommen hat, und den Röthel. Dieser kann durch Glühen der Gelberde nachgeahmt werden.

#### 6. Imprägnationen.

In dieser Form ist das Eisenoxyd in ähnlicher Weise verbreitet wie das Brauneisenerz: als Bindemittel in Sandstein, in feiner Vertheilung in Thon, Mergel, Kalkstein. Stark imprägnirte Gesteine nennt der Bergmann eisenschüssig. Die rothe Farbe der Gesteine rührt überhaupt von diesem Erz her und wird beim Porphyry, Granit, Marmor geschätzt.

Washingtonit, Hystatit wurden Minerale genannt, welche in der isomorphen Eisenglanz-Ilmenitreihe Mittelglieder bilden. Man kann auch den Basanomelan Kobell's, d. i. jene Eisenrose, welche schon einen schwarzen Strich zeigt, hierherstellen.

#### Ilmenit (Titaneisenerz, Kibdelophan, Crichtonit).

Rhomboëdrisch, in den Winkeln und der Zwillingsbildung mit Eisenglanz übereinstimmend, jedoch der rhomboëdrisch-tetartoëdrischen Abtheilung zugehörig.

Die  
blos  
Fig.  
5...  
verse  
Salzs  
unte  
erhit

52-6  
für d  
Vork  
bind  
MgT  
wäre  
Er i  
Eise

Quar  
Sch  
Schi  
bei  
wie  
bei  
Iser  
von  
Wo  
wan

glän:  
Krys  
in g

fast  
kom  
scha  
H. =  
Und  
Mag  
Fun  
der

Eise  
puly

Die Flächen der Skalenoëder und verwendeten Pyramiden treten demgemäss öfter bloß in halber Anzahl auf, wie dies beistehende Figur im Vergleiche zu Fig. 3 beim Hämatit angibt. R. Winkel schwankend,  $93^{\circ}50'$  bis  $94^{\circ}29'$ . H. = 5...6. Farbe eisenschwarz, Strich schwarz oder braun, dadurch vom Eisenglanz verschieden. Oft nur wenig oder gar nicht, bisweilen aber stark magnetisch, durch Salzsäure nur sehr schwer zersetzbar, dadurch von dem ähnlichen Magnetit zu unterscheiden. G. = 4.3 bis 4.9. V. d. L. nicht schmelzbar, mit conc. Schwefelsäure erhitzt, eine blaue Färbung ergebend.

Chem. Zus.:  $FeTiO_3$  oder  $FeO.TiO_2$ , entsprechend 47.4 Eisenoxydul und 52.6 Titandioxyd. Diese Formel gilt aber nur für das Endglied der Reihe; z. B. für die Ilmenite von Miask, Egersund, während andere Vorkommen sich als isomorphe Mischungen dieser Verbindung mit  $Fe_2O_3$  darstellen. Einige enthalten auch  $MgTiO_3$  (Pikrotitanit Dana's von Warwick). Der Ilmenit wäre demnach zu den Titanaten (V. Classe) zu stellen. Er ist nur wegen der Isomorphie und Aehnlichkeit mit Eisenglanz hier behandelt.

Man kennt mehrere Arten. Sitzende Krystalle mit Quarz, Albit, Anatas etc. in Spalten der krystallinischen Schiefer, z. B. im Dauphiné. Schwebend gebildete Krystalle im Miascit des Ilmengebirges, in krystallinischen Schiefen, z. B. mit Apatit bei Kragerö, mit Talk und Bitterspath vom Ingelsberg bei Gastein; schwebend gebildete Täfelchen als Gemengtheil eruptiver Gesteine, wie Dolerit, Diabas. Derbe Körner in Basalt bei Unkel am Rhein. Derbe Massen bei Egersund in Norwegen. Secundär, lose als kleines Gerölle (Iserin) auf der Iserwiese im Riesengebirge, als Sand (Menaccanit) in Cornwall. Grössere Mengen von Titaneisensand in den linken Zuflüssen des St. Lorenzstromes in Canada etc. Wo der I. als Gesteinsgemengtheil auftritt, erscheint er bisweilen in Titanit verwandelt. (Leukoxen, Titanomorphit.)

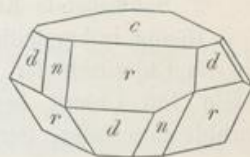
Mit Ilmenit isomorph ist der Pyrophanit  $MnTiO_3$  von Pajsberg, tiefroth, stark glänzend. Der Pseudobrookit,  $Fe_4Ti_3O_{12}$  rhombisch, dunkelbraun bis schwarz, in kleinen Krystallen auf Klüften am Aranyer Berge in Siebenbürgen, am Vesuv, Puy de Dôme, Jumilla, in grossen Krystallen bei Bamle in Norwegen.

#### Magnetit, Haidinger (Magneisenerz).

Krystalle tesseral, meist Oktaëder. Die selteneren Rhombendodekaëder zeigen fast immer eine Riefung parallel den Oktaëderkanten. Würfel und andere Formen kommen auch bisweilen vor. Zwillingsbildung nach 111 häufig, führt öfter zu schaliger Zusammensetzung. Keine deutl. Spaltb., Bruch muscheliger bis uneben. H. = 5.5...6. Farbe eisenschwarz, Strich schwarz, Metallglanz, vollständige Undurchsichtigkeit, starker Magnetismus. Manche Exemplare zeigen polaren Magnetismus, sind natürliche Magnete. Immer sind es rostige Stücke. Durch solche Funde wurden die Menschen zur Kenntniss des Magnetismus und zur Herstellung der Magnetnadeln geführt, G. = 4.9 bis 5.2.

Chem. Zus.:  $Fe_3O_4$  oder  $FeO.Fe_2O_3$ , Oxyduloxyd, entsprechend 72.4 Eisen und 27.6 Sauerstoff. Oefter titanhaltig. V. d. L. schwer schmelzbar, gepulvert durch Salzsäure leicht auflöslich, die Lösung gibt mit Ammoniak einen

Fig. 1.



schwärzlichen Niederschlag. Dieselbe muss zuvor mit Salpetersäure gekocht werden, um den braunen flockigen Niederschlag zu liefern. Die künstliche Darstellung von krystallisiertem Eisenoxyduloxyd gelingt auf sehr verschiedenem Wege, im Kleinen nach G. Rose durch Schmelzen von Eisenoxyd mit Borax in der Reductionsflamme. Als zufälliges Hüttenproduct hat man Krystalle wiederholt beobachtet.

Man kennt viele Arten. Nach dem äusseren Aussehen hat man:

1. Sitzende Krystalle.

Auf Spalten krystallinischer Schiefer finden sich zuweilen schöne Krystalle, z. B. im Binnenthal in der Schweiz. Hier zuweilen nach Seligmann eine regelmässige Verwachsung von Rutil mit M. Einzelne Krystalle und Drusen auf derbem Magnetit kommen von Traversella, Morawitza, Nordmark, Blagodot etc.

2. Schwebende Krystalle.

Häufig in krystallinischen Schiefen als accessorischer Gemengtheil, wie im Chloritschiefer aus dem Zillerthal. Die Oktaëder von Fahlun sind mit Tafeln von Chlorit bedeckt. Im Talkschiefer von Zermatt, Zöptau öfter im Hornblendeschiefer, Serpentin, Kupferkies, Eisenglanz, letzteres in den schwe-

Fig. 1.

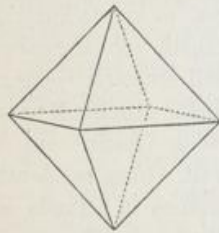


Fig. 2.

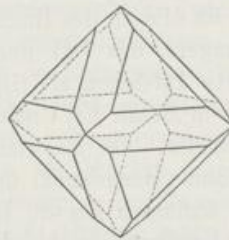
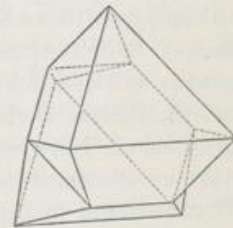


Fig. 3.



dischen Erzen. Merkwürdig sind die gestrickten Formen von M., welche nach Dana im Glimmer von Pennsbury vorkommen. Sie sind so dünn, dass zuweilen im durchfallenden Lichte eine braune Farbe erkennbar wird.

3. Deutliche Oktaëder bis zu mikroskopischen Krystälchen und Körnchen sind ein selten fehlender Gemengtheil der Massengesteine, wie Granit, Syenit, Diorit, Diabas, Melaphyr, Basalt, Trachyt. Sie sind häufig mit Augit, Hornblende, Biotit verwachsen. Die dunkle Farbe vieler Basalte, Melaphyre, Andesite etc. wird durch den Magnetit bedingt. Die im Basalt bisweilen vorkommenden derben Einschlüsse (schlackiges Magneteisen) enthalten viel Titan.

4. Körniger Magnetit.

Im Gebiete der krystallinischen Schiefer sind Lager von Magneteisenerz eine häufige Erscheinung. Kirlibaba in der Bukowina, Schmiedeberg in Schlesien, Berggiesshübel in Sachsen sind Beispiele geringerer Mächtigkeit. In Skandinavien und Finnland lagern aber kolossale Mengen von körnigem bis dichtem Magnetit, oft mit Eisenglanz vereinigt und mit Hornblende, Augit, Granat, Glimmer, Chlorit verwachsen und von mancherlei anderen Mineralen begleitet, im Gneiss, Chloritschiefer etc. Dannemora, Gellivara, Arendal bezeichnen einige der grössten Lagerstätten. Enorme Erzmassen treten aber auch in den Staaten New-York,

New-Jersey, Pennsylvanien auf, wo dieselben meist im Gneiss lagern. In ihrer Art unübertroffen sind die stockförmigen Massen im Ural, welche mit augit- und hornblendeführenden Massengesteinen verbunden sind. Von Nord nach Süd gezählt, folgen die Magneteisenberge Katschkanar, Blagodat, Wissokaja Gora und Magnitnaja Gora aufeinander. Die Wissokaja ist am reichsten, sie liefert jährlich über  $3\frac{1}{2}$  Millionen Centner Erz. Am Katschkanar finden sich natürliche Magnete. Eine kleine, wegen des Mineralreichthums interessante Lagerstätte ist Traversella in Piemont. Auf Elba begleitet M. den Eisenglanz. Dass er hier wenigstens theilweise aus diesem Mineral entstand, beweisen die durch v. Rath entdeckten Pseudomorphosen. Die Umwandlung von Eisenglanz in Magnetit zeigen aber auch andere Vorkommen, z. B. von Morawitza, aus dem Binnenthal etc. Ein mulmiges Magneteisenerz (Eisenmulm) kennt man von Siegen. Es ist wahrscheinlich in Folge eines Braunkohlenbrandes aus Eisenspath entstanden.

#### 5. Secundäre Lagerstätten.

Durch die Zerkleinerung jener Felsarten, welche Magnetit als Gemengtheil enthalten, und durch den natürlichen Schlammprocess bilden sich an vielen Orten Ablagerungen von Magneteisensand, welcher häufig titanhaltig ist (magnetischer Titaneisensand), wohl zum Theil durch beigemengten Ilmenit. So am Strande der Ostsee, stellenweise am mittelländischen Meer, an den Ufern des Lake Superior, am unteren St. Lorenzstrom. In Californien, Oregon, der Nordinsel Neuseelands, sind diese Eisensteinseifen auch goldhaltig. Grössere Stücke von Magneteisenerz finden sich oft lose in der Nachbarschaft der Lagerstätten, oder sie bilden, durch ein Bindemittel vereinigt, feste Massen, wie die Tapanhoacanga genannte Ablagerung Brasiliens, welche Stücke von Magnetit, Eisenglanz und Brauneisenerz und Gesteinstrümmer enthält.

Der Magnetit liefert bei der Verwitterung Brauneisenerz oder auch Rotherzeisenerz. Der letztere Vorgang lässt sich durch Einwirkung von kohlenstoffhaltigem Wasser erklären, welches Eisenoxydul auflöste, während  $Fe_2O_3$  zurückblieb (s. pag. 306).

Der Limonit, Hämatit und Magnetit sind die Eisenerze, welche zusammen mit dem Eisenspath die Grundlage der Eisenindustrie bilden. Der Magnetit steht in der Reihe obenan, die Eisenglimmer und die titanhaltigen Erze werden am wenigsten geschätzt. Die Eisenerzeugung hat gegenwärtig eine erstaunliche Höhe erreicht. Das meiste Eisen produciren: Grossbritannien 7.1 Millionen Tonnen, die Vereinigten Staaten in N.-A. 7.2 Millionen Tonnen, Deutschland 4.9 Millionen Tonnen nach den Ausweisen für das Jahr 1893. Die Gesamtproduction auf der ganzen Erde wurde für dasselbe Jahr auf 25 Millionen Tonnen geschätzt. Die Darstellung des Eisens erfolgt gegenwärtig fast allgemein durch den Hochofenbetrieb. Das erhaltene erste Product wird meistens weiter gereinigt und zu Schmiedeeisen oder Stahl verarbeitet. Man unterscheidet:

A) Roheisen, welches nicht schmiedbar ist und 2.3 bis 5 Proc. Kohlenstoff enthält. Davon ist das graue Roheisen durch ausgeschiedene Graphitblättchen dunkel. Es wird öfter zu Gusswaaren verwendet (Gusseisen). Das Weisseisen ist licht, zeigt keinen Graphit und enthält bis 5 Proc. Mangan. Das

ocht  
Dar-  
nem  
x in  
holt

alle,  
egel-  
bem

eil,  
mit  
im  
awe-

nach  
eilen

chen  
enit,  
nde,  
etc.  
rben

nerz  
sien,  
vrien  
netit,  
mer,  
eiss,  
sten  
York,

Spiegeleisen ist noch heller und härter, zeigt grosse Spaltflächen, 6 bis 20 Proc. Mangan; bei noch höherem Mangangehalt heisst das Product Ferromangan. Die drei letzten Eisensarten sind Zwischenproducte für die Stahlbereitung.

B) Schmiedbares Eisen, das nur bis zu 2·3 Proc. Kohlenstoff enthält und in Schmiedeeisen mit geringem Kohlenstoffgehalt, ferner in Stahl mit 0·6 bis 2·3 Proc. Kohlenstoff zerfällt. Diese beiden können entweder aus dem teigigen Zustande aus Roheisen erhalten werden (Schweisseisen oder Frischeisen, Puddel-eisen, ferner Schweisstahl oder Frisch- oder Puddelstahl), oder sie werden aus dem flüssigen Zustande erhalten (Flusseisen, wozu das Bessemer-eisen gehört; Flusstahl, wozu der Bessemerstahl und Gusstahl gehören). (Technisches in Stölzel's Metallurgie, Dürre's Handbuch des Eisengiessereibetriebes, Kerl's Grundriss der Eisenhüttenkunde.)

An den Magnetit schliessen sich die damit isomorphen: der Magnesioferrit (Magnoferrit), ein vulcanischer Magnetit vom Vesuv, Mont d'Ore, nahezu  $MgO \cdot Fe_2O_3$ , der Jacobsit  $MnO \cdot Fe_2O_3$ , der Franklinit, eine Mischung von  $ZnO \cdot Fe_2O_3$  mit Magnetit und den vorigen Verbindungen. Letzteres Mineral bildet bei Franklin und bei Stirling in New-Jersey theils Lager für sich, theils wird es von Kalkspath umgeben und von Rothzinkerz, Willemit, Troostit etc. begleitet. Strich braun, Magnetismus sehr gering. Bleihaltig ist der Plumboferrit.

#### Chromit, *Haidinger* (Chromeisenerz).

Oktaëdrische Krystalle, Körner oder derbe körnige Massen in Serpentin, selten im Dolomit. Bruch muschelig bis uneben. H. = 5·5, Farbe bräunlich-schwarz, Strich braun, Glanz halbmatt bis fettartig, meist nicht magnetisch. Chem. Zus.:  $FeO \cdot Cr_2O_3$  in isomorpher Mischung mit den Substanzen des Magnetits und Spinells. V. d. L. unschmelzbar. Wird das Pulver mit Salpeter geschmolzen, die Schmelze mit Wasser behandelt, so erhält man eine durch chromsaures Kali gelbgefärbte Lösung. Krystalle von der Zus. des Chromits wurden von Ebelmen dargestellt, pag. 270.

Der Ch. hat seine Heimat im Serpentin, welcher keine ursprüngliche Felsart, sondern durch Metamorphose aus Olivinfels entstanden ist. Die Bildung wird dadurch erklärt, dass bei der Umwandlung des Olivins der Chromgehalt des letzteren in die Oxydform übergeführt wurde. S. pag. 124 und 311.

Serpentin mit Gängen und Nestern von Chromit findet sich bei Kraubat in Steiermark, Eibenthal im Banat, Tromsö, Rohammer in Norwegen, Wooded Peak in Neuseeland u. a. O. Uebergänge zum Picotit wurden Chrompicotit genannt. Der Chromit wird zur Herstellung der Chromfarben und überhaupt der Chrompräparate benutzt.

Wegen der chemischen Analogie ist hier noch das Uranpfecherz (Uranin, der Nasturan Kobell's) zu erwähnen, welches zuweilen in Oktaedern, meistens jedoch in derben oder auch nierförmigen Massen vorkommt und wesentlich  $U_3O_8$  zu sein scheint. Joachimsthal in Böhmen, Marienberg, Annaberg in Sachsen, Mitchell Cty. in Nordcarolina, auch in Connecticut, Colorado u. a. O. Es wird zur Herstellung der theuren Uranpräparate benutzt.

Der Coracit nähert sich dem vorigen, auch der Cleveit, in welchem der neue Grundstoff Helium nachgewiesen wurde, ist demselben verwandt.

## IV. Classe: Spinellide.

Diese Abtheilung enthält die salzartigen Verbindungen, welche von den Hydroxyden der beiden einfachen Stoffe Aluminium und Bor abgeleitet werden.

## 1. Ordnung: Aluminate.

Spinell  $MgAl_2O_4$  tesseral, Chrysoberyll  $BeAl_2O_4$  rhombisch 0.470:1:0.580.

Krystallisirte Minerale von bedeutender Härte (7 bis 8.5). Unschmelzbar, durch Säuren, selbst durch Flussäure nicht zersetzbar, durch Schmelzen mit saurem schwefelsauren Kali aufschliessbar. G. = 3.5 bis 4.9.

**Spinell.**

Meistens Oktaëder, einfache Krystalle oder Zwillinge nach 111, zuweilen auch mit (110), (311), selten (100). Ueber die polysynthet. Zwillinge: Strüver, Zeitschr. f. Kryst., II., 480. Die Krystalle sind häufig einzeln, eingeschlossen, selten in Drusen vereinigt. Bruch muschelig, keine deutl. Spaltb. H. = 8. Glasglanz, durchsichtig bis undurchsichtig. G. = 3.5 bis 4.1.

Chem. Zus.:  $MgO \cdot Al_2O_3$ , entsprechend 28 Magnesia und 72 Thonerde, gewöhnlich als Typus jener isomorphen Gruppe angesehen, welche ausser den

Fig. 1.

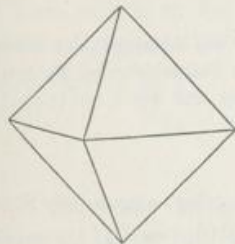


Fig. 2.

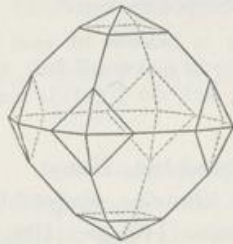
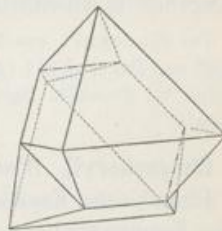


Fig. 3.



folgenden zum Spinell gehörigen Gattungen auch die zuletzt angeführten Erze, den Magnetit, Franklinit etc., umfasst. S. pag. 262. Die Spinelle enthalten aber ausser der hauptsächlichen Verbindung auch isomorphe Beimischungen. Ebelmen hat nicht nur die natürlichen Mischungen nachgeahmt, sondern auch noch manche andere in Krystallen dargestellt. V. d. L. ist der Sp. unschmelzbar, durch Säure wird er nicht angegriffen, beim Schmelzen mit saurem schwefelsauren Kali aber aufgeschlossen.

Nach Genth, welcher Pseudomorphosen aus Hindostan beschrieb, bildet sich Sp. zuweilen aus Korund, nach Becke auch aus Pyrop.

Man unterscheidet:

Edlen Spinell. Selten farblos, oft rosenroth, carminroth, cochenille-, hyacinth-, blutroth. Oft als Edelstein benutzt. Die hochrothen werden Rubin-spinell, die blassrothen Balas-Rubin, die bläulichrothen Almandin-spinell, die gelblichrothen Rubicell genannt. Die rothe Farbe soll durch den Gehalt an Chromoxyd bedingt sein. Die meisten kommen aus Ceylon, wo dieselben lose im

Sande mit Pleonast, Sapphir, Zirkon, Granat etc. gefunden werden. Um bei geschliffenen Steinen sicher zu sein, dass man nicht einen rothen Spinell statt eines Rubins kauft, wird man eine Untersuchung im polarisirten Lichte ausführen. Der Sp. ist durch die einfache Lichtbrechung kenntlich. Auch mittels des Dichroskopes lässt sich die Unterscheidung machen, da der Sp. keinen Pleochroismus zeigt.

Halbedle Sp. Der blaue, welcher im Kalkspath von Aker in Södermanland, von Sussex County in New-York vorkommt, enthält etwas  $\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  beigemischt, der grüne (Chlorospinell) aus dem Chloritschiefer von Slatoust etwas  $\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Pleonast (Ceylanit). Die schwarzen Spinelle, in welchen die beiden letztgenannten Verbindungen beigemischt sind. Ueber die Formen: Strüver, Zeitschr. f. Kryst., I., 233. Eine Art ist ein ausgezeichnetes Contactmineral. Die grössten Krystalle von Warwick und Amity in New-York, formenreiche im Albanergebirge, einfachere an der Somma, im Fassathal, überall im Kalkspath mit Augit, Hornblende, Biotit, Vesuvian etc. Zuweilen wird eine Umwandlung von P. in ein weiches wasserhaltiges Gemenge, dem Speckstein oder dem Völknerit ähnlich, beobachtet. Als Gesteinsgemengtheil scheint der P. selten vorzukommen, dagegen findet er sich öfter auf secundärer Lagerstätte auf Ceylon, der Iserwiese im Riesengebirge etc. Picotit, von schwarzer Farbe und bräunlichem Strich enthält ausser den Bestandtheilen des vorigen auch Chromoxyd, kommt zuweilen als Gemengtheil in Olivinfels und Serpentin vor.

Der Hereynit von Ronsberg in Böhmen ist nach Fischer ein Gemenge von Pleonast, Magnetit etc. Der Gahnit (Automolit) ist Zinkspinell  $\text{ZnO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ . In Talkschiefer bei Fahlun, mit Franklinit bei Franklin. Dazu gehört auch der Dysluit von Stirling und der Kreitonit von Bodenmais.

#### Chrysoberyll, Werner (Cymophan, Haüy).

Rhombische Krystalle, im Gesteine eingeschlossen, oder abgerollte Stücke. Häufige Formen sind  $a = (100)$ ,  $m = (110)$ ,  $s = (120)$ ,  $b = (010)$ ,  $i = (011)$ ,  $o = (111)$ ,

Fig. 1.

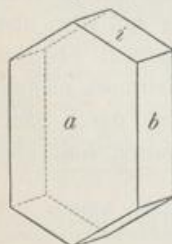


Fig. 2.

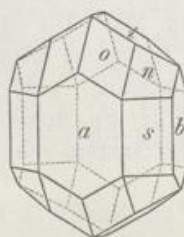


Fig. 3.

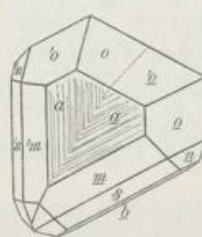
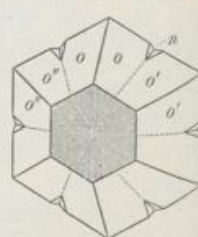


Fig. 4.



$n = (121)$ , Fig. 1 und 2. Winkel  $(110) = 50^\circ 22'$ ,  $W. (120) = 86^\circ 27'$ . Wichtig ist der  $W. \ddot{i} = (011) = 60^\circ 14'$ . Die Fläche  $a$  ist immer vertical gerieft. Zwillingbildungen sind sehr gewöhnlich nach dem Gesetze: 031 die Zwillingsebene. Die Wenzwillinge, bestehend aus Individuen in drei Stellungen, haben, wofern kein einspringender Winkel erkennbar ist, völlig das Aussehen hexagonaler Krystalle. Spaltb. deutlich nach  $b$ , undeutlich nach  $a$ , Bruch muschelig,  $H. = 8.5$ . Glasglanz, im

Brüche fast Fettglanz, durchsichtig bis durchscheinend. Grünlichweiss, spargelgrün, olivengrün, grasgrün, öfter mit schönem Pleochroismus. A. E. parallel  $\bar{b}$ , die erste Mittellinie ist parallel der aufrechten Axe, positiv, Axenw.  $28^\circ$ . G. = 3.65 bis 3.8.

Chem. Zus.:  $BeO \cdot Al_2O_3$  entsprechend 19.8 Beryllerde und 80.2 Thonerde, doch immer mit einem geringen Eisengehalt. Ebelmen hat Krystalle auch dieser Verbindung dargestellt.

Der spargelgrüne Ch. aus Brasilien und Ceylon wird lose im Sande gefunden. In jenem aus Brasilien beobachtete Brewster Einschlüsse einer stark ausdehnenden Flüssigkeit in schichtenförmiger Anordnung. Der bläuliche Lichtschein, den viele Exemplare zeigen, dürfte von feinen, parallel der  $c$ -Axe gestreckten Canälen herrühren. Solche Steine werden, mugelig geschnitten, gern als Schmuckstein getragen. Sie haben Aehnlichkeit mit dem Katzenauge, zeigen aber einen schöneren wogenden Schein ( $\alpha\beta\mu\alpha$ , Woge, daher Cymophan). Die gelbgrünen, im Gneiss von Marschendorf in Mähren vorkommenden Krystalle lassen oft eine Zwillingsbildung erkennen. Bei Stretinsk an der Takowaja im Ural finden sich Zwillinge wie in Fig. 3 und Wendezwillinge wie in Fig. 4 (Alexandrit), im auffallenden Lichte smaragdgrün bis grasgrün, im durchfallenden, besonders im Kerzenlichte, colombinroth. Bei Haddam in Connecticut trifft man ähnliche Drillinge im Granit.

Der Ch. ist krystallographisch ganz verschieden von den Mineralen der Spinellgruppe, obgleich die chem. Zus. eine analoge ist. Dagegen stimmt er, wie G. Rose zeigte, in der Form nahezu mit Olivin überein, welcher blos atomistische Gleichartigkeit darbietet.

Chrysoberyll	$BeAl_2O_4$	(110) = $50^\circ 22'$	(011) = $60^\circ 14'$	Spaltb. 010, auch 100
Olivin	$Mg_2SiO_4$	$49^\circ 58'$	$60^\circ 48'$	> > > >

## 2. Ordnung: Borate.

Minerale von geringer Verbreitung. Die wasserfreien sind von grösserer Härte (5 bis 8), die wasserhaltigen aber weich (H. nur bis 3.5). Nach dem Auflösen oder Aufschliessen geben alle eine deutliche Reaction auf Bor (pag. 232). Die chemische Zusammensetzung ist öfter complicirt. Nur wenige Gattungen sind von der dreibasischen Säure  $H_3BO_3$  ableitbar, mehrere von der einbasischen  $HBO_2$ , von deren Vielfachen oder von partiellen Anhydriden (pag. 250).

### a) Wasserstofffreie Borate.

Jeremejewit	$AlBO_3$	hexag. 1 : 0.68358, fast farblos, Berg Sektuj, Nertschinsk.
Nordenskiöldin	$CaSnB_2O_6$	rhomboëdr. 1 : 0.8221, gelb, Insel Arö, Norwegen.
Ludwigit	$Mg_3B_2O_6 \cdot Fe_3O_4$	rhombisch, 0.988 : 1 : —
Pinakiolith	$Mg_3B_2O_6 \cdot Mn_3O_4$	» 0.83385 : 1 : 0.5881, Langban, Schweden.
Boracit	$Mg_7Cl_2B_{10}O_{30}$	mimetisch-tetraëdrisch.
Rhodizit	$KAl_2B_3O_8?$	tetraëdrisch, Schaitansk, Ural.

### Boracit, Werner.

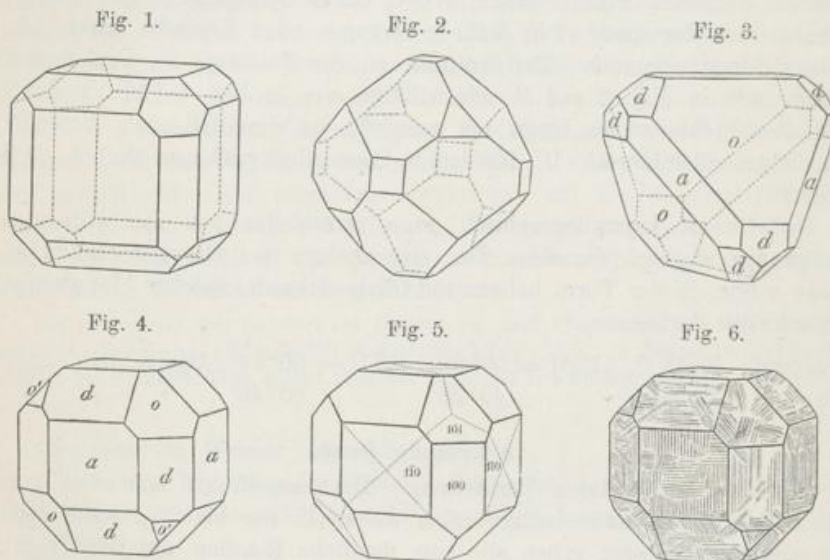
Gegenwärtig in theoretischer Beziehung eines der interessantesten Minerale. Krystalle einzeln, selten in Gruppen, schwebend gebildet, von anscheinend tesseraler Form, der tetraëdrischen Abtheilung entsprechend. Die Flächen  $o$  glatt,



die des anderen Tetraeders  $o'$  ziemlich matt oder uneben.  $a = (100)$ ,  $d = (110)$  sind gewöhnlich, Fig. 1, 2, 3; andere wie  $\alpha$  (211),  $\alpha$  (531) sind seltener.

Die Form der Aetzfiguren, der zuweilen erkennbaren Subindividuen und das optische Verhalten zeigen übereinstimmend, dass die Krystalle mimetische seien, was zuerst von Mallard behauptet wurde.

Jeder Krystall besteht aus vielen optisch zweiachsigem Individuen nach dem Gesetze, dass Ebenen, welche bei tesseraler Auffassung mit (110) zu bezeichnen sind, als Zwillings Ebenen fungiren. Im einfachsten Falle ist jede Fläche des Rhombendodekaeders Fig. 4 zugleich die Endigung eines einfachen Krystalls, daher deren 12 vom Mittelpunkte des Sammelkrystalls ausstrahlen. In jedem ist die A. E. parallel der längeren Rhombendiagonale und die negative Mittellinie senkrecht zur Aussenfläche. Das Krystallsystem der Individuen kann als hemi-



morph-rhombisch oder als monoklin gedeutet werden. Dann wird  $d = (100)$ ,  $a = (110)$ ,  $o = (101)$ ,  $o' = (10\bar{1})$ . S. Fig. 4 u. 5. In der Regel bestehen die Boracitkrystalle zum grösseren Theil aus dünnen Lamellen, die parallel einer Fläche  $d$  oder auch parallel einer Fläche  $o$  gestreckt sind, immer aber jene 6 Orientirungen zeigen, welche obigem Gesetze entsprechen. Fig. 6 zeigt an, in welcher Art die äusseren Flächen von jenen Lamellen geschnitten werden.

Durch Erhitzen werden, wie Klein und Mallard beobachteten, vielfach Umstellungen hervorgerufen. Manche Lamellen verschwinden, andere bilden sich, jedoch immer in den bezeichneten 6 Stellungen. Bei  $265^\circ$  wird die Platte einfachbrechend. (S. pag. 214 und 215.)

Spaltb. nicht bemerkbar, Bruch muscheligg. H. = 7. Glasganz, in den Diamantganz geneigt, durchsichtig bis trübe, farblos oder weiss, grünlich, gelblich, graulich. Durch Erwärmung wird der B. polar elektrisch, wobei sich  $o$  und  $o'$  entgegengesetzt verhalten. G. = 2.9 bis 3.

Chem. Zus.:  $Mg_7Cl_2B_{16}O_{30}$ , entsprechend 26.9 Magnesia, 10.6 Chlormagnesium und 62.5 Borsäure. Ein geringer Gehalt an Wasser, Eisen, Calcium wird öfter gefunden. Die Formel erklärt sich durch Ableitung von dem sauren Salze  $Mg_7H_2B_{16}O_{32}$ , der Säure  $HBO_2$  entsprechend, worin zwei Hydroxylgruppen durch Cl ersetzt sind. Die künstliche Darstellung gelang Heintz durch Zusammenschmelzen der Bestandtheile. V. d. L. schmilzt der B. schwer unter Aufwallen zur Perle, die heiss klar, kalt aber trüb erscheint und faserig ist. Durch Salzsäure wird das Pulver langsam aufgelöst. Bei der Verwitterung nimmt der B. Wasser auf und wird faserig. Die Fasern gehen vom Centrum aus und ordnen sich nach 12 Systemen, den früher genannten Individuen entsprechend (Parasit Volger's).

Der B. findet sich in der Form der beschriebenen Krystalle in Gyps und Anhydrit eingeschlossen bei Lüneburg und Segeberg, im Carnallit bei Stassfurt und Westeregeln, in strahligen Knollen als Stassfurtit in der Carnallitregion des Stassfurter Salzlagers. Die Substanz des B. rührt wahrscheinlich aus dem Meerwasser her.

Der Ludwigit von Morawitza, schwarzgrün, faserig, mit  $H. = 5$ , kann als Doppelverbindung  $Mg_3B_2O_4 + Fe_3O_4$  aufgefasst werden und entsprechend der Pinakiolith. Der Warwickit ist titanhaltig.

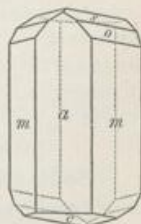
b) Wasserstoffhaltige Borate.

Borax	$2NaH_2B_2O_6 + 5H_2O$	monoklin	1.0995 : 1 : 0.5632, $\beta = 73^\circ 25'$ .
Hamborgit	$HOBe_2BO_3$	rhombisch	0.79877 : 1 : 0.72676, Langesundfiord, Norwegen.
Pinnoit	$MgB_3O_4 + 3H_2O$	tetragonal	1 : 0.7609, Stassfurt.
Colemanit	$CaHB_3O_6 + 2H_2O$	monoklin	0.77484 : 1 : 0.54100, $\beta = 69^\circ 51'$ .

**Tinkal, Hausmann (Borax).**

Monoklin, gewöhnlich die Formen  $a = (100)$ ,  $m = (110)$ ,  $b = (010)$ ,  $s = (11\bar{1})$ ,  $o = (22\bar{1})$  zeigend. Winkel  $(110) = 87^\circ 0'$ ,  $cm = 78^\circ 40'$ ,  $oo' = 83^\circ 20'$ . Die Form hat Aehnlichkeit mit der des Augits. In beistehender Figur ist dieselbe so gezeichnet, dass  $\bar{1}00$  vorn und  $c = 00\bar{1}$  unten erscheint. Fettglänzend, durchsichtig, farblos oder graulich. Platten parallel zu  $b$  geschnitten, zeigen sehr schön die Erscheinung der gedrehten Dispersion. Die erste, negative Mittellinie ist nämlich parallel der  $b$ -Axe, und es sind  $100. c = 145^\circ 26'$  (roth),  $144^\circ 42'$  (grün). A. W. =  $59^\circ 23'$  (gelb). Der T. ist im Wasser löslich, 1 Theil in 14 Theilen, und hat einen süsslich-alkalischen Geschmack.

Fig. 1.



Chem. Zus.:  $2NaH_2B_2O_6 + 5H_2O$  oder  $Na_2B_4O_7 + 10H_2O$ , mit 16.2 Natron, 36.7 Borsäure, 47.1 Wasser. Beim Erwärmen verliert er  $5H_2O$ . V. d. L. bläht er sich stark auf, bewirkt eine gelbe Flammenfärbung, schmilzt zur durchsichtigen Perle.

Der T. bildet sich an den Rändern von Seen in Tibet, welche in der Mitte auch Steinsalz absetzen. Von dort kam das rohe, oft verunreinigte, daher fettig anzufühlende Salz zuerst unter dem Namen T. nach Europa. In einigen kleinen Seen Californiens und Nevadas wird er auch angetroffen, besonders in grossen

Krystallen im Schlamm des seichten Cleare-Sees. Die künstliche Darstellung aus der natürlich vorkommenden Borsäure wird an den Soffioni in Toscana ausgeführt. Dort fand Bechi auch ein Salz mit  $6\text{H}_2\text{O}$  Krystallwasser. Man kennt auch einen künstlichen rhomboëdrischen Borax, welcher nur  $5\text{H}_2\text{O}$  enthält.

Die technische Verwendung ist eine mehrseitige: Zum Löhnen, zu Gläsern, Glasurmassen, Firnissen, als Heilmittel, zur Conservirung von Fleisch etc.

Der Bechilit (Borocalcit) aus Toscana ist ein saures Calciumsalz  $\text{CaH}_2\text{B}_4\text{O}_8 + 3\text{H}_2\text{O}$ .

Der Ulexit (Natroborocalcit, Boronatrocalcit, Hayesin, Tinkalcit), die beiden vorigen Verbindungen enthaltend, wurde unter dem Namen Tiza aus Peru eingeführt. Aehnlich demselben ist der Kryptomorphit und Franklandit, einen Kieselgehalt zeigt der Howlit (Silicoborocalcit).

Der Colemanit  $\text{CaH}_2\text{B}_4\text{O}_8 + 2\text{H}_2\text{O}$  von San Bernardino Cty. in Californien bildet oft schöne, grosse, monokline Krystalle. Der zugehörige Pandermit (Priccit) kommt in grosser Menge am Marmarameere vor und dient zur Boraxfabrication; ähnlich ist der Hydroboracit, jedoch magnesiumhaltig.

Als ein kalium- und magnesiumhaltiges Borat wurde der monokline Hintzëit von Stassfurt erkannt. Der Szajbelyit ist ein Magnesiumborat, ebenso der Sussexit, dieser jedoch mit Manganengehalt. Der Lagonit ist ein Eisenoxydborat, der Larderellit Ammoniumborat.

## V. Classe: Silicoide.

Dieselbe umfasst die salzartigen Verbindungen, welche sich von der Kohlensäure, Kieselsäure, Titansäure, Zirkonsäure ableiten. Es ist die umfangreichste Classe.

### 1. Ordnung: Carbonate.

Alle diese Minerale sind durch Behandlung mit Säure leicht als hierher gehörig erkennbar. Die Härte übersteigt niemals 4.5. Das G. reicht aber bis 6.6 hinauf.

#### a) Wasserstoffhaltige und basische Carbonate.

Thermonatrit	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	rhombisch	0.8268	:1:0.8089.	
Soda	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$	monoklin	1.4828	:1:1.4186, $\beta = 57^\circ 40'$ .	
Trona	$\text{Na}_2\text{HCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$	"	2.9676	:1:2.8460, $\beta = 77^\circ 23'$ .	[Penn.]
Nesquehonit	$\text{MgCO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	rhombisch	0.64446	:1:0.45678	Sinterbildg. Nesquehoning.
Hydromagnesit	$\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Mg}_2\text{C}_3\text{O}_8 + 3\text{H}_2\text{O}$	"	1.0379	:1:0.4652.	
Gaylussit	$\text{CaNa}_2\text{C}_2\text{O}_6 + 5\text{H}_2\text{O}$	monoklin	1.4897	:1:1.4442, $\beta = 78^\circ 27'$ .	
Lanthanit	$\text{La}_2\text{C}_3\text{O}_8 + 9\text{H}_2\text{O}$	rhombisch	0.9528	:1:0.9023, Bastnäs, Schweden.	
Malaehit	$\text{H}_2\text{O}_2 \cdot \text{Cu}_2\text{CO}_3$	monoklin	0.88093	:1:0.40118, $\beta = 61^\circ 50'$ .	
Azurit	$\text{H}_2\text{O}_2 \cdot \text{Cu}_3\text{C}_3\text{O}_8$	"	0.85012	:1:0.88054, $\beta = 87^\circ 36'$ .	

#### Soda (Natron, kohlen-saures Natron).

Die Krystalle der Fabriken sind monoklin.  $(110) = 109^\circ 19'$ ,  $111 : \bar{1}\bar{1}\bar{1} = 103^\circ 32'$ . Die ursprüngliche Zus. ist  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$  mit 63 Percent Wasser. An der Luft verstäuben die Krystalle rasch, und es hinterbleibt Thermonatrit  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Letzteren sieht man bisweilen in rhomb. Krystallen unter dem Gemenge, welches Soda genannt wird und sich als Absatz der Natronseen in Egypten, Ostindien und Californien, als Ausblüfung des Bodens in der Ebene von Debreczin findet (pag. 303). Dieses wird gereinigt in den Handel gebracht. Gegenüber der massenhaften Darstellung der künstlichen Soda aus Kochsalz haben diese Quantitäten wenig zu bedeuten. In geringen Mengen wird



der mehrlige Beschlag von Natroncarbonat hie und da auf Gesteinen beobachtet, auch an Vulkanen gefunden (pag. 294). Da Kalksteinpulver mit Lösungen von  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  oder  $\text{K}_2\text{SO}_4$  oder  $\text{NaCl}$  erwärmt beim Eindampfen zur Bildung von kleinen Mengen  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  Anlass gibt, so ist damit angedeutet, wie durch oftmaliges Eintrocknen der Bodenwässer auf Kalk- und Mergelablagerungen Soda gebildet wird.

Mit der Soda und dem Thermonatrit kommt in den Absätzen der Natronseen auch ein saures Carbonat:  $\text{Na}_3\text{HC}_2\text{O}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$  von monokliner Form vor, welches in Fezzan auch für sich oberflächliche Schichten bildet und als Trona in den Handel gebracht wird. Es wird auch als Absatz eines Sees bei Merida in Venezuela gefunden und Urao genannt. Ein Begleiter des letzteren ist der Gaylussit,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$ , monoklin, welcher auch in Nevada gefunden wird. Diese Verbindung bildet sich auch beim Leblanc'schen Sodaprocess. Früher wurden die als Gerstenkörner bezeichneten Pseudomorphosen (Thinolith King's), welche sich in Nevada, bei Sangerhausen in Thüringen, in Schleswig etc. finden und aus  $\text{CaCO}_3$  bestehen, von Gaylussit abgeleitet.

Zu den basischen Carbonaten gehört der Hydromagnesit  $\text{H}_2\text{O}_2\text{Mg}_4\text{C}_3\text{O}_6 + 3\text{H}_2\text{O}$ , der öfter im Serpentin vorkommt. Von Predazzo in Südtirol ist ein marmorähnliches Gemenge von Kalkstein und Hydromagnesit bekannt, welchem die Namen Predazzit und Pencatit gegeben wurden. Darin erscheint der H. pseudomorph nach Periklas. Der Lansfordit von Lansford in Pennsylvanien (triklin) unterscheidet sich vom H. durch einen hohen Wassergehalt. Der Hydrodolomit (Hydro-magnocoleit) und der Lancasterit scheinen Gemenge zu sein.

Der Dawsonit, weiss, strahlig,  $\text{H} = 3$ ,  $\text{G} = 2.4$ , ist  $\text{H}_2\text{O}_2\text{AlNaCO}_3$ . Montreal in Canada, Pian Castagnajo in Toscana.

#### Zinkblüthe, Karsten (Hydrozinkit, Kennigott).

Ein weisses bis gelbliches, dichtes oder erdiges Mineral, welches oft schalige Ueberzüge, Stalaktiten oder löcherige Massen bildet, an der Oberfläche oft nierförmige Gestalten zeigt.  $\text{H} = 2.25$ . Im Striche glänzend. Ist wesentlich basisches Zinkcarbonat. Mit Galmei, Zinkspath, bei Bleiberg und Raibl in Kärnten, Santander in Spanien, Iglesias auf Sardinien. Bei Raibl auch als gegenwärtig fortdauernde stalaktitische Bildung.

Als basische Carbonate, welche Zink und Kupfer enthalten, sind anzuführen der spangrüne Aurichaleit (Messingblüthe), der Buratit.

#### Malachit, Wallerius.

Gewöhnlich faserig bis dicht, mit nierförmiger oder traubiger Oberfläche oder auch in stalaktitischen Formen, blätterig, erdig. Selten krystallisiert in monoklinen, säulenförmigen, einfachen Krystallen oder Zwillingen. Winkel  $(110) = 75^\circ 40'$ . Spaltb. nach 001 und 010 volk.  $\text{H} = 3.5..4$ . Diamantglanz, Glasglanz, Seidenglanz. Wenig durchsichtig bis trübe. Farbe smaragdgrün bis spangrün, Strich gleichfarbig heller.  $\text{G} = 3.7$  bis  $4.1$ . Krystalle kommen von Dillenburg und Betzdorf bei Siegen, Nischni Tagil; blätteriger Malachit von dort, sowie von Moldawa, Linares etc. dichter wurde bei Schwaz in Tirol gefunden u. s. w.

Chem. Zus.:  $(\text{HO Cu})_2 \text{CO}_3$ , ein einfaches basisches Salz (s. pag. 253), entsprechend 72 Kupferoxyd, 19.9 Kohlensäure, 8.1 Wasser. Im Kolben liefert er Wasser und wird schwarz, v. d. L. auf Kohle schmilzt er und gibt Kupfer, durch Säuren unter Brausen auflöslich, auch durch Ammon.

Der M. ist ein häufiges Verwitterungsproduct kupferhaltiger Minerale, wie schon sein Auftreten im Ausgehenden der Kupferlagerstätten zeigt. War Kupferkies das ursprüngliche Mineral, so ist der M. von Brauneisenerz oder Kupferpecherz begleitet. Man kennt schöne Pseudomorphosen nach Kupferglanz (Redruth, Eisleben), nach Fahlerz (Bieber), nach Cuprit (Chessy), nach Atacamit (Bogoslawsk). Sehr häufig sind jene nach Azurit (Chessy, Moldawa, Ural), auch die nach gediegenem Kupfer ist bekannt. Diesen entspricht die Erscheinung, dass alte Kupfermünzen und antike Bronzegegenstände mit einem grünen Rost (*Aerugo nobilis*) überzogen erscheinen, welcher die ursprüngliche Oberfläche in aller Feinheit der Zeichnung erhalten zeigt. Verdrängungs-Pseudomorphosen nach Calcit, Cerussit etc. wurden beobachtet.

Fig. 1.



Die grössten Massen des glaskopffartigen M. fanden sich im Ural. Die Sammlung des Bergeorps in Petersburg erhielt ein Stück von 1500 Kilogr. Gewicht im Schätzungswerthe von 525.000 Rubel. Wegen der prächtigen Farbe und der Politurfähigkeit wird der M. zu Decorationsgegenständen verwendet. Tischplatten, Vasen, Dosen etc. werden damit belegt, auch Säulen der Isaaskirche in Petersburg wurden damit incrustirt. Jetzt liefert nur noch Medno-Rudiansk bei Nischni Tagil derlei Fournirplatten. Die minderen Sorten des M. werden dort gepulvert zum Häuseranstrich verwendet. Der mit anderen Kupfererzen gemengte M. wird zugleich mit jenen auf Kupfer verhüttet.

Kalkmalachit ist Malachit mit Gyps, Mysorin ebenfalls unreiner Malachit. Atlasit ein Gemenge mit Atacamit.

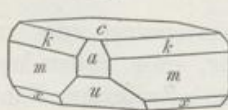
#### Kupferlasur, Werner (*Azurit, Beudant; Chessylit, Miller*).

Sehr oft krystallisirt in monoklinen kurzen bis tafelförmigen, zuweilen auch in säulenförmigen Krystallen, häufig mit den Formen  $m = (110)$ ,  $k = (111)$ ,  $x = (11\bar{2})$ ,  $a = (100)$ ,  $c = (001)$ ,  $u = (10\bar{2})$ ,  $l = (103)$ . (Ueber die zahlreichen Formen und Comb. Zippe, Pogg. Ann. Bd., 22. Schrauf, Sitzb. Wiener Ak., Bd. 64.) Winkel  $(110) = 80^\circ 40'$ ,  $(011) = 120^\circ 48'$ ,  $kk' = 73^\circ 57'$ ,  $km = 19^\circ 58'$ . Die A. E. ist senkrecht zur Symmetrieebene, die 1. Mittellinie liegt im spitzen Winkel  $\beta$  und bildet mit der  $a$ -Axe  $75^\circ$ .

Fig. 1.



Fig. 2.



Spaltb.  $(011)$  zieml., vollk.  $(110)$  unv. H. = 3.5..4. Glasglanz. Wenig durchsichtig bis trübe, lasurblau, Strich smalteblau, daher die erdige K. diese Farbe zeigt. G. = 3.7 bis 3.8.

Chem. Zus.:  $(HO Cu)_2 Cu C_2 O_6$ , einem basischen Carbonat entsprechend, mit 69.2 Kupfer, 25.6 Kohlensäure, 5.2 Wasser (pag. 253). Das Verhalten wie bei Malachit. Krystalle von der Form und Zusammensetzung der Kupferlasur erhielt Becquerel durch Einbringen von Kreide in eine Lösung von Kupfernitrat bei gewöhnlicher Temperatur, während Sénarmont bei der Ein-

wirkung von Kalkstein auf Kupferchloridlösung bei 160° ein grünes Pulver von der Zusammensetzung des Malachits darstellte.

Die Kupferlasur verwandelt sich im Laufe der Zeit öfter in Malachit, wobei H<sub>2</sub>O aufgenommen, CO<sub>2</sub> abgeschieden wird. Pseudomorphosen von Malachit nach K. sind häufig. Das Grünwerden des Himmels auf alten Frescogemälden ist nach Volger derselbe Vorgang, da man früher die K. als Malerfarbe verwendete.

Das Vorkommen der K. ist fast dasselbe wie jenes des Malachits, doch ist sie seltener. Grosse schöne Krystalle in Drusen, auch kugelige Gruppen im Steinmark bei Chessy, kleinere Krystalle in Drusen bei Neu-Moldawa, Szászka, Dognaczká im Banat, schöne Stufen kamen von Nischni Tagil, von Redruth in Cornwall, von Burra-Burra in Australien, erdige K. vom Cap Garonne etc. Man kennt auch Pseudomorphosen von K. nach Cuprit und nach Fahlerz.

Der Hydrocerussit scheint zu den basischen Carbonaten zu gehören, ebenso der Bismutit (Wismutspath) und der Bismutosphärit. Der Uranothallit (Urankalkcarbonat), der Voglit, Liebigit sind uran- und kalkhaltig, der Wiserit manganhaltig. Hieran schliessen sich: der Nickelsmaragd (Zaratit) und der kobalthaltige Remingtonit.

b) Wasserfreie Carbonate.

Aragonit	CaCO <sub>3</sub>	rhomboisch	0.6224:1:0.7206	Calcit	CaCO <sub>3</sub>	rhomboedr.	1:0.8543
Strontianit	SrCO <sub>3</sub>	"	0.6090:1:0.7239	Magnesit	MgCO <sub>3</sub>	"	1:0.8112
Witherit	BaCO <sub>3</sub>	"	0.6032:1:0.7302	Siderit	FeCO <sub>3</sub>	"	1:0.8184
Cerussit	PbCO <sub>3</sub>	"	0.6100:1:0.7230	Manganspath	MnCO <sub>3</sub>	"	1:0.8184
Barytocalcit	BaCaC <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	monoklin	0.7717:1:0.6254	Zinkspath	ZnCO <sub>3</sub>	"	1:0.8063
			[ $\beta$ = 73° 52'	Dolomit	MgCaC <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	rhomboedr. tetart.	[1:0.8322.

**Cerussit, Haidinger (Weissbleierz).**

Die Krystalle sind rhombisch, bald säulenförmig, bald tafelförmig oder pyramidal ausgebildet. Da der Winkel (110) = 62° 46', sich 60° nähert, so haben die letzteren oft ein hexagonales Ansehen, wie in Fig. 1, wo  $t = (111)$  und  $u = (021)$ , und die Wendezwillinge nach (110) sind bisweilen sternförmig angeordnet, mit Individuen in drei Stellungen. Fig. 3. Die tafelförmigen Krystalle haben  $b = (010)$ , stark entwickelt, die säulenförmigen strecken sich nach der  $c$ - oder  $a$ -Axe. Häufig sind ausser den vorigen Flächen auch  $a = (100)$ ,  $m = (110)$ ,  $e = (130)$ ,  $s = (012)$ ,  $p = (011)$ ,  $x = (031)$ ,  $z = (041)$ . Ausser den häufigen Zwillingen nach 110, wie in Fig. 6, kommen zuweilen auch solche nach  $e$  vor. (Ueber die Formen: v. Koksharov, v. Zepharovich, Schrauf, Seligmann, Jahrb. f. Min. 1880, I, 338.)

Bruch muschelrig. H. = 3..3.5. Diamantglanz, Fettglanz. Farblos, weiss, aber auch zufällig gefärbt. Die Lichtbrechung und Farbenzerstreuung sind sehr stark. Mittl. Brechungsq. 2.076 für Gelb. A. E. parallel  $b$ . Dünne Platten, senkrecht zur  $c$ -Axe geschnitten, erzeugen im Konoskop ein prächtiges Bild, welches die Dispersion der optischen Axen in ausgezeichneter Weise darbietet und die Veränderlichkeit des Axenwinkels bei Temperaturänderungen deutlich erkennen lässt. Der Winkel der opt. Axen = 18° bei gewöhnl. Temperatur (12° C.), vergrössert sich durch Erwärmen auf 95° C. um vier Grade (Descloizeaux). G. = 6.4 bis 6.6.

wie  
pfer-  
pfer-  
ruth.  
wsk),  
nach  
alte  
ünen  
ur-  
alten  
etc.

h im  
stück  
ubel.  
l der  
asen.  
irche  
ansk  
erden  
erzen

lasit

auch  
111),  
ehen  
64.)  
°48'.  
A. E.  
die  
kel  $\beta$

unv.  
arch-  
farbe

hend,  
alten  
pfer-  
von  
Ein-

Chem. Zus.:  $PbCO_3$ , entsprechend 83.5 Bleioxyd, 16.5 Kohlensäure. V. d. L. verknistert er stark, wird gelb, verwandelt sich in Bleioxyd, auf Kohle wird er zu Blei reducirt. Durch Salpetersäure, aber auch durch Kalilauge auflöslich. Die Darstellung von Krystallen gelang Drevermann (pag. 271).

Der Cerussit wird nicht selten als Neubildung auf alten Bleiröhren etc. gefunden, in Stalaktiten sah ihn v. Dechen bei Commern in der Grube. Meistens ist er das Verwitterungsproduct von Bleiglanz, welchen er in allen seinen Vorkommen begleitet, oft auf dem zerfressenen und mulmigen Bleiglanz sitzend. Pseudomorphosen nach Bleiglanz kommen öfter vor, ebenso jene nach Anglesit, welche, wie Groth meint, oft als Verdrängungs-Pseudomorphosen nach Baryt angesehen wurden.

Grosse pyramidale Krystalle werden bei Mies gefunden, sie sind Wendezwillinge. Stangenförmige mit Seidenglanz kamen ehemals von Clausthal und

Fig. 1.

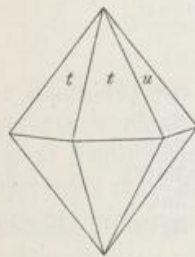


Fig. 2.

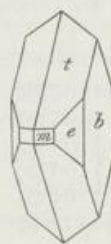


Fig. 3.

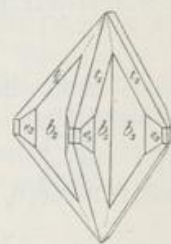


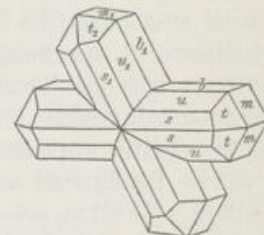
Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 6.



Zellerfeld am Harz. Schöne Krystalle, oft in reichen Drusen, kennt man von Friedrichsseggen, Braubach und Ems in Nassau, von Johannegeorgenstadt, Příbram, von Leadhills, Beresowsk etc. Bei Commern folgt der C. dem Knottenerz im Sandstein, bei Vilbek in Franken zeigt er sich als Bindemittel im Sandstein, bei Jaworzno nächst Kielee als Vererzungsmittel von Eneriniten. Bei Leadville in Colorado tritt er in ungewöhnlich grosser Menge auf.

Schwarzbleierz ist ein Gemenge von C. mit Kohle oder Bleiglanz; in der Bleierde herrschen thonige Beimengungen. Iglesiasit ist ein krystallisirter zinkhaltiger C. Zuweilen ist der Cerussit in Bleiglanz verwandelt, eine Rückkehr zum Urzustande. Die Umwandlung in Pyromorphit wird auch öfter an Pseudomorphosen erkannt.



**Witherit, Werner.**

Die rhombischen Krystalle haben immer das Ansehen hexagonaler Pyramiden, Fig. 1, und entsprechender Combinationen. Sie sind nicht einfache Krystalle, sondern Wendezwillinge von Individuen dreier Stellungen und enthalten auch noch dünne Lamellen, entsprechend den Wiederholungszwillingen. Fig. 2 gibt einen Durchschnitt parallel 001. Winkel  $(110) = 62^{\circ} 12'$ . Die Isomorphie mit Aragonit, pag. 262. Der Winkel der opt. Axen beträgt  $26^{\circ} 30'$ . Beim Erhitzen bilden sich neue Zwillingslamellen. Oft finden sich stenglige Aggregate mit kugelig, nierförmiger, traubiger Oberfläche, auch derbe Massen. H. = 3. 3.5. Bruch uneben. Glasglanz, Fettglanz. Farblos, graulich, gelblich. G. = 4.2 bis 4.3.

Chem. Zus.:  $BaCO_3$ , entsprechend 77.7 Baryt, 22.3 Kohlensäure. V. d. L. schmilzt er zur klaren Perle, die kalt emailartig ist. Durch verdünnte Salzsäure auflöslich.

Auf Gängen: Alston in Cumberland, Hexham und Fallowfield in Northumberland, wo er in grösseren Mengen gewonnen und für chemische Präparate, mitunter für industrielle Zwecke in den Handel gebracht wird. In Schottland als Rattengift benutzt. Fernere Fundorte sind Dufton in Westmoreland, wo er bisweilen in Baryt umgewandelt erscheint, Peggau in Steiermark etc.

Der mit vorigem isomorphe Alstonit von Fallowfield und Alston ist eine isomorphe Mischung von  $BaCO_3$  und  $CaCO_3$ . Der monokline Barytocalcit von Alston und Langban ist  $BaCO_3 \cdot CaCO_3$ .

**Strontianit, Sulzer.**

Rhombisch, die Krystalle gewöhnlich nadelförmig, spiessig, zu Büscheln verbunden. Isomorph mit Aragonit. Zwillingsbildungen wie bei diesem, Winkel  $(110) = 62^{\circ} 41'$ . Aggregate faserig oder dünnstenglig. H. = 3.5. Glasglanz. Durchscheinend bis durchsichtig, farblos, weiss, gelblich, grünlich. W. d. opt. Axen  $12^{\circ}$ . G. = 3.6 bis 3.8.

Chem. Zus.:  $SrCO_3$  entspricht 70.3 Strontian, 29.7 Kohlensäure. V. d. L. bläht er sich auf, leuchtet stark, färbt die Flamme purpurroth, schmilzt aber nur an den Kanten. Durch Salzsäure leicht auflöslich.

Auf Gängen: Bei Strontian in Schottland, wo das Mineral zuerst gefunden wurde, bei Clausthal, Bräunnsdorf. Bei Skotschau in Schlesien bildet er Nester im Kalkstein und erscheint hier in Pseudomorphosen nach Cölestin, bei Hamm in Westphalen bildet er Gänge im Kreidemergel. Die Formen dieses S. beschrieb Laspeyres. (S. Zeitschr. Kryst. I, 305.)

Emmonit ist kalkhaltiger Strontianit, Stromnit (Barystrontianit) ein Gemenge, das Sulfato-carbonate of Baryta (Thomson) ist Witherit mit Barytüberzug.

Fig. 1.

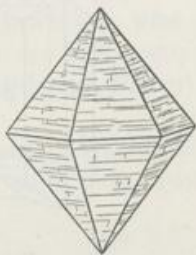
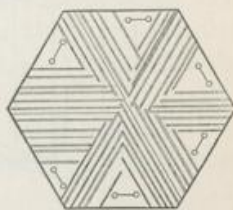


Fig. 2.



L.  
er  
Die  
etc.  
tens  
Vor-  
end-  
esit,  
an-  
nde-  
und

von  
ram.  
z im  
, bei  
le in

; in  
sirt  
kehr  
eudo-

**Aragonit, Haüy.**

Vor Allem dadurch merkwürdig, dass er bei der Entdeckung des Dimorphismus eine so wichtige Rolle spielte (pag. 259), ausserdem durch seine Zwillingbildung und das Räthsel seiner Bildung interessant. Als Anführer der isomorphen Reihe rhombischer Carbonate wurde er auch schon früher (pag. 262) genannt. Die Krystalle aus dem Gyps von Molina in Aragonien wurden zuerst bekannt.

Die einfachen Krystalle haben entweder einen prismatischen Habitus und sind nach der *c*-Axe gestreckt, wie in Fig. 1, oder zeigen spiessige Formen, wie in Fig. 5. Am häufigsten sind die Flächen  $b = (010)$ ,  $m = (110)$ ,  $k = (011)$ .

Fig. 1.

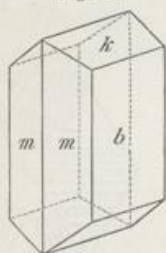


Fig. 2.

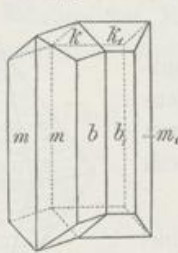


Fig. 3.

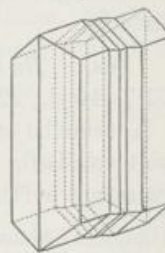


Fig. 4.

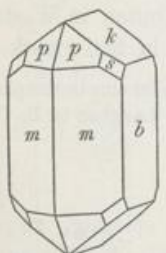


Fig. 5.

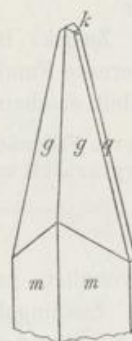


Fig. 6.



$p = (111)$ ,  $s = (121)$ ,  $i = (021)$ . An den spiessigen Krystallen treten steile Pyramiden wie  $g = (9, 12, 2)$  oder  $(24, 24, 1)$ , ferner Längsprismen wie  $q = (061)$  oder  $(0, 24, 1)$  auf.

Wichtige Winkel sind:

$$p : p' = 50^\circ 27'$$

$$m : m' = 63^\circ 48'$$

$$p : m = 36^\circ 15'$$

$$i : b = 34^\circ 45'$$

$$p : k = 43^\circ 12'$$

$$k : b = 54^\circ 13'$$

Die Zwillingbildung erfolgt immer nach 110. Sie ist ungemein häufig. Der einfachste Fall, wie er an den Krystallen von Horschenz bei Bilin vorkommt, ist in Fig. 2 dargestellt. Wiederholungszwillinge wie in Fig. 3 sind aber häufig, und in den scheinbar einfachen Krystallen entdeckt man nicht selten feine eingeschobene Lamellen. Die Wenzelzwillinge, welche schon Haüy beschäftigten, zeigen Individuen in drei, auch in vier Stellungen wie in Fig. 6 bis 10. Sie haben gewöhnlich

das Ansehen von sechsseitigen Säulen. In der Oberansicht wird die Zusammenfügung deutlicher. Fig. 7 stellt einen Krystall von Herrengrund dar, die Schraffurung ist parallel der Kante *kk*. Die Lage der optischen Axen ist auch angedeutet. Die Säule hat seitlich drei Rinnen. Fig. 8 gibt die gleiche Ansicht eines Krystalls, der zweierlei Abgrenzung der Individuen zeigt. Wo diese in Zwillingstellung sind, greifen sie mit kammförmigen Nähten ineinander, wo dies nicht der Fall ist, erscheinen sie mit unebenen Zusammensetzungsflächen verbunden. Den oft sehr complicirten Bau der Zwillingbildungen haben Sénarmont auf optischem Wege, Leydolt durch Aetzversuche aufgeklärt.

H. = 3.5 . . 4, demnach grösser als beim Kalkspath, Bruch muschelrig, Spalth. und opt. Verhalten pag. 262 und 206. Farblos, oft blass gefärbt: gelblich, rosenroth, grünlich, violett u. s. w. Die drei Brechungsq. sind für Natriumlicht 1.6859, 1.6816, 1.5301 nach Rudberg. Beim Erwärmen wird der Prismenwinkel (110) kleiner, und zwar um  $2\frac{1}{2}'$  beim Steigen der Temperatur um  $100^{\circ}$ , der W. (011), aber zugleich um  $5\frac{1}{2}'$  grösser (Mitscherlich und Fizeau). G. = 2.9 bis 3. Reiner 2.92 bis 2.96 nach Kennigott.

Chem. Zus.:  $CaCO_3$ , wie Kalkspath. Zufällige Beimischungen, früher zur Erklärung des Unterschiedes der beiden eifrig aufgesucht, sind in kleinen Mengen

Fig. 7.

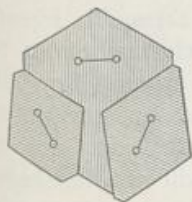


Fig. 8.

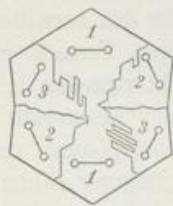
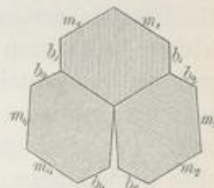


Fig. 9.



Fig. 10.



je nach der Bildungsweise vorhanden, z. B. Strontium, Magnesium, Eisen. Erhitzt schwillt der A. etwas auf und zerfällt zu einem gröblichen Pulver von Calcit, während danebenliegender Kalkspath kein Zerfallen zeigt. Durch Säuren wird er leicht unter Brausen aufgelöst. Die Auflösung erfolgt aber weniger rasch als beim Kalkspath.

Ueber die Entstehung des Aragonits beim Diffundiren der Kohlensäure aus einer Lösung von  $CaCO_3$  in kohlensäurehaltigem Wasser haben G. Rose, H. Vater u. A. zahlreiche Versuche gemacht. (Zeitschr. f. Kryst., Bd. 21, p. 433, Bd. 22, p. 201.) Es zeigte sich, dass aus solchen Lösungen in der Wärme gleichzeitig Aragonit und Kalkspath abgesetzt werden, dass aber der Aragonit vorwiegt. In kalten Lösungen wird nur Kalkspath gebildet.

Der Aragonit bildet für sich kein Gestein und tritt nirgends in grösseren Massen auf, dennoch besitzt er eine starke Verbreitung.

Krystallisiert findet er sich in Hohlräumen und Spalten vulkanischer Gesteine oft mit Zeolithen. Ein schönes Beispiel ist das Vorkommen der schon genannten Krystalle im Basalte von Horschenz und an mehreren Orten im böhmischen Mittelgebirge, andere Beispiele die Drusen von Sasbach, aus der

Anvergne u. a. O. Sowie hier der A. als ein Veränderungsproduct des Gesteins anzusehen ist, so erscheint er in den verwitterten Eisenspathlagerstätten als Nebenproduct der Verwitterung, da der Eisenspath immer etwas Calciumcarbonat enthält. Die Formen sind hier meist spiessige. Werfen in Salzburg, Hüttenberg in Kärnten, der Iberg am Harz und viele andere Lagerstätten liefern derlei Stufen. Oefter finden sich schöne Krystallbildungen auf Erzgängen, wie bei Leogang in Salzburg, Dognaczka im Banat, Tarnowitz in Schlesien, wo der etwas Blei enthaltende Tarnowitzit vorkommt (Fig. 6). Bei Herrengrund in Ungarn werden prächtige Drusen jener Säulen angetroffen, die öfter wie in Fig. 7 zusammengefügt sind. Manche haben einen Ueberzug von Kalkspath-Skalenoëdern und sind innen porös, andere zeigen zwar noch die Säulenform, bestehen aber ganz aus Kalkspath. Sie werden als Paramorphosen angesehen. In Spalten von Serpentin, von krystallinischen Schiefen etc. beobachtet man öfter Krystalle. An Schönheit und Grösse werden sie von jenen weit übertroffen, welche mit Schwefel in Höhlungen des Mergels bei Girgenti, Caltanisetta und anderen Punkten Siciliens gefunden werden. Das Vorkommen in Gyps von Molina und Valencia ist von allen übrigen abweichend, weil die Krystalle schwebend erscheinen.

Sinterbildungen treten in mannigfachen Gestalten auf. Tropfsteine sind nicht häufig: Antiparos, Devonshire; Ueberzüge sind jedoch sehr verbreitet. Bei Eisenerz verbindet der Sinter Bruchstücke des verwitterten Erzes. Die Eisenblüthe mit ihren weissen, zackigen, ästigen Formen ist auch zum Sinter zu rechnen. Sie besteht aus feinen Nadeln, geht zuweilen in zarte spiessige Krystalle aus und hat immer verwitterte Erze, die aus Eisenspath entstanden, zur Unterlage. Die prächtigen Vorkommen von Eisenerz, auch von Hüttenberg, sind in allen Sammlungen verbreitet. Krusten von jüngerer Bildung stellt der Karlsbader Sprudelstein dar. Er ist häufig parallel-schalig mit dazu senkrechter Faserung, oft durch Eisenoxyd gefärbt. Der Erbsenstein ist eine zugehörige, eigenthümliche Bildung (pag. 298). Die heissen Quellen von Karlsbad, Nauheim, Wiesbaden etc. setzen auch jetzt noch Aragonitsinter ab.

Als Umwandlungsproduct erscheint der A. im Schaumkalk, der ein weisses, blätteriges, lockeres Aggregat bildet. Nach G. Rose ist derselbe aus Gyps hervorgegangen (pag. 125 u. 308). Gera, Hettstädt, Lauterberg a. Harz.

Als organische Bildung ist der A. stark verbreitet. Die Perlmutter-schichte der Flussmuschel (*Unio*), die Schale der Gattung *Pinna* u. s. w. geben im Konoskope das Axenbild des Aragonits. Die feinen Prismen in jener Schichte müssen demnach krystallographisch parallel gelagert sein. G. Rose hat in den Gehäusen vieler Schalthiere die Gegenwart des A. erkannt. Aber auch in den fossilen Ueberresten jener Thiere bleibt oft der Aragonit erhalten. In den älteren Kalksteinbildungen scheint er wenig mehr vorzukommen. Er ist zu Kalkspath umgestanden.

(Ueb. d. Formen: Zepharovich, Sitzb. d. Wiener Ak. 1875, Bd. 71. Die Arbeiten G. Rose's in den Abhandl. d. Berliner Ak. 1856, 1859, 1860.)

**Kalkspath** (Calcit, *Haidinger*).

In wissenschaftlicher Beziehung die wichtigste Mineralgattung. Die Auf-  
findung der krystallographischen Grundgesetze und die Entdeckung der doppelten  
Strahlenbrechung sind an Arten des krystalisirten Kalkspathes geknüpft, unge-  
mein viele und mannigfache Beobachtungen von allgemeiner Bedeutung an diese  
und andere Arten derselben Gattung. »Die Geschichte des Kalkspathes ist die  
Geschichte der Mineralogie.«

Die Formen sind das Muster für die rhomboëdrische Krystallisation. Die  
Grundform ist das Spaltungsrhomboëder  $r$  von  $74^{\circ} 55'$ , doch kommt dasselbe für  
sich nicht häufig vor. Die gewöhnlich auftretenden Flächen sind vielmehr  $a = \infty R$ ,  
 $e = -\frac{1}{2}R$ ,  $v = R3$ . Für mehrere häufigere Formen hat man:

Fig. 1.

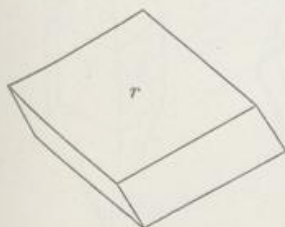


Fig. 2.

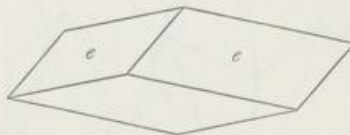


Fig. 3.

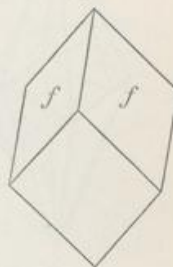


Fig. 4.

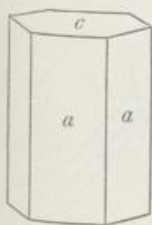


Fig. 5.



Fig. 6.

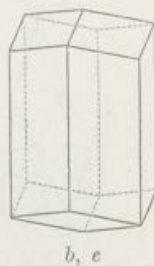
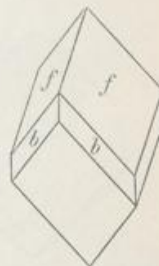


Fig. 7.



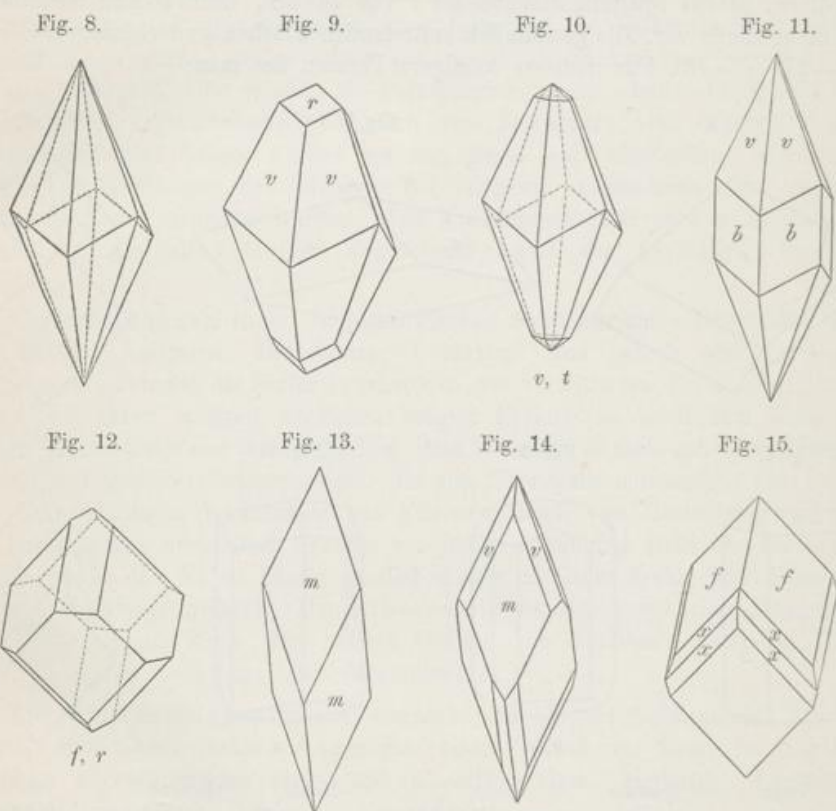
Naum.	Bravais		Naum.	Bravais
$r = R$	$\rho (10\bar{1}1)$	mit $74^{\circ} 55'$	$e = -\frac{1}{2}R$	$\rho (01\bar{1}2)$ mit $45^{\circ} 3'$
$m = 4R$	$\rho (40\bar{4}1)$	> $114^{\circ} 10'$	$h = -\frac{3}{2}R$	$\rho (03\bar{3}2)$ > $91^{\circ} 42'$
$i = 13R$	$\rho (13,0,\bar{1}3,1)$	> $119^{\circ} 24'$	$f = -2R$	$\rho (02\bar{2}1)$ > $101^{\circ} 9'$
$a = \infty R$	$\rho (10\bar{1}0)$		$b = \infty P2$	$\rho (11\bar{2}0)$
$c = 0R$	$(0001)$			

Unter den Skalenoëdern ist  $R3$  am häufigsten, auch kommt es oft selbst-  
ständig vor (Fig. 8). Die seitlichen auf- und absteigenden Kanten messen  $47^{\circ} 2'$ ,  
die langen Polkanten  $35^{\circ} 36'$ , die kürzeren  $75^{\circ} 22'$ . Gewöhnliche Sk. sind:

$v = R3$	$\rho (21\bar{3}1)$	$\lambda = R2$	$\rho (31\bar{4}2)$
$t = \frac{1}{2}R3$	$\rho (21\bar{3}4)$	$w = \frac{2}{3}R2$	$\rho (31\bar{4}5)$
$y = R5$	$\rho (32\bar{5}1)$	$x = -2R2$	$\rho (13\bar{4}1)$

Flächen von der Stellung verwendeter Pyramiden erscheinen begreiflicher-  
weise ziemlich selten, da sie ganz specielle Fälle von Skalenoëdern sind, jedoch  
kommt die verwendete Pyramide  $\frac{1}{3}P2 = (8, 8, \overline{16}, 3)$  für sich allein am Calcit von  
Rhisnes in Belgien vor.

Die Mannigfaltigkeit der Formen ist eine riesige. Auch in dieser Beziehung  
nimmt der Kalkspath im Steinreiche die erste Stellung ein. Zippe gab im  
J. 1850 die Zahl der bekannten Combinationen auf ungefähr 700, die Zahl der  
einfachen Formen auf etwa 136 an, Descloizeaux im Jahre 1874 die letztere



Zahl auf 170; Irby zählt 1878 in einer kritischen Uebersicht der sicher bekannten  
Formen 50 Rhomboëder und 155 Skalenoëder auf.

Unter den Zwillingbildungen sind jene nach  $\frac{1}{2}R$  die gewöhnlichsten  
Fig. 24, da sich die vielfache Wiederholung an allen körnigen Aggregaten er-  
kennen lässt und u. d. M. viele Individuen von einem Lamellensystem oder von  
einem Gitter derselben durchzogen erscheinen. Dieselbe Zwillingbildung veranlasst  
nach G. Rose das Vorkommen von hohlen Canälen im Doppelspath, welche der  
horizontalen Diagonale einer der Flächen des Grundrhomboëders  $R$  parallel sind.  
(Abhandlungen d. Berl. Ak. 1868). Zwillinge, in welchen die Normale zu  $OR$   
Zwillingaxe ist, wie in den Fig. 22 und 23, sind auch nicht selten, dagegen

sind andere Zwillingsgesetze, nämlich nach  $R$  (Fig. 20) oder  $2R$  seltener ausgesprochen.<sup>1)</sup> Ueber Kernkrystalle pag. 107.

Die Flächen von  $e = -\frac{1}{2}R$ , von  $v = R3$  und von  $b = \infty P2$  sind parallel der Combinationskante mit  $r = R$  gerieft;  $OR$  ist gewöhnlich matt oder rauh und zeigt öfter Perlmutterglanz in Folge einer Zusammensetzung parallel dieser Fläche. Eine Schalgigkeit nach  $e$  ist auch bisweilen wahrzunehmen. Die parallele Verwachsung und Gruppierung der Krystalle liefern mannigfache, treppenförmige, staudenförmige, rosettenförmige und viele andere Gestaltungen.

Fig. 16.

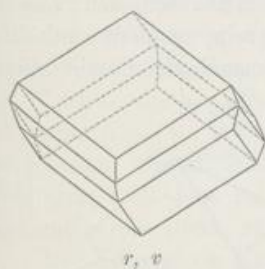
 $r, v$ 

Fig. 17.

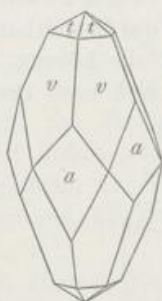


Fig. 18.

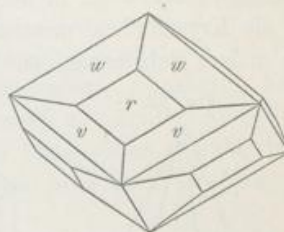


Fig. 19.

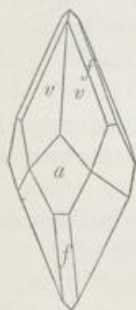


Fig. 20.

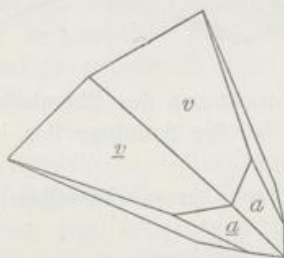
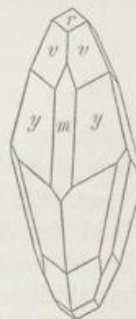


Fig. 21.



Spaltb. nach  $r$  sehr vollk., daher nur selten der muschelige Bruch wahrnehmbar.  $H. = 3$ . Ueber die Schlagfiguren und die zwillingsgemässe Umstellung der Theilchen pag. 136, über die Härte nach verschiedenen Richtungen pag. 142, Aetzfiguren pag. 145, Lichtfiguren pag. 150, Doppelbrechung pag. 157, Ausdehnung durch die Wärme pag. 214, Elektrizität pag. 218, Magnetismus pag. 222. Der K. ist oft farblos oder weiss, doch sind graue, gelbe, grüne, rothe, braune

<sup>1)</sup> Ueber die Formen des K. hat schon Bournon in seinem *Traité complet de la chaux carbonatée* 1808 ein umfangreiches Werk veröffentlicht. Zippe gab in den *Denkschriften der k. Akad. zu Wien* 1851, Bd. 3, eine sehr vollständige Uebersicht. Descloizeaux stellte in seinem *Manuel de Minéralogie*, T. II (1874) die bis dahin beschriebenen Formen sorgfältig zusammen. Irby lieferte in seiner *Dissertation: On the Crystallography of Calcite*, Bonn 1878, eine kritische Aufzählung der bekannten einfachen Formen und deren Winkeldimensionen. In diesen Werken ist auch die Literatur bezüglich der von Haüy, Weiss, Sella, Hessenberg, v. Rath u. A. entdeckten Formen angeführt. Sansoni behandelte (*Zeitschr. f. Kryst.* X, 545) die Andreasberger Krystalle.

Farben häufig, auch blaue und schwarze K. kommen vor. Glasglanz, auf den Bruchflächen in den Fettglanz geneigt.  $G. = 2.6$  bis  $2.8$ , für ganz reinen K.  $2.72$ .

Chem. Zus.:  $CaCO_3$ , entsprechend 56 Kalk und 44 Kohlensäure, öfter mit Beimischungen der isomorphen Carbonate von Mg, Fe, Mn, auch mit fremden Beimengungen. V. d. L. unschmelzbar, beim Glühen zeigt er starkes Leuchten, verwandelt sich in Calciumoxyd (Aetzkalk). Durch Säuren wird er schon bei gewöhnlicher Temperatur unter starkem Aufbrausen gelöst. Die Löslichkeit in kohlensäurehaltigem Wasser pag. 295.

Durch Verdunsten von Lösungen des Calciumcarbonates in kohlensaurem Wasser wird nach G. Rose's und Vater's Beobachtungen (s. beim Aragonit) das Carbonat vorzugsweise in der Form des Grundrhomboëders abgeschieden. Zuweilen sind die Kryställchen messbar. Ist die Lösung nicht rein, sondern enthält sie auch andere Substanzen, so bilden sich nach Credner mancherlei Combinationen-

Fig. 22.

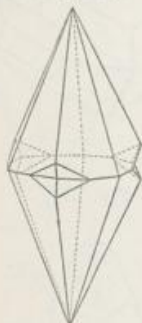
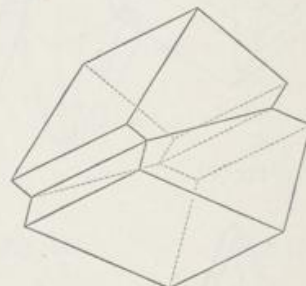


Fig. 23.



Fig. 24.



So erklärt sich das seltene Vorkommen des Rhomboëders *R*, da reine Lösungen ungewöhnlich sind. Der K. ist der Anführer der isomorphen rhomboëdrischen Carbonate, pag. 262.

Die Zahl der Arten ist sehr gross. Dieselben können in folgende Abtheilungen gebracht werden:

#### 1. Krystallisirter K.

Die sehr mannigfaltigen Krystallisationen zeigen bald einen rhomboëdrischen, bald einen mehr skalenödrischen oder einen säuligen bis tafelförmigen Typus. Die Krystalle sind mit wenigen Ausnahmen sitzend gebildet. Bei gleicher Paragenese treten auch dieselben Combinationen auf, so dass der Geübte aus der Form auf die Begleitung und das Vorkommen schliessen kann.

Schöne Krystalle finden sich öfter in den rundlichen Hohlräumen der Eruptivgesteine. Hierher gehört die wichtigste Art, der isländische Doppelspath, welcher bei Helgustadir unweit des Eskifjord auf Island in einem Hohlraum von circa 12 Meter Länge und 5 Meter Breite in schwärzlichem Mandelstein gefunden wurde. Der klare Krystallblock hat Spalten, die von Desminkrystallen ausgekleidet sind. Der Doppelspath zeigt das Grundrhomboëder *r*, ferner die Combination *v*, *w*, *r* in Fig. 18 u. a. m.

Dies ist das einzige bisher bekannte Vorkommen von grossen, klaren Individuen und liefert demnach alles Material für optische Zwecke. In Spalten



krystallinischer Gesteine kommen verwandte Arten vor. Jene in Granit und Gneiss sind von Albit, Quarz, Epidot etc. begleitet. Eine besondere Art bilden Krystalle mit vorherrschender Basis, welche von Adular überkleidet erscheinen, aus dem Rauris, vom Gotthard etc.

Auf Gängen ist der krystallisirte Kalkspath eine weitverbreitete Erscheinung, auf den sulfidischen Erzgängen wird er besonders häufig angetroffen. Sehr mannigfaltig sind die Vorkommen auf den Gängen im Harz, besonders bei Andreasberg, ebenso auf jenen in Cornwall, Derbyshire. Combinationen aller drei Typen, darunter auch langsäulenförmige (Kanonenspath) und dünntafelige (Papierdrusen) werden hier beobachtet. Prächtige, durchsichtige, einfache Krystalle und Zwillinge kamen in letzter Zeit von Egremont in Cumberland. Auf den Pibramer Gängen zeigt sich ebenfalls grosser Formenreichtum. Das flache Rhomboëder *e*, Fig. 2, ist oft für sich ausgebildet, bisweilen mit einem dornförmigen Fortsatz in der Hauptaxe (Zweckenspath). Die Gänge von Freiberg, Bräunsdorf, Annaberg, Kapnik, Schemnitz u. s. w. lieferten und liefern schöne Drusen mit bunter Abwechslung der Formen. Die Bleiglanzlagerstätten im Kalkstein bieten öfter charakteristische Bildungen, z. B. jene bei Hüttenberg, Zorge am Harz, aber auch die Manganerz-lagerstätten bei Ilfeld, am Iberg etc.

Die Trümer im Kalkstein, Mergel, Sandstein sind auch öfter drusig. Hier sind die Formen meist einfacher. Bekannt ist das Vorkommen mit dem Grundrhomboëder von Poretta bei Bologna.

Schwebend gebildete Rhomboëder — *2R*, mit reichem Sandeinschluss, wurden im Sande von Fontainebleau bei Paris, von Brilon in Westphalen, Sievring bei Wien etc. gefunden. Der beigemischte Sand beträgt öfter bis 80 Percent. Skalenoëder *R3* im blättrigen Gyps schwebend, kennt man von Lockport in New-York.

## 2. Krystallinischer Kalkspath.

Hierher werden alle Bildungen von beschränkter Ausdehnung gerechnet, im Gegensatze zu den ausgedehnten Gesteinsmassen. Die einen sind Sinterbildungen, welche in den Kalksteinhöhlen als Tropfsteine und Ueberzüge auftreten, und deren Entstehung schon pag. 298 besprochen wurde. Dazu ist auch der Faserkalk zu rechnen, von dem geeignete Exemplare als Atlasspath (satin spar) verschliffen werden, ebenso der orientalische Alabaster aus Egypten, der Marmor von Oran, der Onyxmarmor von Tecali in Mexico, welche für Gewandstatuen, Altäre etc. verwendet werden. Aehnlich wie der Aragonit bildet auch der Kalkspath bisweilen Pisolithe (Erbsenstein). Solche sind von Laibach, Ofen, Vichy bekannt. In Kalkhöhlen und Spalten bildet sich bei rascher Diffusion der Kohlensäure nicht selten ein zartes, weisses Mehl oder Pulver, die Bergmilch, das Bergmehl, welches u. d. M. theils einzelne Rhomboëder *R*, theils Stäbchen zeigt, welche Aggregate solcher Rhomboëder sind.

Zu den besonderen Bildungen gehört der Schieferspath von Triebsech in Böhmen, Schwarzenberg in Sachsen, aus Cornwall, der eine feinschalige Zusammensetzung zeigt, der Nagelkalk und Tutenmergel von Schonen, Hildesheim, Quedlinburg und vielen anderen Orten. Er ist krystallinisch und zeigt nagel- und pilzförmige Gestalten, welche in Platten von Mergel-Kalkstein eingesenkt erscheinen. Organismen veranlassen auch öfter deutlich krystallinische Textur,

besonders deutlich im Radiatenkalk mit seinen schwach fettglänzenden Spaltflächen, der als Abkömmling von Enkriniten, Cidariten etc. leicht zu erkennen ist, oder in dem faserigen Kalkspath der Belemniten, pag. 126. In den fossilen Muschelschalen ist der Kalkspath in paralleler Stellung der Individuen optisch öfter nachweisbar. In dem irisirenden Muschelmarmor von Bleiberg zeigen die perlmutterglänzenden Schalen des Ammonites floridus das Kalkspathkreuz, während die nebenliegenden Bivalven das Axenbild des Aragonits liefern. Geschliffene Platten von Muschelmarmor (Lumachell) zeigen oft sehr schöne Zeichnungen. Solche wurden schon in alter Zeit für decorative Zwecke benutzt.

Oft werden secundäre Bildungen gefunden. Hierher gehören die schon früher, pag. 434, erwähnten Paramorphosen nach Aragonit, die am Montmartre bei Paris vorkommenden Umwandlungs-Pseudomorphosen nach Gyps, welche die Parallele zum Schaumkalk darbieten, jene nach Fluorit von Schwarzenberg in Sachsen, die beim Gaylussit erwähnten Gerstenkörner etc. Ungemein häufig trifft man den Kalkspath als Umwandlungsproduct kalkhaltiger Silicate. So z. B. sind die Ueberreste von Plagioklas, Augit, Skapolith, Apophyllit oft reich an Kalkspath. Bisweilen zeigt sich Kalkspath als Verdränger, z. B. nach Baryt bei Příbram. Eine merkwürdige Bildung ist der oft blaue Kalkspath der Contactlagerstätten, pag. 284.

Wegen der häufigen Entstehung aus kalkhaltigen Silicaten ist K. so allgemein in den zersetzten Eruptivgesteinen als feine Imprägnation verbreitet, aber auch in den sedimentären kieseligen Felsarten ist er meistens in feiner Vertheilung vorhanden. Im Thon und Mergel sammelt er sich oft in concretionären Bildungen, pag. 119. In Gestalt schmaler bis breiter Trümer, krystallinischer Knötchen oder Nester u. s. w. ist der K. in vielem Gestein verbreitet.

### 3. Kalkstein.

Im Bereiche der krystallinischen Schiefer treten Lager, Linsen und Stöcke auf, die aus deutlich krystallinischem Kalkspath bestehen, aber oft Beimengungen enthalten. Sie werden als körniger Kalkstein bezeichnet. Ist die Farbe rein weiss, so hat man einen weissen Marmor, der bei kleinem Korn für Sculpturen verwendet werden kann. Im Alterthum war der Marmor von Paros der berühmteste: die Statuen der Venus von Milo, jener vom Capitol, der mediceischen Venus sind in diesem Stein ausgeführt. Der pentelische Marmor ist schon etwas grau. Gegenwärtig steht der Marmor von Carrara obenan. Die Brüche sind schon seit 2000 Jahren in Betrieb. Der Marmor von Laas in Tirol wird gegenwärtig ebenso benutzt. Im körnigen Kalkstein finden sich häufig Silicate verschiedener Art eingeschlossen, besonders häufig an den Stellen des Contactes mit massigem Silicatgestein (s. p. 283).

Unter dem Begriff des dichten Kalksteines fasst man alle übrigen aus Kalkspath bestehenden Felsarten zusammen. Der gewöhnliche dichte Kalkstein bildet oft Gebirgsketten von enormer Höhe, z. B. im Norden und im Süden der centralen, zumeist aus krystallinischen Schiefen bestehenden Alpenkette, überdies ist derselbe allenthalben im Bereiche der sedimentären Gebilde in Schichten von grösserer oder geringerer Mächtigkeit verbreitet. Der Kalkspath ist das einzige Mineral, welches für sich allein Gebirge von kolossalen Dimensionen zusammen-

setzt. Der Bildung nach unterscheidet man zoogene und phytogene Meereskalke, ferner Süßwasserkalksteine, s. pag. 304. Die aus schaligen Kügelchen bestehenden Kalksteine, welche als Oolithe oder Rogensteine bezeichnet werden, sind nach Rothpletz und Wethered phytogener Herkunft und von Algen abzuleiten.

Manche K. enthalten Dolomit als merkliche oder unmerkliche Beimengung: dolomitische Kalksteine, andere sind mit Kieselerde gemischt: Kieselkalk, noch andere sind durch einen Gehalt an Brauneisenerz gelb bis braun oder durch einen Gehalt an Rotheisenerz roth gefärbt (Siderokonit und Hämatokonit Hausmann's). Eine Beimischung von bituminösen Substanzen bringt öfter eine gelbgraue Färbung und beim Reiben und Schlagen einen unangenehmen Geruch hervor: Stinkkalk. Kohlige Beimengungen verursachen eine schwarze Färbung. Bei körniger Ausbildung erhalten solche Vorkommen den Namen Anthrakonit. Die schönfarbigen, dichten Kalksteine werden als farbiger Marmor in der Architektur verwendet und auch sonst für decorative Zwecke verarbeitet. Durch eine Beimischung von Thon entsteht der Mergelkalkstein. Dazu gehört der Ruinenmarmor, der seine Zeichnung sowohl dem Brauneisenerz verdankt, welches durch Verwitterung des beigemengten Eisenspathes entstanden ist, als auch feinen Kalkspathtürmern, welche die Tagewässer nur ungleich eindringen liessen. Eine reichere Beimischung von Thon gibt den Mergel.

Als Kalktuff bezeichnet man löcherige Kalksteine, die häufig noch die Form der incrustirten Sumpfmoose, Schilfstengel, Laubblätter erkennen lassen. Ihre Bildung kann man an vielen Orten beobachten (pag. 304). Jene von mehr compacter Beschaffenheit werden in Italien Travertin genannt. Es ist der Lapis tiburtinus der Alten. Verschieden davon ist der immer nur oberflächlich in geringer Menge vorkommende Zellenkalk, der seine Form einer ungleich fortschreitenden Auflösung durch kohlensäurehaltige Wässer verdankt (pag. 296).

Die Kreide ist erdig, oft zerreiblich. Sie umschliesst nach Ehrenberg viele Reste von Foraminiferen etc. und enthält oft merkliche Mengen von Calciumphosphat. Man unterscheidet davon den festeren Kreidetuff und die glaukonitische Kreide. Als Seekreide bezeichnet man einen im trockenen Zustande mürben, zerreiblichen, erdigen Absatz stehender Gewässer, als Alm eine ähnliche feinsandige Ablagerung am Grunde von Mooren.

Viele Kalksteine geben ein gutes Baumaterial; sehr beliebt sind Kalktuffe, die sich leicht durch Sägen in geeignete Formen bringen lassen, wie der Travertin, welcher zu den Tempelbauten im alten Italien verwendet wurde und das Material zu den Prachtbauten in Persien lieferte; ebenso die mit organischen Resten erfüllten porösen jüngeren Ablagerungen, wofür die Kalksteine des Tertiärbeckens von Wien ein hervorragendes Beispiel sind. Dickplattige Mergelkalksteine dienen als lithographische Steine, besonders jene von Solenhofen in Bayern, dünnplattige geben Bodenfliesen (Kehlheimer Platten). Viele Kalksteine werden zu Aetzkalk CaO gebrannt, welcher zur Bereitung des Mörtels und für manche industrielle Zwecke dient. Mergelkalksteine und Mergel geben nach dem Brennen einen im Wasser erhärtenden (hydraulischen) Kalk oder Cement, besonders bei einem Gehalte von 25 bis 30 Percent Thon. Die Kreide geniesst als Material zum Schreiben, Putzen etc. eine ausgebreitete Verwendung. Aus dieser und dem

dichten Kalkstein lässt sich wegen der enthaltenen organischen Substanzen keine geruchlose, für den menschlichen Genuss bestimmte Kohlensäure darstellen, wohl aber solche für technische Zwecke. In der Landwirthschaft genießt der Kalkstein häufige Verwendung zur Verbesserung des Bodens, da ein thoniger (kalter) Boden durch Kalkbeimengung locker und wasserdurchlässig wird (warmer Boden).

Der Kalkspath erfährt öfter eine Umwandlung in Gyps oder Dolomit, jedoch zeigen die letzteren Pseudomorphosen gewöhnlich eine Verdrängung an. Zahlreich sind die Fälle, in welchen eine ausgesprochene Verdrängung des Kalkspathes durch andere Minerale beobachtet wird. Am häufigsten ist die Verdrängung durch Quarz und Chalcedon, sehr gewöhnlich jene durch Erze: Limonit, Rotheisenerz, Eisenglanz, Manganit, Pyrolusit; durch Sulfide: Pyrit, Bleiglanz, Blende; durch Silicate: Feldspathe, Chlorite. Von Wichtigkeit sind auch die Verdrängungen durch die unter gleichen Umständen schwerer löslichen Carbonate Eisenspath, Ankerit, Zinkspath, Cerussit, Malachit.

Kalkspath mit einer Beimischung von  $PbCO_3$  wurde Plumbocalcit, soleher mit  $MnCO_3$  Spartait und Manganocalcit, soleher mit  $BaCO_3$  Neotyp, jener mit  $SrCO_3$  Strontianocalcit genannt.

#### Dolomit, Saussure (Bitterspath).

Die Krystalle zeigen gewöhnlich bloß das Grundrhomboëder  $r$  von  $73^\circ 45'$ , doch findet sich auch das Rh.  $m=4R$  selbständig und in Combinationen,  $c=0R$ ,  $e=-\frac{1}{2}R$ ,  $f=-2R$ ,  $b=\infty P2$  u. a. m. Die einfachen Krystalle zeigen öfter dadurch, dass die Flächen der Skalenöeder wie  $v=R3$ ,  $y=R5$  und der verwendeten Pyramiden wie  $h=\frac{2}{3}P2$ ,  $n=\frac{1}{2}P2$  bloß in der halben Anzahl auftreten, die Zugehörigkeit des Dolomits zur rhomboëdrisch-tetartoëdrischen Abtheilung an, worauf schon v. Kobell aufmerksam machte. Dies wird durch die Aetzfiguren auf den Rhomboëderflächen bestätigt, welche immer asymmetrisch sind, Fig. 6. (Autor in d. Mineral. und petrogr. Mitth., Bd. 4, Becke, ebendas. Bd. 10.) Sehr viele Krystalle sind aber Ergänzungszwillinge von Individuen beider Stellungen, was durch Aetzung des Spaltungsrhomboëders  $R$  erkannt wird. Außerlich erkennbare Zwillinge nach dem Gesetze: Zwillingsenebene  $\infty R$  wie in Fig. 5 besonders schön bei Traversella, auch Zwillinge nach  $R$  kommen dort vor. Eingeschaltete Lamellen parallel  $-2R$  sind öfter zu beobachten. Durch Druck entstehen keine solchen. Im Dünnschliff erscheinen die Individuen u. d. M. meistens einfach.

H. = 3.5 . . 4, also grösser als beim Kalkspath. Farben wie bei diesem, ebenso die Doppelbrechung. Für Natriumlicht sind:

für Kalkspath	$\omega = 1.6585$	$\varepsilon = 1.4864$
> Dolomit	$= 1.6817$	$= 1.5026$

G. = 2.85 bis 2.95.

Chem. Zus.:  $MgCaC_2O_4$  oder  $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ , entsprechend 30.5 Kalk, 21.7 Magnesia, 47.8 Kohlensäureanhydrid, doch zeigen sich in Folge isomorpher Beimischungen mannigfache Abweichungen, indem bisweilen der Gehalt an Kalk erhöht erscheint oder indem Eisen und Mangan eintreten. V. d. L. unschmelzbar, oft eine dunkle Farbe annehmend. In Salzsäure gebracht, entwickelt

der D. bloß wenige Blasen, durch Erwärmen erfolgt aber ziemlich rasch die vollständige Auflösung: Unterscheidungsmerkmal gegenüber dem Kalkspath.

Die Nachahmung des D. ist auf mehreren Wegen versucht worden, am interessantesten sind die Versuche von Hoppe-Seyler, welcher  $\text{CaCO}_3$  mit einer Lösung von Magnesiumbicarbonat einschloss und auf  $100^\circ$  erwärmte, und jene von Klement, welcher durch die Einwirkung concentrirten Meerwassers auf Aragonit bei höherer Temperatur Dolomit darstellte.

Die Arten lassen sich in drei Abtheilungen bringen:

1. Krystallisirter Dolomit.

Auf Gängen erscheinen öfter kleine Drusen *R*; jene mit 4 *R* von Leogang, Kapnik wurden früher für Kalkspath gehalten. Die Rhomboëder sind oft sattel-

Fig. 1.

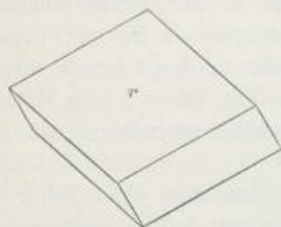


Fig. 2.



Fig. 3.

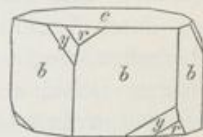


Fig. 4.

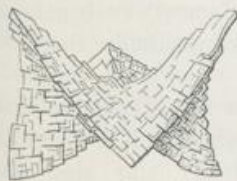


Fig. 5.

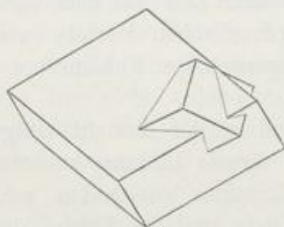
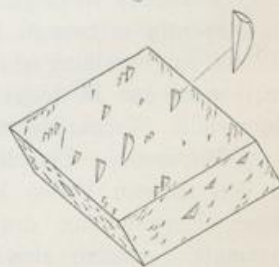


Fig. 6.



förmig gekrümmt, Fig. 4, oft perlmutterglänzend: Perlspath von Freiberg, Schneeberg, Schemnitz etc. Auf der Magnetitlagerstätte von Traversella in Piemont finden sich grosse, schöne Krystalle. Im Dolomitgestein sind häufig Drusenräume zu beobachten. Die schönsten wasserklaren Krystalle sitzen in kleinen Höhlungen des feinkörnigen zerreiblichen Dolomites im Binnenthal neben Pyrit, Dufrenoyzit, Hyalophan, Turmalin etc.; die schwebenden Krystalle im Talkschiefer der Alpen bei Gastein im Zillertal sind einfache Rhomboëder, jene im Gyps bei Hall in Tirol sind schwärzlich und zeigen 4 *R*.

2. Krystallinischer Dolomitspath.

Körnige oder stengelige Aggregate werden öfter angetroffen. Die körnigen Bestandmassen, welche in den älteren Schiefen der Alpen vorkommen, enthalten

keine  
aber  
kstein  
(alter)  
oden).  
edoch  
reich  
athes  
durch  
enerz.  
durch  
ingen  
spath,

$\text{MnCO}_3$   
hano-

$^\circ 45'$ ,  
,  $c =$   
eigen  
l der  
l auf-  
Ab-  
h die  
trisch  
ndas.  
eider  
erlich  
Fig. 5  
Ein-  
Druck  
l. M.

esem,

Kalk,  
rpher  
t an  
. un-  
ieckelt

immer etwas  $\text{FeCO}_3$ . Bei der Auflösung und Verwitterung hinterlassen sie Eisenocker, pag. 411. Ein pisolithisches Vorkommen von Zepce in Bosnien und Rakovac in Slavonien beschrieb v. Zepharovich. Pseudomorphosen nach Calcit sind namentlich auf den ungarischen Erzgängen häufig. Im Innern erscheinen sie oft zellig. Ps. nach Fluorit sind selten, die Verdrängung nach Baryt ist bei Příbram öfter zu beobachten.

### 3. Dolomit als Gestein.

Körniger Dolomit bildet bisweilen Gesteinsmassen von einiger Ausdehnung im Bereiche der krystallinischen Schiefer, ähnlich wie der körnige Kalkstein. Einige sehr bekannte Vorkommen sind der zuckerkörnige Dolomit des Binnenthals mit seinen schönen Mineralen, jener von Campo longo in Tessin, der gröberkörnige vom Brenner in Tirol. Der dichte bis feinkörnige Dolomit, welcher geschichtet und oft gelb gefärbt ist, erscheint in sedimentären Schichten eingelagert, doch gibt es keine Dolomite unter den jüngsten Bildungen.

Am häufigsten ist der D. mit dem Kalkstein in der Art verbunden, dass untergeordnete und unregelmässige Theile des Gebirges als Dolomit ausgebildet sind und durch Vermittlung von dolomitischem Kalk in den herrschenden Kalkstein übergehen. So in Südtirol an der Seisseralpe etc. Obwohl man häufig von den dortigen »Dolomiten« liest, so gehören doch die schönen zackigen, oft bizarren Bergformen dem Kalkstein an.

Oft sind Theile einer Kalkmasse dolomitisch, ohne dass eigentlicher D. auftritt. Solche Gemenge werden bei der Behandlung mit kalter verdünnter Salzsäure nur zum Theile aufgelöst.

Der D. ist bisweilen zerreiblich, sandig, erdig. Als Gurhofian wurde ein dichtes weisses Aggregat bezeichnet, welches bei Aggsbach in Niederösterreich im Serpentin vorkommt. In neuerer Zeit hat man versucht, schwach gebrannten Dolomit zu Bereitung eines hydraulischen Mörtels (weisser Cement) zu benutzen; auch wird aus D. bisweilen geruchlose Kohlensäure für moussirende Getränke dargestellt. (Vergl. Magnesit.)

Die meisten Forscher sind in der Ansicht einig, dass dem Dolomitgestein in den meisten Fällen keine directe Bildung zukomme, sondern dass dasselbe durch Umwandlung des Kalksteines entstanden sei. Belege dafür sind das genannte Verhalten zum Kalkstein und das Fehlen des D. in den jüngsten Ablagerungen. L. v. Buch, Haidinger, Morlot, Scheerer u. A. haben sich mit der Lösung der Frage beschäftigt. Am wahrscheinlichsten ist es, dass Wasser, die Magnesiabicarbonat enthielten, die Verwandlung bewirkten. Der D. wurde erst 1791 von Dolomieu als eine vom Kalkstein verschiedene Gattung hervorgehoben.

So wie der Kalkspath wird auch der D. öfter durch Quarz oder Chalcedon, ferner durch Pyrolusit, Limonit, Pyrit, Eisenspath, Zinkspath verdrängt. In der Tilly-Foster-Mine in New-York wurde von Dana die Verdrängung durch Magnetit beobachtet.

Die Eisen und Mangan enthaltenden Dolomite werden Braunspath genannt, weil sie bei der Verwitterung braun werden. Eine besondere Gattung ist der Ankerit mit dem  $R = 73^{\circ}48'$  und dem höheren  $G. = 2.95$  bis  $3.1$ . In demselben erscheint der Dolomitsubstanz  $\text{MgCa}_2\text{O}_6$  die damit isomorphe Sub-

stanz  $\text{FeCa}_2\text{O}_6$  bis zu gleicher Menge beigemischt. Bei der Verdrängung des Kalksteines durch Eisenspath bildet er oft die Grenzzone, s. pag. 315. Wird von den Bergleuten Rohwand genannt.

**Magnesit**, *Leonhard* (Giobertit, *Beudant*).

Das Spaltungsrhomboëder hat ungefähr  $72^\circ 40'$ , doch schwankt der Winkel ein wenig, je nach dem Vorkommen. Gewöhnlich sieht man bloß die Form  $R$ , doch wurden auch  $\infty R$ ,  $\infty P2$ ,  $OR$  beobachtet. Farblos, weiss, gelblich, braun, grau bis schwärzlich. Optisch negativ.  $H. = 4 \dots 4.5$ .  $G. = 2.9$  bis  $3.1$ .

Chem. Zus.:  $\text{MgCO}_3$ , entsprechend 47.6 Magnesia und 52.4 Kohlensäure-Anhydrid. Die isomorphe Beimischung der Carbonate von Eisen, Mangan, Kalk wird oft beobachtet. V. d. L. unschmelzbar, oft grau bis schwarz und dann magnetisch werdend. Durch Säuren wird der M. nur in der Wärme und viel schwieriger als der Dolomit aufgelöst. Die Nachahmung des M. gelang Sénarmont durch Mischung von Lösungen  $\text{MgSO}_4$  und  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  und längeres Erwärmen auf  $160^\circ$  in geschlossenem Gefässe. H. Rose bekam rhombische Krystalle beim Abdampfen von Magnesiabicarbonat.

Der M. findet sich in Rhomboëdern  $R$  in Serpentin bei Snarum in Norwegen, in ebensolchen einzelnen Rhomboëdern im Talkschiefer der Alpen, im Zillerthal, Pfischthal, Ultenthal etc., in schwärzlichen blätterigen Aggregaten im Gyps bei Hall in Tirol. Die letzteren Vorkommen sind eisenhaltig. Sie wurden wie überhaupt aller merklich eisenhaltige M. als Breunnerit bezeichnet. In den nordöstlichen Alpen finden sich Lager und Linsen von grobkörnigem M. im Thonschiefer; die flachrhomboëdrischen Individuen sind öfter durch etwas Grundmasse getrennt: der Pinolit Rumpfs, besonders schön bei Trieben in Steiermark.

Der weisse dichte Magnesit von flachmuscheligen Bruche, welcher in den Klüften des Serpentin bei Hrubschitz in Mähren, Kraubat in Steiermark, Frankenstein in Schlesien, Baldissero in Piemont (Baudisserit) vorkommt, ist ein bei der Bildung des Serpentin aus Olivinfels entstehendes Nebenproduct, oft durch Beimischung von Opal kieselhaltig. Die Magnesite werden öfter zur Darstellung reiner Kohlensäure für Getränke benutzt.

**Zinkspath** (Smithsonit, *Beudant*, Galmei z. Th., Kohलगalmei).

Für die Zinkindustrie sehr wichtig. Die Krystalle, meist klein und rauh, geben ein Spaltungsrhomboëder  $R$  von  $72^\circ 20'$ . Zuweilen sieht man  $4R$  und in Combinationen —  $\frac{1}{2}R$ ,  $\infty R$ ,  $\infty P2$  etc.  $H. = 5$ . Farblos, gelb, grün, braun, lichtgrau, durchscheinend bis undurchsichtig.  $G. = 4.1$  bis  $4.5$ .

Chem. Zus.:  $\text{ZnCO}_3$ , entsprechend 64.8 Zinkoxyd und 35.2 Kohlensäure-Anhydrid, jedoch gewöhnlich mit Beimischungen der übrigen isomorphen Carbonate und zuweilen von Cadmiumcarbonat. V. d. L. unschmelzbar, durch Säuren unter Brausen, aber auch durch eine reichliche Menge von Kalilauge auflöslich.

Krystallisirter Z. findet sich in Drusen auf Gängen mit Blende und Bleiglanz. Schöne Exemplare kennt man von Chessy, Dognaczka, Rezbanya, Kapnik, Matlock, Nertschinsk etc. Auf den Lagerstätten sieht man auch häufig Drusenräume.

isen-  
covac  
nent-  
ellig.  
öfter

nung  
stein.  
nen-  
über-  
leher  
gert,

dass  
ildet  
alk-  
von  
urren

auf-  
Salz-

ein  
reich  
nten  
zen;  
änke

stein  
selbe  
das  
Ab-

die  
erst  
ben.  
don,  
der  
netit

ath  
nung  
In  
Sub-

Krystallinischer Z. wurde auf mehreren Lagerstätten als Versteinerungsmaterial von Muscheln angetroffen, ferner auf Gängen als Verdrängungs-Pseudomorphose nach Kalkspath, Dolomit, Fluorit. Der körnige bis dichte Z. bildet Lagerstätten, welche mit Kalkstein und Dolomit verknüpft sind und durch Verdrängung erklärt werden, pag. 315. Sehr bekannt sind jene am Altenberg bei Aachen, bei Brilon und Iserlohn in Westphalen, Tarnowitz in Schlesien, Raibl in Kärnten, Wiesloch in Baden, Santander in Spanien, am oberen Mississippi etc. Das Erz, welches oft mit Kieselzinkerz und Zinkblüthe verbunden ist, bildete ehemals das einzige Zinkerz, bevor man die Blende verhütten lernte. Es ist oft unscheinbar, durch Brauneisenerz gelb bis braun gefärbt, häufig zellig (Zellengalmei).

Der Zinkeisenspath, Eisenzinkspath, Kapnit sind Mischungen mit Eisencarbonat, der Monheimit enthält auch Mangancarbonat, der Herrerit ist durch Kupfer blaugefärbter Zinkspath.

#### Eisenspath (Spatheisenstein, Siderit).

Als wichtiges Eisenerz ein Hauptglied der Carbonate. Nicht sehr formenreich, da die Krystalle gewöhnlich nur das Grundrhomboëder von circa  $73^\circ$  zeigen. Dieses ist öfter sattelförmig gekrümmt. Die Drusen vom Harz, aus Cornwall etc. haben auch andere Rhomboëder, darunter  $-2R$  und  $4R$  selbstständig,  $-\frac{1}{2}R$  in Combinationen, hier auch die beiden Prismen, die Endfläche und  $R3$ . Die Spaltflächen nach  $R$  sind öfter gekrümmt. Die Aetzfiguren sind bald asymmetrisch, bald monosymmetrisch. H. =  $3.5 \dots 4.5$ . Farbe erbsengelb, gelblichgrau, grau, gelblichbraun. Glasglanz. Durchscheinend bis undurchsichtig, optisch negativ. Nur schwach auf die empfindliche Magnetnadel wirkend. G. =  $3.7$  bis  $3.9$ .

Chem. Zus.:  $FeCO_3$ , entsprechend 62.1 Eisenoxydul und 37.9 Kohlensäureanhydrid, jedoch immer Mangan, auch Magnesia und Kalk in Form der isomorphen Carbonate beigemischt enthaltend. V. d. L. unschmelzbar, schwarz und magnetisch werdend, durch Säuren unter Aufbrausen auflöslich. Sénarmont hat durch Erwärmung einer Mischung von gelöstem  $FeSO_4$  und  $Na_2CO_3$  bei  $180^\circ$  in geschlossenem Gefäße kleine Rhomboëder von der Zus. des E. erhalten.

Schöne Drusen von Eisenspath finden sich auf Erzgängen oft mit Quarz, Blende, Kupferkies, z. B. bei Neudorf und Stolberg am Harz, Příbram in Böhmen, Traversella in Piemont, in Cornwall, Devonshire etc. Auf Lagerstätten bilden Drusen die Endigungen von körnigem E. bei Eisenerz, Hüttenberg, Müsen etc. Halbkugelige Aggregate (Sphärosiderit) im Basalt bei Steinheim, Bilin, Kolosoruk. In Verdrängungspseudomorphosen nach Calcit, Aragonit, Dolomit, nach Baryt, Fluorit auf Gängen.

Der körnige Siderit ist ein seit alter Zeit gekanntes Mineral, welches öfter mächtige Lagerstätten bildet. Dieselben sind lagerförmig oder stockartig, öfter mit Eisenspathgängen verbunden. Häufig enthalten sie Quarz, zuweilen Kupferkies und andere Sulfide, darunter manchmal Zinnober. Ueber die Bildung durch Verdrängung des Kalksteines, pag. 315. Zahlreich sind die Lager in der nördlichen Zone der Alpen zwischen dem Semmering und Brenner im Bereiche der alten Schiefer, am bekanntesten der Erzberg bei Eisenerz in Steiermark,



ein Lager von durchschnittlich 60, im Maximum von 125 Meter Mächtigkeit im Kalkstein. Ohne Zweifel bezogen die Römer von dort ihr »norisches Eisen«. Auch südlich an der Alpengabelung tauchen Lager auf, das ausgedehnteste bei Hüttenberg in Kärnten. Die verwitterten Vorkommen werden Braunerze, die manganhaltigen Blauerze genannt. Sie sind für die Verhüttung angenehmer als die frischen (unreifen) Eisenspath. Der Mangangehalt ist für die Stahlbereitung erwünscht. Eine merkwürdige stockartige Masse ist jene von Müsen in Westphalen, gangartig sind jene bei Horhausen, Igló.

Der dichte Siderit bildet in den sedimentären Gesteinen Lagerstätten, welche bald aus einem, bald aus wiederholten Lagern bestehen und öfter Versteinerungen enthalten. Zuweilen ist das Erz rein und fein krystallinisch, gewöhnlich aber ganz dicht und mit Thon gemengt: thoniger Siderit oder dichter Thoneisenstein. Derselbe bildet häufig einzelne Kugeln und Concretionen: thoniger Sphärosiderit, oder die Lager sind aus vielen solchen Concretionen zusammengesetzt. Beispiele finden sich in den nördlichen Karpathen, in der Gegend von Rokycan in Böhmen, im westphälischen Kohlengebirge, in Oberschlesien. Durch Kohle dunkelgefärbte Lager (Kohleneisenstein, Blackband) kennt man im Steinkohlengebiete Englands, Westphalens, des Banats etc. Diese Ablagerungen scheinen von Sümpfen herzurühren, welche von eisencarbonathaltigen Quellen genährt wurden.

Der Sideroplesit, Pistomesit und Mesitinspath bilden mit steigendem Magnesia-gehalt den Uebergang zum Magnesit, der Oligonspath zum Manganspath, der Zinkeisenspath zum Zinkspath. Der Kobaltspath (Sphärocobaltit) ist  $\text{CoCO}_3$ .

#### Manganspath (Dialogit, Rhodochrosit, Himbeerspath).

Ein wenig häufiges Mineral. Formen wie beim Eisenspath. Am häufigsten das Grundrhomboëder von  $73^\circ$ . Krümmung der Flächen kommt oft vor. Spaltb. nach R. H. =  $3.5 \dots 4.5$ . Farbe rosenroth bis himbeerroth, durchscheinend. Glasglanz, auch Perlmutterglanz.

Chem. Zus.:  $\text{MnCO}_3$ , entsprechend 61.7 Manganoxydul, 38.3 Kohlensäureanhydrid, aber niemals ganz rein, vielmehr oft grosse Mengen der isomorphen Kalk-Magnesia- und Eisencarbonate darbietend. Demnach zeigen sich Uebergänge zum Braunspath und Eisenspath. V. d. L. zerknistert er heftig, wird grünlichgrau bis schwarz, schmilzt nicht. Durch Säuren langsam, in der Wärme jedoch unter Brausen auflöslich.

Krystalle, halbkugelige oder traubige Aggregate finden sich auf Gängen. Jene von Kapnik, Nagyag sind blasser und kalkreich, jene von Horhausen und von Vieille in den Pyrenäen sattgefärbt und fast rein. Freiberg, Diez liefern schöne Drusen. Der Mangandolomit von Stirling ist ein Mittelglied zwischen M. und Kalkspath. Bei Elbingerode fand sich neben M. auch Kiesel-mangan.

#### 2. Ordnung: Silicide.

Eine sehr umfangreiche Ordnung, die alle wasserfreien Silicate umfasst, ausserdem auch einige basische Silicate von grösserer Härte. Es sind fast durchaus steinartige Minerale, zeigen also Glasglanz oder Fettglanz, sind durchsichtig, durchscheinend bis undurchsichtig, spröde. Die Härte beträgt gewöhnlich 5 bis 7, steigt aber auch bis 8. Im Kölbchen geglüht, geben sie kein Wasser, auch

die basischen nicht, weil erst bei hohen Temperaturen das gebildete Wasser ausgeschieden wird.

In chemischer Beziehung sind erstlich die einfachen Silicate zweiwerthiger Metalle zu unterscheiden, welche zwei Typen folgen:

$Mg_2SiO_4$  Olivintypus, Orthosilicate, auch als basische Anhydridsalze aufzufassen, pag. 253.

$MgSiO_3$  Pyroxentypus, Metasilicate, normale Salze, pag. 251.

Die Alumosilicate sind mannigfaltiger und können verschieden aufgefasst werden, da dieselben von mehreren Aluminiumhydroxyden wie  $Al(OH)_3$ ,  $OAlOH$ ,  $OAl_2(OH)_4$  abgeleitet und denselben sonach diese oder jene Constitution zugeschrieben werden kann. Vgl. pag. 249.

An die Alumosilicate schliessen sich noch einige Borosilicate.

Viele der Gattungen, welche wasserfreie Silicate sind, zerfallen in gewöhnliche (frische) und glasige (vulkanische) Arten. Die ersteren finden sich im Bereiche der älteren Silicatgesteine, wie Granit, Gneiss, die letzteren sind mit jüngeren Gesteinen eruptiven Ursprunges, wie mit Basalt, Trachyt und deren Laven verknüpft.

#### Olivingruppe.

Diese Minerale sind frei von Aluminium. Sie werden mit Ausnahme des Phenakits alle durch Säure zerlegt. Die Härte liegt zwischen 5 und 8. Die Spaltbarkeit ist wenig vollkommen. Sie sind entweder krystallisirt oder deutlich krystallinisch.

Monticellit	$CaMgSiO_4$ . . . . .	rhombisch,	0.4337 : 1 : 0.5758
Fayalit	$Fe_2SiO_4$ . . . . .	"	0.4584 : 1 : 0.5793
Forsterit	$Mg_2SiO_4$ . . . . .	"	0.4648 : 1 : 0.5857
Tephroit	$Mn_2SiO_4$ . . . . .	"	0.4600 : 1 : 0.5939
Willemit	$Zn_2SiO_4$ . . . . .	rhomboëdr.,	1 : 0.6775
Phenakit	$Be_2SiO_4$ . . . . .	" tetart.,	1 : 0.6611
Helvin	$MnS.Be_3Mn_3Si_4O_{12}$ . . . . .	tetraëdrisch	
Eulytin	$Bi_4Si_3O_{12}$ . . . . .	mimet. tetraëdrisch	
Chondrodit	$(FMg)_2Mg_3Si_2O_8$ . . . . .	monoklin,	1.0863 : 1 : 3.1447, $\beta = 90^\circ$
Humit	$(FMg)_2Mg_3Si_3O_{12}$ . . . . .	rhombisch,	1.0802 : 1 : 4.4033
Klinohumit	$(FMg)_2Mg_3Si_4O_{16}$ . . . . .	monoklin,	1.0803 : 1 : 5.6588, $\beta = 90^\circ$
Bertrandit	$H_2O_3Be_4Si_3O_7$ . . . . .	rhombisch,	0.5973 : 1 : 0.5688
Liëvrit	$HOFeCaFe_2Si_2O_8$ . . . . .	"	0.6665 : 1 : 0.4427

#### Olivin (Peridot).

Eine durch die Verbreitung und die Umwandlungserscheinungen wichtige Gattung. Krystallform rhombisch. Gewöhnliche Flächen sind  $m = (110)$ ,  $s = (120)$ ,  $b = (010)$ ,  $k = (021)$ , aber auch  $a = (100)$ ,  $d = (101)$ , ferner  $h = (011)$ ,  $e = (111)$ . Die Flächen  $m$  und  $s$  erscheinen oft ihrer Kante parallel gerieft. Winkel  $(120) = 85^\circ 57'$ ,  $(110) = 49^\circ 58'$ ,  $(101) = 103^\circ 6'$ ,  $(011) = 60^\circ 48'$ . Die Gestalt der Krystalle ist kurz säulenförmig bis dicktafelig. Bisweilen finden sich Zwillinge nach  $h$ . Spaltb. nach  $b$  deutlich, nach  $a$  unvollk. Muscheliger Bruch.  $H. = 6.5..7$ . Optisch positiv. A. E. parallel 001, die 1. Mittellinie parallel 010.

Chem. Zus. einer Mischung der beiden isomorphen Verbindungen:  $Mg_2SiO_4$  mit 57.2 Magnesia, 42.8 Kieselsäure und  $Fe_2SiO_4$  mit 70.5 Eisenoxydul und

29.5 Kiesels., entsprechend. In manchen O. wurde Titansäure, Nickel, Mangan, Fluor in geringen Mengen gefunden. Durch Salzsäure wird das Pulver zersetzt, bei den eisenhaltigen unter Gallertbildung. Man unterscheidet:

1. Forsterit. Farblos, gelb, hellgrün, blaulich.  $H. = 7$ ,  $G. = 3.24$ . Unschmelzbar. Das Magnesiasilicat fast allein enthaltend. Sitzende Krystalle am Vesuv, im körnigen Kalk bei Bolton, Mass. (Boltonit), bei Slatoust.

2. Olivin. Gelb, spargelgrün, olivengrün, pistazgrün, auch braun und roth.  $G. = 3.2 \dots 3.6$ . V. d. L. unschmelzbar, die eisenreichen schwer schmelzbar. Mischung beider Silicate bis etwa zu 45 Percent Eisenoxydul.

Den krystallisirten Olivin kennt man in durchsichtigen losen Krystallen, welche aus Natolien, Egypten, Brasilien kommen und als Edelstein benützt werden: Chrysolith, ferner in grossen Krystallen, die bisweilen im körnigen

Fig. 1.

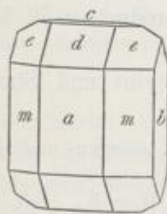


Fig. 2.

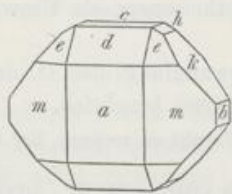
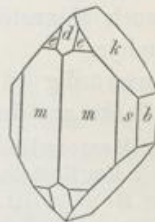


Fig. 3.



Kalkstein mit Magnetit, Talk, Bergleder im Bereiche der krystallinischen Schiefer gefunden werden: Stubachthal, Snarum. Die wasserhaltigen veränderten von Traversella wurden Villarsit genannt, das derbe Vorkommen im Chlorit- und Talkschiefer des Ural aber Glinkit.

Kleine, selten grössere Krystalle, welche häufig die Formen in Fig. 1 bis 3 zeigen, sowie auch Körner sind als accessorischer oder wesentlicher Gemengtheil in vielen Eruptivgesteinen verbreitet, namentlich im Basalt, Melaphyr, Pikrit. Beispiele sind der Basalt von Mayen am Rhein, der Pikrit bei Neutitschein in Mähren. Die eisenreichen Krystalle des Basaltes am Kaiserstuhl wurden Hyalosiderit genannt. Lose Krystalle finden sich öfter in der vulkanischen Asche am Vesuv, Aetna etc.

Der körnige Olivin bildet für sich und im Gemenge mit Bronzit oder Diallag den Olivinfels (Lherzololith, Dunit), welcher im Gebiete der krystallinischen Schiefer vorkommt. Als accessorischer Gemengtheil findet er sich in manchem Gabbro und Eklogit. Bruchstücke von Olivinfels und kleinere Stücke von körnigem Olivin sind öfter als fremde Einschlüsse im Basalt, Lava und Tuff enthalten. Sie sind also bei der Eruption aus der Tiefe gebracht worden. Bei Kapfenstein in Steiermark liegen grosse Rollstücke von Olivinfels im Basalttuff.

3. Fayalit. Die eisenreichsten Mischungen. Fettglänzend, dunkelgrün bis eisenschwarz.  $G. = 3.9$  bis  $4.1$ . V. d. L. zur Kugel schmelzbar. Krystalle in der Lava vom Hafnefford auf Island, in Obsidian am Yellowstoneflusse in Nordamerika. Der Eulysit und der Roepperit gehören auch zum F. Die Schlacke, welche sich beim Eisenfrischprocess erzeugt, bildet oft Krystalle, wie in Fig. 3, und hat

die Zusammensetzung des Fayalits. Das Vorkommen auf der Insel Fayal scheint auch nur eine solche Schlacke zu sein.

Wie Ebelmen zeigte, gelingt die Darstellung von Krystallen mit Olivinform und entsprechender Zusammensetzung durch Schmelzen von Magnesia und Kieselerde in passendem Verhältnis mit Borsäure.

Der Olivin gehört zu jenen Gattungen, welche auch unter den Hauptgemengtheilen vieler Meteorsteine vertreten sind.

Eine häufige Erscheinung ist die Verwitterung des O. zu Serpentin. Die Veränderung lässt sich sowohl an einzelnen Krystallen, z. B. an jenen von Snarum in Norwegen, als auch an den körnigen Aggregaten im Olivinfels erkennen. Da der gebildete Serpentin ein grösseres Volumen besitzt, als das ursprüngliche Mineral, so erfolgt ein fortwährendes Zerspringen des letzteren, welches eine maschenförmige Textur der Neubildung bedingt (s. pag. 124). Bisweilen ist dem Umwandlungsproduct Magnesit oder Opal beigemischt. Eisenreiche Vorkommen liefern auch Magnetit oder Rotheisenerz als Umwandlungsproduct, z. B. Krystalle im Melaphyr.

Merkwürdig ist die Umwandlung des O. in Anthophyllit und Strahlstein, welche Becke aus dem Waldviertel beschrieb.

Der Hortonolith ist zum Fayalit zu rechnen, der Stirlingit, mangan- und zinkhaltig, nähert sich dem Knebelit.

Der Monticellit, rhombisch (120) = 81° 53', (011) = 59° 51', H. = 5 . . 5.5, G. = 3:1 ist dem Olivin ähnlich. Chem. Zus.:  $\text{CaMgSiO}_4$ , doch mit einer Beimischung des isomorphen Eisensilicates. Vesuv, Magnet Cove in Arkansas, Monzoni. Hier auch derb (Batrachit). Nach G. v. Rath verwandelt sich der M. bisweilen in Fassait.

Dem Olivin verwandt sind auch drei fluorhaltige, oft schön krystallisirte, dabei sehr formenreiche Minerale, deren Benennung nach Descloizeaux:

Chondrodit (monoklin), Humit (rhombisch), Klinohumit (monoklin). H. = 6, G. = 3 bis 3.2. Weiss, gelb, braun bis roth. Die chem. Zus. stellt sich so dar, als ob das Olivinsilicat  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  mit verschiedenen Mengen von  $\text{F}_2\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  verbunden wäre, und zwar in den drei Gattungen in den Verhältnissen 1:1, 2:1 und 3:1. Statt des letzteren Silicates kann auch das basische  $\text{H}_2\text{O}_2\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  eintreten. (Penfield und Howe, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 23, p. 78.) Schöne Krystalle kommen vom Vesuv, aus der Tilly-Foster-Grube bei Brewster in New-York, von Nyakopparberg oder Kafveltorp in Westmanland, Ladu-Grube in Wermland, Schweden; Chondrodit findet sich öfter im körnigen Kalkstein, so bei Pargas und Orjäärvi in Finland, Sparta in New-Jersey. Verwandelt sich auch bisweilen in Serpentin.

Dem Olivin entsprechend zusammengesetzt ist auch der damit isomorphe Tephroit  $\text{Mn}_2\text{SiO}_4$  von Sparta, Stirling, Franklin in New-Jersey, der zugehörige magnesiahaltige Pikrotephroit von Långban, der eisenhaltige Knebelit von Ilmenau und Dannemora, der Igelströmit.

Der Phenakit, ein seltenes Mineral, rhomboëdrisch-tetartoëdrisch, R = 63° 24'. Kurze Krystalle von beinahe Topashärte, farblos, weingelb. G. = 2.86 bis 3. Chem. Zus.:  $\text{Be}_2\text{SiO}_4$ . Bisweilen secundär, aus Beryll hervorgegangen. Stretinsk an der Takowaja, Framont, neuerlich auch im Wallis in der Schweiz und bei Pisek in Böhmen gefunden. Merkwürdig ist das Vorkommen mit Amazonit bei Miask und in Colorado.

Der Willemit, mit vorigem isomorph, jedoch rhomboëdrisch, weiss, gelb, braun etc. H. = 5.5, G. = 4.1.  $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ . Altenberg bei Aachen, Stirling und Franklin in New-Jersey. In dem isomorphen Troostit ist das Mangansilicat  $\text{Mn}_2\text{SiO}_4$  zugemischt. Der Trimerit, mimetisch-hexagonal, rosafarbig, von der Harstig-Mine in Wermland ist  $\text{BeMnSiO}_4$ . Ein berylliumhaltiges Mineral ist auch der Bertrandit, welcher farblose rhombische Täfelchen von Feldspathhärte bildet. Zus.  $\text{H}_2\text{O}_2\text{Be}_4\text{Si}_3\text{O}_7$ . Petit Port bei Nantes, Pisek in Böhmen, Mount Antero in Colorado. Es ist ein Zerlegungsproduct des Berylls. Von ungewöhnlicher Zus. sind der rhombische Leukophan

FNaC  
fiord ischwar  
die Gr  
Schlesisilicat,  
auch I  
Schwa

Hyal.

edrisel  
stadt.  
berg eSie b  
Eisen  
gewöl  
der V

nach

Pyrox  
1871.Ensta  
Hype  
Diops  
Hede  
Augit  
Akmi  
Spod  
Woll  
Pekte  
Rhod  
BabinAnth  
Gedr  
Trem  
Horn  
Glaul  
Riebc  
Arfve  
Aenig

FNaCaBeSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub> und der tetragonale Melinophan FNaCa<sub>2</sub>Be<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>10</sub>, beide vom Langesundfjord in Norwegen.

In die Nähe der Olivin-Gruppe werden von manchen Autoren auch folgende Minerale gestellt:

Liévrít (Ilvait), rhombische, säulenförmige Krystalle von bräunlich- oder grünlich-schwarzer Farbe. H. = 5·5 . . 6, G. = 3·8 bis 4·1. Durch Salzsäure leicht zersetzbar. HOFeCaFe<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, die Gruppe HOFe enthält dreiverthiges Eisen. Insel Elba, Herborn in Nassau, Kupferberg in Schlesien etc.

Helvin, tetraëdrisch. Gelb, grün, braun, Feldspathhärte. G. = 3·2 bis 3·3. Ein Olivin-silicat, BeMnSiO<sub>4</sub>, verbunden mit einem Sulfid MnS, letzteres bis 18 Percent, statt des Mangans auch Eisen enthaltend. Durch Salzsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff zersetzbar. Schwarzenberg und Breitenbrunn in Sachsen, Lupiko in Finland etc.

Der Acharagdit ist ein zersetzter, der Danalith ein zinkhaltiger H. Der Ganomalit, Hyalotekit, Barysilit, Kentrolit, Melanotekit sind bleihaltige Silicate.

Eulytin (Kieselwismut, Wismutblende), mimetisch-tetraëdrisch, die Individuen rhomboëdrisch nach Bertrand, H. = 4·5 . . 5, G. = 6·1. Chem. Zus. Bi<sub>4</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>. Schneeberg, Johanngeorgenstadt. Der Agricolit Frenzel's hat dieselbe Zusammensetzung. Der Bismutoferrit von Schneeberg enthält ausserdem Eisen.

Pyroxen-Amphibolgruppe.

Rhombische, monokline, seltener trikline Minerale von grosser Verbreitung. Sie bestehen in erster Linie aus einfachen, normalen Silicaten von Kalk, Magnesium, Eisen, Mangan, wozu aber öfter auch isomorphe Alumosilicate kommen. Durch gewöhnliche Säuren sind sie nur wenig angreifbar, bloss das reine Kalksilicat, der Wollastonit wird dadurch zersetzt. Die Härte liegt zwischen 4·5 und 7.

Alle sind spaltbar, die meisten nach einem vierflächigen Prisma. Sie zerfallen nach dem Spaltwinkel in zwei Reihen, die Pyroxen- und die Amphibolreihe.

Ueber die optischen Verhältnisse und die chemische Zusammensetzung der Pyroxen-Amphibolgruppe: Aut. in den Mineralog. Mittheilungen hg. v. Tschermak, 1871, pag. 17. Cross, Americ. Journ. of. sc., Bd. 39, pag. 359 (1890).

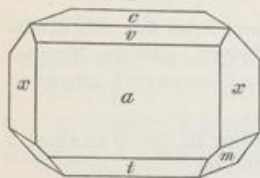
Enstatit	Mg <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	rhombisch	1·0308 : 1 : 0·5885	
Hypersthen	Fe <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	"	1·0295 : 1 : 0·5868	
Diopsid	CaMgSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	monoklin	1·0921 : 1 : 0·5893 . . . . .	β = 74° 11'
Hedenbergit	CaFeSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	"	1·090 : 1 : 0·584 . . . . .	" 74° 10'
Augit	MgAl <sub>2</sub> SiO <sub>6</sub>	"	1·0955 : 1 : 0·5904 . . . . .	" 74° 14'
Akmit	NaFeSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	"	1·0996 : 1 : 0·6012 . . . . .	" 73° 11'
Spodumen	LiAlSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	"	1·1238 : 1 : 0·6355 . . . . .	" 69° 40'
Wollastonit	Ca <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	"	1·0523 : 1 : 0·9649 . . . . .	" 84° 35'
Pektolith	NaHCa <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>9</sub>	"	1·1140 : 1 : 0·9864 . . . . .	" 84° 40'
Rhodonit	Mn <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	triklin	1·0727 : 1 : 0·5210	α = 76° 42', γ = 71° 16', γ = 81° 39'
Babingtonit	Ca <sub>2</sub> FeSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	"	1·1556 : 1 : 0·5811	" = 74° 53', " = 72° 12', " = 83° 22'
	Fe <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>			
Anthophyllit	Mg <sub>4</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub>	rhombisch	0·521 : 1 : —	
Gedrit	Mg <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>12</sub>	"	0·523 : 1 : 0·217	
Tremolit	CaMg <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub>	monoklin	0·5428 : 1 : 0·2886 . . . . .	β = 74° 19'
Hornblende	CaMg <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>12</sub>	"	0·5508 : 1 : 0·2937 . . . . .	" 73° 58'
Glaukophan	Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub>	"	0·53 : 1 : 0·29 . . . . .	" 73° —'
Riebeckit	Na <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub>	"	0·5556 : 1 : 0·2925 . . . . .	" 73° 6'
Arfvedsonit	Na <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub>	"	0·5565 : 1 : 0·2975 . . . . .	" 73° 7'
Aenigmatit	Fe <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub>	triklin	0·6778 : 1 : 0·3506	α = γ = 90, β' = 72° 49'

heint  
form  
esel-  
heng-  
Die  
arum  
Da  
liche  
eine  
dem  
men  
stalle  
stein,  
altig,  
= 3:1  
rphen  
Nach  
rmen-  
= 3  
silicat  
drei  
h das  
ehöne  
Nya-  
lrodit  
New-  
1/2 SiO4  
hroit  
Kry-  
veilen  
sh im  
n mit  
ete.  
dem  
hexa-  
neral  
ildet.  
Es ist  
phan

**Wollastonit, Hawy (Tafelspath).**

Monokline, tafelförmige oder säulenförmige Krystalle oder auch körnige, strahlige, faserige Aggregate. Häufige Flächen sind  $a = (100)$ ,  $v = (101)$ ,  $c = (001)$ ,  $t = (10\bar{1})$ ,  $x = (120)$ ,  $m = (12\bar{2})$ . Winkel  $(110) = 92^\circ 40'$ ,  $100:101 = 44^\circ 33'$ ,  $\beta = 84^\circ 35'$ . Zwillingsbildungen nach 100. Spaltb. nach 100, 101, 201.

Fig. 1.



H. = 4·5 . . 5. A. E. parallel 010. Opt. negativ. Weiss, gelblich, röthlich. G. = 2·8 bis 2·9. Ueb. d. Formen: Grosser, Zeitschr. f. Kryst. Bd. 19, pag. 603.

Chem. Zus.:  $Ca_3Si_3O_9$ , entsprechend 48·2 Kalk, 51·8 Kieselsäure. V. d. L. zum durchscheinenden Glase schwierig schmelzbar, durch Säuren unter Gallertbildung auflöslich. Umgeschmolzen krystallisiert die Verbindung hexagonal.

Der W. kommt als Contactmineral im blaulichen körnigen Kalkspath mit Granat etc. bei Cziklowa im Banat, Pargas in Finland etc. vor, ferner in sitzenden Krystallen oder strahligen Bildungen in Auswürflingen der Somma am Vesuv, Capo di bove bei Rom, spärlich in Eruptivgesteinen, z. B. in der neuen Lava auf Santorin, im Phonolith des Kaiserstuhles etc.

Der Aedelforsit ist nach Forehammer ein unreiner Wollastonit. Der Pektolith vom Monte Baldo, Monzoni, Bergenhill etc., welcher auch Natron und Wasser enthält, ist strahlig bis dicht, zugehörig ist der Stellit und Osmelith.

Pyroxenreihe: Spaltwinkel circa  $92^\circ$ .

**Bronzit.**

Bietet eine vollständige Parallele mit Olivin, sowohl in der Verbreitung als in den Erscheinungen der Umwandlung. Krystallsystem rhombisch, Krystalle säulenförmig.  $m = (110)$ ,  $a = (100)$ ,  $b = (010)$ ,  $e = (122)$ ,  $u = (322)$ ,  $p = (102)$ . Winkel  $(110) = 91^\circ 40'$ . Hier ist also die schärfere Kante nach vorn gekehrt wegen der Analogie mit den folgenden Gattungen.  $(102) = 31^\circ 48'$ .

Spaltb. nach  $m$  ziemlich vollk., nach  $a$  unvollk., jedoch zeigt sich öfter in Folge schaliger Zusammensetzung eine Theilbarkeit nach  $a$ . H. = 5 . . 6. Die Mittellinie  $c$  ist parallel der aufrechten Axe, die A. E. parallel  $a$ . G. = 3·1—3·5.

Chem. Zus. einer Mischung der isomorphen Silicate  $Mg_2Si_2O_6$  mit 40 Magnesia, 60 Kiesels. und  $Fe_2Si_2O_6$  mit 54·4 Eisenoxydul und 45·6 Kiesels. entsprechend. Thonerde wird bisweilen in erheblicher, Mangan, Calcium in untergeordneter Menge gefunden. Durch Säuren wird das Pulver nicht angegriffen.

Der Winkel der optischen Axen variiert je nach dem Verhältnis, in welchem die beiden Silicate gemischt sind. Für die eisenärmste Mischung ist der negative Winkel in Oel  $133^\circ$ , für die eisenreichste  $69^\circ$  nach Descloizeaux. Da der wahre Axenwinkel bei einem Gehalte von ungefähr 10 Percent Eisenoxydul  $90^\circ$  wird, so sind alle hierhergehörigen Minerale mit weniger Eisen optisch positiv, die mit mehr Eisen aber negativ (pag 193).

Die künstliche Darstellung des Silicates  $Mg_2Si_2O_6$  gelang Ebelmen wie beim Olivin, Cossa hingegen durch directes Zusammenschmelzen von Magnesia und Kieselsäure im geeigneten Verhältnis.

durch  
zieml  
nicht

wurde  
Bamb  
blend  
auch  
Pseud

haben  
Speck

braun  
von I  
nach  
Exem  
Misch  
nomm  
angeg

zelner  
des O  
Indivi  
Ulten  
Spaltu  
wiede

Hesse  
Steier  
samm  
beoba

Man unterscheidet:

1. Enstatit, *Kenngott*. Grauweiss, gelblich, grünlich und blass bräunlich, durchscheinend. Optisch positiv.  $H. = 5.5$ ,  $G. = 3.1$  bis  $3.2$ . Das Magnesiumsilicat ziemlich rein enthaltend, Gehalt an Eisenoxydul bis etwa 5 Percent. V. d. L. nicht schmelzbar.

Grosse Krystalle bis über 40 Cm. lang, öfter von der Form in Fig. 1, wurden von Brögger und Reusch bei Kjørrestad im norwegischen Kirchspiel Bamle neben Rutil in einer Apatitlagerstätte entdeckt, welche Klüfte im Hornblendeschiefer ausfüllt. (Zeitschr. f. Kryst. I, pag. 18.) Derbe Massen finden sich auch in anderen Gegenden Norwegens, Krystalle ohne deutliche Endigung im Pseudophit am Zdarberge bei Aloisthal in Mähren u. s. w.

Der E. zeigt sich öfter in Talk verwandelt. Die norwegischen Krystalle haben gewöhnlich eine weiche, wasserhaltige Rinde, andere sind vollständig zu Speckstein geworden.

Fig. 1.

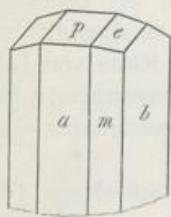


Fig. 2.

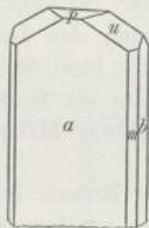
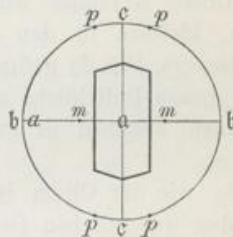


Fig. 3.



2. Bronzit, *Karsten*. Lauchgrün, gelbgrün, pistazgrün, olivengrün, nelkenbraun, auf der Querfläche  $a$  öfter einen tombackartigen Schiller zeigend, welcher von Einschlüssen herrührt, pag. 114. Dadurch wird eine schalige Absonderung nach  $a$  hervorgebracht. Durchscheinend. Der Pleochroismus ist nicht stark. Manche Exemplare sind opt. positiv, die meisten negativ,  $H. = 5.5$ ,  $G. = 3.2$  . .  $3.3$ . Mischungen des Magnesium- und des Eisensilicates innerhalb der (willkürlich angenommenen) Grenzen, welche durch etwa 5 Percent und 15 Percent Eisenoxydul angegeben werden. V. d. L. sehr schwer schmelzbar.

Messbare Krystalle sind bisher nicht beobachtet. Der B. findet sich in einzelnen Körnern und unvollk. Krystallen und in körnigen Aggregaten als Begleiter des Olivins im Olivinfels (Lherzolith, Dunit) und auch im Serpentin. Grosse Individuen sind von Kraubat in Steiermark, Kupferberg in Bayern, aus dem Ultenthal in Tirol u. von a. O. bekannt. Die welligen Knickungen, welche manche Spaltungsstücke auf  $a = (100)$  zeigen, rühren, wie Bücking erkannte, von einer wiederholten Zwillingsbildung nach  $h = 104$  her.

Der B., welcher in den Olivinfels-Einschlüssen im Basalt bei Marburg in Hessen, am Kozakow bei Semil in Böhmen, im Basalttuff bei Kapfenstein in Steiermark, bei Reps in Siebenbürgen etc. vorkommt, zeigt keine schalige Zusammensetzung und keinen Schiller. In Melaphyr, Andesit wurde auch B. beobachtet.

Mancher B., welcher im Serpentin vorkommt, gibt Lamellen parallel  $a$ , welche, in Oel getaucht, die Axenbilder bemerken lassen, also die Ebene der opt. Axen parallel  $b$  haben (Protobastit, Diaklasit von Harzburg). Hier scheint die beginnende Zersetzung die Ursache der optischen Veränderung zu sein. Dieselbe optische Orientirung behält der im Serpentin eingeschlossene B. bei der Umwandlung in Schillerspath (Bastit). Wo der B. nicht im Serpentin eingeschlossen ist, verwittert er zu Talk oder (zufolge eines Thonerdegehaltes) zu einem graugrünligen Gemenge (Phästin), welches Talk und einen Chlorit enthält.

Der Monradit scheint auch ein etwas zersetzter Bronzit zu sein.

3. Hypersthen, *Hawy* (Paulit). Schwärzlichgrün, schwärzlichbraun, pechschwarz. Auf der Querfläche  $a$  zeigt sich öfter ein kupferfarbiger Schiller, der von Einschlüssen herrührt (p. 114). Undurchsichtig, optisch negativ. An dünnen Platten lässt sich der Pleochroismus gut erkennen, an solchen parallel  $a$  hat man öfter für  $c$  graugrün, für  $a$  hyacinthroth.  $H. = 6$ .  $G. = 3.4$  bis  $3.5$ . Mischungen beider Silicate mit mehr als 15 Percent Eisenoxydul. V. d. L. zu grünlich-schwarzem, schwach magnetischem Glase schmelzend.

Grosse Krystalle wurden in der Magnetkieslagerstätte bei Bodenmais in Bayern, kleinere in den Auswürflingen des Laachersees (Amblystegit) und in Trachyten (s. Fig. 2) gefunden. Auf der Insel St. Paul an der Küste von Labrador bilden grosse Individuen mit Plagioklas ein Gestein, den Hypersthenit; kleinere Individuen kommen in manchem Gabbro, Melaphyr als accessorischer Gemengtheil vor.

So wie der Olivin ist auch der Bronzit in seinen verschiedenen Gliedern unter den wesentlichen Gemengtheilen in Meteoriten vertreten.

Der Szaboit Koch's ist Hypersthen.

#### Pyroxen, *Hawy*.

Die Krystallform ist monoklin. Gewöhnliche Formen sind:

$$a = (100), m = (110). b = (010), u = (111), s = (11\bar{1}).$$

Oefter aber treten hinzu:

$$p = (10\bar{1}), c = (001), v = (221), o = (22\bar{1}), z = (021), \text{ seltener ist } n = (10\bar{2})^1)$$

Winkel der typischen Formen sind:

$$(110) = 92^\circ 54', u : u = 111 : \bar{1}\bar{1}\bar{1} = 48^\circ 30', s : s = 11\bar{1} : \bar{1}\bar{1}\bar{1} = 59^\circ 12'.$$

(Kokscharow, Mat. z. Miner. Russlands, Bd. 4.)

Spaltb. nach  $m$  deutlich bis ziemlich vollk.  $H. = 5$  bis  $6$ . Die Zwillingbildungen erfolgen nach  $a$  oder nach  $c$ . Nimmt man ein Blättchen parallel der einen oder der anderen Fläche, so erhält man im Konoskop je ein Axenbild. A. E. parallel  $b$ , optisch positiv, Winkel  $ac$  variabel. Pleochroismus gewöhnlich schwach.  $G. = 3$  bis  $3.5$ .

Chem. Zus. mehreren, vorzugsweise thonerdefreien Silicaten entsprechend. V. d. L. schmelzen alle Pyroxene zu einem Glase, welches je nach dem Eisengehalte weiss, grau bis grün oder schwarz ist. Durch Säuren werden sie nicht

<sup>1)</sup> Die Figuren 1 bis 3 sind in der bei den monoklinen Krystallen gewöhnlich angenommenen Stellung, die übrigen (5 bis 12) aber in der rückwärtigen Ansicht, folglich so gezeichnet, dass nunmehr die obere Endfläche  $c$  nicht gegen den Beschauer, sondern rückwärts abfällt. Die dazu parallele Fläche  $00\bar{1}$  wird nun am unteren Ende des Krystalles sichtbar.



zersetzt. Krystallisirte Silicate von der chem. Zus. der Pyroxene sind öfter in Schlacken, welche sich in Hochöfen, in Kalk- und Cementöfen bilden, beobachtet worden. Die absichtliche Darstellung durch Zusammenschmelzen der Bestandtheile gelang Mitscherlich bei Diopsid, Dölder bei thonerdehaltigen Gliedern.

Um die Pyroxene bei der Mannigfaltigkeit ihres Aussehens und ihrer chem. Zus. nicht allzusehr zu zersplittern, theilt man dieselben bloß in drei Gattungen.

Diopsid. Säulenförmige Krystalle, zuweilen wie in Fig. 1 bis 3 oder derb, in breiten Individuen, auch stenglige und körnige Aggregate. Die derben Vorkommen zeigen oft eine schalige Zus. bald nach  $a$ , bald nach der Endfläche  $c$ . Dieselbe rührt von der Einschaltung höchst feiner Zwillingslamellen her. Die Ausbildung der Krystalle ist bisweilen eine hemiëdrische. Pelikan bestätigte diese an Mineralen früher noch nicht beobachtete Hemiëdrie durch die Form der Aetzfiguren. (Tschermak's Min. u. petrogr. Mitth., Bd. 16.)

Mischungen zweier Silicate:  $CaMgSi_2O_6$  mit 25.8 Kalk, 18.6 Magnesia, 55.6 Kieselsäure und  $CaFeSi_2O_6$  mit 22.5 Kalk, 29 Eisenoxydul, 48.5 Kieselsäure. Die opt. Orientirung und der Winkel der opt. Axen variiren je nach dem

Fig. 1.

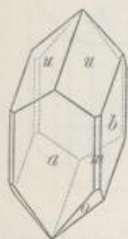


Fig. 2.

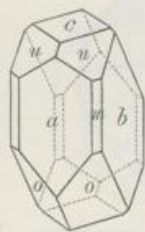


Fig. 3.

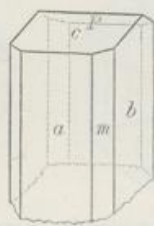
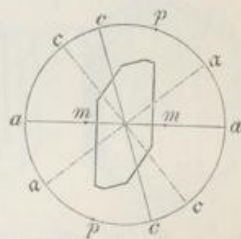


Fig. 4.



Verhältnis der Mischung. Für das erste Silicat ist  $ac=51^\circ$ , für das zweite  $44^\circ$ . Der positive Axenwinkel nimmt wie beim Bronzit mit dem Eisengehalte zu.

Farblose oder weisse sitzende Krystalle selten, z. B. bei Rezbanya. Im Gestein eingeschlossen, besonders im körnigen Kalkstein, sind weisse bis graue oder grüne Krystalle oder Körner häufig: Salit, Baikalit, Malakolith. Nach Kalkowsky kommt Salit in manchem Gneiss und Hornblendeschiefer als Gemengtheil vor. Diopsid nennt man vorzugsweise die sitzenden blassgrünen bis lauchgrünen Krystalle, wie solche auf der Mussa-Alp in Piemont, bei Achmatowsk im Ural mit Klinochlor, Almandin etc. vorkommen, oder die graulichgrünen strahligen Aggregate (glasiger Strahlstein) aus dem Zillerthal, die auch oft Krystallendigungen zeigen.

Bisweilen finden sich körnige Aggregate: Kokkolith von weisser, lauchgrüner, pistazgrüner, auch schwärzlichgrüner Farbe, zuweilen schon ziemlich eisenreich. Beispiele liefern Arendal, Ersby, Rossie.

Das letzte Glied bildet der Hedenbergit, schwarz, derb, selten in Krystallen, das zweite Silicat fast rein darstellend. Tunaberg, Arendal.

Die hellfarbigen Minerale dieser Reihe unterliegen oft der Umwandlung in Talk. Mancher Salit, mancher Malakolith ist weich. Dies entspricht nach H. Rose dem Beginn der Veränderung.

Diallag. Durch eine ungemein feinschalige Zusammensetzung parallel  $a$  ausgezeichnet. Auf dieser Fläche zeigt sich oft ein metallartiger Perlmutterglanz. Farbe graugrün, olivengrün, schwarzgrün, auch braun. Zuweilen dem Bronzit sehr ähnlich, doch von diesem leicht zu unterscheiden, weil die Diallagblättchen ein einziges Axenbild wahrnehmen lassen und ziemlich leicht schmelzbar sind. Früher wurde der dunkle Diallag auch oft für Hypersthen gehalten. Optisch wie Diopsid, jedoch sind oft Störungen bemerkbar. — Chem. Zus.: wie beim Diopsid, jedoch wird bisweilen ein geringer Thonerdegehalt gefunden.

Deutliche Krystalle sind selten, z. B. im Chloritgestein von Wildschönau in Tirol. Sie haben die Form wie in Fig. 5 mit stark entwickelter  $a$ -Fläche. Niemals wurden sitzende Krystalle gefunden. Zuweilen kommen grosse Individuen vor, z. B. bei Neurode in Schlesien, Prato bei Florenz. Der Diallag ist wesentlicher Gemengtheil des Gabbro, einer ziemlich verbreiteten, oft grobkörnigen Felsart, welche besonders im Bereiche der krystall. Schiefer auftritt und in Italien Eufotide oder Granitone genannt wird. Die Individuen des D.

Fig. 5.



Fig. 6.

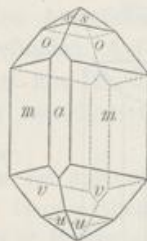


Fig. 7.

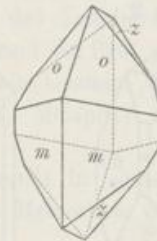
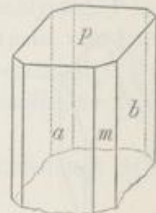


Fig. 8.



sind am Rande öfter mit Hornblende parallel verwachsen. Die Veränderungen des D. erfolgen wie beim Salit.

Augit. Krystalle gewöhnlich kurz, oft in der Grundmasse schwebend. Zwillinge nach  $a$  nicht selten. Einzelne Körner oder gestreckte Individuen, auch körnige Aggregate. Optisches Verhalten ähnlich wie beim Diopsid, Orientirung variabel.

Chem. Zus. mannigfaltiger, da zu den beiden Silicaten des Diopsides noch Alumosilicate wie  $MgAl_2SiO_6$  und  $CaAl_2SiO_6$  beigemischt sind, ebenso die daraus abgeleiteten, in welchen Magnesia durch Eisenoxydul, Thonerde durch Eisenoxyd ersetzt erscheint. Demnach gibt die Analyse immer Thonerde, oft auch Eisenoxyd an. Der Gehalt an Alkalien in manchen Augiten ist auf die Beimischung von Akmitsilicat  $NaFeSi_3O_6$  zurückzuführen.

Die lauchgrünen, pistazgrünen bis schwarzgrünen, meist sitzenden Krystalle von der Form wie in Fig. 6 und 7 und von ähnlichen Formen werden als Fassait (Pyrgom) bezeichnet. Sie finden sich unter den Contactbildungen im Fassathal, am Vesuv, bei Traversella etc. Den lauchgrünen Omphacit kennt man nur derb, mit schaliger Zusammensetzung oft in Verwachsung mit grüner Hornblende, neben Granat im Eklogit des Fichtelgebirges, der Saualpe etc. Das wichtigste Glied ist der gemeine Augit von tief lauchgrüner, schwarzgrüner bis pechschwarzer Farbe und muscheligem Bruche, zuweilen sitzende Krystalle von

der Gestalt in Fig. 8, auch unregelmässige Körner bildend, wie auf der Eisenerz-lagerstätte bei Arendal. Der vulkanische Augit erscheint in schwebenden dunklen Krystallen, welche im Dünnschliffe oft sehr durchsichtig werden. Die Formen in Fig. 9 bis 12 sind daran häufig zu sehen, die Zwillingbildung nach  $a$  wie in letzter Figur ist nicht selten. Zuweilen werden lose Krystalle bei Eruptionen ausgeworfen und wieder von der Asche und dem Tuff der Vulkane umhüllt. Dieser Augit ist wesentlicher Gemengtheil vieler Eruptivgesteine, wie Basalt, Melaphyr, Diabas. Er enthält häufig Einschlüsse, pag. 113. Oft zeigt er die isomorphe Schichtung. Oefter beobachtet man die Umwandlung in Chlorit oder Grünerde, in Biotit, in Epidot; einige dem Talk und Serpentin ähnliche Umwandlungsproducte wurden Pikrophyll, Pyralolith etc. genannt, ein erdiger Zersetzungsrückstand Cimolit. Verdrängung durch Kalkspath oder Opal, Chaledon wird in manchem zersetzten Gestein wahrgenommen.

Der Pyroxen ist auch in manchen Meteorsteinen vertreten, doch enthält er dann oft weniger Kalk als der tellurische P.

Fig. 9.

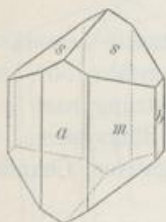


Fig. 10.

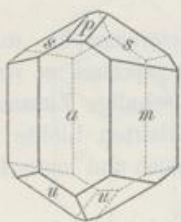


Fig. 11.

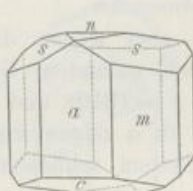
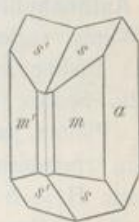


Fig. 12.



Der Chromdiopsid enthält eine geringe Menge Chrom. Der Schefferit ist ein manganhaltiger, der Jeffersonit ein mangan- und zinkhaltiger Pyroxen, der blaue Violan von St.-Marcel gehört zum Diopsid, der blassrothe Anthochroit ist demselben verwandt.

Eine besondere Abtheilung der Pyroxengruppe bilden einige Minerale, welche Alkalien enthalten.

Der Spodumen (Triphan), monoklin, in den Winkeln, Combinationen und der Spaltb. dem Pyroxen ähnlich, weiss bis grünlichgrau, H. = 6.5 . . 7, G. = 3.1, ist ein lithiumhaltiges Alumosilicat  $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ , Insel Utö, Norwich und Stirling in Massachusetts. In der Elta-Zinngrube in Dacotah wurden Riesenkrystalle, darunter einer von 36 Fuss Länge, gefunden. Der tief-smaragdgrüne Sp. aus Nordcarolina wurde Hiddenit genannt. Der Sp. erfährt merkwürdige Umwandlungen in Albit, Mikroklin, Muscovit und lithiumhaltige Silicate. (Dana, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 5, pag. 191.)

Der Jadeit Damour's, jenes weisse oder grünliche durchscheinende Mineral, welches, seit langer Zeit in China zu Tassen, Schmucksachen, Säbelgriffen, Statuetten etc. verarbeitet, in der Form von Steinbeilen und Amuletten in den Culturen Europas gefunden und noch bei den Indianern im Gebrauche angetroffen wird, ist nach einer Beobachtung von Deseloizeaux, welcher im Spaltungswinkel und der optischen Orientirung Gleichheit mit Pyroxen fand, hierher zu rechnen; nach Arzruni wäre er triklin. Deutlich krystallinisch bis dicht. H. = 6.5 . . 7, G. = 3.2 bis 3.3. Obwohl meist ein Gemenge, gibt er doch nahezu  $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ , was ein dem Spodumen und Leucit entsprechendes Natriumsilicat ist. V. d. L. zu klarem Glase schmelzbar. Die wasserhaltigen Stücke sind leichter (G. = 3.0) und schmelzen zu Email.

Der J. findet sich anstehend in Turkestan, unter Geröllen in Birma und mehreren Ländern Südasiens. In Europa wurde er noch nicht sicher beobachtet. Manches, was vermöge der

Schmelzbarkeit noch zum J. gestellt wird, ist schon entschieden grün und enthält auch Kalk, Magnesia, Eisenoxydul (Chloromelanit). Früher wurden diese Minerale zum Nephrit gezählt. Der Kymatolith (Cymatolith), ein faseriges Umwandlungsproduct des amerikanischen Spodumens, hat die chemische Zusammensetzung des Jadeits.

Der Akmit (Aegyryn), grünlichschwarz oder bräunlichschwarz, isomorph mit Augit, ist wesentlich  $\text{NaFeSi}_2\text{O}_6$ , also das dem vorigen entsprechende Eisenoxydsilicat. Leicht schmelzbar. Im Elläolithsyenit und Natrongranit; Eger und Brevig in Norwegen, in Grönland, bei Montreal in Canada, in geringer Menge nach Becke bei Ditro in Siebenbürgen. Verwandte Minerale wurden in Trachyten und Phonolithen gefunden. Der Urbanit von Långban steht dem Akmit nahe.

Schliesslich sind noch einige triklone, dem Pyroxen verwandte Minerale anzuführen:

Der Babingtonit von pechschwarzer Farbe, eine Mischung von  $\text{Ca}_2\text{FeSi}_2\text{O}_6$  mit dem eisenoxydhaltigen Silicat  $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ . Arendal, Baveno.

Rhodonit (Kieselmangan, Mangankiesel, Pajsbergit), letzterer von rosenrother bis röthlichbrauner Farbe. Es ist vorherrschend Mangansilicat  $\text{MnSiO}_3$ , kommt derb in grösseren Mengen bei Katharinenburg vor, wo er in Sedelniko zu Vasen, Ornamenten etc. verarbeitet wird. Krystallisirt bei St-Mareel in Piemont, Pajsberg in Schweden. Der Fowlerit ist ein zink- und calciumhaltiger Rh., der Photicit, Allagit, Hydropit sind Gemenge mit vorwaltendem Rhodonit. Der Bustamit von Rezbanya, Monte Civillina, Campiglia etc. ist kalkhaltig.

Amphibolreihe. Spaltungswinkel circa  $56^\circ$ .

#### **Anthophyllit, Schumacher.**

Wenig verbreitet, aber wegen der Heteromorphie mit Bronzit bemerkenswerth. Bisher nur derb gefunden. Spaltungsprisma  $m$  von ungefähr  $55^\circ$ , eine unvollk. Spaltb. nach  $b = (010)$  und eine schalige Zusammensetzung nach  $a = (100)$ . Platten parallel zu  $a$  zeigen im polarisirten Lichte zwei Ringsysteme, die auf ein rhombisches System schliessen lassen und optisch negativen Charakter angeben.  $H. = 5.5$ ,  $G. = 3.2$ .

Chem. Zus. wie beim Bronzit, jedoch ist die chem. Formel der Analogie mit den übrigen Amphibolen wegen doppelt so gross zu nehmen:  $\text{Mg}_4\text{Si}_4\text{O}_{12}$  in isomorpher Mischung mit  $\text{Fe}_4\text{Si}_4\text{O}_{12}$ , häufig mit einem Gehalt an Thonerde, an Wasser. V. d. L. wie Bronzit.

Bei Kongsberg in Norwegen das schönste Vorkommen, nelkenbraune, breitstengelige Aggregate mit Hornblende im Glimmerschiefer, bei Modum feinstenglig, ebenso in Macon County, Nordcarolina; bei Hermannschlag in Mähren und bei Dürrenstein in Niederösterreich Schalen in den sogenannten Glimmerkugeln bildend, gelbgrau, radialfaserig, hier nach Becke aus Olivin entstanden.

Zum Anthophyllit gehört wohl auch der Silfbergit. Der Kupfferit enthält weniger Eisen als der A., während der Gedrit reicher an Eisen und Thonerde befunden wurde. Es gibt auch Anthophyllit-Asbeste. Als Anthophyllit-Amphibol bezeichnet Descloizeaux ein Mineral, welches die chemische Zusammensetzung des A. mit der optischen Orientirung eines Amphibols vereinigt.

#### **Amphibol, Haüy.**

Wiederum ein gemeinsamer Name für mehrere eng verbundene isomorphe Gattungen, welche der Reihe nach jenen entsprechen, welche beim Pyroxen angeführt wurden.

Die monoklinen Krystalle sind selten flächenreich. In der Zone des aufrechten Prisma sieht man gewöhnlich nur das charakteristische  $n = (110) = 55^\circ 49'$  und  $b = (010)$ , seltener  $a = (100)$ . Die Endigung der Krystalle ist niemals spitz,

gewöl  
durch  
ist ni

Fig.  
H. =

Wink  
lösch  
deutli  
ein g

entsp  
schm

farbl  
etwas

Krys  
Sehr  
darge  
Bildt

Amp

strah  
kryst

CaM  
CaF

Signa

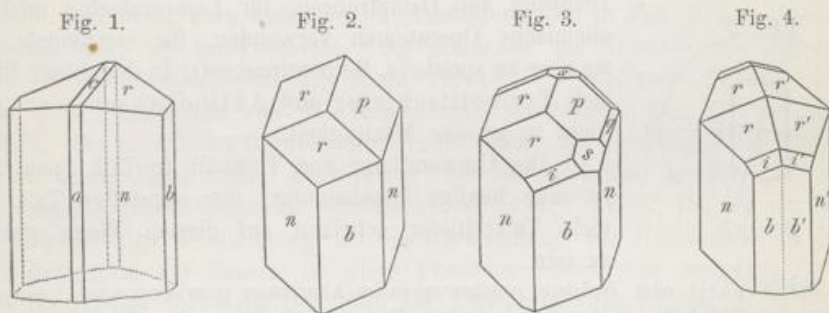
gewöhnlich durch das flache Dach von  $r = (011)$ , auch  $i = (031)$ , ferner auch durch  $p = (\bar{1}01)$  gebildet. Oefter treten  $s = (\bar{1}21)$ ,  $q = (\bar{2}11)$  hinzu,  $c = (001)$  ist nicht häufig.<sup>1)</sup>

$001 : 011$  ist  $31^\circ 32'$ , Winkel  $\bar{1}01 : \bar{1}10 = 76^\circ 48'$ .

Zwillingsbildung nach  $a$  ist an schwebend gebildeten Krystallen nicht selten, Fig. 4. Ausser der vollk. Spaltb. nach  $n$  ist noch eine unvollk. nach  $b$  erkennbar.  $H. = 5:5$ .

Optisch negativ, die Orientirung aber wie beim Pyroxen, nur ist der Winkel  $a c$  grösser. Spaltblättchen geben im polarisirten Lichte schiefe Auslöschung zur Kante  $n b$  und ein Axenbild am Rande des Gesichtsfeldes. In allen deutlich gefärbten Exemplaren zeigt sich ein starker Pleochroismus, was u. d. M. ein gutes Unterscheidungsmerkmal gegenüber Pyroxen liefert.  $G. = 2.9$  bis  $3.3$ .

Chem. Zus. einer Mischung von mehreren, oft thonerdehaltigen Silicaten entsprechend. (S. die Uebersicht.) V. d. L. sind alle Arten zu einem Glase schmelzbar, manche unter Blasenwerfen. Das Glas ist je nach dem Eisengehalte



farblos, grün bis schwarz. Durch Säuren werden bloß die eisenreichen Arten etwas zersetzt.

In künstlichen Schlacken hat man keine der Hornblende entsprechenden Krystalle gefunden, auch ist es bisher nicht gelungen, solche Krystalle durch Schmelzung darzustellen, dagegen hat Chrustschoff solche auf wässerigem Wege dargestellt (Jahrb. f. Min. 1891, II, pag. 86). Manche Amphibole sind secundäre Bildungen nach Olivin oder nach Augit.

Es ist wichtig, zu bemerken, dass in den Meteoriten kein Repräsentant der Amphibole gefunden wird.

Die gewöhnlich angenommenen Abtheilungen sind:

Tremolit, *Saussure*. Langsäulenförmige Krystalle, entsprechend Fig. 1, strahlige, faserige bis dichte Aggregate, welche sich meistens im Bereiche der krystallinischen Schiefer finden. Weiss, grau, grün.  $G. = 2.9$  bis  $3.2$ .

Chem. Zus. einer isomorphen Mischung von

$CaMg_3Si_4O_{12}$  mit 13.4 Kalk, 28.9 Magnesia, 57.7 Kieselerde und  
 $CaFe_3Si_4O_{12}$  » 10.9 » 42.1 Eisenoxydul 47.0 » entsprechend.

<sup>1)</sup> Die Aufstellung ist so gewählt, dass die Flächen  $p$  bei Amphibol und Pyroxen gleiche Signatur erhalten.

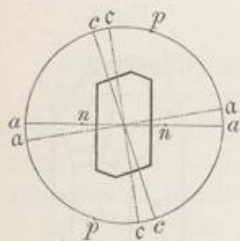
Geringe Mengen von Thonerde, Natron, Fluor werden öfter gefunden. Der Winkel  $a c$  beträgt ungefähr  $75^\circ$ , der negative Winkel der optischen Axen von  $88^\circ$  verkleinert sich bei zunehmendem Eisengehalte (wie beim Bronzit und Diopsid). Parallele Verwachsung mit Salit kommt nicht selten vor.

Die hierher gehörigen weissen bis hellgrauen Minerale werden als Tremolit oder Grammatit bezeichnet. Sie kommen meist stengelig bis faserig im körnigen Kalk und Dolomit vor.

Der lauchgrüne bis dunkelgrüne Aktinolith oder Strahlstein, der besonders schön im Talk des Zillerthales gefunden wird, enthält schon eine merkliche Menge des eisenhaltigen Silicates.

Alle feinfaserigen Tremolite und Aktinolithe werden Asbest (Amiant, Byssolith) genannt. Oft werden sie aus dem Kalk herausgeätzt. Sehr bekannt sind die Vorkommen in den Provinzen Sondrio und Turin, am Gamskarkogel bei Gastein. Die Asbeste lassen sich wegen der Widerstandsfähigkeit gegen

Fig. 5.



Hitze und Säuren zu feuersicheren Umhüllungen, zur Dichtung von Dampföhren, für Lampendochte oder für chemische Operationen verwenden, für Gespinnste sind sie aber zu spröde (s. Serpentin-asbest). In den Alpen finden sich Tremolitschiefer und Aktinolithschiefer, doch nicht in grosser Mächtigkeit.

Die Umwandlung von Tremolit in Talk (pag. 311) ist eine häufige Erscheinung; der stengelige Talk und viele Talkschiefer scheinen auf diesem Wege gebildet zu sein.

Der Nephrit oder Beilstein, welcher schon im Alterthume verarbeitet wurde, der oft in der Form von Steinbeilen in den Culturschichten Europas gefunden und noch gegenwärtig von den Eingebornen auf Neuseeland zu Waffen, Meisseln, Ohrgehängen, Amuletten (Punamustein), ferner im Orient zu Gefässen, Säbelgriffen etc. geschnitten wird, ist ein wirrfaseriger bis dichter Aktinolith. Berwerth konnte den entsprechenden Spaltwinkel messen. Der N. ist sehr zähe, durchscheinend, lauchgrün, grünlichgrau bis grünlichweiss, schwer schmelzbar und dadurch sogleich vom Jadeit zu unterscheiden, welcher früher damit vereinigt wurde.  $G. = 2.9$  bis  $3$ ,  $H. = 5.5$  bis  $6$ . Die ursprüngliche Lagerstätte kennt man in Turkestan, im Nan-Chan-Gebirge in China, auf Neuseeland; von Traube wurde eine solche bei Jordansmühl in Schlesien entdeckt.

Der Raphilit wurde als Aktinolith erkannt, der Kymatin (Cymatin) und der Pitkärandit scheinen auch dazu zu gehören. Der Richterit von Långban ist manganhaltig, der faserige Grünerit soll fast nur aus  $FeSi_3O_8$  bestehen.

Als Smaragdrit bezeichnet man einen schön grasgrünen, spreuförmigen Aktinolith, welcher oft in Gabbro vorkommt und eine secundäre Bildung nach Olivin (Pilit Becke's) oder Diallag ist, ferner im Eklogit öfter mit Omphacit verwachsen erscheint. Zuweilen werden auch grüne Hornblendensmaragdrit genannt.

Hornblende. Blassgrün, tiefgrün bis schwarz.  $G. = 3.1$  bis  $3.3$ . Chem. Zus. einer isomorphen Mischung entsprechend, in welcher die beiden Silicate der Tremolitreihe, ferner zweierlei Alumosilicate vorkommen. Das eine ist  $CaMg_2Al_2Si_3O_{12}$ , das andere folgt der Regel  $Na_2Al_2Si_4O_{12}$  (wie im Jadeit). Die Hornblendensmaragdrit enthalten demnach erhebliche Mengen von Thonerde und meistens Alkalien. Der wechselnden Mischung entspricht die Variation der optischen Orientirung, indem der Winkel  $a c$  etwas schwankt, ferner auch der Winkel

der o  
Hornb  
wachs  
hat v.  
Hornb

kurzer  
und  
dunkl

stalle,  
theil  
Diorit  
grösst

in jün  
Kryst  
aber  
innert  
wurde  
gehalt  
sonder  
entspr

Im C  
liefert

Ural, i  
in part  
Aehnli

der H

Spaltu  
Hornbl  
(welch  
nicht z  
Becke  
Piemor

H. = 6  
Fredri  
Riebe  
kophar

der optischen Axen verschiedene Grösse hat, so dass zwar die Mehrzahl der Hornblenden positiv, manche eisenreiche aber optisch negativ sind. Parallele Verwachsungen mit Diallag und mit Augit sind häufig. An Exemplaren vom Vesuv hat v. Rath erkannt, dass die Flächen  $p$  und  $s$  des Augit mit  $p$  und  $s$  der Hornblende fast parallel sind.

Der Pargasit ist eine blaugrüne bis tiefgrüne Hornblende, welche in kurzen Krystallen mit Phlogopit im körnigen Kalkstein bei Pargas in Finland und an mehreren Punkten in Nordamerika vorkommt, der Karinthin eine dunkle Hornblende aus dem Eklogit der Saualpe in Kärnten.

Als gemeine Hornblende bezeichnet man die schwarzen sitzenden Krystalle, ferner die stengligstrahligen und körnigen Aggregate, welche als Gemengtheil in vielen krystallinischen Schiefen und alten Massengesteinen, wie Syenit, Diorit, verbreitet sind. Der Hornblendeschiefer oder Amphibolit besteht zum grössten Theil aus diesem Mineral.

Basaltische Hornblende heisst das Vorkommen der schwarzen Krystalle in jüngeren eruptiven Felsarten, wie Andesit, Trachyt oder im Basaltuff. Die Krystalle sind meist kurz und von der Ausbildung wie in Fig. 2, 3, 4, bisweilen aber auch lang, wie im Teschenit. Die Endigung der Krystalle wie Fig. 2 erinnert an Rhomboëder, weil die Kante  $rr = 31^{\circ} 32'$  und  $pr = 34^{\circ} 25'$ . Daher wurde diese Hornblende von den Mineralogen vor Werner für eine Art Schörl gehalten. Die basaltische Hornblende ist nicht mehr im ursprünglichen Zustande, sondern durch Hitze unter Einwirkung von Wasserdampf oxydirt und dementsprechend optisch verändert. (Schneider, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 18, pag. 579.)

Eine häufige Erscheinung ist die Umwandlung der Hornblende zu Biotit. Im Centralgneiss der Tauern ist diese Pseudomorphose weit verbreitet. Oefter liefert Hornblende theilweise den Stoff zur Entstehung des Epidot.

Als Uralit bezeichnete G. Rose Krystalle von Augitform, welche im Augitporphyr am Ural, in Norwegen, Südtirol etc. vorkommen und beim Zerschlagen viele feine Hornblendefasern in paralleler Stellung zur äusseren Form erkennen lassen. Es ist eine Pseudomorphose. Etwas Aehnliches ist der Traversellit Scheerer's.

Breislackit (haarförmig), Koksharowit, Cummingtonit sind Hornblenden.

Der Aenigmatit aus Grönland und der demselben gleiche Cossyrit von Pantellaria, der Hornblende sehr ähnlich, sind triklin.

Die Amphibolgruppe umfasst ebenfalls Glieder, welche reich an Alkalien sind:

Der Glaukophan Hausmann's blaugrau, lavendelblau bis schwärzlichblau, stenglig, das Spaltungsprisma  $n$ , zuweilen auch  $b$  und  $a$  zeigend.  $H. = 6..6.5$ ,  $G. = 3$  bis  $3.1$ . Optisch wie Hornblende, mit schönem Pleochroismus. Vorherrschend aus dem Silicat  $Na_2Al_2Si_4O_{12}$  bestehend (welches in der Hornblende untergeordnet vorkommt). V. d. L. leicht schmelzbar, durch Säure nicht zersetzbar. In Glimmerschiefer und Gneiss auf der Insel Syra und auf Euböa, hier von Beeke als mikroskopischer Gemengtheil gefunden, auf der Insel Groix, Bretagne, bei St.-Marcel in Piemont (Gastaldit Strüver's), bei Tempelton in Canada, Willimantie in Rhode Island etc.

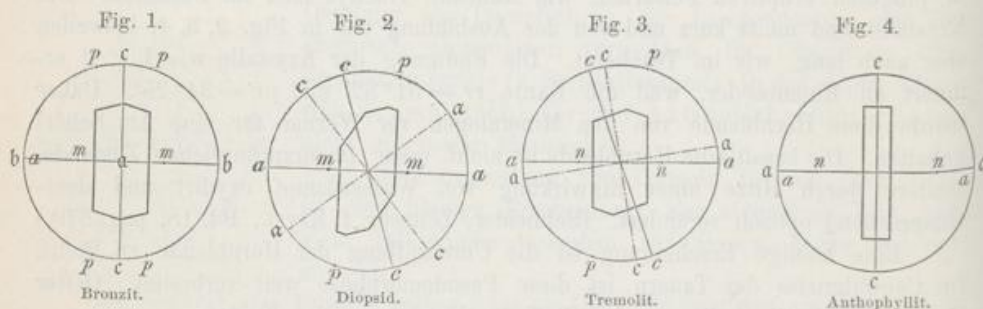
Der Arfvedsonit Brooke's, rabenschwarz, von der Form und Spaltb. der Hornblende  $H. = 6$ ,  $G. = 3.4$  bis  $3.6$ . Vorherrschend aus  $Na_2Fe_3Si_4O_{12}$  bestehend. Kangordluarsuk in Grönland, Fredriksvörn in Norwegen. Der Barkevikit vom Langesundfiord ist dem A. verwandt. Der Riebeckit Sauer's von der Insel Socotra und aus Colorado enthält vorwiegend das dem Glaukophan entsprechende Eisenoxyd-Natron Silicat  $Na_2Fe_2Si_4O_{12}$ .

Der  
88°  
sid).olit  
genbe-  
erk-ant,  
mnt  
ogel  
genzur  
für  
sind  
den  
och11)  
and  
idett in  
von  
in),  
lterreh-  
sich.6.  
feu-dit  
rigeher  
lag  
ünem.  
ateist  
Die  
ms  
en  
gel

Der Krokydolith Hausmann's indigoblau oder braun, parallelfaserig mit sehr zähen Fasern, ist ein Riebeckit-Asbest. Mit Magnetit am Orange-River im Capland. Das goldig-braune Veränderungsproduct wurde Griqualandit genannt. Das Gemenge von Quarz und dem letzteren von ebendort wird gegenwärtig unter dem Namen Tigerauge zu Schmucksachen verwendet. Das blaue faserige Mineral im sog. Sapphirquarz von Golling wird für K. gehalten.

Beziehungen zwischen der Pyroxen- und Amphibolgruppe.

Da der Unterschied in der chem. Zus. beider Gruppen ein geringer, bei manchen Gliedern, wie Bronzit und Anthophyllit, sogar Null ist, da ferner nach den Versuchen von Mitscherlich, Berthier, G. Rose aus geschmolzener Hornblende Krystalle von Augitform erhalten werden, so lag es nahe, die Gattungen beider Gruppen von einem und demselben Typus abzuleiten. Die neueren Messungen haben überdies gezeigt, dass die Krystallformen geometrisch wenig von einander abweichen, obwohl rhombische und monokline Minerale verglichen werden. Wofern das Amphibolprisma  $n = (210)$  gesetzt und überall  $p = 102$  genommen wird, so hat man:



Bronzit,	Axenverhältnis $a : b : c = 1.0308 : 1 : 0.5885$	$\beta = 90^\circ$
Pyroxen.	"	$= 1.0585 : 1 : 0.5942 = 89^\circ 38'$
Amphibol,	"	$= 1.0581 : 1 : 0.5926 = 89^\circ 25'$
Anthophyllit,	"	$= 1.05 : 1 : 1 = 90^\circ$

Die optische Aehnlichkeit geht aus dem Vergleiche vorstehender vier Figuren hervor. Nur im Bronzit weicht die Axenebene ab, jedoch nähert sich  $c$  in allen der aufrechten Krystallaxe oder ist ihr parallel, Diopsid und Tremolit sind in der Orientirung nur wenig unterschieden. Nach Cross ergibt sich für den Winkel  $a c$  folgende Parallele der Pyroxen- und Amphibolreihe:

Enstatit . . . . .	90°	Anthophyllit . . .	90°
Spodumen . . . . .	64	Glaukophan . . . .	85
Diopsid . . . . .	52	Tremolit . . . . .	75
Hedenbergit . . . .	42	Hornblende . . . .	65
Augit . . . . .	36	Arfvedsonit . . . .	15
Aegyrin . . . . .	3	Riebeckit . . . . .	5

Die Trennung der beiden Gruppen beruht auf der verschiedenen Spaltbarkeit und der Ausbildung der Krystalle.

tisch  
schlüs  
enthal  
zerset  
N  
K  
L

deutli  
auf ei  
grau,  
scheir

Aufbl  
Schör  
und v  
Sodal

ähneli  
Vom I

blau,  
Alban  
Skol

lasurb  
ström  
andere  
schmil  
und G

Bucha  
liegen,  
und w  
Pulver  
Ultran  
natürl

Pyra  
auch  
Nach  
glanz

42:3



## Leucitgruppe.

Eine kleine Anzahl von Mineralen von hexagonaler, tesseraler oder mimesisch tesseraler Form, im reinen Zustande farblos oder weiss, doch oft durch Einschlüsse gefärbt, selten deutliche Spaltb. zeigend. Sie sind Natrium oder Kalium enthaltende Alumosilicate ohne Magnesium und Eisen, durch Säuren vollkommen zersetzbar, spielen zum Theile in Felsarten eine Rolle.

Nephelin	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	hexagonal 1:0.839	Sodalith	$\text{NaCl} \cdot 3 \text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	tesserale
Kaliophililit	$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$	" —	Nosean	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 3 \text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	"
Leucit	$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$	mimet. tesserale	Hauyn	$\text{CaSO}_4 \cdot 3 \text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	"

**Sodalith, Thomson.**

Tesserale, meist (110) und auch mit (100) combinirt. Spaltb. undeutlich bis deutlich nach (110).  $H. = 5.5$ . Von der Form der Aetzfiguren schliesst Brögger auf eine tetraëdrische Krystallisation. Farblos und weiss, aber oft auch gelblich, grau, grünlich, lasurblau, oft reich an mikrolithischen Einschlüssen. Durchscheinend.  $G. = 2.1$  bis  $2.3$ .

Chem. Zus.:  $\text{NaCl} \cdot 3 \text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ . V. d. L. schmilzt er ruhig oder unter Aufblähen zu farblosem Glase, mit Salzsäure behandelt, liefert er Kieselgallerte. Schöne Exemplare kommen von Brevig, aus Grönland, blaue vom Ilmengebirge und von Ditro in Siebenbürgen aus einer syenitähnlichen Felsart. Der vulkanische Sodalith findet sich in schönen Krystallen am Vesuv.

Der graue, grünliche bis schwarze Nosean Klaproth's, wie der vorige tesserale und diesem ähnlich, ist oft ganz voll von Einschlüssen, enthält dasselbe Silicat, jedoch mit  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  verbunden. Vom Laachersee, Rieden etc. bekannt, nach Zirkel Gemengtheil vieler Phonolithe.

Der Hauyn, gleichfalls (110) zeigend, etwas schwerer ( $G. = 2.4$  bis  $2.5$ ), ist gewöhnlich blau, selten schwarz oder roth, sehr selten farblos (Berzelin), enthält auch etwas Kalk. Vesuv, Albanergebirge, Niedermendig; hier und am Vultur bei Melfi in Lava. Der Ittnerit und Skolopsit sind hierhergehörige zersetzte Minerale.

Der Lasurstein (Lapis Lazuli), selten krystallisirt wie Sodalith, hat eine prachtvolle lasurblaue Farbe, die von einer schwefelhaltigen Verbindung herrührt. Letztere ist nach Bäckström und Brögger  $\text{Na}_2\text{S}_3 \cdot 3 \text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , und mit dieser sind Hauyn, Diopsid, Amphibol und andere Silicate gemengt. (Zeitschr. f. Kryst., Bd. 18, p. 231.) V. d. L. entfärbt er sich und schmilzt zu weissem, blasigem Glase. Durch Salzsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff und Gallertbildung zersetzbar.

Findet sich mit Pyrit und Kalkstein verwachsen am Baikalsee, in Sibirien, der Tatarei, Bucharei, in Chile. Wurde von den Alten, welche das blaue Mineral, in dem Pyritkörnechen liegen, mit dem Sternenhimmel verglichen, zum Saphir gezählt. Der Lasurstein wurde früher und wird auch jetzt noch zu Ornamenten und zu Steinmosaik verwendet. Ehedem wurde das Pulver als Malerfarbe (echtes Ultramarin) benutzt. Dies ist nunmehr durch das künstliche Ultramarin, welches man ebenso schön und viel wohlfeiler darstellt, verdrängt. (Vogelsang, Die natürlichen Ultramarinverbindungen. Amsterdam 1873. W. Stein, Journ. f. prakt. Chem. 1871.)

**Nephelin.**

Bildet Krystalle von hexagonaler Form, Prisma und Basis, öfter auch die Pyramide zeigend, an welcher die Mittelkante  $91^\circ 50'$  hätte. Bisweilen sieht man auch flächenreiche Combinationen. Spaltb. nach Prisma und Basis.  $H. = 5.5 \dots 6$ . Nach Baumhauer's Aetzversuchen wären die Prismenflächen asymmetrisch. Glasglanz, auf den Bruchflächen Fettglanz, Doppelbrechung negativ.  $G. = 2.6$ .

Chem. Zus.: Annähernd  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , was 21.8 Natron, 35.9 Thonerde und 42.3 Kieselerde entspricht, doch geben die Analysen einen höheren Kieselerde-

gehalt (44 Percent) und über 4 Percent Kali. V. d. L. schmilzt er zu blasigem Glase, durch Salzsäure wird er unter Gallertbildung zersetzt. Das künstliche Silicat  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  krystallisirt hexagonal.

Der vulkanische Nephelin kommt in farblosen oder weissen sitzenden Krystallen, welche kleine Drusen bilden, am Vesuv, im Albanergebirge etc. vor; die eingeschlossenen Krystalle, öfter von grauer Farbe, sind ein wesentlicher Gemengtheil der Nephelinite bei Meiches in Hessen, am Katzenbuckel im Odenwalde, ferner des Nephelinbasaltes und der entsprechenden Laven, sowie des Phonolithes.

Frische grosse Krystalle und eingesprengte Individuen von auffallendem Fettglanz und grüner, auch rother Farbe, als Eläolith bezeichnet, finden sich im Syenit von Fredriksvärn in Norwegen, Miask am Ural, Ditro in Siebenbürgen, Hotsprings in Arkansas.

Der Nephelin erfährt öfter die Umwandlung zu Natrolith. Man kennt auch Pseudomorphosen (Liebenerit), welche als Bildungen von Muscovit nach Nephelin betrachtet werden.

Der Eueryptit, welchen Brush und E. Dana unter den Umwandlungsproducten des Spodumens beobachteten, scheint ein Lithion-Nephelin zu sein. Der Kaliophilith (Phakellit) vom Vesuv ist ein Kalium-Nephelin.

Der Davyn vom Vesuv ist ein Nephelin mit wesentlichem Gehalt an  $\text{CaO}$  und  $\text{CO}_2$ , ebenso der Cancrinith von Miask, Litchfield, Ditro. Der Mikrosommit Seacchi's vom Vesuv enthält  $\text{Cl}$  und  $\text{S}$  als wesentliche Bestandtheile. Alle diese Minerale sind hexagonal. (Rauff, Zeitschr. Kryst., Bd. 2, pag. 468.)

#### Leucit, Werner, Amphigen, Hauy.

Als vulkanisches Product, welches von den Vesuvlaven emporgebracht wird, und durch die Mimesie merkwürdig.

Die Form der Krystalle ist fast genau diejenige des Ikositetraeders, daher der Leucit für tesseral gehalten wurde, bis G. v. Rath durch Messungen zeigte, dass die Krystalle mimetische seien, indem sie aus vielen Lamellen bestehen, welche jenen Richtungen parallel gestreckt sind, die bei tesseraler Auffassung dem Rhombendodekaeder entsprechen würden. Nach v. Rath ist die Grundform tetragonal,  $o = (111)$ , während  $i = (421)$  wird und die Zwillingsenebene einer verwendeten Pyramide  $(201)$  entspricht. (S. pag. 93.) Baumhauer bestätigte diese Auffassung durch Beobachtungen der Aetzfiguren. A. V. =  $1:0.5264$ . Nach Weisbach und Klein wäre die Grundform rhombisch, nach Mallard monoklin.

Keine deutl. Spaltb. Muschelige Bruchflächen mit Fettglanz. H. =  $5.5 \dots 6$ . Im polarisirten Lichte zeigen die Platten bloß schwache Doppelbrechung, jedoch meistens deutlich die polysynthetische Zusammensetzung, z. B. wie in Fig. 3. Durch Erhitzen über  $500^\circ$  werden die Krystalle tesseral, isotrop, und die Zwillingslamellen verschwinden (pag. 214 und 216). G. =  $2.5$ .

Chem. Zus.:  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ , oder  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ , entsprechend 21.5 Kali, 23.3 Thonerde, 55.2 Kieselsäure. Oefter wurde auch Natron gefunden. Die Formel entspricht dem Spodumen und Jadeit, woraus der Zusammenhang mit der vorigen Gruppe ersichtlich. Im Leucit fand Klaproth zum erstenmal Kali als Bestandtheil eines Minerals. Man hatte es bis dahin bloß in Pflanzenstoffen gefunden.

wird  
zerset  
feuille  
doppe  
Fouqu

Geme  
Rocca  
erken  
tionen  
Leucit  
der L  
orient  
Kryst  
der Sc  
in Sp

jene z  
hat di  
morph  
wieser  
oder  
Verän  
wahr  
ebend  
I. 257

nähern  
Percen

Zustar  
Tsc

V. d. L. ist der L. unschmelzbar, mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht, wird er schön blau, durch Salzsäure wird er unter Abscheidung von Kieselpulver zersetzt. Durch Zusammenschmelzen der entsprechenden Stoffe stellte Hautefeuille Krystalle von der Beschaffenheit des L. dar, ebenso Eisenleucit, d. i. doppeltbrechende Krystalle, welche statt der Thonerde Eisenoxyd enthielten. Ueber Fouqué's Versuche pag. 270.

Fig. 1.

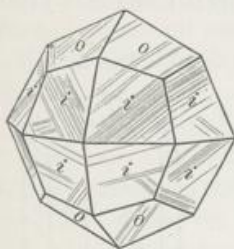


Fig. 2.

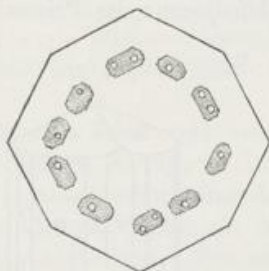
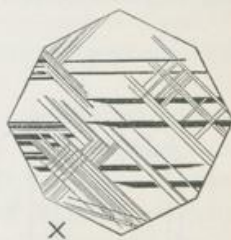


Fig. 3.



Der L. findet sich in schwebend gebildeten Krystallen als wesentlicher Gemengtheil der Vesuvlaven, ebenso der Lava in der Umgebung Roms, der Roccamonfina, des Kaiserstuhls bei Rieden, ferner in kleinen mikroskopisch erkennbaren Krystallen in vielen Basalten und manchen Phonolithen. Bei Eruptionen des Vesuv fallen öfter lose Krystalle mit der Asche nieder. Alle diese Leucite sind grau, weiss, gelblich, haben zumeist matte Flächen und lassen von der Lamellenzeichnung nichts wahrnehmen. Im Inneren zeigen sie oft regelmässig orientirte Einschlüsse, wie in Fig. 2. (Vergl. pag. 114.) Sitzende, fast wasserhelle Krystalle mit glänzenden fein liniirten Flächen werden zuweilen in Auswürflingen der Somma beobachtet, kleine sitzende Kryställchen als pneumatolytisches Product in Spalten der Lava.

Der L. bietet einige sehr interessante Umwandlungen. Am häufigsten ist jene zu Analcim. Die Pseudomorphose ist weiss oder gelblich, erdig. Lemberg hat die Veränderung nachgeahmt, pag. 308. Am Vesuv beobachtete man Pseudomorphosen, die ein Gemenge von Sanidin und Nephelin darstellen, bei Oberwiesenthal im Erzgebirge grosse Pseudomorphosen, aus Orthoklas nebst Analcim oder Muscovit bestehend. Die aus Lemberg's Versuchen erkannte auffallende Veränderlichkeit macht es erklärlich, dass in älteren Eruptivgesteinen kein Leucit wahrgenommen wird.

(Rath, Jahrb. Min. 1873, pag. 113. Weisbach, ebend. 1880. I. 143. Klein, ebend. 1885. II. 234. Mallard, Ann. mines 1877. Baumhauer, Zeitschr. Kryst. I. 257. Lemberg, Zeitschr. geolog. Ges. 1876, pag. 538.)

Der seltene tesserale Pollux aus dem Granit von Elba und von Hebron in Maine ist annähernd wie ein cäsiumhaltiger Leucit zusammengesetzt,  $H_2Cs_4Al_4Si_6O_{27}$ , und gibt über zwei Percent Wasser.

#### Werneritgruppe.

Tetragonale, spaltbare, nicht sehr verbreitete Minerale, welche im reinen Zustande meistens farblos oder weiss, seltener anders gefärbt erscheinen. Sie sind

Alumosilicate, welche Kalk und fast immer auch Alkalien enthalten. Viele sind durch Säure zersetzbar. Einige finden sich als Nebengemengtheile in Felsarten.

Marialith	$\text{NaCl} \cdot 3 \text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	1:0.4417	Sarkolith	$\text{CaO} \cdot 2 \text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_5\text{O}_{12}$	1:0.8874
Mizzonit		1:0.4423	Melilith	$\text{Ca}_4\text{Si}_3\text{O}_{10}$	1:0.4548
Meionit	$\text{CaO} \cdot 3 \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	1:0.4393	Gehlenit	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$	1:0.4001

### Skapolith, Werner.

Die säulenförmigen Krystalle, im Allgemeinen sitzend ausgebildet, zeigen in der Regel einfache Combinationen: das Prisma  $m = (110)$  und  $a = (100)$  mit

Fig. 1.

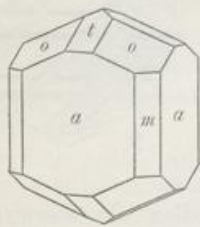


Fig. 2.

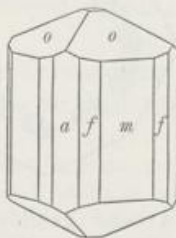
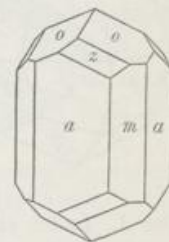


Fig. 3.

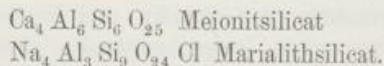


der Pyramide  $o = (111)$  und auch der Deutero.  $t = (101)$ . Zuweilen treten ausserdem die Flächen  $z = (311)$  und das Prisma  $f = (210)$  auf. Aus der Vertheilung der  $z$ -Flächen, der Form der Subindividuen und Aetzfiguren ergibt sich die pyramidale Hemiëdrie, vergl. Fig. 3.

Die Neigung von  $111$  gegen  $\bar{1}\bar{1}1$  ist  $44^\circ$ , zu  $110$  ist sie  $58^\circ$  und zu  $100 = 68^\circ$ . Die Doppelbrechung ist negativ, schwach.  $G. = 2.6$  bis  $2.76$ .

Die chem. Zus. entspricht, wie der Autor zeigte, einer isomorphen Mischung zweier Silicate, wovon das erste:

$\text{CaO} \cdot 3 \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  mit 25.1 Kalk, 34.3 Thonerde, 40.6 Kieselerde, das zweite  $\text{NaCl} \cdot 3 \text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  mit 11 Natron, 18 Thonerde, 64.1 Kieselerde und 6.9 Chlornatrium. Der Chlorgehalt ist lange übersehen worden. So verschieden die beiden Silicate sind, so erscheinen sie doch atomistisch gleichartig (s. pag. 262):



Geringe Mengen von Eisen, Magnesia, Kali rühren entweder von Einschlüssen oder diese sammt der Kohlensäure und dem Wasser, welches viele Skapolithe liefern, von eingetretenen Veränderungen her. V. d. L. schmelzen die Skapolithe unter Aufschäumen zu blasiger Masse. Durch Salzsäure werden die kalkreichen leicht, die natronreichen schwer zersetzt.

Die Mehrzahl der Arten findet sich im körnigen Kalkstein an der Grenze gegen Silicatgesteine, im Gebiete der krystallinischen Schiefer, in diesen selbst erscheint der Skapolith auch öfter. Einige Arten bilden sitzende, wasserklare Krystalle in vulkanischen Auswürflingen und Hohlräumen eruptiver Massen.

Da die Skapolithe eine isomorphe Reihe bilden, so lässt sich eine Dreitheilung vornehmen.

Meionit. Kieselerde 40 bis 48 Percent. Durch Säure unter Gallertbildung zersetzbar.

Die farblosen oder weissen sitzenden Krystalle, welche in Silicatblöcken der Somma am Vesuv gefunden werden, ebenso jene vom Laachersee bezeichnet man mit diesem Hauy'schen Namen. Die gleich zusammengesetzten und in der Reihe folgenden trüben Krystalle, die oft grau, grünlich, auch blau gefärbt sind, bei Pargas, Bolton u. s. w. vorkommen, können unter dem Namen Wernerit zusammengefasst werden.

Die Namen Paranthin Nuttalit, Strogonowit, Glaukolith (blau) sind vorzugsweise auf Wernerite angewandt worden; Algerit, Wilsonit bezeichnen veränderte Wernerite.

Mizzonit, Kieselerdegehalt 48 bis 56 Percent. Durch Säure unvollkommen zersetzbar.

Die wasserhellen Krystalle vom Vesuv und vom Laachersee wurden durch G. v. Rath mit diesem Namen belegt. S. Fig. 2. Dünne durchsichtige Prismen im körnigen Kalk bei Arendal, grosse durchscheinende Krystalle vom Gouverneur in New-York, weisse von Malsjö, Pargas, Bolton etc. haben die gleiche Zusammensetzung oder entsprechen dieser Abtheilung. Für solche Vorkommen kann der Name Skapolith beibehalten werden. Derlei Minerale kommen bisweilen als Gemengtheil in Gneiss, Diorit und Amphibolit vor und bilden bei Örebro Län in Schweden mit Diallag und Biotit eine Felsart.

Für manche hierhergehörige Minerale gelten die Namen Ekebergit, Atheriastit, Paralogit. Der Passauit (Porzellanspath) ist ein derbes Vorkommen von Hafnerzell bei Passau. Der Dipyr aus den Pyrenäen und der Prehnitoid von Kongsberg stehen auf der Grenze zur dritten Abtheilung. Der Couseranit ist ein veränderter Dipyr.

Marialith v. Rath. Kieselerde 56 bis 64 Percent. Durch Säure nicht zersetzbar.

Kleine wasserhelle Prismen in einem Piperno genannten Eruptivgestein bei Neapel, grosse trübe Krystalle dieser Abtheilung bei Bolton, Solberg, Ripon.

Die Skapolithe unterliegen sehr häufig der Umwandlung in andere Silicate. Die Verwandlung in Epidot kennt man von Arendal. Der Vergleich der Formel des Meionitsilicates:  $4\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$  mit jener des Epidots, wofern vom Eisen abgesehen wird:  $\text{H}_2\text{O} \cdot 4\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$  zeigt die Einfachheit des Vorganges an. Eine andere Pseudomorphose ist jene von Kragerö, welche die Veränderung zu Albit ergibt. Wiederum folgt aus dem Vergleich der Formel des Marialithsilicates:  $\text{NaCl} \cdot 3(\text{NaAlSi}_3\text{O}_8)$  und jener des Albits  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  die Möglichkeit der Erscheinung. Eine dritte Verwandlung ist jene in Biotit bei Arendal, Bolton etc., in Muscovit bei Pargas. Es genügt hier, darauf hinzuweisen, dass die Feldspathe, wie Albit etc., öfter derselben Umwandlung unterliegen. Gewöhnlich erweisen sich die veränderten Skapolithe als Gemenge mehrerer Minerale. Sie sind weich und die Analyse zeigt die Abnahme von NaCl gegen Aufnahme von Wasser und Kohlensäure. Die Form der Skapolithe wurde von Kokscharow, Brezina, v. Rath, ihre Zusammensetzung und Umwandlung von diesem sowie von Bischof, Scheerer und dem Autor behandelt (Sitzber. d. Wiener Akad., Bd. 88, I. Abth., 1883).

Der Sarkolith vom Vesuv, in kurzen tetragonalen Krystallen, ist reicher an Kalk als der Meionit.

Zur Werneritgruppe zählen manche Mineralogen auch noch folgende zwei tetragonale Silicate: Melilith (Humboldtilith, Sommervillit), gelblich, graubraun. Kurze Krystalle, schwach doppelbrechend, gleichfalls kalkreicher als Meionit, aber auch Magnesium und Eisen enthaltend. Durch Salzsäure gelatinirend. Vesuv, Capo di Bove bei Rom, als accessorischer Gemengtheil in Laven der Eifel und manchen Basalten.

Gehlenit, kurze Säulchen, (110) und (001), berggrün bis leberbraun. Chem. Zus. häufig  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ , jedoch mit etwas Magnesium und Eisen. Durch Salzsäure gelatinirend. Contactmineral, am Monzoni, derb bei Orawitza. Manche tetragonal krystallisirte Schlacken haben eine ähnliche Zusammensetzung wie Melilith oder Gehlenit.

#### Feldspathgruppe.

Die wichtigsten aller Silicate. Die Form ist monoklin oder triklin, im reinen Zustande sind sie farblos.  $H. = 6$  bis  $6.5$ . Alle haben zwei Richtungen vollkommener Spaltbarkeit, schmelzen v. d. L. unter Flammenfärbung zu Glas oder Email. Sie sind Alumosilicate von Kali, Natron, Kalk (selten auch von BaO). Da die grössten Massen der krystallinischen Silicatgesteine vorwiegend aus Feldspathen bestehen, im Thon und Thonschiefer ebenfalls Feldspathe im zerkleinerten Zustande enthalten sind, so bilden die Feldspathe einen sehr grossen Theil der Erdkrinde. Dennoch waren dieselben im Alterthum unbekannt und wurden erst im vorigen Jahrhundert einigermaassen von den übrigen Mineralen unterschieden.

Orthoklas	$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$	monoklin	$0.6586 : 1 : 0.5558$	$\beta' = 116^\circ 7'$
Hyalophan	$\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	"	$0.6584 : 1 : 0.5512$	" = $115^\circ 35'$
Mikroclin	$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$	triklin	$0.65 : 1 : 0.55$	$\alpha = 94^\circ 40'$ $\beta = 116^\circ$ $\gamma = 90^\circ$ ca.
Albit	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	"	$0.6335 : 1 : 0.5577$	" = $94^\circ 3'$ " = $116^\circ 29'$ " = $88^\circ 9'$
Oligoklas		"	$0.6321 : 1 : 0.5525$	" = $93^\circ 4'$ " = $116^\circ 23'$ " = $90^\circ 5'$
Andesin		"	$0.6357 : 1 : 0.5521$	" = $93^\circ 23'$ " = $116^\circ 29'$ " = $89^\circ 59'$
Labradorit		"	$0.6377 : 1 : 0.5547$	" = $93^\circ 31'$ " = $116^\circ 3'$ " = $89^\circ 54'$
Anorthit	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	"	$0.6347 : 1 : 0.5501$	" = $93^\circ 13'$ " = $115^\circ 55'$ " = $91^\circ 19'$

Nach dem Spaltwinkel und der chemischen Beschaffenheit zerfallen sie in zwei Abtheilungen:

a) Kali-Natron-Feldspathe. Spaltwinkel  $90^\circ$  oder wenig davon abweichend, nämlich  $89^\circ 40'$ .

#### Orthoklas, Breithaupt.

Monoklin, die Krystalle haben einen säulenförmigen Typus, indem das Prisma  $l = (110)$ , oft auch die Längsfläche  $M = (010)$  herrschen und die Endigung durch  $x = (101)$  und die Endfläche  $P = (001)$  gebildet wird, oder indem diese und  $M$  vorherrschen. Häufig sind ausserdem  $y = (\bar{2}01)$ ,  $n = (021)$ ,  $o = (\bar{1}11)$  auch  $z = (130)$ .

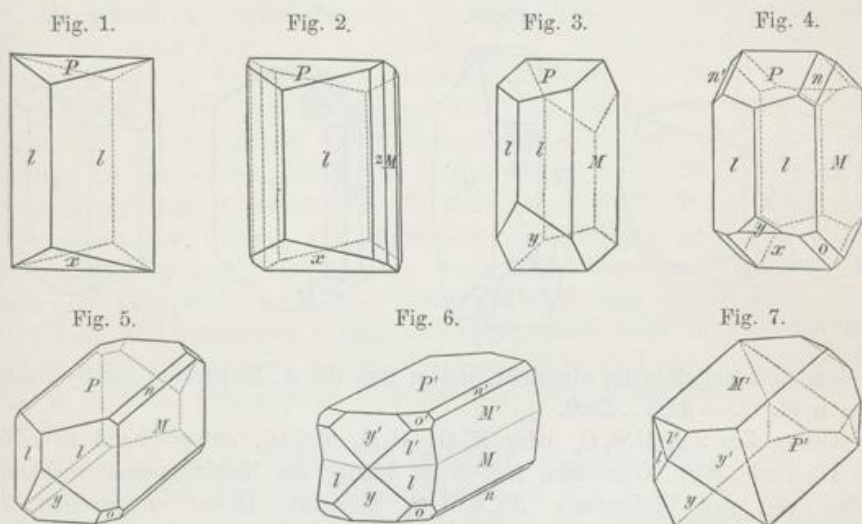
Die Fläche  $P$  weicht von der aufrechten Axe um  $63^\circ 53'$ , die Fläche  $x$  um  $65^\circ 47'$  ab, daher die Formen in Fig. 1 und 2 an rhombische Combinationen erinnern. Die wichtigsten Normalenwinkel sind:

$l : l = 110 : \bar{1}10 = 61^\circ 12'$	$P : l = 001 : 110 = 67^\circ 44'$
$l : M = 110 : 010 = 59^\circ 24'$	$x : l = 10\bar{1} : 110 = 69^\circ 19'$
$P : x = 001 : \bar{1}01 = 50^\circ 20'$	$x : o = 10\bar{1} : 11\bar{1} = 26^\circ 53'$
$P : y = 001 : 201 = 80^\circ 23'$	$y : y' = \text{in Fig. 6} = 19^\circ 14'$
$P : n = 001 : 021 = 44^\circ 57'$	$y : y' = \text{ " " } 7 = 13^\circ 34'$

Zwillingsbildungen sind häufig. Sie folgen gewöhnlich einem der drei nachstehenden Gesetze:

a) Zwillingssebene die Endfläche  $P$ . Das sogenannte Manebacher Gesetz. Ein Beispiel gibt Fig. 6. Derlei Zwillingsbildungen werden an eingeschlossenen und an sitzenden Krystallen beobachtet.

b) Zwillingssebene eine Fläche  $n$ . Das sogenannte Bavenoer Gesetz. Einen Zwillingskrystall dieser Art stellt Fig. 7 dar. Sowohl sitzende, als auch manche



der eingeschlossenen Krystalle zeigen solche Bildung. Da  $P:n$  fast genau  $45^\circ$ , so bilden  $P$  des einen und  $P'$  des anderen Individuums ziemlich genau  $90^\circ$ . Durch Fortsetzung derselben Zwillingsbildung entstehen Wendezwillinge wie in Fig. 8. Man kann dieselben auch durch das Zusammentreffen der Bildung nach dem Bavenoer und Manebacher Gesetze erklären.

c) Zwillingsaxe die  $c$ -Axe. Das sog. Karlsbader Gesetz, vorzugsweise an eingeschlossenen Krystallen verwirklicht, wie z. B. an Krystallen, welche Fig. 9 darstellt. Weil an diesem Penetrationszwilling meist ein Individuum aus dem anderen auch seitlich hervorragt, so kann man zwei Fälle unterscheiden, je nachdem die beiden einander die Flächen  $010$  oder  $0\bar{1}0$  zukehren. Berührungszwillinge nach demselben Gesetze sind in Fig. 10 und 11 dargestellt. An gehäuften Zwillingsbildungen sieht man auch öfter das Karlsbader und das Bavenoer Gesetz zugleich verwirklicht. Seltener vorkommende Zwillingsbildungen erfolgen nach  $l, z, y, o$  etc.

Spaltb. nach  $P$  und  $M$  sehr vollk.  $P$  zeigt öfter Irisiren oder auch Perlmutterglanz. Eine unvollk. Spaltb., die bisweilen nach einer der beiden Flächen  $l$  beobachtet wurde, gab früher Anlass zu der Vermuthung, dass diese Flächen physikalisch ungleichartig seien, indess dürften jene Beobachtungen sich nicht auf Orthoklas, sondern auf Mikroklin oder eine Verwachsung dieser beiden beziehen.  $H. = 6$ . Bruch muschelrig. Optisch negativ. Die Lichtbrechung ist

ate:  
nach  
tend.  
il in

bei-  
rend.  
aben

inen  
voll-  
oder  
aO).  
aus  
zer-  
ssen  
und  
alen

ca.  
9'  
5'  
59  
54  
19  
in

das  
ung  
iese  
11)

um  
nen

schwächer als in den übrigen Feldspathen. Brq. 1·5195, 1·5233, 1·5253 für Na-Licht, nach Zimány. In Spaltblättchen parallel  $M$  weicht die eine Auslöschungsrichtung von der Kante  $PM$  nur um  $5^{\circ}18'$  und von der Kante  $LM$  um  $69^{\circ}11'$  ab (f. rothes Licht). Die optische Orientirung und Dispersion wurden pag. 205 angegeben. Da dieselben durch Erhitzen verändert werden (vergl. pag. 215) und auch Druckänderungen ähnlichen Einfluss wie Temperaturänderungen ausüben, so ist es nicht überraschend, dass an manchen Exemplaren das opt. Verhalten

Fig. 8.

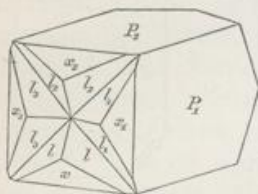


Fig. 9.

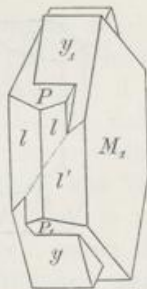


Fig. 10.

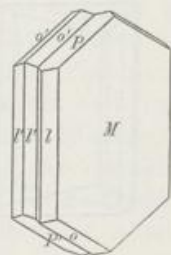
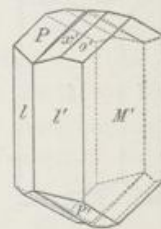


Fig. 11.



von dem dort angeführten abweicht, indem nun die A. E. parallel zur Symmetrieebene liegt.  $G. = 2.53 \dots 2.60$ .

Chem. Zus.:  $KAlSi_3O_8$  oder  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ , entsprechend 16.9 Kali, 18.3 Thonerde, 64.8 Kieselerde, jedoch ist häufig ein Natriumgehalt vorhanden, welcher von der Verbindung  $NaAlSi_3O_8$  herrührt. Dieser entsprechen 11.8 Natron, 19.4 Thonerde, 68.8 Kieselerde. Die Beimischung des letzteren Silicates ist theils eine innige (isomorphe), theils eine sichtbare, welche sich u. d. M. als Durchwachsung von Albitlamellen kundgibt, pag. 115. Kleine Mengen von Kalk rühren öfter von beigemengtem Plagioklas her, Eisen, Magnesia von fremden Einschlüssen, Wasser von diesen oder von beginnender Veränderung. Der zuweilen gefundene geringe Baryumgehalt lässt auf eine Beimischung von Baryumfeldspath schließen.

V. d. L. schmilzt der O. schwierig zu einem trüben Glase. Durch Säure wird er nicht zersetzt.

Die Wichtigkeit der Feldspathe liess eine Darstellung von Krystallen dieser Zusammensetzung sehr lohnend erscheinen, doch erhielt Mitscherlich bei seinen Schmelzversuchen immer nur glasartige Producte. Gleichwohl hatten Hausmann, Freiesleben, Heine u. A. dem Orthoklas entsprechende Krystalle als zufälliges Product in Zink- und Kupferöfen, z. B. bei Sangerhausen, gefunden. Später vermochte jedoch Hautefeuille durch Anwendung von wolframsaurem Natron als Flussmittel kleine Krystalle zu erhalten. Friedel und Sarasin, Fouqué und Lévy haben Versuche in anderer Richtung angestellt, pag. 271.

Der Orthoklas bildet sich zuweilen durch Umwandlung aus Laumontit, Prehnit, Analcim (Haidinger), aus Leucit (Scacchi). Eine Verdrängungs-Pseudomorphose nach Calcit, welche Blum beobachtete, bestand aus dichtem O. und Quarz, sogenanntem Feldstein.

durch  
Sie fo  
7, 8  
Chlori  
schein  
sie er  
trifft  
werde  
bische  
abwei  
die Z  
bei A  
oft m  
in at  
Baver  
Adula  
der E  
haupt  
Euba  
parad

schwe  
Fig.  
Gneis  
die g  
hervo  
und  
bildu  
blauli  
von  
Die  
in Fi  
Canad  
wachu  
reich  
mond  
Die  
Gneis  
gänge  
Porze

und  
klasp



Man unterscheidet *A)* gewöhnliche und *B)* vulkanische Arten.

*A)* Die auf Spalten der altkrystallinischen Silicatgesteine vorkommenden durchsichtigen bis durchscheinenden sitzenden Krystalle werden Adular genannt. Sie folgen meist den in Fig. 1, 2 dargestellten Typen; Zwillinge wie in Fig. 6, 7, 8 kommen öfter vor. Manche Krystalle sind grün durch eingeschlossenen Chlorit. In der Richtung normal zu (100) zeigt sich oft ein blaulicher Lichtschein (Mondstein). In chemischer Beziehung sind die klaren Krystalle einfach, sie enthalten fast nur das Kaliumsilicat. In Drusenhöhlen in Granit und Gneiss trifft man gewöhnlich trübe Krystalle, die meist schon als Orthoklas bezeichnet werden. Sie zeigen die Formen in Fig. 2, 4, 7, 11. An letzteren Zwillingen fallen bisweilen *P* und *x'* in eine Ebene, während sie nach der Berechnung um  $2^\circ$  abweichen sollten. Die Verwachsung mit Albit, bei welcher die beiden Minerale die Zone *M* gemeinschaftlich haben, kommt nicht selten vor. Siehe die Figuren bei Albit. Die Schweizer und Tiroler Alpen liefern schöne Stufen von Adular, oft mit Bergkrystall, Kalkspath etc., die letzteren mehr trüben Krystalle kommen in ausgezeichneter Bildung von Hirschberg und Striegau in Schlesien, Elba, Baveno am Lago maggiore. In dem, wenn auch sparsamen Vorkommen von Adular auf Erzgängen, z. B. bei Felsöbánya, hat man zuerst einen Beweis der Bildung aus wässerigen Lösungen erblickt, noch mehr in dem von Breithaupt Paradoxit genannten Vorkommen auf Spalten im Porphyrconglomerat bei Euba in Sachsen. Gegenwärtig erscheint aber diese Bildungsweise nicht mehr paradox.

Orthoklas. Weiss, röthlich bis fleischroth, gelblich, grünlich, grau. Grosse, schwebend gebildete Krystalle von den Formen in Fig. 3, 4, 5. Zwillinge wie in Fig. 6, 9 und 10 treten öfter als Gemengtheil im porphyrtigen Granit und Gneiss, kleinere im Quarzporphyr auf. Bei der Verwitterung des Gesteines fallen die grossen aus dem Gestein und werden oft beim Pflügen aus dem Untergrund hervorgebracht, so in der Gegend von Karlsbad. In manchem Granit, Syenit und Gneiss bildet der Feldspathgemengtheil grosse Individuen ohne Formausbildung: Pegmatolith Breithaupt's. Dieselben sind nur selten durchsichtig, mit blaulichem Lichtschein (Mondstein) oder mit Farbenwandlung auf (100), wie der von Breithaupt Mikroklin genannte Feldspath von Fredriksvärn in Norwegen. Die grossen Individuen enthalten oft Lamellen von Albit oder Oligoklas, wie in Fig. 248 auf pag. 115, z. B. der von Arendal. Im Perthit von Perth in Canada ist die Verwachsung besonders deutlich. Die mikroskopisch feine Verwachsung wird als Mikroperthit bezeichnet. Mancher Orthoklas ist schon sehr reich an dem beigemischten Natronsilicat, so enthält der Loxoklas von Hammond davon circa 65 Percent, ebensoviel der Natronorthoklas von Pantellaria. Die regelmässige Verwachsung mit Quarz, welche in gangartigen Massen im Gneiss und Granit auftritt, führt den Namen Schriftgranit. Aus den Mineralgängen und Felsarten mit grossen Individuen lässt sich reiner Feldspath für die Porzellanfabrication gewinnen. (S. auch Kaolin.)

Am meisten erscheint der O. in körniger Form verbreitet im Granit, Gneiss und Syenit, in dichter Form in der Grundmasse des Quarzporphyrs, des Orthoklasporphyrs; auf secundärer Stätte in klastischen Formen, d. i. Bruchstücken,

Splintern, Körnern bis staubartig feinen Theilchen im Sand und Sandstein, in der Ackerkrume, im Thon und Thonschiefer; in den älteren sedimentären Felsarten, den Grauwacken und Phylliten, dem Arkosen-Sandstein etc. oft regenerirt, indem die Körnchen wieder zu krystallinischen Massen verwachsen sind. Vergl. pag. 313.

B) Glasiger Feldspath. Sitzende wasserhelle Krystalle, gewöhnlich durch Vorherrschen von *M* tafelförmig, werden Eisspath genannt (Rhyakolith G. Rose's). Sie finden sich in den Silicatblöcken der Somma am Vesuv, im Albanergebirge, am Laachersee. Merkwürdig ist das Schwanken der Winkelwerthe, wahrscheinlich durch den Wechsel der Beimischung des Natriumsilicates hervorgebracht, ferner die Abweichung von jenen des Adulars, da nach Strüver's Vergleichung das mittlere  $\alpha$ . V. =  $0.653 : 1 : 0.552$  und  $\beta' = 116^\circ$  wären. Die Verschiedenheit der Bildungsweise dürfte hier die Ursache sein.

Die schwebend gebildeten Krystalle, gewöhnlich graulich oder gelblich gefärbt, welche in den Trachytgesteinen und Phonolithen vorkommen, werden Sanidin genannt. Sie erscheinen bisweilen zerbrochen, auch angeschmolzen. Die Form ist ähnlich wie in Fig. 5 und 10. Die grossen Krystalle sind rissig, trennen sich leicht nach unebenen Flächen, beiläufig parallel (100). Den Rissen entsprechen trübe Streifen auf *M*, die man früher von eingeschalteten Lamellen ableitete, während sie nach Zirkel durch Reihen von Poren und Sprüngen hervorgebracht werden. Im dichten Zustande verbirgt er sich in der porzellanartigen Grundmasse der trachytischen Gesteine. In der glasigen Grundmasse der Obsidiane, Bimsteine, Pechsteine muss man eine Mischung mit amorpher Kieselerde annehmen.

Der Orthoklas unterliegt zweierlei Umwandlungen, welche von allgemeiner Bedeutung sind. Die eine Verwandlung, nämlich in Muscovit (Kaliglimmer), lässt sich öfter durch Pseudomorphosen controliren. Wenn man die dreifache Formel des Feldspathes  $K_3Al_3Si_3O_{24}$  mit jener des daraus entstandenen Glimmers  $KH_3Al_3Si_3O_{12}$  vergleicht, so ergibt sich, dass von der ursprünglichen Menge der Kieselerde ein grosser Theil ausgeschieden wurde. Dementsprechend beobachtete vom Rath an den Pseudomorphosen im Granit des Riesengebirges, dass neben dem Glimmer auch Quarz vorhanden sei. Im übrigen erkennt man, dass die Menge des Kaliums auf ein Drittel vermindert sei, was einer Fortführung des Kali durch die circulirenden Wässer entspricht. Der neuentstandene Muscovit ist öfter auch von Biotit (Magnesiaglimmer) begleitet.

Der zweite allgemeine Vorgang ist die Verwitterung des O. zu Kaolin. Selten sieht man die Pseudomorphose gut erhalten, weil sie zu locker ist. Der gebildete Kaolin wird meistens fortgeschwemmt und den Thonlagern einverleibt. Wenn man die doppelte Formel des Feldspathes  $K_2Al_2Si_6O_{16}$  mit der des Kaolins  $H_4Al_2Si_2O_9$  vergleicht, so ergibt sich eine Wasseraufnahme gegenüber der Fortführung von Kieselsäure und Kali. Bei der Verwitterung des im Boden allgemein verbreiteten Feldspathes geht das Kali anfänglich als Carbonat in Lösung und wird durch die allverbreiteten Sulfate, besonders Gyps, in Kaliumsulfat umgesetzt, welches den Landpflanzen das zum Gedeihen erforderliche Kalium bietet. Das Pulver der Feldspathgesteine ist daher ein vorzüglicher Kalidünger. Zersetzung

des O. durch Wasser in den Versuchen Daubrée's wurde schon früher, pag. 306, erwähnt.

Eine nicht seltene Umwandlung des O. ist nach Blum die zu Epidot, weniger allgemein jene zu Turmalin. Wo Feldspathsteine der Einwirkung von Dämpfen schwefeliger Säure ausgesetzt sind oder wo eingeschlossene Pyrite verwittern, erzeugen sich Sulfate wie Alunit, Alaun, Botryogen etc.

Die Namen Weissgigt, Murchisonit, Krablit beziehen sich auf Orthoklas und Gemenge. Chesterlith ist Mikroklin, der Cassinit ist ein baryumhaltiger Orthoklas.

Hyalophan nannte S. von Waltershausen ein Mineral aus dem Dolomit des Binnenthaltes in der Schweiz, welches das Ansehen und die Winkel des Adulars darbietet, seiner Zusammensetzung nach aber eine isomorphe Mischung des Adularsilicates mit  $BaAl_2Si_2O_8$  darstellt.

Literatur über Orthoklas: Kokseharow, Materialien, 5. Band. G. v. Rath, Ann. der Phys. und Chem. Bd. 135, pag. 454. Strüver, Zeitschr. Kryst. I, 246. Klockmann, ebendas., Bd. 6, pag. 493 (Zwillinge); Autor, Sitzb. Ak. Wien, Bd. L; Bischof, Chem. u. phys. Geologie, Bd. 2, pag. 392. Autor, Mineral. Mitth. 1872, pag. 100 (Umwandlungen).

#### Mikroklin, *Descloizeaux*.

Mimetisch-monoklin. Die Krystalle zeigen in den Umrissen die grösste Aehnlichkeit mit Orthoklaskrystallen, doch bestehen sie fast immer aus unzählig vielen dünnen Lamellen, an welchen Descloizeaux den triklinen Charakter bestimmte. Diese bilden Wiederholungszwillinge nach  $M = (010)$ , so dass auf  $P$  und  $x$ , wofern diese glänzend sind, sehr feine Riefen parallel den Kanten zu  $M$  bemerkbar werden. Der Spaltwinkel  $P : M = 001 : 010$  ist in den einzelnen Lamellen ungefähr  $89^\circ 40'$ , auch die anderen Winkel  $001 : 110 = 67^\circ 35'$ ,  $110 : \bar{1}10 = 61^\circ 29'$ ,  $110 : 010 = 60^\circ 49'$  weichen wenig von jenen am Orthoklas ab. Man bemerkt auch eine deutliche Spaltb. nach  $T = \bar{1}10$  und eine weniger deutliche nach  $l = 110$ .

Die optische Orientirung ist eine andere als beim Orthoklas. Spaltblättchen parallel  $P$  geben eine Auslöschung, welche zur Kante  $P : M$  nicht parallel ist, sondern davon um  $+15^\circ$  abweicht, s. Fig. 8 bei Plagioklas. Spaltblättchen parallel  $M$  hingegen liefern eine von dieser Kante um  $+5^\circ$  abweichende Auslöschung, also wie Orthoklas. Die übrigen physikalischen und chemischen Eigenschaften sind dieselben wie beim Orthoklas, daher man beide Minerale als heteromorph anzusehen hat. Natronreiche Mikrokline wurden Natronmikroklin und Anorthoklas genannt. Dieselben weichen in den optischen Eigenschaften von Mikroklin etwas ab.

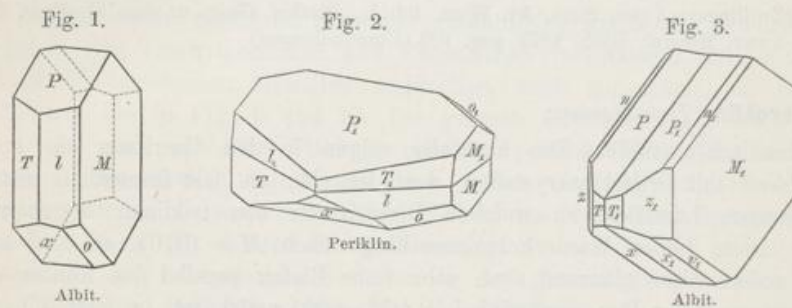
Sitzende Krystalle, die fast nur aus Mikroklin bestehen, werden bei Arendal in Norwegen, Magnet Cove in Arkansas etc. gefunden. Ein ausgezeichnetes Vorkommen bietet der Amazonenstein (Amazonit) vom Ilmengebirge, Pikes Peak in Colorado, Delaware in Pennsylvania etc., welcher, wie der Autor schon 1864 zeigte, nicht nur aus Lamellen parallel  $M$ , sondern auch aus vielen solchen besteht, die ungefähr parallel  $(100)$  lagern, wodurch auf  $P$  und  $x$  gitterartige Zeichnungen entstehen, die an Blättchen im polarisirten Lichte besonders deutlich hervortreten. Daneben ist Orthoklas vorhanden, und Albitlamellen sind ebenfalls eingeschaltet. Die spangrüne Farbe des Amazonits verliert sich durch Glühen.

Viele Orthoklase zeigen in den Spaltblättchen nach  $P$  und in Dünnschliffen stellenweise die genannte gitterartige Zeichnung, wodurch die Verbreitung des Mikroklin in Verwachsung mit Orthoklas in vielem Granit, Gneiss etc. nachgewiesen wurde. Einfache Individuen wurden im Granit bei Meissen beobachtet. Es ist hervorzuheben, dass man einen vulkanischen Mikroklin (dem Sanidin entsprechend) bis jetzt noch nicht gefunden hat.

b) Natron-Kalk-Feldspathe. Hauptspaltungswinkel  $86^{\circ}50'$  bis  $85^{\circ}50'$ .

#### Plagioklas, Breithaupt.

Die Form ist triklin, die gewöhnlich auftretenden Flächen sind  $P=001$ ,  $M=(010)$ ,  $T=(1\bar{1}0)$ ,  $l=(110)$ ,  $z=(1\bar{3}0)$ ,  $f=(130)$  und  $x=(\bar{1}01)$ ,  $y=(201)$ , also wie beim Orthoklas. Im Vergleiche zu diesem erscheint aber die Gestalt



etwas schief, da bei der hier gewählten Aufstellung die Kante  $PM'$  (links) eine scharfe und  $PM$  (rechts) eine stumpfe ist. Dadurch, dass die Flächen  $e=(021)$  und  $n=(0\bar{2}1)$ , ferner  $o=(11\bar{1})$  und  $v(1\bar{1}1)$  etc. nicht immer gleichzeitig zur Rechten und zur Linken auftreten, wird der unsymmetrische Charakter der Form noch mehr hervorgehoben. Die Winkel sind variabel, also für jede Art andere, doch entspricht die Variation der isomorphen Reihe, nach welcher die Arten aufeinanderfolgen.

Die Zwillingsbildungen sind mannigfaltig: 1. Gesetz: Zwillingsene parallel  $M$ , das Albitgesetz, gewöhnlich mit vielfacher Wiederholung (s. pag. 84); 2. Zwillingsene senkrecht zur Axe  $b$ , das Periklingesetz (s. pag. 84), mit Wiederholungen, auch Durchwachsungen; 3. Zwillingsene senkrecht zur Axe  $a$ ; 4. Zwillingsene senkrecht zur Axe  $c$ , entsprechend dem Karlsbader Gesetz beim Orthoklas; 5. Zwillingsene parallel  $100$ ; 6. Zwillingsene parallel  $c$  und senkrecht zu  $M$ , ähnlich dem letzteren Falle; 7. Zwillingsene ist  $P$ , entsprechend dem Manebacher-; 8. Zwillingsene ist  $n$ , entsprechend dem Bavenoer Gesetz.

Spaltb. vollk. nach  $P$  und  $M$ , unvollk. nach  $T$ . Die Spaltfläche  $P$  zeigt in Folge der Zwillingsbildung (1) häufig eine zur Kante  $PM$  parallele Riefung. (Geriefte Feldspathe sind triklin.) Auch auf  $M$  zeigt sich bisweilen Riefung, zufolge der Wiederholung nach Zwillingsgesetz (2).

H. = 6. Ausser farblosen und weissen Arten gibt es solche, welche durch Einschlüsse grau, grün, roth gefärbt erscheinen. Auf  $M$  zeigt sich bisweilen Farbenwandlung. G. = 2·624 bis 2·758.

Die chem. Zus. entspricht, wie von dem Autor im Jahre 1864 gezeigt wurde, einer isomorphen Mischung zweier Silicate, von denen das Natronsilicat nach der Formel  $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$  oder  $NaAlSi_3O_8 = Ab$  > Kalksilicat > > >  $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  oder  $CaAl_2Si_2O_8 = An$  zusammengesetzt ist. Jedes Glied der Mischungsreihe befolgt also das Gesetz:  $mAb + nAn$  oder anders geschrieben  $Ab_mAn_n$  (vergl. pag. 263). Oefter ist auch etwas von dem Kalisilicat *Or* (Orthoklas) beigemischt.

Durch die allmälige Erforschung der Plagioklase entstand, bevor dieselben als isomorphe Mischungen erkannt waren, eine Eintheilung, nach welcher nicht bloß die zwei Endglieder und ein mittleres Glied für die Classification ausreichend befunden, sondern mehrere Glieder, die man für scharf getrennt hielt, unterschieden wurden. Um jenem Gebrauche nicht allzusehr zu widersprechen, ist es nöthig, die ganze Mischungsreihe in sechs Theile zu zerlegen, indem ausser den Endgliedern Albit und Anorthit noch vier willkürlich, aber gleichförmig abgegrenzte Mischglieder angenommen werden.

<i>Ab</i> . . . . .	Albit, der Anorthitgehalt beträgt 0 Percent oder fast 0 Percent	
<i>Ab</i> . . . . .	bis <i>Ab<sub>3</sub>An<sub>1</sub></i> Oligoklas, der Anorthitgehalt steigt bis 26·2	>
<i>Ab<sub>3</sub>An<sub>1</sub></i> >	<i>Ab<sub>1</sub>An<sub>1</sub></i> Andesin, > > >	51·5 >
<i>Ab<sub>1</sub>An<sub>1</sub></i> >	<i>Ab<sub>1</sub>An<sub>3</sub></i> Labradorit, > > >	76·1 >
<i>Ab<sub>1</sub>An<sub>3</sub></i> >	<i>An</i> Bytownit, > > >	96 >
<i>An</i>	Anorthit, > > >	ist 100 >

In der folgenden Tafel ist die chemische Zusammensetzung so angeführt, dass die erste Columne die Zus. des Albits, die letzte aber jene des Anorthits darstellt. Aus dem spec. G. der Endglieder lässt sich das G. jeder einzelnen Mischung berechnen, daher ist auch immer das entsprechende G. beigefügt.

	<i>Ab</i>	<i>Ab<sub>3</sub>An<sub>1</sub></i>	<i>Ab<sub>1</sub>An<sub>1</sub></i>	<i>Ab<sub>1</sub>An<sub>3</sub></i>	<i>An</i>
Kieselerde . . . . .	68·8	62·2	55·7	49·4	43·3
Thonerde . . . . .	19·4	23·9	28·3	32·5	36·6
Kalk . . . . .	0·0	5·2	10·3	15·3	20·1
Natron . . . . .	11·8	8·7	5·7	2·8	0·0
G. . . . .	2·624	2·659	2·694	2·728	2·758

M. Schuster hat im Jahre 1881 gezeigt, dass die optische Orientirung der Plagioklase genau dem Verhältnisse der Mischung folge. Dies wird am besten durch die Angabe der Auslöschung auf den beiden Spaltflächen *P* und *M* anschaulich gemacht. Fig. 8. Wird auf der einen, wie auf der anderen Fläche eine Linie parallel der Kante *P:M* gezogen, so gibt es da wie dort eine Auslöschungsrichtung, welche von dieser Linie wenig abweicht, jedoch bald in dem einen mit + bezeichneten Sinne, bald in dem anderen mit — bezeichneten Sinne. Aus den Beobachtungen Schuster's ergibt sich nun für

<i>Ab</i>	:	Abweichung auf <i>P</i> = +	4° 30'	auf <i>M</i> = +	19° 0'
<i>Ab<sub>3</sub>An<sub>1</sub></i>	>	>	+ 1° 4'	>	+ 4° 36'
<i>Ab<sub>1</sub>An<sub>1</sub></i>	>	>	— 5° 10'	>	— 16°
<i>Ab<sub>1</sub>An<sub>3</sub></i>	>	>	— 17° 40'	>	— 29° 38'
<i>An</i>	>	>	— 37° 0'	>	— 36° 0'

fen  
des  
ch-  
tet.  
nt-

01,  
11),  
talt

ine  
21)  
zur  
rm  
re,  
en

lel  
t);  
nit  
a;  
im  
k-  
nd  
tz.  
in  
g.  
g.

eh  
en

Auch eine kristallographische Erscheinung, welche v. Rath erkannte, hängt mit dem Mischungsverhältnis zusammen. An den Zwillingen nach dem Periklin-gesetze (vergl. Fig. 2 und 17) verwachsen die Individuen nach einer Ebene, welche mit dem Prisma  $Tl$  einen rhombischen Schnitt ergibt. Diese Ebene zeichnet nun auf  $M$  eine Linie, welche mit einer zur Kante  $PM$  parallel gezogenen Linie verschiedene Winkel bildet, und zwar unter Benützung der schematischen Figur 8:

beim Albit . . . .	$Ab$ . . .	$+ 13^{\circ} 30'$
bei dem Plagioklas	$Ab_3 An$	$+ 4^{\circ}$
> > >	$Ab An$	$- 2^{\circ}$
> > >	$Ab An_3$	$- 9^{\circ}$
beim Anorthit	$An$	$- 18^{\circ}$

und bei den Zwischengliedern ergeben sich die entsprechenden Zwischenwerthe, so dass auch hier eine continuirliche Reihe zu bemerken ist.

Da die Plagioklase dem Wechsel des Gehaltes an Calcium und Natrium entsprechend der Bunsen'schen Gasflamme verschiedene Färbung ertheilen, so hat Szabó vorgeschlagen, diese Probe zur Bestimmung solcher Feldspathe zu benutzen. Durch Säuren werden die Plagioklase verschieden angegriffen, der Albit und Oligoklas gar nicht, der Labradorit wenig, wogegen der Anorthit unter Gallertbildung zersetzt wird.

Für die glasigen (vulkanischen) Arten der Plagioklase, welche dem Sanidin entsprechen, hat der Autor die Bezeichnung Mikrotin vorgeschlagen.

Bezüglich der Nachahmung der Plagioklase haben Hautefeuille, Fouqué und Lévy, sowie Friedel und Sarasin eine Reihe von wichtigen Versuchen angestellt, s. pag. 271.

Die Literatur über die Pl. ist sehr umfangreich, doch wird man, ausgehend von folgenden Abhandlungen, alles Wichtige finden: G. Rose, Gilbert's Ann. 1822, Pogg. Ann. 125, 129 (Albit), Descloizeaux, Manuel de Minéralogie (Winkelverhältn.), G. v. Rath, Monatsber. d. Berlin. Ak. 1876 (Zwillingsverwachsungen, Lage des rhomb. Schnittes), Pogg. Ann. 138, pag. 464 (Oligoklas), ebendas. Bd. 138, pag. 449, und Bd. 147, pag. 22 (Anorthit), Kokscharow, Materialien z. Min. Russlands, Bd. 4, pag. 200 (Anorthit).

Autor, Sitzungsber. d. Wiener Akad., Bd. 50, pag. 566 (1864) [Mischungsgesetz], G. v. Rath, Zeitschr. geol. Ges., Bd. 27, pag. 295 (1875) [Bestätigung], M. Schuster, Mineral. und petrogr. Mitth., Bd. 3, pag. 117 (1881) [Gesetz d. optischen Orientirung], ebendas. Bd. 5, pag. 189 [Nachtrag], F. Fouqué, Contribution à l'étude des Feldspaths, Paris 1894, Michel Lévy, Etude sur la détermination des Feldspaths dans les plaques minces, Paris 1894 und 1896.

Albit, *Gahn*. Wegen der weissen Farbe so genannt. Die Krystalle sind übrigens oft wasserhell, aber durchschnittlich kleiner als die Adulare. Spaltblättchen parallel  $M$  geben im Konoskop Farbenringe, welche auf einen grossen Axenwinkel und eine gegen  $M$  schiefe positive Mittellinie schliessen lassen. Optisch negativ. Brq. 1.5287, 1.5331, 1.5392 für Na-Licht. Die Schmelzbarkeit ist ungefähr wie beim Orthoklas. Die Entzifferung der Zwillingsbildungen verdankt man hauptsächlich G. Rose und G. v. Rath.

Die sitzenden Albitkrystalle sind gewöhnlich durch Vorherrschen von  $M$  tafelförmig, niemals einfach, sondern bilden Zwillinge, meist mit vielfacher Wiederholung nach  $M$  (Albitgesetz), Fig. 3 bis 6. Die Abweichung von  $P:P_1$  in den Riefen beträgt  $7^{\circ} 12'$ . Zwillinge, welche zuerst nach dem Albitgesetz, nachher

gemäss dem Karlsbader Gesetz vereinigt erscheinen, kommen öfter vor. Schöne Drusen von Albit mit Kalkspath finden sich bei Schmirn in Tirol im grauen Dolomit, mit Mesitinspath am Hainzenberg im Zillerthal, mit Bergkrystall im Gotthardgebirge, mit Epidot bei Zöptau in Mähren u. s. w.

Die weissen Krystalle, an welchen  $M$  klein ist, wodurch sie nach der Queraxe gestreckt aussehen, werden Periklin genannt, Fig. 2, 7 u. 9. Die Form entspricht

Fig. 4.

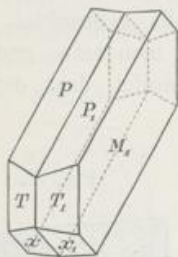


Fig. 5.

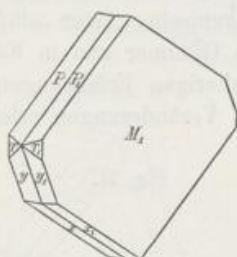


Fig. 6.

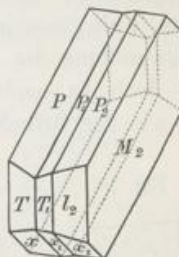


Fig. 7.

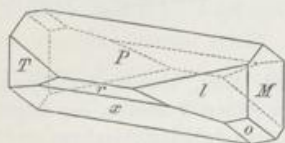


Fig. 8.

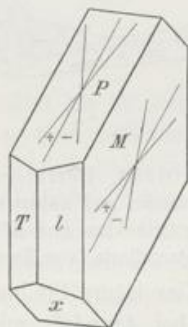
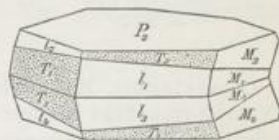


Fig. 9.



der nächsten Abtheilung. Das Mineral dürfte auch ursprünglich Oligoklas gewesen sein. Die Zwillingsbildungen folgen dem 2. Gesetze, welches schon auf pag. 85, Fig. 182 und 183, erläutert wurde. Die Individuen verwachsen miteinander nach dem rhombischen Schnitte, daher ihre Grenze auf  $M$  eine gegen die Kante  $P:M$  schiefe Linie bildet, Fig. 2. Wenn derlei Zwillinge sich entsprechend dem Manebacher Gesetze verbinden, so ergeben sich Zwillinge höheren Grades, wie in Fig. 9, welche einen Periklin vom Scopi in der Schweiz darstellt, dessen  $T$ -Flächen matt und mit Chlorit überzogen sind. Die Grenzen der vier Individuen convergiren nach rückwärts, was auf den zusammengesetzten  $M$ -Flächen deutlich zu sehen ist. Grosse Krystalle wurden bei Pfunders in Tirol mit Chlorit gefunden, prächtige Drusen im Rauris, Zillerthal und an vielen Punkten der Tiroler und Salzburger Alpen.

Oft erscheinen Albit und Periklin regelmässig mit Orthoklas verwachsen, indem sie die Zone  $TUM$  gemein haben. Fig. 10 gibt ein Beispiel des Aufsitzens von Albit auf Orthoklaskrystallen von Hirschberg. Fig. 12 stellt das Vorkommen

eines Albitwillings mit flügelartigen Ansätzen von Adular aus dem Untersulzbach. Fig. 11 den Ansatz von Adular an Periklinkristallen von Marschendorf in Mähren dar.

Schwebend gebildete Albitkrystalle sieht man öfter im Chlorit der Alpen. Im Magnetkies des Schneeberges in Passeyr beobachtete Rumpf einfache Krystalle als seltene Erscheinung. Albit als Gesteinsgemengtheil hat man in Phylliten, Dioriten erkannt. Auch in Kalksteinen älterer Formationen bis zur Trias und sogar in einzelnen aus der Tertiärformation wurden kleine Albitkrystalle wahrgenommen. Vulkanische Arten sind ebenfalls beobachtet. Ueber die Verwandlung des Albits in Glimmer und in Kaolin hat man keine genaueren Daten, doch ist nach den bisherigen Erfahrungen kein Zweifel, dass der Albit ebenso wie der Orthoklas diese Veränderungen erleidet.

Fig. 10.



Fig. 11.

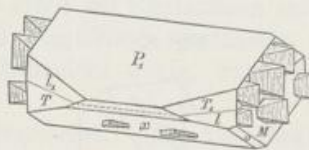
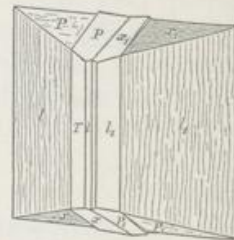


Fig. 12.



Cleavelandit, Hyposklerit, Olafit, Peristerit sind Albit, ebenso der Zygadit. Der Natronorthoklas Förstner's ist triklin und nähert sich in seinem Verhalten der folgenden Abtheilung. Isomorphe Mischungen von Orthoklas- und Albitsubstanz in Plagioklasform sind von Förstner in vulkanischem Gestein auf Pantellaria, von Fouqué bei Quatre Ribeiras beobachtet.

Oligoklas, *Breithaupt*. Kieselsäure 66 bis 62 Percent. Sitzende Krystalle sind nicht häufig: mit Epidot bei Arendal, mit Korund bei Miask, mit Angit in den Silicatbomben am Vesuv u. s. w. Die Form ist entweder jene des Periklins, Fig. 2, oder säulenförmig nach der aufrechten Axe wie in Fig. 13. Zwillingskrystalle beider Typen vereinigen sich oft. Spaltblättchen parallel *M* und *P* verhalten sich im polarisirten Lichte ähnlich wie jene des Albits, die Auslöschung ist aber, wie bemerkt, eine andere. Splitter schmelzen leichter als Albit und Orthoklas zu klarem Glase.

Der Oligoklas ist ein häufiger Gesteinsgemengtheil. Im Granit und Gneiss bildet er öfter grosse Individuen vom Aussehen des Pegmatits, mit dem er leicht verwechselt wird, obwohl die feine Riefung auf *P* bei genauer Betrachtung erkennbar ist; er bildet mit Quarz auch sog. Schriftgranit. Bei Tvedestrand in Norwegen werden durchsichtige Stücke mit eingeschlossenen Eisenglanzblättchen gefunden: Sonnenstein. Bei Bodenmais erscheinen Krystalle mit dunkler Oberfläche von Magnetkies umhüllt. Im Granit, Gneiss, Diorit ist er oft gleichförmig körnig verbreitet. In Porphyren umgibt oft der weisse Oligoklas die röthlichen Orthoklaskrystalle, in Trachyten bildet der Oligoklas öfter die Grundmasse, in welcher die Sanidine liegen, so am Drachenfels bei Bonn, oder er ist



in den trachytischen und basaltischen Felsarten in durchsichtigen bis durchscheinenden kleinen Krystallen enthalten. Diese sind meistens tafelförmig ausgebildet, wie in Fig. 5 und 14.

Andesin, *Abich*. Kieselsäure 62 bis 55.5 Percent. In der Krystallform und Zwillingsbildung dem vorigen gleich, in optischer Beziehung und dem Verhalten v. d. L. ähnlich. Auch aus dieser Abtheilung der Plagioklase finden sich Repräsentanten im Bereich des Granits, z. B. im sog. Tonalit des Adamellogebirges, dem Syenit der Vogesen etc. und ebenso in Eruptivgesteinen, wie im Porphyr des Esterelgebirges, im Andesit in Siebenbürgen und in den Anden.

Fig. 13.

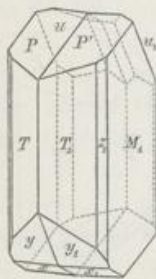


Fig. 14.

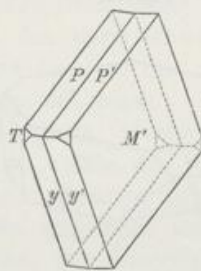
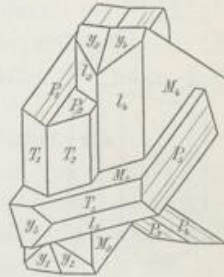


Fig. 15.



Labradorit. Kieselsäure 55.5 bis 49 Percent. Von der Labradorküste in Nordamerika waren schon im vorigen Jahrhundert Stücke mit ausgezeichneter Farbenwandlung auf *M* nach Europa gebracht worden. Dort bilden bei Nain grosse Individuen ein Gestein. Aehnliche Vorkommen wurden später aus Ingermanland, ferner von Kamenoi Brod bei Kiew bekannt. Wegen der schönen Farbenwandlung wird dieser Labradorit bisweilen als Schmuckstein benutzt. Der farbenwandelnde Feldspath von Ojamo in Finland steht seiner Mischung nach schon auf der Grenze zum Andesin. Labradorite ohne Farbenwandlung sind das gewöhnliche körnige Vorkommen als Gesteinsgemengtheil im Gabbro, Diorit etc. Die vulkanischen Arten sind im Dolerit, Basalt, Andesit verbreitet. Als ein Beispiel, wie nicht nur der Labradorit, sondern die Plagioklase überhaupt in den vulkanischen Felsarten vorkommen, dienen die Figuren 14 und 15, wovon die erstere einen der losen Labradoritkrystalle aus der vulkanischen Asche der Monti rossi am Aetna darstellt, während die letztere eine Gruppe abbildet, in welcher die Individuen nach dem Albitgesetze, ausserdem aber noch entsprechend dem Karlsbader und Bavenoer Gesetze verwachsen sind. Diese ist dem Labradorit von Verespatak in Siebenbürgen entnommen, wo derlei Gruppen nach der Beobachtung des Autors sowohl frisch als verändert im Quarzandesit vorkommen.

Spaltblättchen von Labradorit nach *M* und nach *P* zeigen im Konoskop Farbenringe, die auf eine seitlich austretende Axe schliessen lassen. Splitter schmelzen v. d. L. leichter als Oligoklas. Durch Säure wird das Pulver in der Wärme allmählig zersetzt.

Der Labradorit, wie er im Gabbro, Andesit etc. vorkommt, erleidet öfter die Umwandlung zu Epidot. Die gleiche Veränderung hat man jedoch auch an anderen

kalkhaltigen Plagioklasen beobachtet, ebenso die Umwandlung in Glimmer oder Pinit.

Bytownit, *Thomson*. Kieselsäure 49 bis 45 Percent. Optisches Verhalten ähnlich wie beim Labradorit. Plagioklase aus dieser Abtheilung wurden im Gabbro von Neurode in Schlesien, im Kugeldiorit von Corsica, in einem Gestein von Nārödal in Norwegen, ebenso in vulkanischen Felsarten, z. B. in Andesit auf Island, in Ungarn etc. als Gemengtheil gefunden.

Anorthit, *G. Rose* (Christianit, Kalkfeldspath). Kieselsäure 45 bis 43 Percent. Während sitzende Krystalle von Andesin, Labradorit, Bytownit fast gar nicht beobachtet werden, findet sich der Anorthit öfter in wasserhellen Krystallen und

Fig. 16.

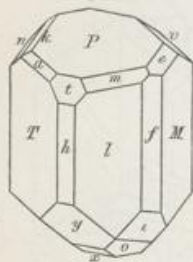


Fig. 17.

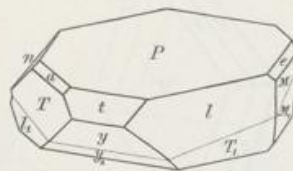
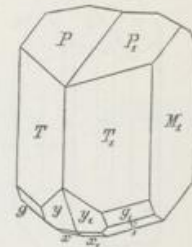


Fig. 18.



Drusen in den Silicatblöcken der Somma am Vesuv, in durchscheinenden bis trüben Krystallen auf mehreren Contactlagerstätten, z. B. am Monzoni in Tirol.

Die Formen sind mannigfaltig, weil bald diese, bald jene Flächenpaare vorherrschen, so dass öfter eine Aehnlichkeit mit Oligoklas oder Periklin eintritt. Manche Krystalle sind recht flächenreich. Fig. 16 stellt einen Krystall vom Vesuv dar, an welchem ausser den schon früher genannten Formen auch  $h = (100)$ ,  $t = (201)$ ,  $k = (023)$ ,  $a = (111)$ ,  $m = (111)$ ,  $v = (241)$ ,  $g = (221)$  vorkommen. Beispiele gewöhnlicher Ausbildung geben Fig. 17, ein Zwilling nach dem Periklingesetz, und 18, ein Zwilling nach dem Albitgesetz. Einfache Krystalle sind häufig, in den Wiederholungszwillingen sind die Lamellen viel dicker als in den anderen Plagioklasen. Spaltblättchen nach  $P$ , sowie nach  $M$  geben im Konoskop das Bild einer optischen Axe. Optisch positiv. Brechungsq. 1.574, 1.581, 1.586 nach Lévy und Laeroix. Splitter schmelzen v. d. L. etwas schwer, durch Salzsäure wird das Pulver unter Gallertbildung zersetzt.

So wie die übrigen Plagioklase, bildet der Anorthit öfter einen wesentlichen Gemengtheil, sowohl in älteren Felsarten, z. B. im Eukrit von Hammerfest, Bogoslawsk, als auch in vulkanischen Gesteinen, z. B. auf Island, den Antillen etc. Auch erscheint er in einigen Meteoriten repräsentirt.

Der A. erleidet oft Veränderungen, indem er Wasser und auch Kali und Magnesia aufnimmt, wobei er weich wird. Es scheint dies der Beginn einer Glimmerbildung zu sein.

Zum Anorthit sind zu rechnen: der Cyclopit, Lepolith, Amphodelith, Indianit, vielleicht auch der Barsowit. Ein Esmarkit genanntes Mineral bestimmte Descloizeaux auch als Anorthit. Der Rosellan oder Rosit, der Polyargit, Latrobit, Lindsayit, Tankit, sind

als veränderte Anorthite zu betrachten. Als Ersbyit untersuchte v. Rath einen Skapolith, Wiik aber einen Labradorit. Der feinkörnige Saeccharit, welcher in Schlesien mit Serpentin vorkommt, und der feinkörnige bis dichte Saussurit, welcher als Feldspathglied in manchen Arten von Gabbro angegeben wird, sind vorherrschend aus Plagioklas bestehende Gemenge. Mancher sogenannte Saussurit ist Zoisit.

Einen Plagioklas mit einem Gehalt von 6·3 Percent BaO hat Descloizeaux beobachtet.

Dem Anorthit analog zusammengesetzt ist der

Danburit  $\text{CaB}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  von rhombischer Krystallform, dem Topas ähnlich. Früher hatte man eine dem Plagioklas entsprechende Krystallform vermuthet. Danbury, Connecticut; Russel, St. Lawrence Cty., New-York; Scopi, Schweiz.

Im Anschlusse an die Feldspathgruppe sind noch jene amorphen Minerale zu erwähnen, welche die glasige Grundmasse der Obsidiane, Perlite, Pechsteine bilden. Da diese Gläser mit den darin schwebenden krystallinischen Theilchen innig verbunden sind, so kann man auf ihre Eigenschaften bloß nach dem Verhalten der ganzen Gesteinsmasse schliessen.

Obsidian hat schwarze, graue, braune, rothe Farben, H. = 6, G. = 2·4 bis 2·57, und eine chem. Zus., welche das Vorherrschen von Feldspathsubstanz erkennen lässt. V. d. L. unter Aufblähen zu Glas oder Email schmelzbar. Im Bimstein ist das Glas bereits aufgebläht und schaumig. Marekanit ist eine durchsichtige Art von Obsidian, der Bouteillenstein (Moldawit) aus Böhmen, Mähren scheint ein künstliches Glas zu sein.

Perlit hat eine feine, ungefähr kugelig-schalige Absonderung, perlgraue, aschgraue, bräunliche etc. Farben, H. = 6, G. = 2·2 bis 2·4 und eine chem. Zus. ähnlich der des Obsidians, doch mit etwas mehr Wasser. V. d. L. bläht er sich und schäumt, schmilzt aber nicht zu Glas. Baulit und Krablit sind zwei zugehörige Vorkommen. Die radiaalfaserigen Kügelchen, welche im Obsidian und Perlit vorkommen und als Sphärolit bezeichnet werden, haben ungefähr die chem. Zus. der Grundmasse und bestehen aus Feldspath mit wenig Quarz. Als Lithophysen wurden veränderte Sphärolite bezeichnet, welche schalig aussehen und Hohlräume darbieten, in welchen sich zuweilen Quarz, Glimmer, Hypersthen etc. angesiedelt haben.

Pechstein, welcher H. = 5·5 . . 6, G. = 2·2 bis 2·3 und gelbe, rothe, braune, graue Farben hat, gibt im Kolben Wasser, wird v. d. L. weiss und trübe und schmilzt dann ruhig zu weissem Email. Chemisch den vorigen ähnlich, doch mit einem grösseren, bis 10 Percent steigenden Wassergehalt.

Alle diese vulkanischen Gesteine sind in Ungarn, Sachsen, Italien, Island, Mexico, Colorado etc. verbreitet.

In eruptiven Felsarten wurden auch schwarze hyaline Minerale gefunden, die als Tachylyt, Hyalomelan, Sideromelan, Sordawalit bezeichnet wurden. Sie sind ärmer an Kieselsäure wie die vorigen, jedoch reich an Eisen. Insofern sich amorphe Minerale überhaupt classificiren lassen, könnten dieselben in die Nähe der Augitgruppe gestellt werden.

Auf die Feldspathgruppe folgen als besondere Gruppe Alumosilicate mit höherem Kieselgehalt:

Petalit, monoklin. H. = 6·5, G. = 2·4 . . 2·56, weiss, röthlich, grau. Chem. Zus.: ungefähr  $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ . Insel Utö, Bolton etc. Krystallisirt auf Elba (Kastor). A.V. 1:1534 : 1 : 0·7436,  $\beta = 67^\circ 34'$ .

Tschermak, Mineralogie. 5. Auflage.

Milarit, mimetisch hexagonal,  $a : c = 1 : 0.6620$ , sitzende Krystalle bildend.  $H. = 6$ , farblos, weiss.  $G. = 2.59$ . Chem. Zus.:  $KHCa_2Al_2Si_2O_{10}$ . Val Giuf bei Ruäras, Schweiz.

Eudidymit von der Insel Arö im Langesundfiord.  $NaHBeSi_3O_8$ . Monoklin, farblos, immer in Zwillingen.  $H. = 6$ , A. V.  $= 1.711 : 1 : 1.107$ ,  $\beta = 86^\circ 14'$ . Heteromorph der Epididymit.

#### Andalusitgruppe.

Rhombische oder triklone, deutlich bis vollk. spaltbare, farblose und hellfarbige Silicate, welche v. d. L. unerschmelzbar, durch Säure nicht zersetzbar sind, mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht blau werden,  $H. = 5$  bis 8 zeigen.

Topas  $F_2Al_2SiO_4$  rhomb.  $0.5285 : 1 : 0.4770$  Sillimanit  $Al_2SiO_5$  rhomb.  $0.970 : 1 : -$   
 Andalusit  $Al_2SiO_5$  »  $0.5070 : 1 : 0.4794$  Disthen  $Al_2SiO_5$  triklin  $0.8994 : 1 : 0.7090$   
 $[\alpha = 90^\circ 5', \beta = 101^\circ 2', \gamma = 105^\circ 44']$

#### Andalusit, *Delamétherie*.

Sehr bekannt sind die grossen rhombischen säulenförmigen Krystalle, welche gewöhnlich von weissem Glimmer bedeckt, mit Quarz im Granit, Gneiss, Glimmerschiefer eingeschlossen vorkommen. Das Prisma hat  $89^\circ 10'$ , ist also fast rechtwinkelig. Das Doma  $(101) = 71^\circ$ . Flächenreiche Krystalle sind selten. Spaltb. nach  $(110)$  ziemlich deutlich.  $H. = 7$  . .  $7.5$ . Optisch negativ, die A. E. parallel  $010$ , die erste Mittellinie parallel der aufrechten Axe.  $G. = 3.1$  bis  $3.2$ .

Chem. Zus.:  $Al_2SiO_5$  oder  $Al_2O_3 \cdot SiO_2$  mit 62.9 Thonerde, 37.1 Kieselsäure.

Die Krystalle sind gewöhnlich grau, grünlich, röthlich gefärbt, trübe, zuweilen in ein faseriges Aggregat von Disthen verwandelt, oder sie sind weich und dann öfter zu Glimmer verändert. Durchscheinende frische Krystalle sieht man bei uns selten.

Lisens zu Tirol, Zwiesel und Wunsiedel in Bayern, Munzig und Penig in Sachsen liefern gute Exemplare dieses ziemlich verbreiteten Mineralen. Aus Brasilien kennt man durchsichtige Stücke mit schönem Pleochroismus zwischen ölgrün und hyacinthroth, auch die kleinen Kryställchen, welche in den krystallinischen Schiefen beobachtet werden, zeigen diese Eigenschaft.

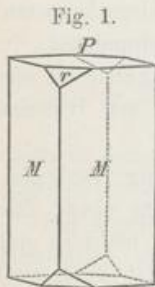


Fig. 2.



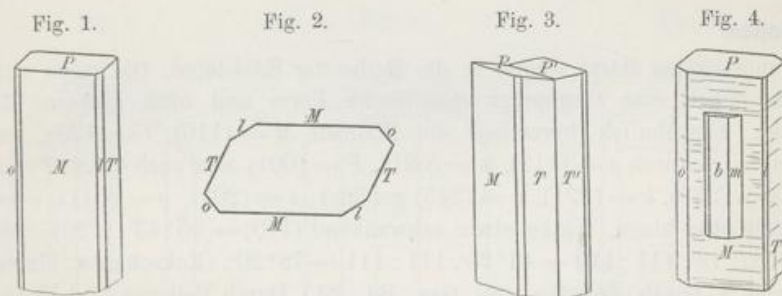
Zum Andalusit rechnet man auch den Chiastolith oder Hohlspath Werner's, der im Thonschiefer eingeschlossene lange Säulchen bildet. Diese haben sehr häufig einen dunklen vierseitigen Canal, der anscheinend mit Grundmasse ausgefüllt ist, jedoch auch ein feines Krystallgitter enthält, ferner zwei Paare diagonal gestellter dunkler Prismen von gleicher Beschaffenheit. Der Querschnitt gibt gewöhnlich eine kreuzförmige Figur. (S. Rohrbach, Becke, in Tschermak's Min. u. pet. Mitth., Bd. 13, pag. 256.) Der Bau des Ganzen wird durch das obenstehende Beispiel anschaulich, welches die Abbildung mehrerer gleich weit

entfernter Schnitte durch ein Säulchen von Springfield in Massachusetts nach Dana darstellt und auf eine Zusammensetzung aus vier Sphenoiden hinweist. Der auffallende Lapis crucifer war schon im 16. Jahrh. von Compostela in Spanien bekannt. Er findet sich nicht selten in Thonschiefern als Contactbildung in der Nähe von Granit, so bei Strehla in Sachsen, Gefrees im Fichtelgebirge, in der Bretagne, den Pyrenäen etc.

Zu unterscheiden ist der Sillimanit Bowen's, welcher gelbgraue bis nelkenbraune, selten farblose, stenglige Aggregate bildet. Diese lassen auch ein rhombisches Prisma erkennen, das jedoch  $(100) = 69^\circ$  und eine Spaltb. nach  $(100)$  wahrnehmen lässt. Optisch positiv, A. E. parallel  $100$ , erste Mittellinie parallel der  $c$ -Axe.  $G. = 3:2$ . Chem. Zus. wie Andalusit, also mit diesem heteromorph. Norwich und Chester in Connecticut, Worcester in Mass. Die Nachahmung gelang durch Zusammenschmelzen der Bestandtheile. Der feinfaserige Fibrolith (Faserkiesel, Buchholzit), welcher im Gneiss- und Granulitgebirge als accessorischer Gemengtheil vorkommt, ist nach Descloizeaux hierher gehörig, ebenso der Monrolith, Bamlit, Xenolith, Wörthit. Der schwarzblaue Dumortierit ist reicher an Thonerde.

#### Disthen, Haüy.

Trikline, meist breit säulenförmige Individuen, an welchen  $M = (100)$ ,  $T = (010)$  (Winkel  $73^\circ 56'$ ) und  $o = (110)$  ausgebildet sind, auch  $l = (110)$  und



$k = (210)$ , selten aber Endigungen, z. B.  $P = (001)$  vorkommen. Die Winkel von  $100$  zu  $\bar{1}10$  und  $110$  sind:  $49^\circ 16'$ ,  $34^\circ 44'$ . Die Zwillingsbildungen sind von verschiedener Art, öfter ähnlich denen am Plagioklas. Die gewöhnlicher verwirklichten Gesetze sind: 1. Zwillings Ebene  $M$  wie in Fig. 3, bisweilen wiederholt, 2. Zw. E. senkrecht zur Axe  $c$ , 3. Zw. E. senkrecht zur Axe  $b$ , 4. Zw. E. parallel  $P$ . Letztere Bildung auch öfter wiederholt, so dass die Krystalle wie geknickt aussehen, nach Bauer wahrscheinlich durch Druck entstanden, ähnlich der Erscheinung am Calcit, pag. 135. (Krystallf. M. Bauer, Zeitschr. geol. Ges. 1878 und 1879; v. Rath, Zeitschr. Kryst., Bd. 3 und 5, die Zusammenstellung ebendas. 7. Bd., pag. 595.) Die regelmässige Verwachsung von Disthen und Staurolith, wie dieselbe an Exemplaren aus dem Tessin beobachtet wird, ist in Fig. 4 dargestellt.  $M$  am Disthen und  $b = 010$  am Staurolith sind parallel, ferner haben beide die Zone  $100:010$  gemein.

Spaltb. nach  $M$  sehr vollk., nach  $T$  vollk.  $H. = 6$ . Die Härte zeigt hier die grössten Unterschiede, welche an Mineralen beobachtet wurden. Auf  $M$  ist sie am geringsten, auf  $o$  am grössten. Ritzt man auf  $M$  in einer zur Kante  $MT$

parallelen Richtung, so erhält man  $H. = 5$ , beim Ritzen senkrecht zur vorigen Richtung  $H. = 7$ . Spaltblättchen parallel  $M$  zeigen im Konoskop keine Axenbilder, obwohl die 1. Mittellinie ungefähr senkrecht auf  $M$  ist, denn der Axenwinkel ist gross. Der Schnitt der A. E. mit  $M$  geht durch den spitzen Winkel zwischen den Kanten  $PM$  und  $MT$ , von letzterer um  $30^\circ$  abweichend. Ausser farblosen und weissen kommen auch blaue und zufällig anders gefärbte Arten vor.  $G. = 3.5$  bis  $3.7$ .

Chem. Zus. wie beim Andalusit, daher vielleicht eine Trimorphie der Substanz  $Al_2SiO_5$  anzunehmen. Disthen und Andalusit verwandeln sich bei ungefähr  $1350^\circ$  in Sillimanit (Vernadsky).

Breitstenglige blaue Arten (Cyanit, Kyanit) sind jene vom Monte Campione im Tessin, Greiner im Zillerthal, Petschau in Böhmen und vielen anderen Fundorten im Glimmerschiefer, dünnstenglige weisse bis graue Aggregate (Rhäticit) von Pfitsch in Tirol, Schönberg in Mähren. Der D. bildet einen accessorigen Gemengtheil mancher Granulite, wie bei Göttweig in Niederösterreich, mancher Eklogite wie an der Saualpe, Korralpe in Kärnten. In der Form eines Lagers von einigen Metern Mächtigkeit kommt er selbständig bei Horsjöberg in Wermland vor.

#### Topas.

Gehört seiner Härte wegen in die Reihe der Edelsteine. Die meist sitzenden Krystalle haben eine ausgeprägt rhombische Form und öfter grossen Flächenreichtum. Gewöhnlich herrschen die Prismen  $M = (110)$ ,  $l = (120)$ , und die Endigung wird durch  $o = (111)$ ,  $n = (021)$ ,  $P = (001)$  oder auch durch Pyramidenflächen  $s = (223)$ ,  $k = (221)$ ,  $x = (243)$  gebildet;  $i = (201)$ ,  $y = (041)$ ,  $u = (130)$  treten auch öfter hinzu. Winkel etwas schwankend  $(110) = 55^\circ 43'$ ,  $(120) = 86^\circ 49'$ ,  $(021) = 87^\circ 18'$ ,  $111 : 110 = 44^\circ 25'$ ,  $111 : \bar{1}11 = 78^\circ 20'$ . (Kokscharow, Materialien, Bd. 2 und 3. Groth, Zeitschr. geol. Ges., Bd. 22.) Durch Reibung und Erwärmung werden die Krystalle elektrisch, manche polar-elektrisch. Spaltb. nach  $P = (001)$ , sehr vollk.  $H. = 8$ .

Die Farben sind weingelb, honiggelb, spargelgrün, berggrün, hyacinthro bis violblau; am Lichte bleichen viele derselben, wasserklare Individuen sind auch nicht gar selten. Der T. ist optisch positiv, A. E. parallel 010, erste Mittell. parallel der  $c$ -Axe, der Axenwinkel variabel. Spaltblättchen geben im Konoskop die beiden Ringsysteme sehr schön. Das optische Verhalten deutet öfter auf eine polysynthetische Bildung der Krystalle.  $G. = 3.5$  bis  $3.7$ , also hierin dem Diamant gleichkommend.

Chem. Zus.:  $F_2Al_2SiO_4$ , entsprechend 32.7 Kieselerde, 55.4 Thonerde und 20.6 Fluor. Summe der Analyse 108.7. Im starken Feuer wird der T. trübe, v. d. L. ändert er sich kaum. Im Glasrohr mit Phosphorsalz erhitzt, gibt er reichliche Mengen von Flussäure, mit Schwefelsäure erhitzt nur wenig.

Die Heimat des T. ist der Granit, Gneiss, Granulit, worin er auf Spalten sitzt. Die honiggelben Krystalle von Villarica in Brasilien, gewöhnlich die einfache Form in Fig. 1 tragend, wurden früher für Schmucksteine verarbeitet. Durch Brennen erhalten sie eine blassrothe Farbe (brasilianischer Rubin). Weingelb sind

die k  
der F  
sich  
(Alter  
von c  
Urulg

Kryst  
Adun  
San 1

Finbe  
von 2

(Was  
für D  
Flüss  
Roset  
stein.  
Danc

Colora

die kleineren Krystalle vom Schneckenstein bei Gottesberg in Sachsen, oft mit der Form wie Fig. 2. Kleine durchsichtige, oft aber nur durchscheinende finden sich als charakteristisches Mineral auf den Zinnerzlagern im Erzgebirge (Altenberg, Zinnwald) und in Cornwall. Alle diese werden aber weit übertroffen von dem sibirischen Topas. Kokscharow beschrieb einen Krystall vom Flusse Uralga, 28 Cm. lang, 16 Cm. breit. Verschiedenfarbige bis farblose prächtige

Fig. 1.

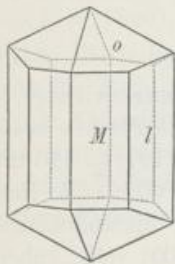


Fig. 2.

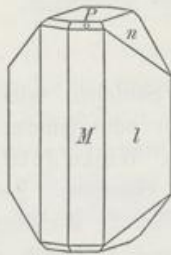


Fig. 3.

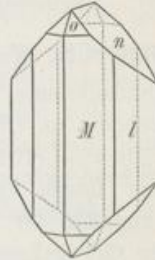


Fig. 4.

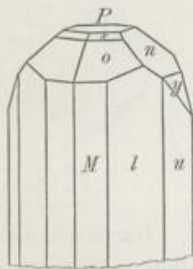


Fig. 5.

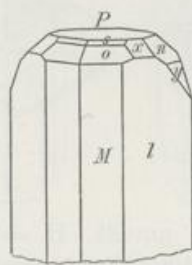
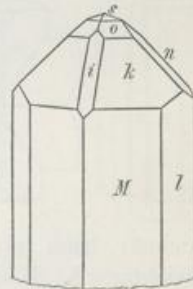


Fig. 6.



Krystalle mit den reichsten Combinationen kommen von Miask, Alabashka, Aduntschilon, schöne klare aus der Provinz Mino in Japan, kleine wasserhelle von San Louis Potosi in Mexico, aus dem Mournegebirge in Irland.

Trübe, feldspathähnliche Individuen von unebenem Bruche im Granit von Finbo in Schweden u. a. O. werden Pyrophyllit genannt, derbe strahlige Massen von Altenberg, Schlaggenwald, Zinnwald Pyknit.

Auf secundärer Stätte werden Geschiebe von farblosem bis grünlichem T. (Wassertropfen) am Rio Belmonte in Brasilien gesammelt. Sie wurden zuweilen für Diamanten ausgegeben. In solchem brasilianischen und anderem T. fand Brewster Flüssigkeitseinschlüsse. Manche darunter sind flüssige Kohlensäure, s. pag. 113. Rosenbuch entdeckte mannigfache Einschlüsse mit Kryställchen im T. vom Schneckenstein. Zuweilen erscheint der T. in ein steinmarkähnliches Mineral, wahrscheinlich Damourit, verwandelt.

Ein fluorhaltiges Aluminiumsilicat ist auch der in Tetraedern krystallisirte Zunyit aus Colorado von fast Quarzhärte und annähernd der Zus.  $(HO)_2F_2Al_2Si_3O_{12}$ .

origen  
Axen-  
Axen-  
Winkel  
usser  
Arten

Sub-  
gefähr

Cam-  
deren  
(Rhä-  
cesso-  
reich,  
eines  
öberg

enden  
chen-  
l die  
iden-  
(130)  
° 49',  
alien,  
nung  
001),

hroth  
sind  
ittell.  
Kon-  
öfter  
ierin

und  
rube,  
st er

alten  
fache  
durch  
sind

## Granatgruppe.

Rhombische, hexagonale und tesserale Silicate, meist ohne vollk. Spaltbarkeit, von bedeutender Härte (6·5 bis 8), meist gefärbt, schmelzbar bis unschmelzbar. Thonerdereiche Minerale, die oft als accessorische Gemengtheile in Granit, Gneiss, Glimmerschiefer oder auf Klüften derselben vorkommen.

Staurolith  $HFeAl_5Si_2O_{13}$  rhombisch, 0·4734 : 1 : 0·6828.

Cordierit  $Mg_2Al_4Si_3O_{18}$  „ 0·5871 : 1 : 0·5585.

Beryll  $Be_3Al_2Si_6O_{18}$  hexagonal, 1 : 0·4989.

Turmalin  $Al_4B_6O_{15} \cdot 4NaH_2Al_3Si_3O_{12}$  rhomboëdr. hemim. 1 : 0·4476. Isom. Mischungen.

Granat  $Ca_3Al_2Si_5O_{12}$  tesser. Isom. Mischungen.

## Staurolith, Karsten.

Dunkelbraune, rhombische Säulchen oder Durchkreuzungszwillinge, schwebend gebildet im Glimmerschiefer oder Gneiss. Gewöhnliche Flächen  $m = (110)$ ,  $o = (010)$ ,  $r = (101)$ ,  $p = (001)$ . Winkel  $(110) = 50^\circ 40'$ ,  $(101) = 110^\circ 28'$ . Die Zwillinge folgen verschiedenen Gesetzen: Zwillingsebene 032, die Individuen unter ungefähr  $90^\circ$  gekreuzt, Fig. 2; Zwillingsebene 232, die Individuen unter beiläufig  $60^\circ$  gekreuzt, Fig. 3 und 4. Spaltb. nach  $a = (100)$  vollk., aber etwas

Fig. 1.

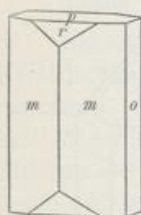


Fig. 2.

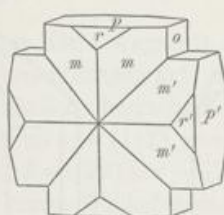


Fig. 3.

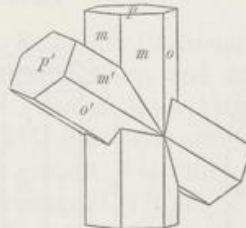
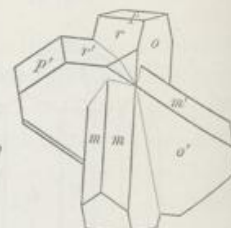


Fig. 4.



unterbrochen, nach  $m = (110)$  unvollk.  $H. = 7 \dots 7\cdot5$ . Durchscheinend bis undurchsichtig. A. E. parallel 100, die 1. posit. Mittellinie senkrecht auf  $p$ .  $G. = 3\cdot4$  bis  $3\cdot8$ .

Chem. Zus. beiläufig der Formel  $HFeAl_5Si_2O_{13}$  entsprechend, jedoch sind statt des Eisens auch kleinere oder grössere Mengen von Magnesium und Mangan vorhanden. Durch die Beimengung von Quarz, welche nicht selten bis auf die Hälfte steigt, ist es fast unmöglich, für die Analyse reines Material zu erhalten. V. d. L. ist der St. unschmelzbar, durch Säure wird er nicht angegriffen.

Der St. ist accessorischer Gemengtheil vieler Glimmerschiefer. Die schärfsten Krystalle finden sich in dem weissen Paragonitschiefer von Faido im Tessin und Airolo am Gotthard. Hier bemerkt man öfter eine parallele Verwachsung mit dem Cyanit, indem beide Minerale die Zone  $100 : 010$  gemein haben und  $o$  des Staurolithes mit  $M$  des Cyanits parallel ist. Goldenstein und Zöptau in Mähren, Passeyr und Sterzing in Tirol, St. Radegund bei Graz, Aschaffenburg in Bayern, Quimper im Dép. Finistère, Santiago di Compostela in Spanien und viele andere Gegenden liefern die braunen Krystalle.

Nordmarkit nennt Dana ein manganhaltiges, dem St. ähnliches Mineral. Der rhombische Kornerupin (Prismatin)  $MgAl_2SiO_6$  und der monokline Sapphirin von Fiskensäs in Grönland  $Mg_5Al_{13}Si_2O_{27}$  können wegen des hohen Thonerdegehaltes hierher gestellt werden.



**Turmalin.**

Turamali, der singhalesische Name des Steines, dessen pyroelektrische Eigenschaften durch die Holländer in Europa bekannt wurden. Dass jenes Verhalten mit der Hemimorphie zusammenhängt, wurde pag. 219 bemerkt.

Die rhomboëdrische Form hat in Folge der Hemimorphie einen ungewöhnlichen Charakter, da nicht bloß die Enden oft ungleich ausgebildet erscheinen, sondern auch das Prisma  $l = (10\bar{1}0) = \infty R$  nur mit drei Flächen auftritt. Der R.-Winkel ist  $46^\circ 40'$  bis  $50'$ , also etwas schwankend.

$$P = (10\bar{1}1) = R, o = (02\bar{2}1) = -2R, t = (21\bar{3}1) = R3, s = (11\bar{2}0) = \infty P2, \\ h = (1340) = \infty P\frac{4}{3}, n = (0112) = -\frac{1}{2}R, c = (0001) = 0R.$$

Keine deutliche Spaltbarkeit.  $H. = 7$ . Optisch negativ,  $\omega = 1.64$ ,  $\varepsilon = 1.623$  im Mittel für Roth. Das schwarze Kreuz trennt sich zuweilen, wie bei optisch zweiaxigen Mineralen von kleinem Axenwinkel. Der Dichroismus vieler Stücke ist ein ganz ungewöhnlicher. Beim Durchsehen parallel zur Hauptaxe sieht man immer eine dunklere Farbe oder Schwarz, während man in der dazu senkrechten Richtung eine andere Farbe wahrnimmt. Da der ordentliche Strahl in den stärker gefärbten

Fig. 1.

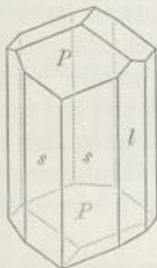


Fig. 2.

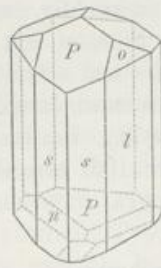


Fig. 3.

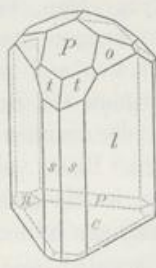
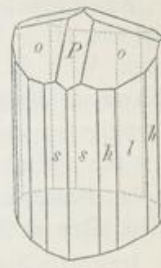


Fig. 4.



Krystallen viel mehr absorbiert wird als der ausserordentliche, so liefern parallel der Hauptaxe geschnittene Platten mehr oder weniger vollkommen polarisirtes Licht. Demgemäss hat der Turmalin in der Geschichte der Optik eine so wichtige Rolle gespielt.

Die chem. Zus. ist sehr complicirt, jedoch lassen sich die Analysen so deuten, dass ein Aluminiumborat  $Al_4B_6O_{15}$  mit Silicaten, welche auch in den Glimmern enthalten sind, verbunden erscheint; demnach wären die Turmaline isomorphe Mischungen und in den Alkali-Turmalinen vorwiegend die Verbindung  $Al_4B_6O_{15} \cdot 4 NaH_2Al_3Si_3O_{12}$ , in den Magnesia-Turmalinen hingegen vorwiegend  $Al_4B_6O_{15} \cdot 2 H_2Al_3Si_3O_{12} \cdot 2 Mg_6Si_3O_{12}$  vorhanden.

Dabei ist zu bemerken, dass auch die dem ersten Silicat entsprechende Lithiumverbindung, ferner die dem zweiten Silicat entsprechende Eisen- oder Manganverbindung beigemischt sein können. Da ausserdem etwas Kali, Kalk und Fluor vorkommen, so hat man im Ganzen 13 Stoffe, in manchen Fällen noch mehr. V. d. L. färben alle Turmaline die Flamme gelb oder röthlich. Wird aus Fluorit und saurem schwefelsauren Kalium eine Perle geschmolzen, diese mit dem Turmalinpulver bedeckt, so entsteht beim Erhitzen eine vorübergehende grüne Flammen-

färbung. Durch Säure werden die T. nicht angegriffen, aber das Pulver des ge-  
glühten oder geschmolzenen T. wird durch warme Schwefelsäure allmählig zersetzt.

Die Turmaline kommen im Granit und in den krystallinischen Schiefen eingeschlossen oder auf Spalten sitzend vor. Die mannigfaltige Reihe lässt sich in vier Abtheilungen ohne scharfe Abgrenzung bringen:

*Achroit, Hermann.* Farblose, gelbe, rothe, blassgrüne Krystalle.  $G. = 3.0$ . Vorzugsweise das erste Silicat enthaltend. V. d. L. bläht er sich etwas auf und wird trübe, schmilzt jedoch nicht. Farblose und gelbe kommen von Elba, Campolongo im Tessin, Imfeld im Binnenthal, hier im Dolomit sitzend; rothe von Elba, Mursinsk, Chesterfield, aus dem Lepidolith von Rožena in Mähren, Penig in Sachsen, Paris in Maine. Die Säulchen sind hier bisweilen in ein specksteinähnliches Mineral verwandelt. Die rothen, durch Mangan gefärbten Krystalle sind von schönem Ansehen, die tiefer gefärbten als Schmucksteine beliebt, carminrothe wurden Rubellit, rosenrothe Siberit, die pflirsichblüthroten Apyrit genannt. Die Elbaner Krystalle zeigen öfter die isomorphe Schichtung sehr ausgezeichnet: Blassgrüne Säulchen mit blauem oder schwarzem Ende (Mohrenköpfe), grüner Kern und blassrothe Hülle; ebenso das isomorphe Fortwachsen: der schwarze Turmalin des Granits wächst in der Druse zu einem farblosen Ende aus.

*Edelturmalin.* Grün, blau, braun, durchsichtig, mindestens in dünneren Schichten.  $G. = 3.1$ . Mischungen des ersten Silicates mit geringen Mengen des zweiten. V. d. L. bläht er sich auf, wird trübe und schmilzt nur an den Kanten zu blasigem Glase. Die grünen aus Brasilien werden durch Reiben und Erwärmen am kräftigsten elektrisch, die braunen aus Ceylon, Brasilien etc. eignen sich am besten für optische Zwecke. Blaue, als Indicolith bezeichnete, kennt man von Utö, aus Brasilien, Goshen in Massachusetts u. a. O. Schönfarbige Edelturmaline wurden öfter zu Schmucksteinen verschliffen.

*Dravit.* Braun bis grünlich und braunschwarz.  $G. = 3.1$ . Mischungen des ersten und des zweiten Silicates in ungefähr gleichen Mengen, nur wenig Eisen enthaltend; daher unter allen T. am reichsten an Magnesium. V. d. L. leicht unter Blasenwerfen zu weisslichem bis bräunlichem Glase schmelzbar. Sitzende Krystalle, an welchen das Skalenoëder  $R5$  stark entwickelt ist, kommen von Gouverneur in New-York. Sehr bekannt sind die braunen Säulehen im weissen Glimmer (Margarodit) von Unterdrauburg in Kärnten, also aus dem Dravegebiet, was vom Autor zur Bezeichnung der Abtheilung benützt wurde. Von Eibenstock in Sachsen, aus dem Zillerthal, von Texas in Pennsylvanien u. a. O. sind dunkel gefärbte bis braunschwarze Arten bekannt.

*Schörl,* schwarzer Turmalin. In feinen Splittern oft noch blau, grünlich oder braun durchscheinend.  $G. = 3.1$  bis  $3.24$ . Mischungen des ersten und zweiten Silicates, in letzterem ist jedoch der grössere Theil des Magnesiums durch Eisen ersetzt. V. d. L. unter Blasenwerfen etwas schwer zu braunem Email oder schwarzbrauner Schlacke schmelzbar.

Stark verbreitetes Mineral, bisweilen in grossen armdicken Krystallen vorkommend. Besonders schöne Krystalle werden bei Pierrepont in New-York gefunden. Oft stecken die Krystalle im Quarz. Sonnenberg bei Andreasberg am

Harz, Bodenmais und Hörlberg in Bayern, Meran und Ratschings in Tirol, Freiwaldau in Schlesien, Schneeberg und Eibenstock in Sachsen sind einige der vielen Fundorte. Als accessorischer Gemengtheil im Granit ist er bald in Krystallen, bald in strahligen Aggregaten vertheilt, welche bisweilen wie Schwämme aussehen, deren Maschen mit Quarz erfüllt sind: Schneckenstein, Elba, Predazzo, Adunteschilon; auch im Gneiss erscheint er accessorisch: Freiberg, Marschendorf, Sterzing; ferner im Chloritschiefer in Tirol und Kärnten, sehr verbreitet als mikroskopischer Gemengtheil in den halbkristallinen Phylliten. Auf Magnetitlagerstätten bei Arendal und Vena, mit Eisenspath und Quarz bei Neuberg in Steiermark, in diesen Fällen meist in nadelförmigen Krystallen. Diese Ausbildung zeigt auch der Zeuxit aus Cornwall.

Auf secundärer Stätte finden sich Geschiebe bei Meronitz in Böhmen, auf den Diamantfeldern Brasiliens, auf Ceylon, hier auch solche von Edelturmalin. Wichmann und Renard erkannten Krystälchen in Sanden, und zwar erscheinen sie hier als Neubildung.

Der Schörl findet sich nach Breithaupt und Blum in Pseudomorphosen, welche die Bildung aus Feldspath erkennen lassen; Genth beschreibt Ps. nach Korund. Oefter unterliegen Turmalinkrystalle der Umwandlung zu Glimmer. Diese ist nach dem über chemische Zusammensetzung Gesagten verständlich.

#### Granat.

Manche Arten dieses verbreiteten Mineralen waren wohl schon im Alterthum bekannt. Der Name, von der Blüthe des Granatbaumes hergenommen, kommt zuerst bei Albertus Magnus (13. Jahrh.) vor. Alle Granate zeigen tesserale Krystallform, die eingeschlossenen (110) und (211), die sitzenden auch andere Formen, doch ist (110) der eigentliche Typus; die Flächen 211 tragen gewöhnlich eine der Combinationskante parallele Riefung. Das Auftreten von Vicinalflächen ist häufig, Zwillinge sind selten, z. B. jene nach 012.

Spaltb. nach (110) meist kaum erkennbar.  $H. = 6.5 \dots 7.5$ . Oft lässt sich an Platten eine Doppelbrechung wahrnehmen, welche nach den Untersuchungen Klein's nicht als wesentlich, sondern als Anomalie zu betrachten ist.  $G. = 3.4$  bis  $4.3$ .

Die chem. Zus. entspricht einer isomorphen Mischung mehrerer Silicate, welche alle dem Typus  $Ca_3Al_2Si_3O_{12}$  oder  $3CaO.Al_2O_3.3SiO_2$  folgen. V. d. L. sind die G. in verschiedenem Grade zu Glas schmelzbar, durch Säure kaum zersetzbar. Nach dem Glühen oder Schmelzen ist das G. verringert, oft um ein Fünftel, und das Pulver lässt sich nun durch Säure leicht zerlegen.

Da sich die chem. Beschaffenheit durch Schmelzen verändert, so waren die Angaben von Klaproth, Kobell u. A., welche durch Schmelzen von Vesuvian und Granat Krystalle von dem Aussehen des Granates erhielten, auffallend. Descloizeaux und Bourgeois erhielten bei Wiederholung solcher Versuche Anorthit und ein dem Melilith ähnliches Silicat.

Die Granate sind in den krystallinen Schiefen und im Granit verbreitet, auch erscheinen sie als Contactminerale im körnigen Kalkstein, seltener in Eruptivgesteinen.

Der chem. Zus. entsprechend werden folgende Abtheilungen gemacht:

Grossular. Farblos, gelb, spargelgrün bis grasgrün, hyacinthroth bis bräunlich.  $H. = 6.5 \dots 7$ .  $G. = 3.4$  bis  $3.6$ . Leicht zu farblosem bis grünlichem Glase schmelzbar. Vorherrschend aus dem genannten Silicat  $3CaO.Al_2O_3.3SiO_2$  bestehend, welchem 37.3 Kalk, 22.6 Thonerde, 40.1 Kieselsäure entsprechen. Farbloser G. ist von Jordansmühl in Schlesien, aus Telemarken in Norwegen bekannt. Der eigentliche Grossular von spargelgrüner Farbe ist von Wilui, aus dem Fassathal, von Rezbanya, Cziklowa, wo er als Contactmineral mit Wollastonit etc. im blaulichen Kalkspath vorkommt, bekannt. Honiggelb, hyacinthroth als Hessonit oder Kaneelstein kommt er von Ceylon, Ala in Piemont, Malsjö in Wermland, Amity in New-York. Die besonders schönfarbigen werden unter dem Namen Hyacinth als Schmucksteine verwendet.

Almandin (edler Granat). Blutroth, kirschroth, colombinroth, bräunlichroth, öfter schalig.  $H. = 7 \dots 7.5$ .  $G. = 4.1$  bis  $4.3$ . Vorwaltend aus dem Silicat

Fig. 1.

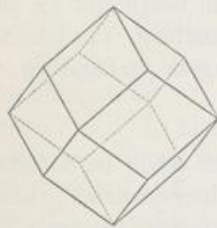


Fig. 2.

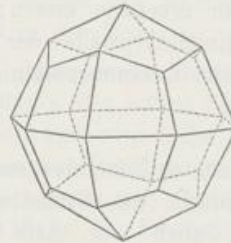
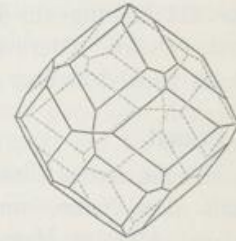


Fig. 3.



$3FeO.Al_2O_3.3SiO_2$  bestehend, welchem 43.3 Eisenoxydul, 20.4 Thonerde, 36.3 Kieselsäure entsprechen. V. d. L. zu einem schwärzlichen bis schwarzen, meistens deutlich magnetischen Glase schmelzbar. Der A. ist im Glimmerschiefer und Gneiss stark verbreitet. Schöne, durchsichtige Exemplare kommen aus Ceylon, Pegu, Brasilien, Drusen schöner Krystalle von Fahlun, aus Schlesien, Tirol, dem Gotthardgebiet. Der A. wird auch öfter als Schmuckstein benützt.

Melanit. Gelb, grün, roth, braun bis schwarz.  $H. = 7$ .  $G. = 3.8$  bis  $4.1$ . Vorherrschend ist das Silicat  $3CaO.Fe_2O_3.3SiO_2$ , welchem 33.0 Kalk, 31.4 Eisenoxyd, 35.6 Kieselsäure entsprechen. V. d. L. zu schwarzem, stark magnetischem Glase schmelzbar. Gelbe durchsichtige Krystalle (Topazolith) von Zermatt, von der Mussa-Alpe, grüne (Aplom) von Schwarzenberg in Sachsen, von der Lena in Sibirien. Charakteristisch ist das Vorkommen gelblich-grüner Krystalle in mehreren Serpentin, so bei Dobschau. Auf Elba fand man blasse gelbliche Oktaëder, häufig sind braune Krystalle der gewöhnlichen Form bei Arendal, am Vesuv, in Nordmarken. Ein derbes gelbgrünes Vorkommen ist der Demantoid von Syssersk. Der eigentliche sammtschwarze Melanit wird in vulkanischem Tuff von Frascati bei Rom und am Kaiserstuhl in Baden gefunden. In seinem Verhalten steht er schon der folgenden Abtheilung nahe. Enthält auch Titan. Die dem Melanit entsprechende Manganverbindung ist im Spessartin von Aschaffenburg, Salm-Chateau, Haddam vorherrschend.

Gemeiner Granat. Grün, braun.  $H. = 7$ .  $G. = 3.3$  bis  $3.8$ . Aus einer Mischung der vorher genannten Silicate bestehend. V. d. L. zu grünem bis schwärzlichem, wenig magnetischem Glase schmelzbar. In sitzenden Krystallen ist er häufig: Zillerthal, Morawitza, Schwarzenberg, Breitenbrunn, Vesuv. Im Glimmerschiefer, Phyllit, Eklogit ist der braune sehr verbreitet, der grüne auch in körnigen bis dichten Aggregaten (Allochroit) in Mähren, Tirol, Drammen in Norwegen, am Baikalsee. Der braune Kolophonit ist öfter krystallisiert, bisweilen kommt er in körnigen Lagern vor, so bei Arendal mit Magneteisenerz, bei Wilsboro in New-York. Man gebraucht ihn als Zuschlag bei der Eisenfabrication. Als Kolophonit wurde irrigerweise auch brauner Vesuvian von Arendal etc. bezeichnet. Der gemeine Granat wird oft als Schleifmittel benutzt.

Pyrop. Dunkel hyacinthroth bis blutroth, gewöhnlich in losen Körnern, die selten eine undeutliche Hexaëderform erkennen lassen.  $H. = 7.5$ .  $G. = 3.7$  bis  $3.78$ . Etwas schwierig zu schwarzem, nicht magnetischem Glase schmelzbar. Vorwiegend eine Mischung von  $3 MgO . Al_2 O_3 . 3 SiO_2$  mit Almandinsubstanz, auch etwas Chrom enthaltend. Als accessorischer Gemengtheil in manchen Serpentin verbreitet: Karlstätten in Nied.-Oesterr., Krems bei Budweis in Böhmen, Zöblitz in Sachsen. Auf secundärer Stätte bei Meronitz und Podseditz u. a. O. in Böhmen lose oder im Halbopal, der noch Serpentin enthält. Wird zu Schmucksteinen (böhmischer Granat) und als Schleifmaterial benützt. Den alten Namen Carunculus, welcher zumeist für rothen Granat gebraucht wurde, bezieht man in erster Linie auf den Pyrop, ebenso den Namen des Wundersteines Karfunkel.

Uwarowit dunkelsmaragdgrün. Sitzende Krystalle, die vorherrschend aus  $3 CaO . Cr_2 O_3 . 3 SiO_2$  bestehen.  $H. = 7.5$  bis  $8$ . Seltenes Mineral. Bissersk und Kyschtinsk im Ural.

Granate unterliegen mannigfachen Veränderungen, am häufigsten jener zu Chlorit (Saaualpe, Zöblitz etc.) und zu Glimmer (Arendal, Oetzthal). Eine merkwürdige Erscheinung ist die Veränderung mancher im Olivinfels und Serpentin vorkommenden Pyrope, welche sich im Anfange der Umwandlung mit einer radialfaserigen Rinde (Kelyphit) bedecken. H. Müller und der Autor haben diese Bildung zuerst beschrieben. Das faserige Gemenge besteht nach Becke aus Hornblende, Anthophyllit, Picotit. (Greifendorf in Sachsen, Karlstätten in Nied.-Oesterr., Krems bei Budweis etc.) Blum hat ebenfalls die Umwandlung in Hornblende beobachtet. Zuweilen kommen im Serpentin auch Pseudomorphosen dieses Mineralen nach Granat vor. Bei der Verwitterung liefern die eisenhaltigen Granate rostfarbige oxydreiche Producte.

Der Romanzowit gehört zum Grossular, der Rothhoffit, Polyadelphit, Pyrenait zum Melanit. Der höchst seltene monokline Partschin von Olahpian ist in der Zusammensetzung dem Spessartin ähnlich.

#### **Cordierit, Hawy (Dichroit).**

Durch den Pleochroismus und seine Umwandlungen interessant, kommt nur im Gestein eingeschlossen vor. Die rhombischen Krystalle zeigen ein Prisma (110) von  $60^{\circ} 50'$ , welches, mit (010) combinirt, oft das regelmässige sechsseitige Prisma nachahmt. Gewöhnlich treten  $c = (001)$ ,  $s = (011)$  und  $t = (112)$  hinzu. Zwillings-

un-  
lase  
be-  
hen-  
gen  
dem  
ete.  
mit  
and.  
men

oth,  
licat

rde,  
zen,  
efer  
lon,  
lem

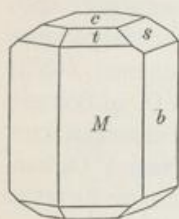
4.1.  
sen-  
nem  
von  
ena  
in  
che  
am  
oid  
luff  
fer-  
Die  
fen-

bildungen nach 110 sind nicht häufig. Nach  $c$  erscheint oft eine schalige Zusammensetzung. Spaltb. nach (010) ziemlich deutlich.  $H. = 7 \cdot 7 \cdot 5$ . Bläulich bis schwarzblau, gelblich und grau. Durchsichtig bis durchscheinend. Optisch negativ.  $A. E.$  parallel 100, die 1. Mittellinie parallel der  $c$ -Axe. Ueber den Pleochroismus pag. 199.  $G. = 2.60$  bis  $2.66$ .

Chem. Zus.:  $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$  oder  $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ , doch immer auch mit etwas Eisen statt des Magnesiums. Ob der etwas über 1 Perc. betragende Wassergehalt ursprünglich sei, ist noch fraglich. V. d. L. schwierig an den Kanten schmelzbar, durch Säure nur wenig zeretzbar.

In einzelnen Krystallen oder Verbindungen einiger Krystalle auch derb im Granit von Bodenmais mit Magnetkies, in der Kupfererzlagerstätte bei Orijärvi in Finland, im Gotthardgebiet, im Gneiss bei Lunzenau in Sachsen, Arendal und Kragerö in Norwegen, Fahlun in Schweden, Haddam in Connecticut, als Contactmineral (Kerasit, *Kikuchi*) im Thonshiefer an der Grenze gegen Granit bei Kodsuke in Japan, als Gemengtheil in einem trachytischen Gestein bei Campiglia maritima in Toscana. Auf secundärer Stätte in glatten Geschieben auf Ceylon.

Fig. 1.



Durch die chemischen Veränderungen, welchen der Cordierit unterliegt, entstehen weiche, hellfarbige oder dunkelgefärbte, oft mit Glimmerblättchen bedeckte Pseudomorphosen, welchen verschiedene Namen gegeben wurden. Das Endresultat ist der Pinit, welcher die Form des C. oft noch gut erhalten zeigt und hauptsächlich aus Muscovit und Biotit besteht.

Der Cordierit hat auch die Namen Peliom, Steinheilith, Iolith, harter Fahlunit, Luchssapphir, Wassersapphir, Polychroit erhalten. Der theilweise umgewandelte ist mit den Namen Aspasiolith, Chlorophyllit, Bonsdorffit, Praseolith, Peplolit, Huronit, Esmarkit belegt worden. Letzteren Namen hat man aber, wie Descloizeaux bemerkte, auch einem Skapolith und einem Anorthit gegeben. Die dem Pinit näher stehenden Umwandlungsproducte wurden als Fahlunit, Gigantolith, Iberit, Oosit, Weissit, Groppit bezeichnet (Ueb. d. Umwandlung Bischof, Chem. und phys. Geologie II, pag. 569, und Wichmann, Zeitschr. geol. Ges. Bd. 26, pag. 675).

### Beryll.

Ein wichtiges Glied in der Reihe der Edelsteine. Die Namen Beryll und Smaragd findet man schon im Theophrast und Plinius. Die hexagonale Krystallform ist ein Beispiel reicher Entwicklung der holoëdrischen Symmetrie. Unter den sitzenden Krystallen kommen solche mit ungemein vielen Flächen vor. Immer herrscht das Prisma, oft auch die Endfläche, häufig ist das Deuteroprisma und die Pyramide  $p = (10\bar{1}1)$  auch die Deuteropyramide  $r = (11\bar{2}1) = 2P2$  ausgebildet. Nicht selten beobachtet man auch  $u = (20\bar{2}1) = 2P$  und  $v = (2131) = 3P\frac{2}{3}$ . Winkel  $pc = 29^\circ 57'$ ,  $uc = 49^\circ 2'$ ,  $rc = 44^\circ 56'$ . Die Prismenzone ist oft gerieft, viele Krystalle zeigen eine isomorphe Schichtung sehr schön.

Spaltb. nach der Endfläche deutlich.  $H. = 7.5 . . 8$ . Optisch negativ, mit schwacher Doppelbrechung. Die klarsten Krystalle zeigen im pol. Lichte Abnormitäten und Oeffnung des Kreuzes, daher Mallard die Beryllkrystalle für mimetische hält. In den deutlich gefärbten Exemplaren ist der Pleochroismus gut erkennbar.  $G. = 2.67$  bis  $2.76$ .

Chem. Zus.:  $Be_3 Al_2 Si_6 O_{18}$  oder  $3 BeO . Al_2 O_3 . 6 Si O_2$ , entsprechend 14.0 Beryllerde, 18.9 Thonerde, 67.1 Kieselsäure. Kleine Mengen von Wasser und Alkalien wurden auch gefunden. In den grünen Krystallen ist der kleine Chromgehalt nach Wöhler die Ursache der Färbung. Die Nachahmung des Berylls gelang Hautefeuille und Perrey. V. d. L. nur schwierig an den Kanten schmelzbar, durch Säure nicht zersetzbar. Ebelmen versuchte die Nachahmung des B. und erhielt durch Schmelzen nach seiner Methode kleine hexagonale Prismen.

Man bezeichnet die durchsichtigen schön grünen Arten als Smaragd. Dieser ist seit jeher wegen der angenehmen Farbe als Edelstein ungemein geschätzt

Fig. 1.

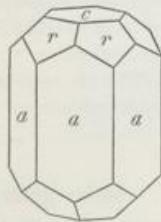
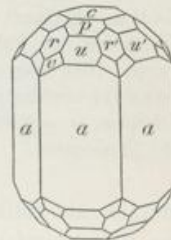


Fig. 2.



Fig. 3.



worden. Diamanten, Perlen und Smaragd nennt Plinius die kostbarsten Juwelen. Der Ring des Polykrates soll einen Smaragd enthalten haben. Die Smaragdgruben von Zabarah bei Kosseir am Rothen Meere wurden einer dort gefundenen Hieroglyphenschrift zufolge schon 1650 vor Chr. bearbeitet. Die berühmten Gruben im Tunkathale in Columbien wurden 1555 entdeckt, die Grube Muzo in Neugranada kannten die Spanier seit 1537. Hier findet sich der Smaragd mit Kalkspath, Quarz, Pyrit in einem versteinungsreichen bituminösen Kalkstein und schwarzem Thonschiefer in prächtigen sitzenden Krystallen. Die Smaragde, welche im Glimmerschiefer von Takowaja bei Katharinenburg eingeschlossen vorkommen, wurden 1830 entdeckt. Die kleinen Krystalle im Glimmerschiefer des Habachthales im Salzburgischen sind oft nicht klar genug für die Verwendung als Schmuckstein.

Die durchsichtigen Berylle von gelber und blauer Farbe, ferner die meergrünen Aquamarine kommen von Takowaja, von Mursinka, Schaitanka bei Katharinenburg, vom Adutschilongebirge, vom Urugafusse im Nertschinsker Kreise, fast farblose von Elba, dem Mournegebirge in Irland, von hier in sitzenden Krystallen aus dem Granit.

Der gemeine Beryll ist durchscheinend oder trübe, grünlichweiss, strohgelb, wachsgelb. Er findet sich als accessorischer Gemengtheil im Granit bei Bodenmais, Ehrenfriedersdorf, Schlaggenwald, Limoges u. a. O. oft in grossen Krystallen. Bei Ackworth und Grafton in New-Hampshire wurden Exemplare bis zu 30 Centnern im Gewichte angetroffen.

Nach den Beobachtungen Blum's u. A. verwandelt sich der B. öfter in Glimmer. Bei der Verwitterung geht er nach Damour in Kaolin über. Diese Erscheinungen erinnern an den Orthoklas, dessen chem. Formel das gleiche Verhältnis von Al und Si angibt.

Als eine besondere Gruppe werden öfter zusammengestellt:

Euklas	HBeAlSiO <sub>5</sub>	monoklin	0.6474 : 1 : 1.3330, $\beta = 79^\circ 44'$
Datolith	HCaBSiO <sub>5</sub>	"	0.6345 : 1 : 1.2657 » = 89° 51'
Homilit	Ca <sub>2</sub> FeB <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>10</sub>	"	0.6249 : 1 : 1.2824 » = 89° 21' Langesundfiord.
Gadolinit	Be <sub>2</sub> FeY <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>10</sub>	"	0.6273 : 1 : 1.3215 » = 89° 26'

Der Euklas, ein sehr seltenes Mineral von monokliner Form, ausgezeichnete Spaltb. nach der Längsfläche, H. = 7.5. Villarica in Brasilien mit Topas im Chloritschiefer, lose mit Korund etc. im Sand an der Sanarka im Ural, sehr spärlich auf Periklin sitzend bei Grieswies im Rauris.

Der Datolith bildet oft formenreiche kurze Krystalle. Er ist farblos, weiss, grünlich, rötlich, glasglänzend, im Bruche fettglänzend, ohne deutliche Spaltb. H. = 5 . . 5.5, G. = 2.9 bis 3. V. d. L. zu durchsichtigem Glase schmelzbar, durch Säure unter Gallertbildung zersetzbar. Toggiana in Modena, Theiss in Tirol, Andreasberg, Arendal, Superiorsee etc.

Der Gadolinit, pechschwarz, von muscheligen Bruche, H. = 6.5 . . 7. Enthält Cer, Lanthan, Didym, Thorium. Wird auch im veränderten Zustande mit einfacher Lichtbrechung gefunden. Im Granit von Fahlun, Hitteröe, im Radauthal im Harz, bei Schreiberhau im Riesengrunde u. s. w. Hier mag auch der im Glaukophanschiefer Californiens gefundene

Lawsonit erwähnt werden. Rhombisch 0.6652 : 1 : 0.7385, nach 010 vollk. spaltbar. H. = 8. Blau oder farblos. G. = 3.08. Die chem. Zus.  $H_4CaAl_2Si_2O_{10}$  will mit der gefundenen Härte und Dichte nicht harmoniren.

#### Epidotgruppe.

Minerale mit vollk. bis unvollk. Spaltb. H. = 6 . . 7. Meist gefärbt. Alle sind unter Blasenwerfen schmelzbar, da sie basischen Wasserstoff enthalten. Die chem. Zus. lässt sie als basische Alumosilicate erscheinen. Sie kommen in sitzenden und auch in eingeschlossenen Krystallen oder derb vor.

Zoisit	HCa <sub>2</sub> Al <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>13</sub>	rhombisch	0.6196 : 1 : 0.3429
Epidot	HCa <sub>2</sub> Fe <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>13</sub>	monoklin	1.5787 : 1 : 1.8036, $\beta = 64^\circ 37'$
Piemontit	HCa <sub>2</sub> Mn <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>13</sub>	"	1.6100 : 1 : 1.8326 » = 64° 39'
Allanit	HCa <sub>2</sub> Ce <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>13</sub>	"	1.5509 : 1 : 1.7691 » = 64° 59'
Vesuvian	H <sub>2</sub> Ca <sub>12</sub> Al <sub>3</sub> Si <sub>10</sub> O <sub>43</sub>	tetragonal	1 : 0.5372
Prehnit	H <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub>	rhombisch	0.8401 : 1 : 0.5549
Axinit	HCa <sub>3</sub> BAI <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>16</sub>	triklin	0.4921 : 1 : 0.4797, $\alpha = 82^\circ 54'$ , $\beta = 91^\circ 52'$ , $\gamma = 131^\circ 32'$

#### Zoisit, Werner.

Die Krystalle sind langsäulenförmig, der Länge nach stark gerieft, fast immer im Gestein eingeschlossen, meist ohne deutliche Endigung. (110) = 63° 34', (021) = 68° 54'. Spaltb. nach (010) sehr vollk. H. = 6. Meist nur durchscheinend oder ganz trübe, Farben aschgrau, gelblichgrau, grünlichweiss bis grün. Die Krystalle sind optisch nicht homogen. Platten parallel 100 zeigen die Axenbilder, die A. E. ist aber bald 010, bald 001 parallel und dies oft am selben Krystall. G. = 3.25 bis 3.36.

Chem. Zus.:  $H_2Ca_2Al_3Si_3O_{12}$  oder  $H_2O \cdot 4CaO \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ , entsprechend dem einen im Epidot enthaltenen Silicat. V. d. L. unter Blasenwerfen an den Kanten zu klarem Glase schmelzbar, durch Säure nur wenig zersetzbar. Der Z. kommt in den krystallinischen Schiefen, besonders im Hornblendeschiefer und

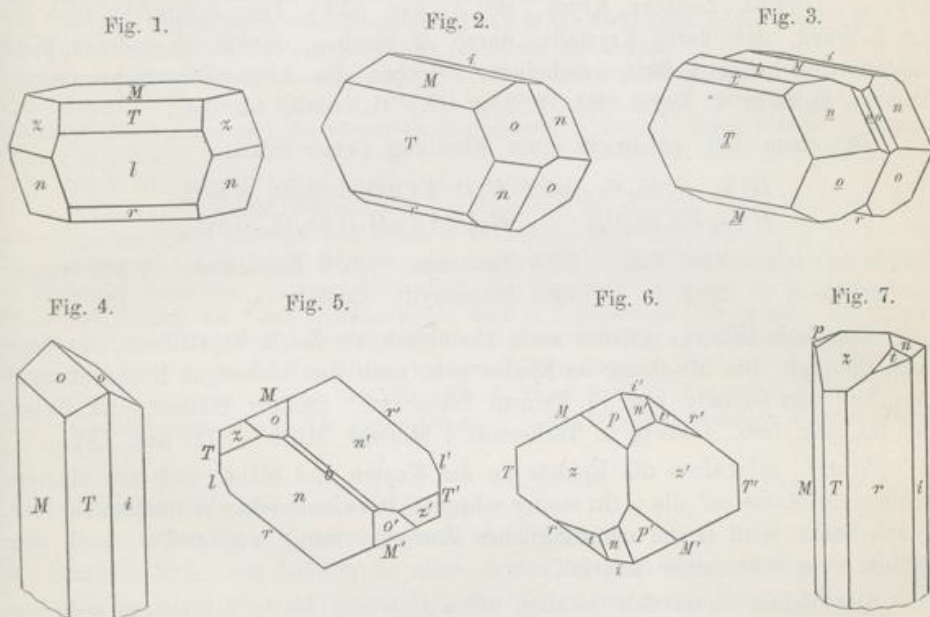


auch in manchem Granit, sowohl in einzelnen Säulchen, als in stengeligen Aggregaten vor. Er ist oft aus Plagioklas entstanden und erscheint häufig mit Quarz verwachsen. Bekannte Fundstellen liegen bei Sterzing, im Pfitsch, Passeyr, bei Pregratten in Tirol, im Grossarl, Fusch in Salzburg, am Bacher, der Koralpe, Saualpe, bei Gefrees im Fichtelgebirge, im Saasthale.

Die schönen grünen, durchsichtigen Krystalle von Ducktown in Tennessee erlaubten eine krystallographische Bestimmung. (Autor, Sitzber. Wien. Ak., Bd. 82, I., pag. 141.) Die rosenrothen von Souland in Telemarken wurden als Thulit bezeichnet.

**Epidot, Hany (Pistazit).**

Durch die Krystallisation und die Bildungsweise merkwürdig. Er wird oft in schönen sitzenden Krystallen von monokliner Form gefunden, die meistens



eine ungewöhnliche Ausbildung haben, da sie nach der *b*-Axe gestreckt sind. Solche Krystalle haben die Symmetrieebene horizontal, wenn sie mit ihrem längsten Durchmesser aufrecht gestellt werden, wie in Fig. 4 und 7. Die häufigsten Flächen sind  $T = (100)$ ,  $M = (001)$ ,  $r = (10\bar{1})$ ,  $l = (20\bar{1})$ ,  $o = (011)$ ,  $n = (11\bar{1})$ ,  $z = (110)$ . Oefter erscheinen auch  $i = (10\bar{2})$ ,  $p = (231)$ ,  $t = (\bar{4}23)$ ,  $b = (010)$ .

Wichtige Winkel sind:

$T : M = 100 : 001 = 64^\circ 36'$	$z : z' = 110 : \bar{1}10 = 70^\circ 0'$
$M : r' = 001 : \bar{1}01 = 63 42$	$o : o' = 011 : 0\bar{1}\bar{1} = 63 2$
$r : l = 10\bar{1} : 20\bar{1} = 25 45$	$n' : n = \bar{1}11 : 11\bar{1} = 70 26$
$l : T = 20\bar{1} : 100 = 25 57$	$z : n = 110 : 11\bar{1} = 62 20$

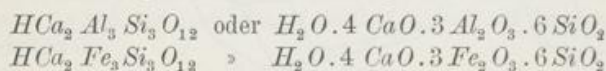
in  
Er-  
er-  
  
nach  
ete.  
ich,  
2-9  
bar.  
Der,  
ge-  
en-  
= 8.  
und  
  
lle  
Die  
len  
  
32'.  
  
ner  
34',  
end  
Die  
ler,  
all.  
  
end  
len  
Der  
md

Die oft prächtigen Krystalle sind für Messungen sehr einladend. Viele Forscher, wie Hessenberg, Kokscharow, Zepharovich, v. Rath, Klein, Bücking, haben sich mit der Bestimmung der Formen, deren jetzt schon 220 bekannt sind, beschäftigt. S. Bücking in der Zeitschr. f. Kryst., Bd. 2, pag. 320. (1878.)

Zwillingsbildung nach  $T=100$  ist häufig. Auch die einfach aussehenden Krystalle zeigen gewöhnlich feine Zwillingslamellen parallel  $T$  eingeschaltet. Seltener ist die Zwillingsbildung nach  $M$ .

Spaltb. nach  $M=(001)$ , sehr vollk., die Spaltflächen haben starken Glanz, nach  $T=(100)$  vollk.  $H.=6.5$ . Die Farbe ist gelbgrün, pistazgrün bis schwarzgrün, auch graugrün, selten roth. Der Pleochroismus ist stark. Optisch negativ. A. E. parallel 010. Winkel  $100.c=2^{\circ}56'$ ,  $c.001=61^{\circ}40'$  für roth. Eine Platte parallel  $M$  zeigt im Konoskop ein Axenbild, und viele Epidote lassen, durch  $M$  gesehen, ein idiophanes Axenbild, aus zwei dunklen Büscheln bestehend, erkennen. (Bertin, Zeitschr. Kryst., Bd. 3, pag. 449.) Dem entspricht auch die Erscheinung, dass derlei Krystalle, durch  $M$  gesehen, dunkel, in anderen Richtungen viel heller gefärbt erscheinen. (Ueber die Absorptionserscheinungen: Ramsay, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 13, pag. 97.)  $G.=3.32$  bis  $3.49$ .

Die chem. Zus. entspricht einer Mischung zweier Silicate:



Das erste mit	24.6 Kalk	33.6 Thonerde	39.8 Kieselsäure	2.0 Wasser
> zweite >	20.7 >	44.3 Eisenoxyd	33.4 >	1.6 >

Das erste Silicat, welches auch rhombisch als Zoisit krystallisirt, ist demnach dimorph. Die Mischung im Epidot geht nach den bisherigen Beobachtungen bloß bis zum Gehalte von 17 Percent Eisenoxyd. (Autor, Sitzber., Ak. Wien, Bd. 50, pag. 586. Ludwig in Tschermak's Mineral. Mitth. 1872, pag. 187.)

V. d. L. schmelzen die Epidote an den Kanten und blähen sich zur blumenkohlartigen Masse auf, die nicht weiter schmilzt. Die eisenreichen schmelzen leichter. Durch Säure wird er im ursprünglichen Zustande wenig angegriffen, nach dem Glühen aber vollkommen zersetzt.

Der Epidot findet sich in allen Silicatgesteinen bis in die älteren sedimentären Bildungen, doch ist seine Existenz zumeist von Feldspath und den Mineralen der Pyroxengruppe abhängig. Die sitzenden Krystalle sind einzeln oder in Drusen oft zu stengligen oder strahligen Aggregaten verbunden auf Gängen und Klüften in den krystallinischen Schiefer, besonders im Hornblendeschiefer, Chloritschiefer, sowie auch im Diorit, Diabas, Gabbro, Syenit etc., endlich auch in manchen Mandelsteinen und auch auf Erzlagerstätten anzutreffen. Häufige Begleiter sind Quarz, Albit, Klinochlor, Ripidolith, Asbest. Schöne grosse Krystalle und Drusen liefern die Knappenwand im Untersulzbachthale in Salzburg, Zöptau in Mähren, Ala und Traversella in Piemont, das Hasli und Tavetsch, Zermatt in der Schweiz, Bourg d'Oisans im Isère-Departement, Achmatowsk, Arendal etc. Der rothe Epidot aus dem Zillertal wurde irrig Thulit genannt. In eingeschlossenen Krystallen ist der Epidot in manchem Chloritschiefer, z. B. in den Tauern, ferner in

Phylliten verbreitet, im Kalkspath findet er sich bei Achmatowsk, wo er als Bucklandit bezeichnet wurde.

Die grösste Verbreitung hat der Epidot als ausgesprochen secundäre Bildung in faserigen, körnigen bis dichten Aggregaten. Man kennt nicht nur vollständige Pseudomorphosen, welche die Bildung nach Plagioklas, Orthoklas und Skapolith, ferner nach Augit, Hornblende, Biotit und auch nach Granat erweisen, sondern man bemerkt auch den Anfang der Umwandlung in den Feldspathkrystallen vieler Gesteine. Mit dem Fortschreiten der Veränderung wächst der Epidotgehalt. In grösster Menge bildet sich das Mineral in den Felsarten, welche Plagioklas und ein Mineral der Pyroxen-Amphibolgruppe enthalten. Die Zusammensetzung des Epidots lässt auch erkennen, dass beiderlei Minerale zusammentreffen müssen, um Epidot zu geben. Der grüne Porphy, welcher im Alterthum häufig verwendet wurde, verdankt seine Farbe vor Allem der Neubildung von Epidot, ebenso rührt die Farbe der eigentlichen Grünschiefer ebendaher.

Mit dem Epidot gleich zusammengesetzt, jedoch in der Form verschieden ist der monokline Fouquéit im Anorthitgneiss von Salem und von Kandy auf Ceylon.

Manganepidot (Piemontit) von St. Marcel in Piemont, Jakobsberg in Schweden und a. O. ist schwarz ins Violette geneigt, isomorph mit Epidot und enthält ausser den beiden Verbindungen des letzteren auch das entsprechende Manganoxyd-Silicat. In Japan wurden Piemontit-schiefer gefunden.

Der Withamit, Puschkinit gehören zum Epidot.

Der Orthit (Allanit), von brauner bis schwarzer Farbe, zuweilen fast halbmattlich aussehend, ist mit Epidot isomorph und diesem analog zusammengesetzt, jedoch reich an seltenen Grundstoffen: Ce, La, Di, Er, V. Mancher ist nach Descloizeaux einfach brechend, wahrscheinlich in Folge von Zersetzung. Hitterøe, Fahlun, Miask (Uralorthit), Auerbach an der Bergstrasse, Plauen bei Dresden, am Vesuv und Laachersee, auch in Felsarten als Gemengtheil. Der Bucklandit von Arendal ist Orthit, der Bagrationit, Muromontit, Bodenit scheinen auch hierher zu gehören, der Pyrorthit wird als ein unreiner O. betrachtet.

Zur Epidotgruppe gehören vielleicht auch die monoklinen Mosandrit, Johnstrupit, Rinkit, welche ausser den Stoffen des Epidots auch Ce, La, Di und Ti enthalten. Langesundfiord bei Barkevik.

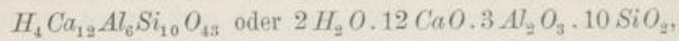
#### Vesuvian, Werner (Idokras, Hauy).

Zuerst vom Vesuv bekannt, wurde dieses Mineral später als Contactbildung in körnigem Kalk, auf Klüften in alten krystallinischen Silicatgesteinen oft gefunden. Es bildet meist sitzende Krystalle von tetragonaler Form. Die Winkel sind insofern schwankend, als an den heller gefärbten die Grundpyramide  $(111) = 105^{\circ} 33'$ , an den dunkleren  $106^{\circ} 31'$  als Mittelwerth ergeben hat. Die Pyramide ist also ziemlich flach. Der Formenreichthum ist gross, da schon 22 verschiedene Pyramiden und fast ebensoviele achtseitige P. bekannt sind. Zepharovich (Sitzb. Ak. Wien, Bd. 49, pag. 106), Kokscharow, Strüver (Zeitschr. Kryst., Bd. 1, pag. 251) haben sorgfältige Bearbeitungen geliefert.

Ausser den Prismen  $m = (110)$ ,  $a = (100)$ , der Pyramide  $u = (111)$  und der Basis  $c = (001)$  sind häufig auftretende Formen:  $e = (101)$ ,  $s = (311)$ ,  $t = (331)$ , auch kommen sehr flache Pyramiden, z. B.  $i = (113)$  oder  $\gamma = (118)$  vor. Die Krystalle sind meist säulenförmig, seltener pyramidal ausgebildet, in der Säulenzzone oft stark gerieft. Im Innern zeigen grosse Krystalle oft einen auffallend schaligen Bau.

Spaltb. nach *a* und *m* unvollk.  $H. = 6.5$ . Farbe gelb, grün, braun bis schwarz, selten roth oder blau. Der Pleochroismus ist gering, die Doppelbrechung schwach, meist negativ. Die Krystalle zeigen opt. Anomalien, welche Mallard durch Mimesie erklärt.  $G. = 3.3$  bis  $3.5$ .

Die chem. Zus. ist etwas complicirt. Die meisten Analysen ergeben:



entsprechend 41.6 Kalk, 18.9 Thonerde, 37.3 Kieselerde, 2.2 Wasser, jedoch ist ausser diesem Silicat auch etwas von dem entsprechenden Eisenoxysilicat beigemischt, welches überdies Magnesium und Eisenoxydul enthält. (Weibull, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 25, pag. 2.) Manche Vesuviane geben auch etwas Fluor und Borsäure. V. d. L. ist der V. unter Aufschäumen zu grünlichem oder bräunlichem

Fig. 1.

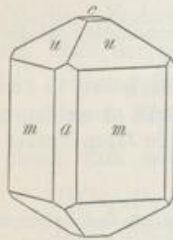


Fig. 2.

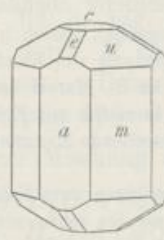


Fig. 3.

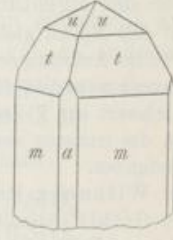


Fig. 4.

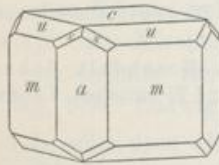


Fig. 5.

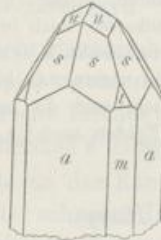
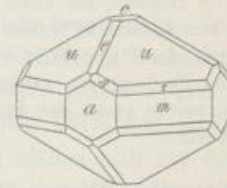


Fig. 6.



Glase schmelzbar. Im ursprünglichen Zustande wird er von Säure wenig angegriffen, nach dem Schmelzen aber vollständig zersetzt.

Ausgezeichnet ist das Vorkommen am Vesuv in den Kalkblöcken der Somma, worin Krystalle von gelber, brauner bis schwarzbrauner Farbe sitzen, die oft mannigfache Combinationen darbieten. Haüy zeichnete schon eine Form mit 90 Flächen. Die Begleiter sind Granat, Augit, Hornblende, Meroxen, Nephelin etc. Um den Monzoni im Fassa, bei Orawitza und Dognaczka im Banat, bei Auerbach an der Bergstrasse u. a. O. ist der Vesuvian Contactmineral. Er bildet gelbe und braune, oft pyramidale Krystalle im Kalkspath neben Granat, Wollastonit etc. Am Wiluifluss in Sibirien finden sich eingeschlossene und gut ausgebildete Krystalle (Wiluit). Dieselben sind optisch positiv und enthalten Borsäure. Bei Ala in Piemont, Zermatt in der Schweiz, Schwarzenstein in Tirol, Achmatowsk im Ural sitzt der V. oft in Gesellschaft von Diopsid und Klinochlor auf Spalten in krystallinischen Schiefen. In der grünen Farbe ist er hier oft dem Epidote gleich, so

dass er damit verwechselt werden kann. Bei Egg und Ecker in Norwegen wurden dicke, sehr grosse Krystalle gefunden. Die braunen, stark gerieften Säulen von Haslau bei Eger in Böhmen nannte Werner Egeran.

Der schalige Vesuvian beherbergt, ähnlich wie mancher schalige Granat, bisweilen Partikel von seinen Begleitern. Derlei Verwachsungen wurden öfter für Pseudomorphosen gehalten. Die Verwandlung in Klinochlor ist jedoch sichergestellt.

Der blaue Cyprin von Souland in Telemarken ist ein durch Kupferoxyd gefärbter Vesuvian, der Frugardit ist reich an Magnesium, der Xanthit gehört zum Vesuvian, ebenso der im Kalk vorkommende Kolophonit von Arendal. Der asbestartige Pilinit von Striegau dürfte auch hier anzuführen sein.

Der rhombische Ardennit, stengelig bis faserig, ist dem Vesuvian verwandt, enthält jedoch etwas Arsen und Vanadin.

Der Karpholith, ein feinfaseriges, seidenglänzendes, gelbes bis grünes Mineral, das öfter Büschel und Klüftfüllungen bildet, ist ein wasserhaltiges und manganhaltiges Alumosilicat. Sehr bekannt ist das Vorkommen mit blauem Fluorit bei Schlaggenwald; neuerlich wurde von Lossen bei Wippra im Harze ein grüner K. in schönen faserigen Trümmern entdeckt.

Der Epidotgruppe fügen sich noch folgende Silicate an, die unter Blasenwerfen zu Glas schmelzen:

#### Prehnit, Werner.

Form rhombisch,  $(110) = 82^\circ 2'$ . Nach Traube hemimorph. Oft in fächerförmigen oder kugeligen Gruppen und Drusen. Spaltb. nach 001 ziemlich vollk.  $H. = 6:5$ . Farblos oder grünlich. Die erste Mittellinie ist senkrecht zu 001. Manche Exemplare zeigen ein abnormes optisches Verhalten.  $G. = 2.8$  bis 3.

Chem. Zus.:  $H_2Ca_2Al_2Si_2O_{12}$  oder  $H_2O.2CaO.Al_2O_3.3SiO_2$ . Durch Säure wird er nur wenig angegriffen. Findet sich oft mit Epidot, so bei Bourg d'Oisans im Dauphinée, Wermsdorf in Mähren, im Fassathal. Der P. kommt auf Klüften im Granit, häufiger im Diorit und in den Blasenräumen vulkanischer Gesteine vor. Er wird daher öfter zu den Zeolithen gerechnet, von welchen er sich aber bei der Behandlung mit Säure durch einen geringeren Grad von Zersetzbarkeit unterscheidet.

Der sehr feinfaserige grüne Chlorastrolith, der in kleinen Geschieben am Oberen See in Nordamerika gefunden und als Schmuckstein benutzt wird, ist nach Hawes ein unreiner Prehnit, nach Laacroix ein Thomsonit.

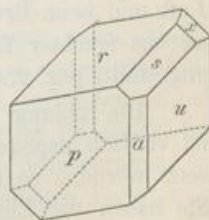
#### Axinit, Hawy.

Triklone Krystalle, an welchen häufig  $p = (1\bar{1}0)$ ,  $a = (100)$ ,  $u = (110)$ ,  $r = (1\bar{1}1)$ ,  $s = (201)$ ,  $x = (111)$  auftreten. Winkel  $ru = 64^\circ 22'$ ,  $rp = 45^\circ 15'$ ,  $pu = 44^\circ 29'$ . Die Schweizer Krystalle, wie einer in beistehender Figur dargestellt ist, haben am Rande fast messerscharfe Kanten.  $H. = 6.5 \dots 7$ . Farbe nelkenbraun bis rauchgrau, pflaumenblau, pfirsichblüthroth, auffallend pleochroitisch. Die Krystalle sind bisweilen stark mit Chlorit verunreinigt.  $G. = 3.29$  bis 3.

Chem. Zus. durch den Gehalt an Bor ausgezeichnet:  $HMgCa_2BA_2Si_4O_{16}$  mit Beimischung der entsprechenden Eisen- und Mangansilicate. Durch Säure wird er nicht angegriffen. Bourg d'Oisans, Barèges, Andreasberg, Treseburg, Thum, Scopi, Gott-

hard, Poloma, Botallack etc., auf Klüften von alten Silicatgesteinen.

Fig. 1.



## 3. Ordnung: Hydrosilicate.

Auch diese Abtheilung zählt sehr viele Gattungen. Dieselben sind Silicate von geringerer Härte (H. meist unter 5, gewöhnlich etwa 3), die alle einen wesentlichen Wassergehalt besitzen. Sie zeigen Glasglanz, Fettglanz, die vollk. spaltbaren öfter Perlmutterglanz, erscheinen durchsichtig bis fast opak, spröde oder milde. Im Kölbchen geglüht, liefern die meisten Wasser.

Sehr viele zu dieser Ordnung gehörige Arten haben eine secundäre Bildung, sind Umwandlungs- oder Verwitterungsproducte von Siliciden.

## Zeolithe.

Die Eigenschaften der meisten hierher gehörigen Minerale, beim Erhitzen unter Aufschäumen zu schmelzen, erkannte zuerst Cronstedt an den schönen isländischen Gattungen, die er als Zeolithe (Siedesteine) zusammenfasste. Bergmann beobachtete ein anderes charakteristisches Verhalten, die Zersetzbarkeit durch Säure unter Gallertbildung, welches vielen hierher gehörigen Mineralen zukommt. Die Zeolithe sind gut krystallisirt, die Krystalle fast immer sitzend, farblos oder weiss. Eine isomorphe Beimischung von Eisensilicat kommt nicht vor. Wegen des oft bedeutenden Wassergehaltes ist ihr G. niedrig, gewöhnlich 2·2, die Härte nicht bedeutend, meist 3·5 bis 5. Das optische Verhalten ist häufig anomal.

Die chemische Zusammensetzung ist eigenthümlich. Die Zeolithe sind fast durchgehends wasserhaltige Alumosilicate von Calcium und Natrium. Das Wasser ist jedoch entweder ganz oder zum Theile innig gebunden. Die Zeolithe sind saure Salze, in welchen blos ein Theil des Wasserstoffes der Kieselsäure durch die Gruppen  $CaAl_2$  oder  $NaAl$  ersetzt ist. Man kann also die Formel der Zeolithe so gliedern, dass ein Theil als normales Salz, der zweite als Siliciumhydroxyd erscheint, wozu öfter noch Krystallwasser kommt, z. B.:



Die krystallwasserhaltigen Zeolithe sind sehr hygroskopisch. In trockener Luft und beim Erwärmen verlieren sie oft bedeutende Mengen von Wasser, welche sie aus feuchter Luft wieder anziehen. Damour hat hierüber wichtige Versuche angestellt, pag. 256.

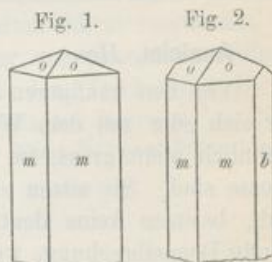
Die Bildung der Zeolithe aus Mineralen der Leucit- und der Feldspathgruppe ist vielfach nachgewiesen. So wie die Zeolithe sämmtlich durch Säure leicht zersetzt werden, so unterliegen sie auch leicht anderen chemischen Veränderungen. Sie haben die Eigenschaft, Calcium und Natrium an Lösungen abzugeben und aus diesen Kalium, Ammoniak und andere Stoffe aufzunehmen (Eichhorn, Poggend. Ann., Bd. 105, pag. 126, Lemberg, Zeitschr. geol. Gesellsch., Bd. 22, 24, 28, 29.) In der Ackererde sind aber auch Silicate vorhanden, welche durch Säure leicht

zersetzt werden, ferner zeigt die Ackererde gleichfalls die Fähigkeit des genannten Austausches. Dieser höchst bedeutsame Vorgang, welcher zum grossen Theil den Stoffwechsel in der Ackerkrume regelt, wird sonach der Gegenwart von Zeolithen zugeschrieben, welche auch hier aus Feldspaths substanz entstehen.

Thomsonit	$\text{Ca Al}_2\text{H}_4\text{Si}_2\text{O}_{10} + \text{H}_2\text{O}$	rhombisch	0.9932	: 1 : 1.0066	
Natrolith	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{H}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$	"	0.9785	: 1 : 0.3536	
Skolezit	$\text{Ca Al}_2\text{H}_4\text{Si}_3\text{O}_{12} + \text{H}_2\text{O}$	monoklin	0.9764	: 1 : 0.3434	$\beta = 89^\circ 18'$
Edingtonit	$\text{Ba Al}_2\text{H}_4\text{Si}_3\text{O}_{12} + \text{H}_2\text{O}$	rhombisch	0.9872	: 1 : 0.6733	
Laumontit	$\text{Ca Al}_2\text{H}_4\text{Si}_4\text{O}_{14} + 2 \text{H}_2\text{O}$	monoklin	1.1451	: 1 : 0.5906	$\beta = 68^\circ 46'$
Analeim	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{H}_4\text{Si}_4\text{O}_{14}$	tesseral			
Chabasit	$\text{Ca Al}_2\text{H}_4\text{Si}_4\text{O}_{14} + 2 \text{H}_2\text{O}$	rhomboëdr.		1 : 1.0858	
Gmelinit	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{H}_4\text{Si}_4\text{O}_{16} + \text{H}_2\text{O}$	"		1 : 1.1017	
Phillipsit	$\text{Ca Al}_2\text{H}_4\text{Si}_5\text{O}_{15} + 4 \text{H}_2\text{O}$	monoklin	0.70949	: 1 : 1.2563	$\beta = 55^\circ 37'$
Harmotom	$\text{Ba Al}_2\text{H}_4\text{Si}_5\text{O}_{15} + 4 \text{H}_2\text{O}$	"	0.70315	: 1 : 1.2310	" $55^\circ 10'$
Desmin	$\text{Ca Al}_2\text{H}_4\text{Si}_6\text{O}_{18} + 4 \text{H}_2\text{O}$	"	0.76227	: 1 : 1.1940	" $50^\circ 50'$
Epistilbit	$\text{Ca Al}_2\text{H}_4\text{Si}_6\text{O}_{18} + 3 \text{H}_2\text{O}$	"	0.50430	: 1 : 0.58006	" $54^\circ 53'$
Stilbit	$\text{Ca Al}_2\text{H}_4\text{Si}_6\text{O}_{18} + 3 \text{H}_2\text{O}$	"	0.40347	: 1 : 0.42929	" $88^\circ 34'$
Brewsterit	$\text{Sr Al}_2\text{H}_4\text{Si}_6\text{O}_{18} + 3 \text{H}_2\text{O}$	"	0.40486	: 1 : 0.42042	" $86^\circ 20'$

**Natrolith, Werner (Mesotyp z. Th.).**

Einer der gewöhnlichsten Zeolithe, der auch zuerst von Cronstedt untersucht wurde. Er bildet rhombische langsäulenförmige Krystalle bis herab zu den feinsten Fasern, daher Faserzeolith bei Werner. Das Prisma ist fast rechtwinkelig (110) = 89°. Die Endigung bildet eine niedere Pyramide, mit 110 einen Winkel von 63° 16' gebend. Nach Brögger sind manche Natrolithe bei fast gleichem Winkelmaasse monoklin. (Zeitschr. f. Kryst., Bd. 16.) Spaltb. nach (110) vollkommen. H. = 5. .5.5. Optisch positiv. A. E. parallel 010, die 1. Mittellinie parallel der aufrechten Axe. Die Krystalle erscheinen aber aus vielen Individuen zusammengesetzt. G. = 2.17 bis 2.26.



Chem. Zus.:  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{H}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$  oder  $2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$  mit 47.5 Kieselsäure, 26.8 Thonerde, 16.7 Natron, 9.4 Wasser. V. d. L. bläht sich der Natrolith auf und gibt ein klares Glas, durch Säure wird er unter Gallertbildung zersetzt.

Der N. ist im Bereiche der vulkanischen Felsarten in Drusen, welche Hohlräume auskleiden, ferner in faserigen, zuweilen gelb gefärbten Krusten, in Füllungen von Klüften und Mandeln, sowie als Imprägnation stark verbreitet, so bei Aussig und Teplitz in Böhmen, am Hohentwiel in Württemberg im Phonolith, im Fassathal in Tirol, bei Tekerö in Siebenbürgen im veränderten Augitporphyr, in der Auvergne, bei Sontra in Hessen, auf den Faröern im veränderten Basalt und Dolerit. Schöne grosse Krystalle (Brevicit) kommen von Brevig in Norwegen. In dem Syenit des südlichen Norwegens erscheint der Natrolith oft wirrfaserig (Bergmannit, Spreustein, Radiolith) und auch in Pseudomorphosen nach Eläolith und Orthoklas (Eckenbrecher in Tschermak's Min. u. petr. Mith. 3, pag. 20).

licate  
esent-  
baren  
milde.  
lung.  
sitzen  
önnen  
mann  
Säure  
Die  
veiss.  
es oft  
nicht

l fast  
asser  
sind  
durch  
olithe  
roxyd  
O  
O  
O  
O

kener  
elche  
suche  
ruppe  
zer-  
ngen.  
und  
gend.  
, 29.)  
leicht



Der Skolezit ist dem Natrolith sehr ähnlich. Die Krystalle zeigen fast die gleichen Winkelverhältnisse, sie sind jedoch dem krystallographischen und optischen Verhalten zufolge monoklin (hemiedrisch nach Rinne). Durch Erwärmen werden sie stark polar-elektrisch, das freie Ende wird beim Abkühlen positiv elektrisch. Chem. Zus.:  $2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . Der Sk. findet sich in basaltischem Gestein in der Auvergne, auf Staffa, den Faröern etc., jedoch im Ganzen viel seltener als der Natrolith.

Der Mesolith ist wieder häufiger. Die Krystalle sind auch jenen des Natroliths ähnlich, aber nach Descloizeaux triklin, nach C. Schmidt monoklin. Die chem. Zus. entspricht einer Molekelverbindung der beiden vorigen Substanzen. Island, Faröer, Skye, Riesendamm in Irland in basaltischem Gestein, Seisseralpe in Tirol im Augitporphyr.

Der Galaktit, Lehuntit gehören zum Natrolith, der Poonalith zum Skolezit, der Antrimolith zum Mesolith. Der Harringtonit ist nach Laeroix ein gummiartiger Zeolith mit Nadeln von Natrolith und Skolezit. Ptilolith und Mordenit wurden zwei sehr siliciumreiche Zeolithe genannt.

Der Thomsonit, dessen kurze rhombische Krystalle von den böhmischen Fundorten besser unter dem Brewster'schen Namen Comptonit bekannt sind, bildet oft kugelförmige, garben- oder büschelförmige Gruppen. An den Comptonitkrystallen beobachtet man ein äusserst flaches Längsprisma, einem Paar Vicinalflächen oder einer gekrümmten Endfläche 001 ähnlich. Die chemische Zusammensetzung entspricht ungefähr dem Verhältnis  $2(\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  mit der entsprechenden Natriumverbindung. Seeberg bei Kaaden, Gegend von Aussig, Waltsch, Hauenstein in Böhmen, im veränderten Basalt, auch Phonolith. An der Seisseralpe in Melaphyr, am Vesuv in alten Laven. Der eigentliche Thomsonit bei Dumbarton in Schottland, auf den Faröern, bei Eisenach.

Der Faröelith (Mesole) gehört zum Th., ebenso der Chalilith.

Der Gismondin, welcher kleine, mimetisch tetragonale, optisch zweiaxige Krystalle bildet, steht dem vorigen nahe, ist jedoch reicher an Wasser. Vesuv, Capo di Bove, Giessen etc.

#### **Analcim, Haüy.**

Von den häufigeren Zeolithen der einzige tesserale. Das Ikositetraëder (211) für sich oder mit dem Würfel combinirt, bildet die Form der Krystalle, die gewöhnlich nicht gross, im Fassathal an der Seisseralpe aber zuweilen von Faustgrösse sind. Sie sitzen einzeln oder in Drusen, sind farblos, weiss, grau, auch roth, besitzen keine deutl. Spaltb. H. = 5:5. Im polarisirten Lichte zeigen sie häufig Doppelbrechung, welche jedoch nach Klein bei der Erwärmung im Wasserdampfe verschwindet. (Jahrb. Min. 1884, I.) G. = 2·1 bis 2·28.

Chem. Zus.:  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{H}_4\text{Si}_4\text{O}_{14}$  oder  $2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ , entsprechend 54·7 Kieselsäure, 23·1 Thonerde, 14·0 Natron, 8·2 Wasser. Nach Damour's Versuchen ist das Wasser innig gebunden. Es entweicht erst allmählig bei Temperaturen über 200° C. V. d. L. schmilzt er ruhig zu klarem Glase. Durch Säure wird er vollkommen zersetzt, die Kieselsäure scheidet sich als schleimiges Pulver ab.

Schulten gelang es, durch Einschliessen von Wasser mit kieselsaurem Natrium und einem thonerdehaltigen Glase und längeres Erhitzen Krystalle von den Eigenschaften und der Zus. des Analcims zu erhalten. Dieselben waren einmal doppelbrechend, ein anderesmal einfach brechend, wodurch bestätigt war, dass die Doppelbrechung bloß eine zufällige Erscheinung sei. Die Bildung des A. aus Leueit und die Nachahmung dieses Vorganges durch Lemberg wurde schon früher, pag. 308, angeführt.

Der A. ist in veränderten basaltischen Felsarten, wo er mit anderen Zeolithen, wie Natrolith, Chabasit, als Auskleidung von Hohlräumen auftritt, häufig. Wasser-



helle farblose Krystalle sitzen in dem Tuff der Cyclopinenseln bei Catania, fast vollkommen durchsichtige im Basalt bei Montecchio maggiore nächst Vicenza. Die grossen Krystalle der Seisseralpe und im Fassathale finden sich im Melaphyr, ebenso jene bei Tekerö in Siebenbürgen und am Oberen See. Die Basalte und Dolerite bei Dumbarton in Schottland, am Riesendamm in Irland, auf der Insel Staffa, im westlichen Island, bei Schreckenstein in Böhmen sind oft mandelsteinartig und enthalten Drusen von Analcim. Bei Aussig in Böhmen findet man solche auch im veränderten Phonolith. Im Diabas und Diorit wird der A. öfter angetroffen, im südlichen Norwegen auch im Syenit. Ungewöhnlich ist das Vorkommen auf Erzgängen, wie bei Andreasberg am Harz. Neu-Moldawa im Banat, oder auf Magnetitlagerstätten, wie bei Arendal in Norwegen oder am Blagodat im Ural (der Cuboit Breithaupt's).

Häufig erscheint der A. dicht oder erdig, pseudomorph nach Leucit, wie an der Rocca Monfina bei Neapel.

Haidinger hat zuerst erkannt, dass der A. bisweilen eine chemische Veränderung erfährt, bei welcher derselbe zu Prehnit umgewandelt wird; auch die Umwandlung in Orthoklas wurde beobachtet. Denkt man sich den Analcim aus Leucit oder einem verwandten Silicat entstanden, so ist der letztere Vorgang eine merkwürdige Rückbildung zu wasserfreiem Silicat. Auch als Gesteinsgemengtheil findet sich der A. in dem Teschenit, z. B. bei Neutitschein in Mähren, ferner als Eudnophit im Syenit bei Brevig.

Der Cluthalit scheint nur ein veränderter Analcim, der Name Pikranalcim blos in Folge einer unrichtigen Analyse gebildet zu sein.

#### Laumontit, *Hayy*.

Ein Zeolith, welcher an trockener Luft verstäubt. Die Krystalle sind monoklin, säulenförmig. Sie tragen meist nur die Flächen des Prisma (110), welches vorn die scharfe Kante hat;  $(110) = 93^{\circ} 44'$  und  $p = (101)$ . Winkel  $101 : 110 = 66^{\circ} 30'$ . Spaltb. nach (110) vollk. H. = 3. .3.5. G. = 2.25 bis 2.35.

Chem. Zus.:  $CaAl_2H_4Si_4O_{14} + 2H_2O$  oder  $2H_2O.CaO.Al_2O_3.4SiO_2 + 2H_2O$ . entsprechend 51.2 Kieselsäure, 21.7 Thonerde, 11.9 Kalk, 7.6 basisches, 7.4 Krystallwasser. Das letztere entweicht beim Verstäuben bis fast zur Hälfte, worauf das Mineral trübe und locker ist. Oft wird es schon in diesem Zustande gefunden (Leonhardt, Caporecianit). Das übrige Krystallwasser entweicht nach Smita erst bei Temperaturen bis zu  $300^{\circ}C.$ , das Constitutionswasser erst beim Glühen. V. d. L. bläht sich der L. und schmilzt zu weissem Email, das bei starkem Feuer klar wird. Durch Säure wird er unter Bildung von Kieselgallerte zersetzt.

Der L. findet sich meist in älteren Silicatgesteinen auf Klüften, oft mit Calcit, Quarz, Orthoklas, Epidot. Dumbarton in Schottland, Eule bei Prag, Sar-

Fig. 1.

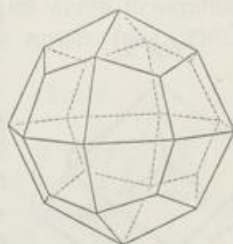


Fig. 2.



iehen  
folge  
freie  
H<sub>2</sub>O.  
doch

nlich,  
einer  
rland

, der  
h mit  
reiche

besser  
rben-  
aches  
Die  
) mit  
astein  
Vesuv  
a, bei

bildet.

211).

ge-  
aust-  
auch  
n sie  
sser-

hend  
Ver-  
turen  
rd er

rium  
igen-  
ppelt-  
s die  
leucit  
führ.

then,  
asser-

thal bei Bozen, Gotthard. Auf bleiglanzführenden Erzgängen wurde er bei Huelgoat in der Bretagne, mit Kupfer im Melaphyr am Lake superior gefunden. Leonhardtite wurden von Schemnitz, aus dem Floitenthal in Tirol, Caporecianit von Caporeciano bei Monte Catini in Toscana gebracht. Verwandt ist der faserige Lauenit aus Schlesien.

#### Chabasit, Werner.

Der Anführer einer Reihe mit rhomboëdrischer Form. Die Krystalle bilden Rhomboëder von  $85^{\circ}$  bis  $85^{\circ} 46'$ , ferner auch Combinationen, in welchen ausser dem Grundrhomboëder  $P$  gewöhnlich noch  $r = (01\bar{1}2) = -\frac{1}{2}R$  und  $n = (02\bar{2}1) = -2R$  auftreten wie in Fig. 1. Häufig sind Durchwachsungszwillinge nach dem Gesetze: Zwillingsene die Basis. Fig. 2.  $H. = 4.45$ . Die Krystalle sind

Fig. 1.

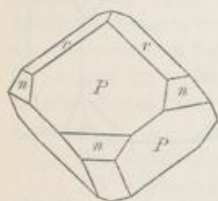
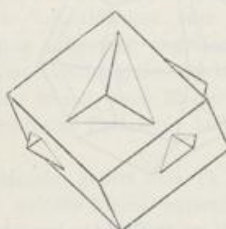


Fig. 2.



farblos oder weiss, auch zufällig röthlich oder braun gefärbt. Die optische Anomalie zeigt sich darin, dass Platten, parallel zur Basis geschnitten, eine Theilung in sechs optisch zweiachsigc Sectoren erkennen lassen, den Anwachspyramiden der Rhomboëderflächen entsprechend.  $G. = 2.07$  bis  $2.15$ .

Die chem. Zus. ist schwankend, einer Mischung zweier Verbindungen entsprechend. Die erstere ist  $CaAl_2H_8Si_4O_{16} + 2H_2O$ , die zweite  $Na_2Al_2H_8Si_4O_{16} + H_2O$ , jedoch immer mit einem geringen Kaligehalte. V. d. L. schwillt er und schmilzt zu blasigem Email. Durch Säure wird er unter Abscheidung schleimigen Kieselpulvers zersetzt.

Der Ch. ist oft in Gesellschaft anderer Zeolithe, wie Desmin, Stilbit, Harmotom, ferner auch mit Calcit oder Aragonit anzutreffen. Wie die vorige Gattung, findet sich auch der Ch. häufig in den Mandelsteinen der Basalte, Dolerite, Melaphyre und auch in verändertem Phonolith. So bei Oberstein, am Stempel bei Marburg, im Vogelsgebirge, Fassathale, bei Tekerö, Aussig, bei Kilpatrik in Schottland, auf den Faröern, in Grönland, Neuschottland. Seltener kommt er in Drusenräumen in Granit vor, wie bei Striegau in Schlesien, Baveno am Lago maggiore, oder auf Erzgängen, wie bei Andreasberg am Harz, Gustafsberg in Schweden, als junge Bildung in fossilen Muscheln bei Husavik in Island und als Absatz der Thermalquellen von Plombières in Frankreich.

Der Haydenit wird zum Ch. gerechnet. An den Chabasit schliessen sich einige Minerale: der Phakolith, Herschelit, Seebachit, Gmelinit (Ledererit), Groddeckit und Levyn, deren rhomboëdrische Krystallformen sich von der Grundform des Chabasits ableiten lassen. In chemischer Hinsicht entsprechen sie der Mischungsregel, welche für den Chabasit gilt. Ueber Chabasit und die verwandten Z.: Streng: 16. Ber. d. oberrhein. Ges. f. Natur- und Heilkunde, 1877, pag. 74; Becke, in Tschermak's Min. und petr. Mitth. II, 135. (1879.) Klein, Jahrb. f. Min. 1891, I, pag. 96. Brauns, Optische Anomalien.

Zeagonit, Glottalith scheinen hierher zu gehören.

Der tesserale Faujasit steht in seiner Mischung den vorigen nahe, doch ist er reicher an Wasser.

**Stilbit, Haug.**

Anscheinend monokline Krystalle, an welchen  $M = (010)$ ,  $T = (001)$ ,  $N = (100)$ ,  $P = (\bar{1}01)$  gewöhnlich sind, aber auch  $s = (\bar{2}21)$  und  $r = (021)$  öfter vorkommen;  $T:N = 63^\circ 40'$ ,  $N:P = 50^\circ 20'$ ,  $s:s = 43^\circ 56'$ . Die Form ist aber eine mimetische, da v. Rath und Hessenberg eine Zusammensetzung aus vielen triklinen Individuen erkannten, welche wie beim Plagioklas nach  $M$  zwillingsartig verbunden sind. (Jahrb. f. Min. 1874, pag. 517.)

Die sehr vollk. Spaltb. nach  $M = (010)$ , durch welche oft ein Perlmutterglanz hervorgerufen wird, ist sehr auffallend.  $H. = 3.5 . A$ . Optisch positiv, die  $A. E.$  fast parallel  $T$ , die 1. Mittellinie fast parallel der  $a$ -Axe.  $G. = 2.1$  bis  $2.2$ .

Chem. Zus.:  $CaAl_2H_4Si_6O_{18} + 3H_2O$  oder  $2H_2O. CaO. Al_2O_3. 6SiO_2 + 3H_2O$ , entsprechend 59.3 Kieselerde, 16.7 Thonerde, 9.2 Kalk, 14.8 Wasser, jedoch immer mit etwas Natrium, auch Strontium. Das durch Erwärmung ausgetriebene Krystallwasser kehrt in feuchter Luft wieder zurück (pag. 256). V. d. L. bläht er sich und schmilzt zu weissem Email. Durch Säure wird er unter Abscheidung von schleimigem Pulver zersetzt.

Der S. ist gewöhnlich farblos oder weiss bis graulich, wie er in Blasenräumen der Basalte und Melaphyre auf Island, den Faröern, in Schottland, wie er im Granit oder bei Viesch im Wallis, zuweilen auch auf Erzgängen, z. B. bei Andreasberg am Harz, Kongsberg in Norwegen vorkommt. Der ziegelrothe S. oder Heulandit, dessen Farbe nach Kenngott von Göthitschüppchen herrührt, ist aus dem Fassathal, von Vacza in Siebenbürgen, Campsie in Schottland u. a. O. bekannt.

Der Beaumontit und der Orizit gehören, wie es scheint, zum Stilbit. Der mit diesem isomorphe Brewsterit enthält Sr, Ba und wenig Ca. Der monokline Epistilbit, ein seltenes Mineral, stimmt in der chem. Zus. mit dem Stilbit vollk. überein. Der Parastilbit ist ärmer an Wasser. Ueber Stilbit und Epistilbit: Trechmann, Jahrb. f. Min. 1882, II., 276.

**Desmin, Breithaupt.**

Die Neigung, bündelförmige und garbenförmige Gruppen zu bilden, veranlasste Breithaupt zur Aufstellung dieses Namens. In Frankreich und England hat man leider statt desselben die Bezeichnung Stilbit behalten, was zur Verwirrung Anlass gibt. Die Krystallform erscheint rhombisch, doch sind die Individuen nach Breithaupt und Lasaulx monoklin, nach Langeman triklin,  $m = (110)$ ,  $b = (010)$ ,  $c = (001)$ . Man kennt aber nur Zwillingsbildungen, die gewöhnliche Form in Fig. 1 ist als Durchwachsungszwilling nach dem Gesetze: die Zwillingsebene  $001$ , aufzufassen. S. Fig. 2.  $(110) = 61^\circ 20'$ ,  $mc = 57^\circ 4'$ .

Spaltb. nach  $b = (010)$  vollk., nach  $c = (001)$  unvollk. Der Perlmutterglanz auf  $b$  ist oft eigenthümlich fettartig. Die Krystalle sind gewöhnlich farblos oder weiss.  $A. E.$  parallel  $b$ . Die 1. Mittellinie weicht etwa  $5^\circ$  von der  $a$ -Axe ab.  $G. = 2.1$  bis  $2.2$ .

Fig. 1.

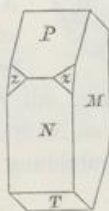


Fig. 2.

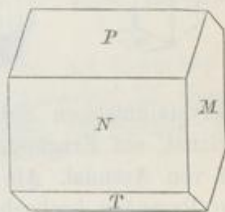
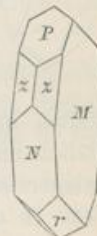


Fig. 3.

uel-  
con-  
von  
lau-den  
sser  
221)  
nach  
sind  
öth-  
sche  
ten,  
eine  
xige  
An-  
der-  
2:07end,  
O<sub>18</sub>  
gen  
iureom,  
det  
yre  
urg,  
auf  
r in  
auf  
nge  
nal-rale:  
yn,  
In  
eber  
nde,  
Min.

eher

Chem. Zus.:  $CaAl_2H_4Si_6O_{18} + 4H_2O$  oder  $2H_2O \cdot CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 + 4H_2O$  mit 57.6 Kieselerde, 16.3 Thonerde, 8.9 Kalk, 17.2 Wasser, doch immer auch mit etwas Natron. Von der Zus. des Stilbits also wenig verschieden. V. d. L. bläht er sich auf und schmilzt etwas schwierig zu einem blasigen Glase. Durch Säure wird er unter Abscheidung eines schleimigen Pulvers zersetzt.

Der D. ist nicht nur ein ziemlich verbreiteter, sondern auch oft reichlich auftretender Zeolith, welcher an manchen Orten starke weisse Krusten und Füllungen, auch stalaktitische Massen bildet. In den basaltischen Felsarten hat man

Fig. 1.

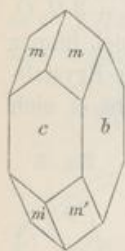


Fig. 2.

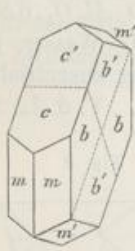


Fig. 3.



oft schöne Drusen, wie auf den Faröern, auf Staffa, bei Kilpatrick in Schottland, am Beruford in Island. Interessant ist das Vorkommen an dem isländischen Eskifiord bei Helgustadir, wo der Zeolith den Doppelspath überkrustet. Im Melaphyrmandelstein findet er sich bei Tekerö und Almas in Siebenbürgen, in den Achatmandeln von Theiss bei Klausen, an der Seisseralpe in Tirol (Pufferit), im Granit von Baveno und Bodenmais, auf Klüften in krystallinischen Schiefen am Gotthard, bei Göschenen in Uri, auf Klüften im Banat, auf Erzgängen bei Andreasberg und Kongsberg, auf der Eisenerzlagstätte von Arendal. Als Neubildung wurde D. im Absatz der Therme bei Olette in den Pyrenäen beobachtet.

#### Phillipsit, Levy (Kalkharmotom, Christianit).

Durch die Zwillingbildungen merkwürdig. Die Grundform zeigt Aehnlichkeit mit derjenigen, welche beim Desmin erkannt wurde;  $(110) = 60^\circ 42'$ ,  $mc = 60^\circ 51'$ . Nach Groth sind die Individuen monoklin, nach Langemann triklin und bilden

Fig. 1.



Fig. 2.

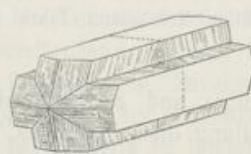
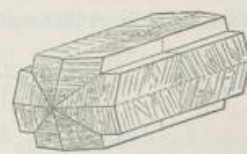


Fig. 3.



wie beim Desmin Durchkreuzungszwillinge von rhombischem Aussehen wie in Fig. 1. Diese findet man jedoch immer nach einem zweiten Gesetze, nach welchem 011 die Zwillingsebene ist, zu Vierlingen verbunden wie in Fig. 2 und 3. Dieselben sind den Adularvierlingen analog, welche nach pag. 469 in Fig. 8 auf pag. 470 dargestellt wurden. Nach Streng gibt es jedoch zweierlei Arten, indem die einen die *c*-Flächen auswärts wenden, welche in den beistehenden Figuren ohne Schraffirung erscheinen, die anderen aber die *b*-Flächen nach aussen kehren, Fig. 3.

Zuweilen finden sich auch Zwillingbildungen von noch höherem Grade, indem die Vierlinge sich mit 110 als Zwillingsebene verbinden und Gestalten hervor-

rufen, in denen sich drei Vierlinge durchkreuzen, Fig. 4. Diese zierlichen Gebilde von Stempel bei Marburg bieten 9 Zwillings-, resp. Symmetrieebenen dar, wonach die Umrisse einer tesseralen Form entsprechen. In der That finden sich auch solche der Fig. 4 entsprechende Verwachsungen, an welchen die äusseren Flächen allein herrschen und keine einspringenden Winkel vorkommen. Diese ahmen vollständig ein Rhombendodekaeder nach.

Trippke und Fresenius zeigten, dass das optische Verhalten der angeführten Deutung entspricht. A. E. senkrecht zur Fläche *b*, von der *c*-Fläche aber  $10^\circ$  bis  $22^\circ$  abweichend.  $H. = 4.5$ .  $G. = 2.2$ .

Die chem. Zus. entspricht beiläufig dem Verhältnis  $CaAl_2H_2Si_5O_{15} + 4H_2O$ , jedoch ist immer auch die analoge Kalium- und Natriumverbindung beigemischt. V. d. L. bläht sich der Ph. auf und schmilzt schwierig zu einem blasigen Glase. Durch Salzsäure wird er unter Hinterlassung eines schleimigen Kieselpulvers zersetzt.

Der Ph. findet sich in Hohlräumen von Basalten und ähnlichen vulkanischen Felsarten, z. B. am Stempel bei Marburg, nächst Annerode bei Giessen, Sasbach am Kaiserstuhl, Hauenstein in Böhmen, Aci Castello auf Sicilien, Capo di Bove bei Rom, Vesuv etc.

#### Harmotom, Haüy (Kreuzstein, Barytharmotom).

Als baryumbaltiger Zeolith merkwürdig. In krystallographischer Beziehung dem Phillipsit vollkommen gleich. Die Grundformen sind nur wenig verschieden.  $(110) = 59^\circ 59'$ ,  $mc = 60^\circ 21'$ . Die Zwillinge, wie Fig. 1 bei Phillipsit, kommen bisweilen vor, sie wurden als Morvenit bezeichnet. Gewöhnlich finden sich aber die Vierlinge in Fig. 2 und 3. Die letzteren sind die häufigeren. Descloizeaux zeigte, dass das optische Verhalten dieselbe Deutung der Zwillinge fordert, welche beim Phillipsit angegeben wurde. Die optische Orientirung ist dieselbe wie bei diesem, die A. E. bildet mit der *c*-Fläche  $25^\circ$  bis  $28^\circ$ .  $H. = 4.5$ .  $G. = 2.44$  bis  $2.5$ .

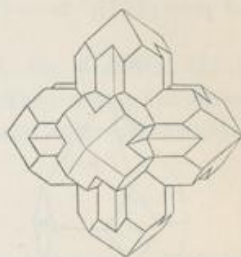
Die chem. Zus. entspricht der des Phillipsit, jedoch ist statt Calcium hier Baryum vorhanden. V. d. L. schmilzt der H. ohne Aufblähen schwierig zu einem durchscheinenden weissen Glase. Durch Salzsäure wird er unter Hinterlassung von Kieselpulver zersetzt.

Der H. findet sich in Hohlräumen der Mandelsteine bei Oberstein, Dumbarton, Präbram, im Phonolith bei Aussig, auf Erzgängen mit Blende, Bleiglanz, Quarz, Baryt bei Andreasberg am Harz, Kongsberg in Norwegen, Stroutian in Schottland und a. a. O.

Der desminähnliche Foresit gehört vielleicht in die Nähe des Margarits. (Ueber Desmin, Phillipsit, Harmotom: Fresenius in d. Zeitschr. f. Kryst. III, pag. 42. Langemann, Jahrb. f. Min. 1886, II, 83.)

An die Zeolithe schliessen sich noch einige thonerdefreie Minerale an, die zugleich den Uebergang zur nächsten Gruppe bilden.

Fig. 4.

I<sub>2</sub>O  
mit  
läßt  
iurelich  
Fül-  
nan  
ern,  
nd,  
ist  
hen  
lith  
yr-  
erö  
den  
sen,  
im  
auf  
auf  
sen-  
beikeit  
51'.  
denin  
hem  
ben  
470  
die  
ungdem  
vor-

**Apophyllit, Haüy** (Ichthyophthalm).

Die auffallende Spaltb. nach einer Richtung, welche oft ein Abblättern und einen Perlmutterglanz hervorruft, ist eine auszeichnende Eigenschaft dieses tetragonal krystallisirten Mineral. Prächtige wasserhelle Krystalle mit pyramidalen Endigung, besonders schön von Andreasberg, langsäulenförmige und tafelförmige, je nach dem Vorkommen.  $(111) = 58^\circ 56'$ ,  $111 : \bar{1}\bar{1}1 = 76^\circ$ . Gewöhnliche Flächen sind  $p = (111)$ ,  $m = (100)$ ,  $o = (001)$ , A. V. = 1:1:2515. Die Krystalle sind

Fig. 1.

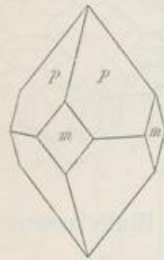
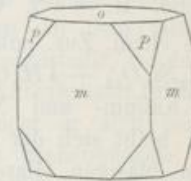


Fig. 2.



Fig. 3.



oft gehäuft und mit Subindividuen bedeckt (Rumpf, Min. und petrogr. Mitth., Bd. 2, pag. 369). Spaltb. parallel  $o$  sehr vollk., nach  $m$  unvollk. H. = 4:5:5.

Ausser den farblosen und weissen Krystallen (Albin) gibt es auch gelbliche, rosenrothe bis braune. Die Doppelbrechung ist schwach, der opt. Charakter gewöhnlich positiv, sonst auch negativ. Die Erscheinungen im Orthoskope sind abnorme, da sich in den Blättchen meist eine Theilung in optisch zweiaxige Felder, entsprechend den Anwachsipyramiden der Aussenflächen, erkennen lässt. Im Konoskope zeigen sich Ringe von eigenthümlicher Färbung, die wahrscheinlich durch die isomorphe Schichtung und Mischung opt. positiver und negativer Substanz hervorgebracht wird. (Klein, Sitzungsber. d. Berliner Ak., Bd. 18, pag. 217.) Diese Abnormitäten haben schon Herschel, Biot und Brewster beschäftigt. G. = 2:3 bis 2:4.

Die chem. Zus. entspricht meistens der Formel  $4(Ca_2H_6Si_3O_{11}) \cdot K_2H_8Si_3O_{11}$ , worin oft ein kleiner Theil des Hydroxyls durch  $F$  vertreten ist. V. d. L. zeigen die A. ein Aufblättern, was der Haüy'sche Name andeutet. Alle schmelzen leicht zu einem durchscheinenden Glase. Durch Säure werden sie unter Abscheidung flockiger Kieselsäure zerlegt. Ueber die Auflöslichkeit in Wasser bei hohem Drucke pag. 295.

Schöne Drusen kommen aus den Hohlräumen vulkanischer Gesteine, z. B. von Island, den Faröern, von der Seisseralpe, von Poonah in Ostindien. Kleine weisse Krystalle sitzen im veränderten Phonolith bei Aussig, dunkelbraun gefärbte wurden im fossilen Holze des Basalttuffes von Montecchio maggiore bei Vicenza und auf Island gefunden (Xylochlor Waltershausen's). Auf Gängen finden sich die farblosen und rosenrothen Apophyllite bei Andreasberg, auf Klüften im Kalkstein die kleinen durchsichtigen von Orawicza und Cziklowa im Banat. Als eine durch Thermalquellen hervorgerufene Bildung wurde der A. von Daubrée bei Plombières in den Vogesen beobachtet.

Der Apophyllit unterliegt nicht selten einer Zersetzung, bei welcher  $\text{CaCO}_3$  gebildet wird. Der Albin zeigt schon das Aufbrausen mit Säure. Bisweilen erscheint der A. durch Quarz verdrängt. Die Erscheinung erklärt sich dadurch, dass zuerst die Carbonatbildung eintrat, hierauf Kieselsäure durch  $\text{CaCO}_3$  gefällt wurde.

Der Okenit steht dem A. sehr nahe, ebenso der Gurolith oder Gyrolith.

#### Galmeigruppe.

Wasserstoffhaltige Silicate von Schwermetallen der 1. bis 4. Reihe. H. = 2 bis 5.5. Meist hellfarbig, auch farblos. G. = 3 bis 5. Im Kolben geben sie Wasser, v. d. L. sind sie unschmelzbar, durch Säure werden sie meist unter Gallertbildung zersetzt.

#### Kieselzinkerz (Galmei, Calamin, Hemimorphit).

Kieselgalmei, zum Unterschied von dem technisch wichtigeren Zinkspath oder Kohलगalmei.

Die Hemimorphie der Krystalle hat Mohs zuerst beschrieben, die pyroelektrischen Eigenschaften Hauy. Die Form ist rhombisch. A. V. = 0.78340 : 1 : 0.47782.

Fig. 1.

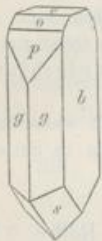


Fig. 2.

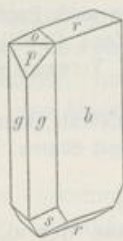


Fig. 3.

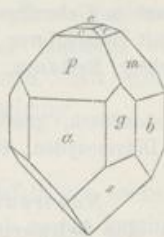
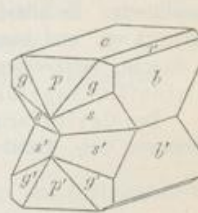


Fig. 4.



Häufige Flächen sind  $a = (100)$ ,  $g = (110)$ ,  $b = (010)$ ,  $o = (101)$ ,  $p = (301)$ ,  $r = (011)$ ,  $m = (031)$ ,  $s = (121)$ . Die Krystalle sind mit jenem Ende aufgewachsen, welches die beistehenden Figuren unten zeigen.  $gg = 110 : \bar{1}\bar{1}0 = 76^\circ 10'$ ,  $rr = 011 : \bar{0}\bar{1}\bar{1} = 51^\circ 5'$ ,  $oo = 101 : \bar{1}0\bar{1} = 62^\circ 46'$ . Interessant sind die zuweilen vorkommenden Ergänzungszwillinge nach 001 wie in Fig. 4. (Ueber die Formen: G. Rose in Pogg. Ann., Bd. 59. Schrauf in d. Sitzber. Ak. Wien, Bd. 38, pag. 789.) Die Aetzfiguren wurden pag. 144 besprochen.

Spaltb. nach  $g$  vollk., nach  $o$  ziemlich vollk. H. = 5. Farblose wasserhelle Krystalle kommen öfter vor, gewöhnlicher sind durchscheinende. Das Mineral ist aber auch zuweilen gefärbt, gewöhnlich in hellen Farben: grau, gelb, grün, blau, braun. Der Glanz ist schon etwas diamantartig, auf  $b$  zuweilen perlmutterartig. Doppelbrechung positiv, die A. E. parallel 100, die erste Mittellinie parallel der  $c$ -Axe. Bei der Erwärmung wird das obere Ende der Krystalle positiv elektrisch. G. = 3.35 bis 3.5.

Chem. Zus.:  $\text{H}_2\text{Zn}_2\text{SiO}_5$  oder  $(\text{HOZn})_2\text{SiO}_3$ , also basisches Zinksilicat, entsprechend 25 Kieselerde, 67.5 Zinkoxyd, 7.5 Wasser. V. d. L. zerknistert das

K. ein wenig und schmilzt kaum an den Kanten. Mit Soda geschmolzen, gibt es auf Kohle einen geringen Beschlag. Gelatinirt mit Säuren.

Das K. findet sich krystallisirt auf manchen Gängen, ferner in Hohlräumen des Zinkspathes und des benachbarten Kalksteins. In traubigen und nierförmigen Aggregaten von radialfaseriger Textur ist es auch als Krustenbildung nicht selten, ebenso in löcherigen Ueberbleibseln, auch in körnigen Füllungen. Wo es mit Zinkspath vorkommt, wird es zugleich mit diesem auf Zink verhüttet.

Die secundäre Bildungsweise wird bisweilen durch die Ansiedlung in zerstörter Blende deutlich. Als ein schwerlösliches Silicat verdrängt es nicht selten andere Minerale. Wichtige Fundorte sind Raibl und Bleiberg in Kärnten, Altenberg bei Aachen, Iserlohn in Westphalen, Tarnowitz, Olkucz, Rezbanya, Matlock, Nertschinsk, Phönixville in Pennsylvanien etc. Die Pseudomorphosen nach Kalkspath wurden bei Goslar, Iserlohn u. a. O., jene nach Bleiglanz bei Freiberg, nach Pyromorphit bei Caldbeck Fell in Cumberland gefunden, wo auch stalaktitische Massen von himmelblauer Farbe vorkommen.

Das K. erfährt bisweilen die Umwandlung in Willemit oder die Verdrängung durch Malaclit oder Quarz.

Der Dioplas von smaragdgrüner Farbe, dessen merkwürdige Krystallform schon pag. 69 dargestellt wurde, ist  $H_2CuSiO_4$ . Gelatinirt mit Säuren. Er findet sich nur in geringen Mengen, z. B. am Altyn-Tübe in Sibirien, in Chile, bei Clifton in Arizona, am Congo. A. V. = 1:0.53417.

Das Kupfergrün (Kieselpuffer, Chrysokoll, Kieselmalachit) ist spangrün, im Bruche feinsplitterig. Es bildet öfter traubige Ueberzüge, zuweilen auch Pseudomorphosen nach Azurit Kalkspath etc. und kommt oft mit Malaclit vor. Chem. Zus.:  $CuSiO_3 \cdot 2H_2O$ . Gelatinirt nicht mit Säuren. Schneeberg, Kupferberg, Rezbanya, Moldawa. Verwandt ist das Kupferblau, der Demidoffit, Asperolith.

Der Cerit (Cerinstein), rhombisch, gewöhnlich feinkörnig, braun, ist ein wasserhaltiges Silicat von Cer-, Lanthan- und Didymoxyden. Gelatinirt mit Säuren. Riddarhytta in Schweden.

#### Nontronitgruppe.

Wasserhaltige Silicate der Schwermetalle aus der 6. bis 8. Reihe. Viele sind nur dicht bekannt. Alle sind farbig. Durch Säure werden sie unter Gallertbildung oder Abscheidung von Kieselpulver zersetzt.

Der Wolkonskoit bildet nierförmige Ueberzüge oder erscheint derb. Grasgrün bis schwarzgrün. Wesentlich ein wasserhaltiges Chromsilicat. Im Sandstein im Ochansker Kreise des Gouvernements Perm.

Uranophan nannte Websky ein krystallinisches wasserhaltiges Kalk-Uransilicat von honiggelber, zeisiggrüner bis schwärzlichgrüner Farbe. Kupferberg in Schlesien. Verwandt ist der Uranotil von Wösendorf und Joachimsthal.

Der Pyrosmalith, rhomboëdrisch,  $a:c = 1:0.5308$  von lederbrauner bis olivengrüner Farbe und vollk. basischer Spaltb. hat eine ungewöhnliche Zusammensetzung. Nach Ludwig's Analysen kommt demselben die Formel  $ClFe_2H_7Si_4O_{16}$  zu, worin Eisen zur Hälfte durch Mangan vertreten erscheint. Durch Säure zersetzbar. Nordmarken bei Philipstad in Schweden. Der rhomboëdrische Friedelit 1:0.5624 enthält bloß die entsprechende Manganverbindung. Adervielle in den Pyrenäen, Pajsberg. Zum Pyrosmalith ist vielleicht der Ekmannit zu stellen.

Der Klipsteinit, dicht, braun, zuweilen etwas metallisch schimmernd, ist ein wasserhaltiges Silicat von Manganoxyd und -Oxydul. Herborn in Nassau. Verwandt scheinen der Stratopeit und der schwarze Mangankiesel Leonhard's. Der bräunlich rothe Penwithit aus Cornwall ist ungefähr  $MnSiO_3 \cdot 2H_2O$ . Der Inesit (Rhodolith) triklin, der glimmerähnliche Ganophyllit, monoklin, der Karyopilit stalaktitisch, sämmtlich von Pajsberg; ferner der Bementit blätterig aus New-Jersey sind wasserstoffhaltige Manganosilicate.



Der Chlorophäit, derb, gewöhnlich als Ausfüllung von Blasenräumen in Mandelsteinen, ist pistazgrün, olivengrün, wird an der Luft braun oder schwarz. Ist wesentlich wasserhaltiges Eisenoxydsilicat. Schottland, Hebriden, Faröer.

Der Hisingerit, nierförmig und eingesprengt, pechschwarz, enthält Kiesel, beide Oxyde des Eisens und Wasser. Långban, Riddarhytta. Dazu gehören: Thraulith, Degeröit, Gillingit, Melanolith. Aehnlich ist auch der Lillit von Pflibram.

Der Nontronit ist strohgelb bis zeisiggrün, weich, fettig anzufühlen, bildet öfter Nieren, enthält ungefähr 36 Eisenoxyd, 43 Kieselerde, 21 Wasser. Nontron im Departement Dordogne, Tirschenreuth in Bayern, Mugrau in Böhmen. Aehnlich ist der Unghvarit oder Chloropal, der Pinguit und der Graminit.

Der Röttisit von smaragdgrüner oder apfelgrüner Farbe erscheint dicht, der Konarit von gelbgrüner Farbe, körnig, nach einer Richtung spaltbar. Beide sind wasserhaltiges Nickel-silicat. Röttis bei Reichenbach in Sachsen.

Ein technisch wichtiges Mineral, das erst in der letzten Zeit bekannt wurde, ist der Garnierit (Numeit, Noumeait) dicht, oft porös oder erdig, von grüner Farbe, wesentlich aus wasserhaltigem Nickelsilicat bestehend, bis 46 Perc. Nickeloxyd enthaltend, aber mit Magnesiumsilicaten gemengt. Derselbe tritt in Verbindung mit Serpentin auf, er wird bei Noumea auf Neu-Caledonien, ferner auch in Oregon gefunden (Genthit) und dient zur Darstellung von reinem Nickel, wie solches aus den Kiesen nicht erhalten werden kann. (S. pag. 345.) Das Mineral ist wohl mit dem schon früher bekannten Nickelgymnit aus Texas zu vereinigen.

#### Serpentingruppe.

Wasserhaltige Magnesiumsilicate. Fast gar niemals deutlich krystallisirt, gewöhnlich dicht oder amorph, seltener blätterig oder faserig. V. d. L. meist nur schwierig schmelzbar, hart werdend. Mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht, erhalten sie eine blassrothe Färbung.

#### Talk, Werner.

An den bisweilen vorkommenden Tafeln von sechsseitigem, auch rhombischem Umriss lässt sich die Krystallform nicht genau bestimmen, der Aehnlichkeit mit Chlorit und Glimmer wegen ist aber die monokline Krystallisation sehr wahrscheinlich. Die Begrenzungen werden als Endfläche  $c = (001)$ , Prisma  $(110)$  und Längsfläche  $b = (010)$  gedeutet.

Die Spaltb. nach  $c$  ist sehr vollk., daher gewöhnlich ein starker Perlmutterglanz auf  $c$  bemerkbar.  $H. = 1$ . Die Schlagfigur ist sechsstrahlig. Die Blättchen sind sehr biegsam, weiss, farblos oder grünlich. Sie geben im Konoskop Axenbilder, einem scheinbaren Winkel von  $17^\circ$  entsprechend. A. E. parallel  $b$ , also einer der drei Schlaglinien parallel, die negative 1. Mittellinie senkrecht auf der Fläche  $c$ . Alle Arten sind sehr mild, fettig anzufühlen.

Die chem. Zus. ist  $Mg_3H_2Si_4O_{12}$  oder  $H_2O \cdot 3MgO \cdot 4SiO_2$ , entsprechend 63.5 Kieselerde, 31.8 Magnesia, 4.7 Wasser. Oft ist ein geringer Eisengehalt vorhanden. Das Wasser entwickelt sich erst bei starkem Glühen. V. d. L. wird er hart, bis 6, leuchtet stark, schmilzt aber kaum in dünnen Blättchen oder feinen Splittern. Durch Säure wird er nicht zersetzt.

Man unterscheidet:

1. Blätterigen Talk. Derselbe kommt im Gebiete der krystallinischen Schiefer, besonders mit Chloritschiefer, Serpentin, Dolomit vor. Schöne durch-

sichtige Lamellen geben die Exemplare vom Greiner in Tirol, vom Gotthard, aus dem Chamouny-Thale etc. Adern von stengelig-blätteriger Textur wurden bei Kraubat in Steiermark im Serpentin gefunden. G. = 2·7 bis 2·8. Der Talkschiefer, weiss, gelb, grün, auch röthlich, von schuppiger Textur, in Linsen und Lagern zwischen den krystallinischen Schiefen der Alpen, des Ural, in Brasilien, Nordamerika u. s. w. verbreitet; die Mischung mit Chlorit ist der Topfstein (Lavestein, Giltstein) bei Chiavenna, Zöptau etc. Derselbe wird zu Trögen, Ofenkacheln verarbeitet, auch als feuerfester Stein beim Hochofenbetrieb, im nördlichen Norwegen auch als Baustein benützt. Im Talkschiefer und Topfstein sind oft schöne Minerale, wie Säulen von Strahlstein, durchsichtige Rhomboëder von Dolomit und Magnesit, ferner Granate, im Ural auch derbe Olivinmassen eingeschlossen.

Feinblättriger Talk findet sich öfter pseudomorph nach Strahlstein, Bronzit, Salit. Diese Umwandlungen deuten an, dass die Talkschiefer von derlei Mineralen abzuleiten seien.

2. Steatit (Speckstein). Dichter Talk, welcher sich leicht schneiden lässt. Er ist weiss, grünlich, graulich, fühlt sich fettig an, haftet nicht an der Zunge. Er findet sich derb und eingesprengt, in Knollen, bisweilen mit nierförmiger Oberfläche im körnigen Kalkstein und Dolomit, im Serpentin, Glimmerschiefer, Granit. Die häufig vorkommenden Pseudomorphosen zeigen zweierlei Bildung an. Jene nach Salit und Strahlstein sind Umwandlungen, jene nach Quarz und Dolomit werden als Verdrängungen betrachtet. G. = 2·6 bis 2·8.

Merkwürdig ist in dieser Beziehung das Vorkommen von Göpfersgrün bei Wunsiedel in Bayern, welches Nauck beschrieb (Pogg. Ann. 75, pag. 129). Der Speckstein lagert zwischen Granit und Glimmerschiefer sowie Phyllit. Alle daran beobachteten Erscheinungen lassen schliessen, dass ein ursprünglich vorhandenes Kalklager in Dolomit verwandelt wurde, wobei sich in den Klüften Quarz und Bitterspathkrystalle absetzten, und dass zuletzt eine allmälige Verdrängung dieses Lagers durch Speckstein erfolgt sei. Aus der dichten Masse lassen sich öfter Pseudomorphosen heraus schlagen, wie solche in den Sammlungen verbreitet sind. Bekannt sind auch die Specksteinvorkommen von Briançon in Frankreich, Lowell in Massachusetts.

Der S. wird wie der Talk als Schmiere und Schminke, der Speckstein besonders zum Zeichnen, als feuerfestes Material für Gasbrenner u. s. w. benützt. Von den chinesischen Sculpturen, deren Material Bildstein, Agalmatolith, Pagodit genannt wurde, bestehen viele aus Speckstein, andere aus Pyrophyllit.

Der Talkoid, Eisentalk, Rensselärit gehören hierher. Es mag noch bemerkt werden, dass der perlmutterglänzende Gemengtheil mancher Granite (Protogyn) und Schiefer, welcher aus Muscovit besteht, früher oft als Talk bezeichnet wurde, ferner dass viele Pseudomorphosen, z. B. solche nach Feldspath, Andalusit u. s. w., welche als Speckstein bestimmt wurden, aus einem Chlorit, Muscovit oder anderen Umwandlungsproducten bestehen.

#### **Meerschaum** (Sepiolith, *Glocker*).

Wegen der technischen Wichtigkeit ist dieses spärlich verbreitete Mineral aus der Reihe hervorzuheben. Dasselbe findet sich derb, knollig. Der Bruch ist flachmuschelig, matt. H. = 2..2·5. Im Striche wird der M. glänzend, er fühlt sich fettig an, haftet an der Zunge, ist undurchsichtig, gelblichweiss oder graulich-

weiss.  $G. = 2$ , scheinbar aber geringer, bis unter 1. Die chem. Zus. ist nach dem Trocknen  $H_4Mg_2Si_3O_{10}$  oder  $2H_2O.2MgO.3SiO_2$ , im frischen Zustande enthält er um  $2H_2O$  mehr. V. d. L. schrumpft er, wird hart, schmilzt an den Kanten zu weissem Email. Durch Säure wird er unter Abscheidung von flockiger Kieselsäure zersetzt.

Der M. findet sich in jungen sedimentären Bildungen eingelagert am Fusse von Serpentinhügeln, in Kleinasien in der Ebene Eski-Sher, mit Fettquarz auf Negroponte, in kleiner Menge im Serpentin von Hrubschitz in Mähren etc. Der Gebrauch zur Fabrication von Cigarrenspitzen und Pfeifenköpfen ist bekannt. Es scheint, dass man das Mineral schon im Alterthum zu kostbaren Gefässen formte (samische Gefässe). Dem M. ähnlich ist der Aphrodit von Långbanshyttan.

### Serpentin.

Bei Dioscorides, Vitruv, Plinius unter dem Namen Ophites (von ὄφις, Schlange); im 16. Jahrh. latinisirt Serpentaria bei Agricola. Der S. bildet niemals Krystalle, immer nur dichte Massen, Adern, Einsprenglinge von muscheligen oder splitterigen Bruche, seltener feinfaserige Adern. Im polarisirten Lichte bemerkt man aber, dass auch das dichte Mineral aus höchst feinen Blättchen und Fasern besteht.  $H. = 3.4$ , nur wenig spröde. Man darf sich durch die grössere Härte mancher Stücke nicht täuschen lassen, da häufig Gemenge vorkommen, die noch Olivin enthalten oder durch Opal imprägnirt sind.  $G. = 2.5$  bis  $2.7$ .

Die chem. Zus. entspricht dem Verhältnis  $H_4Mg_3Si_2O_9$  oder  $2H_2O.3MgO.2SiO_2$  mit 43.5 Kieselsäure, 43.5 Magnesia, 13 Wasser, jedoch ist immer das entsprechende Eisensilicat  $H_4Fe_3Si_2O_9$  beigemischt in der Menge, dass der Gehalt an Eisenoxydul gewöhnlich nicht über 12 Percent steigt. V. d. L. brennt er sich weiss oder licht und schmilzt kaum an den schärfsten Kanten. Durch Salzsäure wird er allmählig, durch Schwefelsäure rascher zersetzt.

Der Serpentin findet sich zumeist im Bereiche der krystallinischen Schiefer, im Uebrigen aber stets dort, wo der Olivin vorzukommen pflegt. Er zeigt sich oft in Pseudomorphosen, die aus magnesiumreichen Silicaten entstanden sind. Genauer bekannt sind jene nach Olivin, Chondroit, Monticellit, ferner nach Granat, Augit, Hornblende. Ausserdem wurden Verdrängungs-Pseudomorphosen nach Dolomit, Kalkspath u. a. M. beobachtet. Von grösstem Erfolge waren die Untersuchungen der Pseudomorphosen nach Olivin. Früher wurden dieselben für echte Krystalle gehalten, die Nachweisung der Olivinform durch Quenstedt, Haidinger und die Wahrnehmung der dichten Textur durch G. Rose, Websky stellten jedoch die indirecte Bildung ausser Zweifel. Bei Snarum in Norwegen fand man übrigens Exemplare mit einem Kern von unverändertem Olivin.

Den Beginn der Umwandlung stellen jene kleinen Krystalle von Traversella dar, welche Villarsit genannt wurden. Sie haben die chem. Zus. eines wasserhaltigen Olivins und zeigen die optische Orientirung verändert in derselben Weise wie der theilweise umgewandelte Bronzit (vergl. Protobastit und Bastit). Die Fortsetzung der Umwandlung erfolgt meistens dadurch, dass der neugebildete Serpentin ein grösseres Volum besitzt als das ursprüngliche Mineral, dieses also fortwährend zersprengt wird und die eindringenden Wässer immer neue Wege finden. Die

Veränderung schreitet demgemäss netzartig vor, und das Product erscheint maschig. pag. 124.

Man hat eine grössere Anzahl von Arten unterschieden, welche in folgende Abtheilungen gebracht werden:

Edler Serpentin heissen die hellgefarbten oder reiner gefärbten dichten durchscheinenden Arten mit etwas glänzendem, muscheligen Bruche. Die Farben sind strohgelb, schwefelgelb, zeisiggrün, spargelgrün, lauchgrün. Man sieht edlen S. öfter im körnigen Kalkstein eingeschlossen, wo er meist vom Olivin, seltener vom Chondroit abzuweisen ist, welche beide in solchem Kalkstein vorkommen. Hierher gehören auch die gelben Olivinseudomorphosen von Snarum, Antwerp in New-York, Katharinenburg im Ural, ebenso die Pseudomorphosen nach Augit und Hornblende von Easton in Pennsylvania, nach Monticellit vom Monzoni etc.

Der Williamsit und Bowenit sind apfelgrüne Serpentine, der Retinalith ist honiggelb. Pikrolith hat man striemige Adern und Ueberzüge von heller Farbe genannt. Optisch interessant ist der schwärzlichgrüne dünnchieferige Antigorit, welcher in dünnen Platten schön lauchgrün erscheint und sich wie ein optisch zweiaxiger Krystall verhält, wohl in Folge der parallelen Anordnung feiner Fasern. Auch der blätterige Marmolith, von lichter Farbe, ist schwach doppelbrechend.

Gemeiner Serpentin wird das unreine Mineral und das Auftreten als Felsart genannt. Die Farben sind meistens düster: dunkelgrün bis schwarzgrün, oft gefleckt, geadert. Die Aehnlichkeit der Zeichnung mit jener einer Schlangenhaut wird gewöhnlich als Anlass für die Bezeichnung betrachtet. Der Bruch ist splitterig, matt. Das Gestein bildet zumeist Lager zwischen Gneiss, Granulit, körnigem Kalkstein, Amphibolit etc. oder ist mit Gabbro verbunden. Oft bildet es Kuppen, welche in die auflagernden jüngeren Schichten hineinragen. Unförmliche Serpentinstücke werden auch öfter angegeben, auch Gänge. Der gemeine Serpentin zeigt meistens jene Maschentextur, welche auf die Entstehung aus Olivinfels hinweist, und harte Serpentine sind oft noch voll von Olivinkörnchen, welche in den Maschen stecken. Sandberger und der Autor haben die Umbildung genauer verfolgt. Die Umstände derselben ergeben sich daraus, dass vor Allem durch die gewöhnlichen Wasser ein Theil des Magnesiums fortgeführt wird.  $2(2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2) + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{MgO} \cdot \text{CO}_2$ . Daraus ist erklärlich, dass der Serpentin häufig von Magnesit begleitet wird. Das Eisensilicat des Olivins erfährt zum Theil analoge Veränderung und gibt das Eisensilicat des Serpentin, doch wird es bei der Einwirkung des Sauerstoffes der Tagewässer auch total zersetzt und liefert einerseits Magnetit, während andererseits freie Kieselsäure abgeschieden wird. Dadurch erklärt man sich den beständigen Absatz von Magnetit bei der Umwandlung, wodurch die dunkle, netzartige Zeichnung hervorgerufen wird, und ausserdem das häufige Vorkommen von Opal, Halbopal, Chaledon in der Umgebung des Serpentin. Der Nickelgehalt, welcher in manchem S. nachgewiesen wurde, stimmt mit der Thatsache, dass viele Olivine Nickel enthalten.

Im dichten Serpentin sieht man bisweilen metallartig schillernde Körner von ausgezeichneter schaliger Zusammensetzung und grüner bis brauner Farbe: Bastit (Schillerspath). Es sind Pseudomorphosen nach Bronzit (pag. 454). Manche haben undeutliche Krystallumrisse, die von Harzburg sind von Serpentin-körnern durchsetzt. Die chem. Zus. ist aber eine andere als die des umgebenden

Serpentins, da sie weniger Magnesium enthalten. Andere Minerale, wie Melanit, Pyrop. (pag. 490), Klinochlor, Chromit, Arsenkiese etc., finden sich auch nicht selten in dem Gestein. In manchem Serpentinegestein lassen sich Ueberreste von Amphibol erkennen, woraus Weigand schloss, dass diese aus Amphibolgestein hervorgegangen seien. (Ueber die Bildung d. Serp.: G. Rose, Zeitschr. geol. Ges. 3, pag. 109. Websky, ebend. 10, pag. 277. Sandberger, Jahrb. Min. 1866, pag. 385, und 1867, pag. 171. Autor, Sitzungsber. Ak. Wien 65, Abth. I, pag. 261. Weigand, Tschermak's Min. Mitth. 1875, pag. 183.)

Der Serpentin wird öfter in der Architektur angewandt. In Italien wurde der Stein früher mit dem weissen Marmor zu Fassaden verwendet, ebenso wurden die mit Kalkstein gemengten Breccien häufig zur Decoration benützt. Bei Zöblitz in Sachsen, Epinal in Frankreich haben sich kleine Industrien durch Verarbeitung des Serpentins zu Schalen, Leuchtern, Büchsen, Figuren etc. entwickelt.

Der Hydrophit, Jenkinsit, Vorhauserit werden zum S. gerechnet.

Chrysotil (Serpentinasbest) heisst das schön seidenglänzende feinfaserige Mineral, welches oft Adern im gemeinen Serpentin bildet. Hier tritt also die Fasertextur des Serpentins makroskopisch hervor. Die Farbe ist ölgrün, bisweilen auch dunkler bis zum olivengrün, aber auch heller bis zum weisslichen (Leukotil). Die Fasern stehen immer senkrecht zur Kluftfläche, die Aggregate haben ein optisches Verhalten, welches nach Websky eine rhombische Krystallisation vermuthen lässt. Sie lassen sich durch Reiben und Zupfen leicht in eine weiche wollige Masse verwandeln, daher die frühere Anwendung zu unverbrennlichen Gespinnsten, Papieren etc. Gegenwärtig wird eine aus diesem Asbest bereitete Pappe zur Dichtung von Dampföhren-Verbindungen, die Asbestwolle für die Wände feuersicherer Cassen, das Gewebe für Handschuhe der Feuerwehrleute etc. benützt. Schöne grüne und gelbe Schnüre sieht man im Serpentin von Reichenstein in Schlesien, Zöblitz in Sachsen. Grössere Mengen von Serpentinbest kommen aus Oberitalien, dem Gouvernement Perm, aus Canada.

Der Baltimorit wird zum Chrysotil gerechnet, das Bergleder vom Zillerthal und aus Norwegen ist ein verfilzter Ch. Das Bergholz (Xyloil) und der Bergkork scheinen Veränderungsproducte zu sein. Der Metaxit hat keinen deutlichen Seidenglanz, da er nicht die parallelfaserige Textur des Ch. zeigt.

An den Serpentin schliessen sich einige Minerale an, welche sowohl durch den Wassergehalt als durch das Verhältnis des Siliciums zum Magnesium verschieden sind.

Zu den wasserärmeren gehören:

Der Pikrosmin, stengelig bis faserig. H. gegen 3. Mild. Farbe berggrün, grünlichgrau bis schwärzlichgrün. Aus der Spaltb. nach zwei gleichen Flächen schloss Haidinger auf eine rhombische Krystallisation. Wahrscheinlich ist er ein Umwandlungsproduct, Presnitz in Böhmen, Windischmatrei und Greiner in Tirol.

Der blätterige Pikrophyll, nach Dana ein zersetzter Pyroxen, ebenso der stengelige bis körnige Pyralolith.

Der Spadait, dicht, durchscheinend, röthlich, milde. Der Saponit (Seifenstein), sehr milde und weich, graulich bis braun, ähnlich der Piotin. Der Neolith, weich, seifenartig, dunkelgrün bis schwärzlich.

Einen grösseren Wassergehalt als Serpentin zeigen:

Der Gymnit (Deweylit), harzähnlich, rissig, honiggelb, der Webskyit, schwarzgrün, amorph, der Kerolith, gelb, grau, röthlich, der Pimelith, apfelgrün, fettig anzufühlen, der Dermatit, dunkelgrün, kantendurchscheinend. Durch Glühen werden alle diese dunkel bis schwarz.

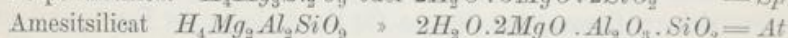
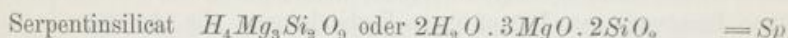
#### Chloritgruppe.

Basische Silicate, Magnesium und Aluminium, meist auch Eisen enthaltend, frei von Alkalien. Das Wasser entweicht erst in der Glühhitze. Die Minerale der Chloritgruppe sind alle sehr vollk. spaltbar nach einer Endfläche und liefern meist biegsame Blättchen, oft sind sie krystallisirt, sonst blätterig, schuppig, auch dicht und erdig. Meist erscheinen sie grün gefärbt und geben einen blassgrünen Strich. In der Regel sind sie schwer schmelzbar. Autor, Sitzungsber. d. Wiener Ak., Bd. 99, pag. 174, und Bd. 100, pag. 29.

#### Chlorit, Werner. Orthochlorit, Aut.

Die Krystalle sind monoklin, haben einen sechsseitigen oder dreiseitigen Umriss und ahmen oft hexagonale und rhomboëdrische Formen nach. Auf der Spaltfläche *c* zeigen sie oft Perlmutterglanz, die Blättchen sind biegsam und milde, sie erweisen sich optisch einaxig oder zweiaxig. Die Farben sind grünlichweiss, berggrün, lauchgrün, graugrün, schwärzlichgrün, zuweilen auch blaugrün, entenblau. Der Pleochroismus ist oft sehr deutlich. Durch *c* gesehen ergeben sich grüne, senkrecht dazu gelbe oder rothe Farben.  $H. = 2..3$ , oft scheinbar geringer. Die Schlagfigur ist sechsstrahlig wie beim Glimmer.  $G. = 2.65$  bis  $2.97$ .

Die chem. Zus. entspricht, wie der Autor zeigte, einer isomorphen Mischung von zweierlei Silicaten, von welchen das eine aluminiumfreie dem Serpentin entspricht, das andere aluminiumhaltige dem seltenen Amesit.



Die beiden Verbindungen sind atomistisch gleichartig. Ausserdem sind aber jene Silicate beigemischt, welche statt der Magnesia Eisenoxydul und auch statt der Thonerde Eisenoxyd, auch Chromoxyd enthalten. V. d. L. ist der Ch. sehr schwierig und nur in dünnen Blättchen schmelzbar, die eisenreichen Arten schmelzen schon leichter zu schwarzem Glase. Durch Salzsäure werden sie nur wenig zersetzt, die eisenreichen Arten schon merklich.

Nach der bisher üblichen Eintheilung werden folgende Abstufungen unterschieden:

Pennin	$Sp_3At_2$ bis $Sp At$
Klinochlor	$Sp At$ > $Sp_2At_3$
Prochlorit	$Sp_2At_3$ > $Sp_3At_7$
Korundophilit	$Sp_3At_7$ > $Sp At_4$
Amesit	$Sp At_4$ > $At$

Die krystallisirten Arten finden sich auf Klüften im Grünschiefer, Chloritschiefer, Tremolitschiefer, Serpentin etc., auch auf Lagerstätten von Magnetit, Chromit. Die blätterigen und schuppigen bilden als Chloritschiefer eine Felsart.

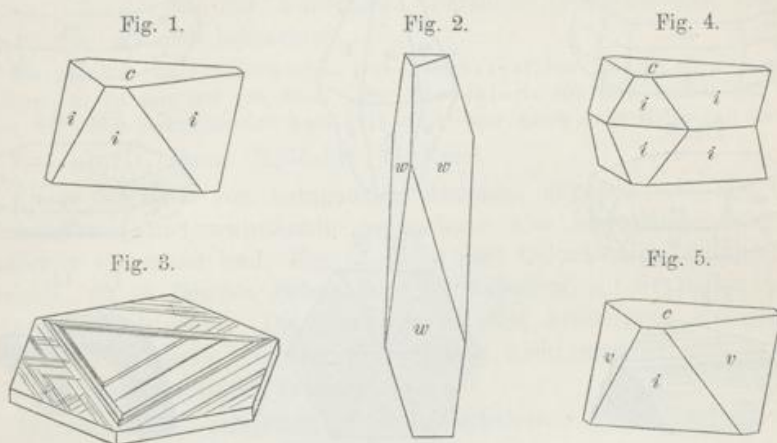
Die indirecte Bildungsweise manifestirt sich häufig durch Pseudomorphosen, welche theils Umwandlungen sind, wie jene nach Strahlstein, Granat, Olivin,

Vesuvian, Feldspath, oder Verdrängungen, wie solche nach Calcit, Fluorit, Magnetit, Eisenglanz.

Die häufigen Chlorite gehören in die ersten drei Abtheilungen.

Pennin, *Fröbel*.

Sehr bekannt sind die entenblauen Krystalle von Zermatt am Fusse des Monte Rosa, die ein rhomboëdrisches Ansehen wie in Fig. 1 und 2 zeigen. Die Flächen  $i, w$  sind horizontal gerieft. Winkel  $ci = 76^{\circ} 5'$ ,  $cw = 85^{\circ} 10'$ . Die Formen  $i$  und  $w$  der Schweizer Krystalle verhalten sich wie  $R$  und  $3R$ . Zwillinge nach



dem Gesetze: Zwillingsene die Endfläche  $c$  wie in Fig. 4 sind nicht selten. Tafelförmige Krystalle mit triangulärer treppenartiger Zeichnung durch schmale Flächen, wie in Fig. 3, kommen besonders im Zillerthal vor. Die Bildung der anscheinend rhomboëdrischen Krystalle aus monoklinen Individuen, welche die Winkel der Klinochlors besitzen, ist pag. 92 und 93 erläutert.

Viele Krystalle sind optisch positiv, andere negativ. Die Doppelbrechung erscheint so gering, dass dünne Platten noch keinen Farbenring zeigen. Das schwarze Kreuz öffnet sich oft, und man erkennt zweiaxige Theile in drei um  $120^{\circ}$  verschiedenen Stellungen, welche dem Zwillingsbau entsprechen.

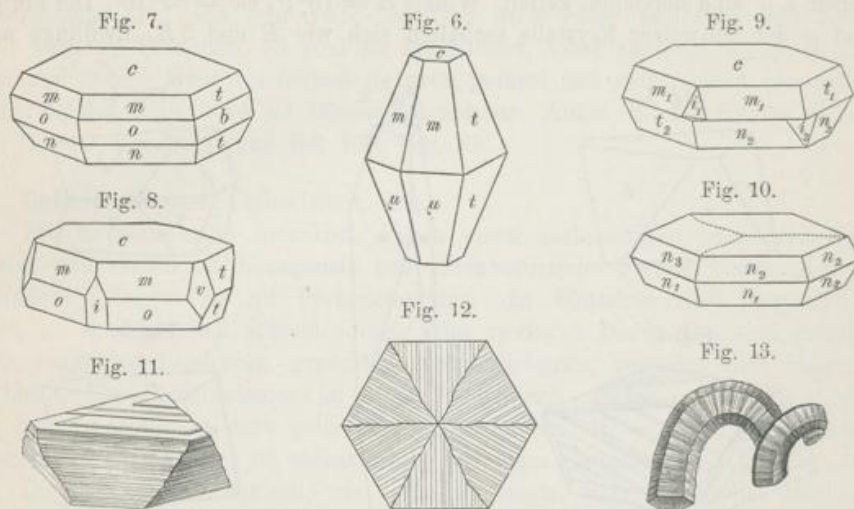
Die chem. Zus. entspricht gewöhnlich dem Verhältnis  $Sp_3At_2$  mit 34.7 Kieselerde, 14.6 Thonerde, 37.7 Magnesia, 13 Wasser, doch ist meistens ein Eisengehalt in beiden Oxydformen vorhanden. In einigen wenigen Arten ist jenes Verhältnis  $SpAt$ , nähert sich also schon jenem der folgenden Abtheilung.

Die grössten und schönsten Krystalle kommen vom Findelengletscher und von Rymfischwäng oberhalb Zermatt. Auch im Binnenthal in der Schweiz, bei Ala in Piemont und im Zillerthal in Tirol werden Krystalle gefunden. In den Chloritschiefern ist dieser Chlorit weniger häufig als der Klinochlor.

Der Kämmererit von pürsichblüthroter, bläulicher bis grüner Farbe ist chromhaltig. Seine Form ist oft anscheinend hexagonal, ähnlich wie Fig. 6. Optisch wie Pennin. Bisweilen findet man einen Kern von Kämmererit mit einer Hülle von Klinochlor in paralleler Verwachsung. In Klüften des Chromits von Texas, in Pennsylvanien, Bissersk im Gouvernement Perm, am Itkul-See bei Miask, bei Kraubat in Steiermark. Hierher gehört auch der dichte Rhodochrom. Der

gleichfalls chromhaltige Kotschubeit steht seiner Mischung nach zwischen Pennin und Klinochlor. Der Tabergit scheint eine innige Verwachsung von Pennin mit Phlogopit zu sein.

Der Pseudophit Kenngott's vom Zdarberg in Mähren, Plaben und Ckyn in Böhmen ist ein serpentinähnlicher, dichter, apfelgrüner Chlorit, ungefähr dem Pennin entsprechend, an den beiden letzten Fundorten durch Umwandlung von Feldspath gebildet. Der Pyknetrop von Waldheim in Sachsen scheint ebenfalls ein Umwandlungsproduct zu sein, das aber mit Muscovit gemengt ist. Der Loganit ist ein secundäres Mineral, das öfter Hornblendeform zeigt.



Klinochlor, *Blake* (Ripidolith, *Kobell*, Chlorit, *G. Rose*).

Die Krystalle sind öfter tafelförmig und lassen die monokline Form erkennen. An solchen sind die Flächen  $c = (001)$ ,  $t = (043)$ ,  $b = (010)$ ,  $m = (112)$ ,  $\mu = (11\bar{2})$ ,  $n = (225)$ ,  $o = (111)$  gewöhnlich. Manche Combinationen erscheinen wie hexagonale Formen, z. B. in Fig. 6, andere aber, in welchen  $i = (10\bar{1})$  und  $v = (132)$  herrschen (Fig. 5), stimmen in der Form mit den Penninkrystallen überein. Bei Westchester in Pennsylvanien kommen grosse Krystalle ungewöhnlicher Form (Fig. 11) vor.

$$\begin{aligned} \text{Winkel } oo &= 58^{\circ} 32' & mm &= 54^{\circ} 23' & ci &= 76^{\circ} 5' & co &= 77^{\circ} 53' \\ & & cn &= 61 28 & cm &= 66 3 & cv &= 75 37 & ct &= 71 46 \end{aligned}$$

$$A. V. = 0.57735 : 1 : 2.2771, \beta = 89^{\circ} 40'.$$

Zwillingsbildungen nach dem Glimmergesetze (pag. 86), dem zufolge ein Krystall gegen den anderen um  $120^{\circ}$  gedreht erscheint, kommen oft vor, häufig sind auch Drillinge nach demselben Gesetze. Dieselben haben vollkommen das Aussehen hexagonaler Krystalle. Fig. 10 stellt eine solche Verwachsung dreier Individuen dar. Die meisten Krystalle sind aus vielen Zwillingsblättchen aufgebaut. Die auf der Endfläche vorkommende Riefung Fig. 12 rührt von Zwillingsbildungen her, auch der Aufbau der wurmartigen Formen Fig. 13, wie solche in Piemont vorkommen, lässt sich durch Zwillingsbildung erklären. Das optische Verhalten ist variabel. Der Charakter ist positiv, der Axenwinkel zuweilen sehr klein, oft aber ziemlich gross, der scheinbare bis ungefähr  $90^{\circ}$ . Die A. E. parallel  $b$ ,



bald senkrecht zu dieser Fläche, die 1. Mittellinie weicht in den einfachen Krystallen von der Normalen zur Endfläche um  $6^\circ$  bis  $8^\circ$  ab.

Die chem. Zus. entspricht oft dem Verhältnisse  $Sp_2At_3$  mit 30.3 Kieselerde, 22 Thonerde, 34.8 Magnesia, 12.9 Wasser, doch ist auch hier meistens ein Eisengehalt vorhanden.

Krystalle von deutlicher Ausbildung in Gesellschaft von Granat und Diopsid kennt man von Achmatowsk am Ural, Schwarzenstein im Zillerthal, Pfitsch und Pfunders in Tirol, Zermatt im Wallis. Blättriger K. findet sich bei Traversella in Piemont, Markt Leugast in Bayern, bei Arendal etc. Die Chloritschiefer bestehen vorzugsweise aus Klinochlor. Parallele Verwachsungen von K. mit Biotit werden zuweilen beobachtet.

Der grünlich- oder gelblichweisse Leuchtenbergit von Slatoust u. a. O. gehört zum Klinochlor. Er ist fast frei von Eisen. Der Pyrosklerit von Elba scheint zum Chlorit zu gehören, der damit vorkommende Chonikrit weicht aber durch einen Kalkgehalt davon ab.

Prochlorit, *Dana* (Ripidolith, *G. Rose*).

Kleine Krystalle von hexagonalem Ansehen, ungefähr wie Fig. 6 und 7, oft kammförmig und wulstförmig verwachsen oder sechsseitige Säulchen, die wurmförmig gekrümmt sind, Fig. 13, meist aber lockerkörnige, schuppige, erdige Aggregate, oft in feinsten Schüppchen als Ueberzug auf Krystallen oder diese gleichsam durchdringend. Die Farbe ist in allen Arten grün bis schwarzgrün, der Strich seladongrün. So wie die Krystalle nicht messbar sind, erlauben sie auch keine genaue optische Prüfung.

Die chem. Zus. entspricht oft dem Verhältnisse  $SpAt_2$ , jedoch bei erheblichem Eisengehalte. Wofern Magnesiumoxyd und Eisenoxydul einander das Gleichgewicht halten, gäbe die Formel  $25.5$  Kieselerde,  $21.6$  Thonerde,  $26.6$  Eisenoxydul,  $14.9$  Magnesia,  $11.4$  Wasser. Derlei eisenreiche Arten hat Breithaupt als Onkoit, die eisenärmeren als Lophoit bezeichnet.

Der Pr. findet sich selten in einigermaassen deutlichen Krystallen oder blättrigen Aggregaten, meist aber in schuppig-körnigen Anhäufungen, welche Nester im Gneiss, Granit, Chloritschiefer bilden oder Spalten in diesen Felsarten, auch in älteren Thonschiefern, füllen. Solche Massen umhüllen oft Bergkrystall, Apatit, Albit, Fluorit. Die grünen staubartigen Ueberzüge auf Drusen von Adular, Bergkrystall, Periklin, auf Krystallen von Titanit etc. sind Pr. Beispiele geben viele Vorkommen in den österreichischen, Schweizer und französischen Alpen. Die wurmförmig gekrümmten und gewundenen kleinen Säulchen, welche oft in derlei Krystallen eingeschlossen vorkommen und von Volger als Helminth bezeichnet wurden, gehören grösstentheils dem Pr. an. Der schuppige bis erdige Pr. ist bisweilen stenglig abgesondert und findet sich nicht selten auf Gängen und Eisenerzlagerstätten, wie in Cornwall, bei Arendal, Sala etc.

Die Chlorit-Pseudomorphosen nach Strahlstein, Granat, Calcit bestehen gewöhnlich aus Prochlorit. Es scheint, dass auch die Verdrängung von Quarz und Feldspathen durch Pr. vorkommt.

Der Grochaut gehört zum Prochlorit. Der Korundophyllit von Chester in Mass., dem Klinochlor ähnlich, gibt das Verhältnis  $SpAt_4$ . Der Amesit von ebendaher besteht fast nur aus der Verbindung  $At$ .

ochlor.

öhmen  
in den  
p von  
useovitnnen.  
(112),  
einen  
) und  
tallen  
wöhn-e ein  
äufig  
n das  
dreier  
auf-  
lings-  
he in  
tische  
sehr  
llet b,

Jene Chlorite, welche in der chem. Zus. vom Orthochlorit abweichen, werden vom Autor als Leptochlorite zusammengefasst. Dieselben sondern sich in zwei Reihen:

Zur ersten gehören: Chamosit, ein grünes, dichtes Mineral, welches zugleich mit Magnetit in oolithischen Eisenerzen bei Chamoson in Wallis, im Maderanerthal, in der Silurformation Böhmens verbreitet ist. Diabantit, Aphrosiderit, schwärzlich grün, derb, schuppig bis feinkörnig. Delessit ebenso und auch radialstengelig oder erdig, als Ausfüllung von Mandelräumen in Melaphyr vorkommend, Rumpfit, feinkörnig, grünlich weiss. Die chem. Zus. dieser Chlorite leitet sich von jener der Orthochlorite ab durch theilweisen Ersatz von  $MgOH$  durch  $H$  oder  $Mg$ .

Zur zweiten Reihe gehören: Strigovit, dunkelgrün, dicht, in Granit bei Striegau, mit dem Verhältnis  $At. SiO_2$  bei grossem Eisengehalte. Cronstedtit, rabenschwarz, die Krystalle von anscheinend rhomboëdrisch-hemimorpher Gestalt, wie die Spitzen des steilen Penninrhomböders *w* aussehend und mit gleichen Winkeln wie diese. Lostwithiel in Cornwall, Kuttenberg in Böhmen, bei Příbram stengelige Aggregate. Chem. Zus. dem Verhältnis  $At_2 SiO_2$  entsprechend bei fast völligem Ersatz des Magnesiums und Aluminiums durch Eisen. Thuringit, derb, olivengrün, gehört zum vorigen, ist ärmer an Eisen. Metachlorit, dem vorigen ähnlich, steht zwischen diesem und Klinochlor. Ob der dem Cronstedtit ähnliche Stilpnomelan von Zuckmantel, Weilburg, Nordmark hierher gehört, ist noch zweifelhaft.

Zwischen die Chlorite und Glimmer kann die Gruppe der Sprödglimmer (Clintonitgruppe) gestellt werden, welche Silico-Aluminate umfasst. Durch die grössere Härte bis 6 weicht sie schon aus der Reihe der Hydrosilicate. (S. Aut. und Sipőcz, Zeitschr. f. Kryst. Bd. 3, pag. 496.)

Der Chloritspath (Chloritoid), dunkellauchgrüne bis schwarzgrüne, blätterige oder schalige, spröde Massen im Quarz bei Pregratten in Tirol, in körnigem Kalk bei Katharinenburg im Ural, sonst auch in halbkristallinen Schiefen,  $H_2 FeAl_2 SiO_7$ . Zugehörig sind der Sismondin, der Masonit, Ottrelith, welcher letztere Schuppen im Thonschiefer von Ottrez an der belgischen Grenze, in den Pyrenäen u. a. O. bildet.

Der Xanthophyllit (Walnewit) von Achmatowsk, der Brandisit vom Monzoni etc., der Seybertit (Clintonit) von Amity können als Mischungen von  $H_2 CaMg_4 Si_3 O_{12}$  und einem Aluminat  $H_2 CaMgAl_4 O_{12}$  betrachtet werden. Sie zeigen monokline tafelförmige bis kurz säulenförmige gelbe, grüne, braune Krystalle oder blätterige Aggregate mit vollk. Spaltb. nach der Endfläche. Verwandt ist vielleicht der Astrophyllit von Brevig und aus Colorado.

Der Margarit (Perlglimmer, Kalkglimmer), farblos, weiss, grau, bildet vollk. spaltbare, monokline, spröde Blättchen. Optisch wie Muscovit, jedoch  $\rho < \nu$ . Zus.  $H_2 CaAl_4 Si_2 O_{12}$ . Durch einen constanten Gehalt an Natrium zeigt sich die nahe Verwandtschaft mit den Glimmern. Greiner im Zillerthal, Naxos, Chester in Massachusetts u. a. O.

Korundellit, Clingmannit, Emerylith, Diphanit, Dudleyit sind alle Margarit.

#### Glimmergruppe.

Durch die sehr vollk. Spaltb. nach einer Fläche  $c = 001$  ausgezeichnet. Die Blättchen sind elastisch. Alle Glimmer sind monoklin, die Form ist aber öfter einer hexagonalen ähnlich. Die nicht selten vorkommenden Zwillingsbildungen erfolgen gemäss der Regel, dass die Einzelkrystalle die Endfläche 001 gemein haben und die horizontalen Kanten  $001 : 110$  und  $001 : 010$  wechselweise parallel sind (pag. 86). Die Härte liegt zwischen 2 und 3. Alle Glimmertafeln liefern als Schlagfigur einen sechsstrahligen Stern, aus drei Trennungslinien bestehend. Eine davon ist parallel der Symmetrieebene, die beiden anderen den Kanten von  $c$  mit  $110$  und  $1\bar{1}0$ . (Fig. 6 bei Muscovit und Meroxen.) Beim Drücken mit einer stumpfen Spitze bilden sich nach Bauer Trennungen, welche gleichfalls einen sechsstrahligen Stern liefern. (Punktirte Linien in jenen Figuren.) Diese Linien sind um je  $30^\circ$  von den vorigen verschieden gelagert, indem eine senkrecht zur Symmetrieebene, die beiden anderen senkrecht zu den Prismenflächen gerichtet sind.

Optisch sind die Glimmer darin gleichartig, dass die Spaltungslamellen aller Gattungen Axenbilder geben, und dass die 1. Mittellinie, welche sich beiläufig senkrecht gegen  $c$  richtet, negativ ist. Dabei erscheint aber die A. E. in den einen senkrecht zur Symmetrieebene  $b$  (Glimmer erster Art), in den anderen parallel derselben (Glimmer zweiter Art nach Reusch). Da eine der drei Schlaglinien immer parallel  $b$  ist, so liegt in den G. 1. Art die A. E. senkrecht zu einer Schlaglinie, in denen 2. Art aber parallel zu einer solchen, woraus ersichtlich, dass man, ohne den Krystallumriss zu kennen, beide Fälle unterscheiden kann.

In chemischer Beziehung sind alle Glimmer so weit gleich, dass darin durchwegs ein alkalihaltiges Alumosilicat vorhanden ist. Demgemäss geben sie alle eine deutliche Flammenfärbung. Sie schmelzen meist etwas schwierig zu Email. Ein Theil der Glimmer enthält auch ein Magnesium-, resp. Eisensilicat. Die Nachahmung von Glimmern ist mehreren Forschern gelungen.

Der Unterschied von den Chloriten liegt zum Theil in der Elasticität der Blättchen und wesentlich im Alkaligehalte. (Lit. Aut. Sitzungsber. Ak. Wien, I. Abth., Bd. 76 u. 78, Zeitschr. Kryst., Bd. 2, pag. 14, Bd. 3, pag. 122. Bauer, Zeitschr. geol. Ges., Bd. 26, pag. 137. Kokshearow, Mem. Akad. Petersb., 7. sér., T. 24, Nr. 9. Rammelsberg, Ann. Chem. Phys., N. F., Bd. 9.)

a) Muscovitreihe.

**Muscovit**, Dana (Kaliglimmer).

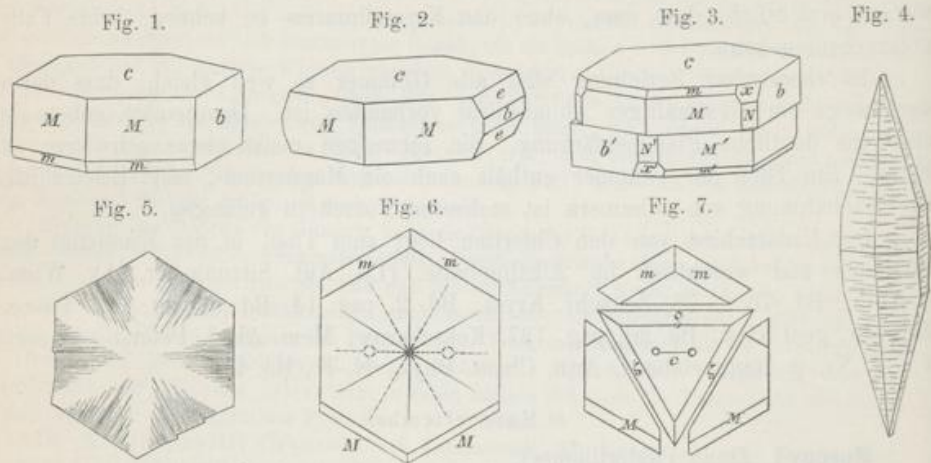
Die Krystalle sind gewöhnlich tafelförmig, mit rhombischem, bisweilen regelmässig sechsseitigem Umriss. Wenn die Seitenflächen deutlich ausgebildet sind, so ist die monokline Symmetrie zu erkennen. Ausser der Endfläche  $c = (001)$  bemerkt man dann häufig  $M = (110)$ ,  $m = (11\bar{1})$ ,  $b = (010)$ , auch  $e = (011)$  und zuweilen  $x = (13\bar{1})$ ,  $N = (130)$ . Zwillingsbildungen kommen oft vor, zumeist in der Modification, dass die Individuen statt an der Zwillingsenebene an  $c$  verwachsen sind, also übereinander liegen, Fig. 3. Vergl. pag. 88, Winkel  $(110) MM = 59^\circ 49'$ ,  $cM = 85^\circ 36'$ ,  $cm = 001 : 111 = 81^\circ 39'$ . A. V. =  $0.5774 : 1 : 2.217$ ,  $\beta = 84^\circ 55'$ .

Optisch ein Glimmer 1. Art. Fig. 6. Der Axenwinkel ist ziemlich gross in den normal zusammengesetzten, der scheinbare ungefähr  $70^\circ$ . Man hat also im Konoskop die beiden Axenbilder im Gesichtsfelde, daher Spaltblättchen von Muscovit ein bequemes Beispiel für optisch zweiaxige Lamellen sind. Die 1. Mittellinie weicht von der Normalen auf 001 nach rückwärts um nur Weniges, etwa  $1^\circ$  ab. Es ist  $\rho > \nu$ . Brq. 1.5609, 1.5941, 1.5997 für Na-Licht nach Kohlrausch. Manche Muscovite sind farblos, die meisten aber blassgelb, blassgrün bis grau, grün und braun, dünne Blättchen sind immer nur blass gefärbt. Der Pleochroismus ist gering. Die Aetzfigur auf (001) ist pag. 144 angegeben. An einigen Arten ist ein Asterismus zu bemerken, welcher von feinen nadelförmigen Einschlüssen herrührt, vergl. pag. 115. G. = 2.76 bis 3.1.

Die chem. Zus. entspricht der Formel  $KH_2Al_3Si_3O_{12}$  oder  $K_2O \cdot 2H_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$  mit 45.3 Kieselerde, 38.4 Thonerde, 11.8 Kali, 4.5 Wasser. Abweichungen von der normalen Zusammensetzung werden dadurch hervorgebracht,

dass etwas von einem Magnesiumglimmer, Natriumglimmer oder einem kieselreicheren und fluorhaltigen Glimmer beigemischt ist. Beim Schmelzen gibt der M. ein weisses Email, beim Erhitzen im Kölbchen etwas Wasser. Durch Salzsäure oder Schwefelsäure wird er nicht zersetzt.

Der krystallisirte M. findet sich in sitzenden Krystallen, wie Fig. 1 und 3, auf Klüften in Granit, Gneiss, Adular, Albit, Bergkrystall, wie am Gotthardt, im



Zillerthal, auch in Hohlräumen des Granits, wie bei San Domingo in Brasilien, im Mournegebirge in Irland, bei Nertschinsk, Ochotzk, Pargas etc. Manche solcher Krystalle zeigen eine Fältelung senkrecht zu den Seitenkanten: Fig. 5. Eingeschlossene Krystalle, wie in Fig. 2 und 4, kommen in grobkörnigen Ausbildungen von Granit und Gneiss vor. Am östlichen Ufer des Ilmensees haben die im Granit vorkommenden Krystalle sehr spitze Formen, blos von *M* und *m*, auch *b* gebildet, Fig. 4.

Grosse Tafeln beobachtet man in New-Hampshire bei Acworth und Grafton, in New-York, bei Warwick. In manchen solchen Vorkommen sieht man flache Krystalle von Turmalin, Granat, Quarz von Papierdünne zwischen den Lamellen eingeschaltet, in jenem von Pennsbury in Pennsylvanien gestrickten Magnetit von ausserordentlicher Dünne. Die ungewöhnlich grossen, tafelförmigen Stücke, welche aus Sibirien, gegenwärtig aber meistens aus Ostindien in den Handel gebracht werden, verarbeitet man zu Schutzbrillen der Feuerarbeiter, Ofenfenstern, Lampencylindern etc., da die Tafeln in der Hitze nicht springen.

An den Glimmertafeln bemerkt man zuweilen Trennungen, entsprechend den Rissen der Druckfigur, indem natürliche Trennungsfächen auftreten, wovon eine  $\rho = 102$ , die beiden anderen  $\zeta = 133$  und  $\zeta = 133$  sind. In Fig. 7 sind sie schematisch dargestellt. Als man diese Druckflächen, welche von Verschiebungen der einschliessenden Gebirgsmasse herrühren, noch nicht kannte, gaben derlei Stücke zu Irrungen Veranlassung. Beobachter, welche bemerkten, dass die A. E. einer Seitenkante parallel sei, glaubten einen Glimmer 2. Art vor sich zu

haben. Daher die ältere Angabe, dass die optische Orientirung im Muscovit nicht constant sei. Trennungen im Sinne der Schlagfiguren kommen bloß untergeordnet vor.

Der Muscovit ist ein wesentlicher Gemengtheil vieler Granite, Gneisse und Glimmerschiefer, theils allein, theils in Gesellschaft seines nächsten Verwandten, des Meroxens. Im Glimmerschiefer und Gneiss erscheinen beide schuppig. Auch in anderen krystallinischen Schiefen, im körnigen Kalkstein und Dolomit ist der Muscovit sporadisch vorhanden. In den jüngeren Eruptivgesteinen fehlt er gänzlich. Er ist der vulkanischen Bildung fremd.

In den alten Silicatgesteinen kommen öfter Pseudomorphosen vor, welche die Entstehung von Muscovit aus anderen thonerdereichen Mineralen erkennen lassen. Diese Bildungen bestehen bald aus blättrigem, bald aus dichtem, specksteinähnlichem M. Jene nach Andalusit und Disthen sind sehr bekannt, auch solche nach Korund wurden von Genth beschrieben. Die Feldspathe und deren Verwandte liefern derlei Producte nicht selten. Hierher gehören die Pseudomorphosen nach Skapolith (welche als Micarell bezeichnet wurden), nach Eläolith (als Gieseckit und Liebenerit bekannt). Die Ps. nach Orthoklas, auch nach Plagioklasen werden öfter im Granit und Gneiss, zuweilen auch in Porphyren beobachtet. Es wurde schon früher (pag. 472) bemerkt, dass bei der Umwandlung der Alkali-Feldspathe zu Glimmer Kieselsäure ausgeschieden werde, die sich in den Pseudomorphosen oft als Quarz wiederfindet. Die Minerale der Granatgruppe liefern auch öfter derlei Pseudomorphosen. Man kennt solche nach Turmalin, Granat, Beryll, Cordierit. Letztere Pseudomorphose ist zum Theil als Pinit bezeichnet worden, doch sind die Cordierit-Pseudomorphosen meist Gemenge, die verschiedene Namen erhalten haben (pag. 492).

Da die Substanz des Muscovits häufiger als alle verwandten aus verschiedenen Verbindungen entsteht, so ist zu schliessen, dass dieselbe unter allen ähnlichen am schwersten löslich sei. Demgemäss ist in vielen Mineralen und Mineralgemengen gleichsam eine Neigung zur Bildung von Muscovit anzunehmen.

In den sedimentären Felsarten ist der Muscovit auf secundärer Stätte weit verbreitet. Die Blättchen im Thonschiefer, Sandstein und Sand, im Löss und Mergel rühren aus den alten Silicatgesteinen her. In den halbkrySTALLINISCHEN Phylliten und Grauwacken sind aber, wie schon Bischof annahm und wie es die mikroskopische Untersuchung wahrscheinlich macht, auch neugebildete Glimmer und Quarze vorhanden, die von Feldspath abzuleiten sind. Es ist demnach anzunehmen, dass die Umbildung der Feldspathe einer allmählig fortschreitenden Entwicklung entspreche.

Der Muscovit widersteht sehr kräftig den chemischen Angriffen, und er wird nur dort, wo Gesteine wie Granit und Gneiss der Verwitterung ausgesetzt sind, mit dem Feldspath in die Umwandlung zu Kaolin einbezogen.

Der dichte specksteinähnliche Muscovit wurde lange Zeit für eine besondere Gattung angesehen. Der noch etwas feinschuppige, welcher als Grundmasse von Disthen und Staurolith im Departement Morbihan und als Pseudomorphose nach Disthen in den Tauern, in Norwegen etc. vorkommt, wurde von Delesse als *Damorit*, jener von gelblicher oder grünlicher Farbe, welcher in Phylliten und halbkrySTALLINISCHEN Sandsteinen in Lagen und Flasern, sowie auch gleichförmiger vertheilt vorkommt, von List *Sericit* genannt. Feinschuppiger M. wurde als *Gilbertit*



iesel-  
t der  
Salz-  
nd 3,  
t, im  
g. 4.  
silien,  
lanche  
fig. 5.  
Aus-  
haben  
nd m,  
rafton,  
flache  
mellen  
agnetit  
stücke,  
Handel  
stern,  
nd den  
n eine  
nd sie  
ungen  
derlei  
A. E.  
ich zu

bezeichnet. Talkähnlicher Glimmer in manchem Granit (Protogyn) und schiefriger wurden als Talk und Talkschiefer bezeichnet, doch lässt sich der Unterschied v. d. L. constatiren.

Didymit, Amphilogit, Adamsit sind Namen für einzelne Arten. Der Onkosin scheint hauptsächlich dichter Muscovit zu sein. Derbe Muscovite, in welchen ein dem Margarit analoges Ba-Silicat in geringer Menge beigemischt zu sein scheint, wurden als Oellacherit (Baryumglimmer) bezeichnet. Der Fuchsit ist nach Schafhäütl etwas chromhaltig, ebenso der Chromglimmer. Der Roscoolith Blake's ist ein Glimmer, der viel Vanadin enthält.

Für jene Muscovite, welche einen höheren Si-Gehalt aufweisen, z. B. solche von Freiberg in Sachsen, Soboth in Steiermark, hat der Autor den früher von Kobell für Muscovit gebrauchten Namen Phengit wieder verwendet. Das kieselreichere Silicat in jenen Glimmern scheint dem Lepidolith analog zu sein.

Paragonit (Natronglimmer, Cossait). Die physikalischen Eigenschaften sind fast ganz dieselben wie bei dem Muscovit, auch die chem. Zus. ist analog  $\text{NaH}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}$ . Bisher wurde dieser Glimmer nur derb in feinschuppigen bis dichten Massen gefunden. Er bildet die Matrix der schönen Säulchen von Cyanit und Staurolith bei Faido im Tessin und auf Syra.

Der Pregrattit gehört zum Paragonit, der Margarodit und Euphyllit sind Gemenge oder Mischungen von Paragonit, Muscovit und etwas Margarit.

#### Lepidolith, Klaproth (Lithionglimmer z. Th.).

Messbare Krystalle wurden bisher nicht gefunden, jene unvollkommenen von Elba haben das Ansehen des Muscovits, mit welchem dieser Glimmer in der Schlagfigur und im optischen Verhalten genau übereinstimmt. Farblos bis pfirsichblüthroth, letztere Farbe von einem sehr geringen Mangangehalt.  $G. = 2.8$ .

Chem. Zus.  $F_2 K Li Al_2 Si_3 O_9$ , was 49.3 Kieselerde, 27.8 Thonerde, 12.8 Kali, 4.1 Lithion, 10.4 Fluor fordert, jedoch wird *Li* theilweise durch *Na* und *F* theilweise durch *OH* ersetzt. V. d. L. schmilzt der L. unter Aufwallen sehr leicht zu weissem Email, wobei die Flamme roth gefärbt wird. Durch Säure wird er im ursprünglichen Zustande nicht angegriffen, die Schmelze wird aber vollkommen zerlegt.

Der L. findet sich nur an wenigen Punkten im Granit, gewöhnlich mit fluorhaltigen Mineralen: Topas, Turmalin. Auf Elba in sitzenden Krystallen. Bei Rožena in Mähren derb, feinkörnig, pfirsichblüthroth. In diesem fand Bunsen Rubidium und Cäsium in kleinen Mengen. Gröber körnig bei Penig in Sachsen, Paris in Maine, Katharinenburg im Ural.

Der Zinnwaldit, (Lithionit, Kobell; Lithionglimmer z. Th.) ist grau, gelblich, braun, dunkelgrün, die Krystalle haben oft einen regelmässig sechsseitigen Umriss und bieten Zwillingsbildungen dar, wie der Muscovit. Gewöhnlich sind sie gefältelt (wie in Fig. 5 bei Muscovit), fächerförmig oder fassförmig vereinigt, die Seitenflächen matt, gerieft. Die Winkel und das optische Verhalten wie bei Meroxen, jedoch mit ziemlich grossem Axenwinkel.  $G. = 2.9$  bis  $3.1$ . Chem. Zus.  $F_2 K_2 Al_2 Si_3 O_9$ , jedoch mit Li und mit einer Beimischung des Eisensilicates  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  zu ungefähr 20 Percent. V. d. L. schmilzt er sehr leicht zu dunkelgrauer Perle unter Rothfärbung der Flamme. Auf den Zinnerzlagertstätten bei Zinnwald und Altenberg und in Cornwall.

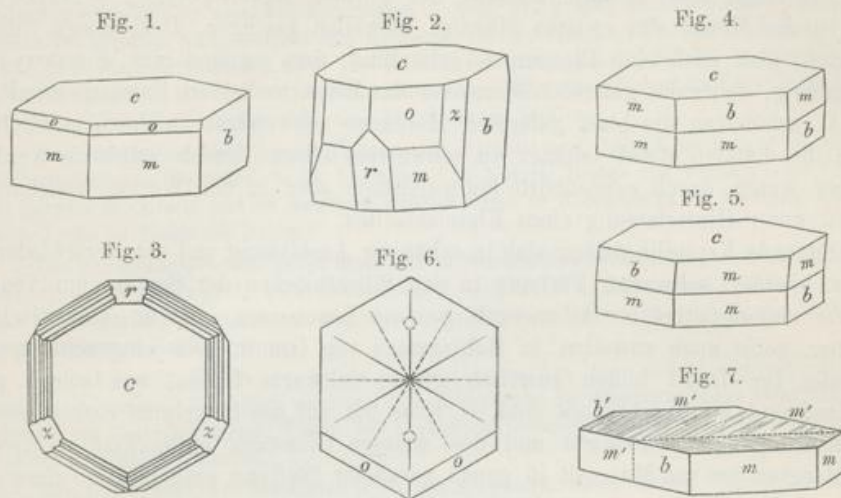
Der Rabenglimmer Breithaupt's ist ein dunkelgrauer Zinnwaldit, der Kryophyllit Cooke's ist dem Z. verwandt, der Cookeit dem Lepidolith nahestehend.

#### b) Biotitreihe (Magnesiaglimmer).

##### Meroxen, Breithaupt.

Die Krystallform ist besonders an den vesuvischen Glimmern gut zu erkennen. Dieselbe ist monoklin, obwohl manche Krystalle rhomboëdrische oder

hexagonale Symmetrie nachahmen. Die Winkel sind dieselben wie beim Muscovit, wonach eine Isomorphie beider, wie überhaupt aller Glimmer anzunehmen ist. Gewöhnliche Flächen sind  $c = (001)$ ,  $b = (010)$ ,  $o = (111)$ ,  $m = (\bar{1}\bar{1}1)$ ,  $z = (131)$ ,  $r = (101)$ , selten ist  $M = (110)$ , Winkel  $co = 73^\circ 2'$ ,  $cM = 85^\circ 38'$ ,  $cm = 001 : \bar{1}11 = 81^\circ 19'$ ,  $\beta = 84^\circ 57'$ . A. V. wie Muscovit.



Die Flächen  $m$  und  $o$  und andere derselben Zone wechseln häufig treppentartig, so dass keine derselben herrschend ist, wogegen die Flächen  $r$  und  $z$  eben erscheinen. Dies bringt ein rhomboëdrisches Ansehen hervor, Fig. 3, und da  $r$  und  $z$  mit  $c$  denselben Winkel von  $80^\circ$  bilden, so ist es erklärlich, dass der M. früher als rhomboëdrisch galt. Dazu kam noch der Umstand, dass der Winkel der optischen Axen öfter beinahe Null ist. Einaxiger Glimmer und Magnesiaglimmer war demnach früher die gemeinschaftliche Bezeichnung für diesen und alle Glimmer der Biotitreihe.

Der M. ist ein Glimmer 2. Art, Fig. 6, und es ist  $\rho < \nu$ . Die 1. Mittelnie weicht von der Normalen auf  $c$  nur wenig ab. Der Axenwinkel ist gewöhnlich klein, der scheinbare wurde jedoch bis zu  $56^\circ$  beobachtet. Die Farben sind blassgelb, blassgrün bis dunkelgrün, dunkelbraun und tiefschwarz. Der Pleochroismus ist in den entschieden gefärbten ausserordentlich stark. Allerdings geben Spaltblättchen fast gar keinen Unterschied im Dichroskope, aber Schnitte senkrecht gegen die Fläche  $c$  oder auch nur schief dagegen, wie solche in den Gesteinsdünnschliffen häufig vorkommen, liefern meist so verschiedene Bilder, z. B. gelb und braunschwarz, dass der Unterschied noch greller ist als bei der Hornblende.

Zwillingsbildungen sind häufig, nach demselben Gesetze wie bei dem Muscovit. Man kann unter denjenigen Zwillingen, welche die Individuen über einander gelagert zeigen, zweierlei unterscheiden, indem die einen die Flächen 001 gegen einander kehren, Fig. 4, oder 001 einander zukehren, Fig. 5, Zwillinge

wie in Fig. 7 kommen seltener vor. Die Schlagfiguren und Druckerscheinungen sind im allgemeinen so wie bei dem Muscovit. Zerdrückte Exemplare, welche wie der mittlere Theil der Fig. 7 bei Muscovit aussehen, wurden für rhomboëdrisch gehalten. Die Aetzfigur auf (001) ist regelmässig sechsseitig.  $G. = 2.8$  bis  $3.2$ .

Die chem. Zus. entspricht häufig der Formel  $K_2HA1_3Si_3O_{12} \cdot 3Mg_2SiO_4$ , doch ist die Menge des zweiten Silicates bisweilen geringer. Dem ersten Silicat entspricht aber auch eine Eisenoxyd-Verbindung, dem zweiten eine Eisenoxydul-Verbindung, daher die gefärbten Meroxene das Eisen in beiden Formen enthalten. V. d. L. schmelzen die blass gefärbten Meroxene schwieriger zu einem gelblichen Glase, die dunklen etwas leichter zu schwarzem Glase. Durch Salzsäure werden alle nur wenig, durch concentrirte Schwefelsäure aber in der Wärme vollständig zersetzt unter Hinterlassung eines Kieselskelettes.

Sitzende Krystalle finden sich in schönster Ausbildung und von verschiedener gelber, brauner, schwarzer Färbung in den Silicatblöcken der Somma am Vesuv, weniger mannigfaltige im Albanergebirge, am Laachersee, also an vulkanischen Punkten, sonst auch zuweilen in Hohlräumen von Granit. Die eingeschlossenen Krystalle im Granit bilden zuweilen grosse schwarze Tafeln, wie solche aus Grönland und Sibirien bekannt sind. G. Rose hat auf die manchmal vorkommende Verwachsung des schwarzen und des weissen Glimmers aufmerksam gemacht. Der Meroxen ist von Muscovit in genau paralleler Stellung umgeben, so dass die Spaltung ohne Unterbrechung durch beide geht.

Die eingeschlossenen Krystalle, Blättchen und Schuppen von Meroxen bilden einen wesentlichen Gemengtheil mehrerer Gesteine, und zwar theils solcher, in denen auch Muscovit vorkommt, wie Granit, Gneiss, Glimmerschiefer, theils auch anderer Massengesteine, wie Syenit, Glimmerdiorit, Porphyr bis zu den jüngsten Eruptivgesteinen, Trachyt, Andesit etc. Er ist ausserdem accessorisch in den meisten der übrigen krystallinischen Silicatgesteine vorhanden, hat also eine ausserordentliche Verbreitung.

In den älteren Felsarten werden öfter secundäre Bildungen gefunden. Man kennt Pseudomorphosen von Meroxen nach Skapolith, Granat, auch in den Cordierit-Pseudomorphosen ist er enthalten. Die wichtigste Erscheinung ist aber das Auftreten als Umwandlungsproduct nach Augit in älteren Tuffen und Porphyr-gesteinen, ebenso nach Hornblende in Granit, Gneiss, Andesit etc. Im Centralgneiss der Tauern erscheint der ganze darin enthaltene Meroxen als eine secundäre Bildung in der Form der Hornblende.

In die sedimentären Gesteine geht der M. blos in beschränkter Menge über, da er weder die Zähigkeit des Muscovits, noch dessen Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse besitzt. Demnach gelangen in den Thon, Sand, Sandstein fast nur die Zersetzungsproducte.

Da der Meroxen ein dem Olivin entsprechendes Silicat enthält, so ist die Veränderlichkeit desselben erklärlich. In der That liefert er überall dort, wo er der Verwitterung ausgesetzt ist, morsche und weiche Producte, wie den Rubellan, welcher in Basaltuff, den Voigtit, Aspidolith, Helvetan, Eukamptit etc. welche in Granit und Gneiss vorkommen und bisweilen für Chlorit gehalten



werden. Hallit, Rastolyt sind auch derlei Bildungen. Das Endresultat ist ein roth oder braun gefärbter erdiger Silicatrest.

Der Phlogopit, meist von rother und rothbrauner, sonst auch von grüner oder blasser Färbung, ist zuerst von Breithaupt unterschieden worden. Krystallographisch und optisch ist er dem Meroxen gleich, sehr oft mit einem Axenwinkel von beiläufig  $15^\circ$ . Zwillingbildungen wie bei den übrigen Glimmern, doch kommen solche wie in Fig. 7 (bei Meroxen) öfter vor. Ein Asterismus zeigt sich an manchen Exemplaren (s. pag. 115 u. 150). Charakteristisch ist das Vorkommen im körnigen Kalk, Dolomit und Serpentin, bei den rothen und braunen auch der Fluorgehalt. Der Ph. zeigt nämlich zwar eine Zusammensetzung, welche der des Meroxens ähnlich ist, jedoch entspricht das Kalium-Aluminiumsilicat dem Lepidolith. Daher die Verwandtschaft mit Zinnwaldit. Viele Ph. enthalten auch eine kleine Menge Lithium.

Fast farblos bei Rezbánya, rothbraun mit Pargasit und Diopsid bei Pargas in Finland, grün und braun im Fassathal, in St. Lawrence Cty, Natural Bridge und Penneville in Jefferson Cty, Burgess in Ontario und an mehreren anderen Orten in Nordamerika in körnigem Kalk, bei Campo longo im Tessin im Dolomit.

Die Zersetzungsproducte haben besonders in Nordamerika Veranlassung zu Namenbildungen gegeben, wie Vermiculit, Protovermiculit, Jefferisit, Culsageeit, Philadelphit. Diese Veränderungsproducte, sowie die zersetzten Meroxene zeigen oft v. d. L. ein Aufblättern und wurmförmige Krümmung.

Der Anomit des Autors ist ein Glimmer erster Art, also eine Ausnahme unter den Magnesiumglimmern. Er enthält von dem Aluminiumsilicat des Meroxens etwas mehr als dieser. Krystalle am Baikalsee, grosse Tafeln bei Greenwood founace, bei Monroe, blättrig im Gneiss bei Krems in Niederösterreich.

Der Lepidomelan Hausmann's ist ein schwarzer, durch hohen Eisenoxydgehalt ausgezeichnete Glimmer. Der Pterolith Breith. scheint demselben verwandt. Der Haughtonit soll besonders viel Eisenoxydul enthalten. Der Manganophyll von Pajsberg ist ein manganreicher Biotit.

Die Grünerde (Seladonit), welche zuweilen in Pseudomorphosen nach Augit und öfter als erdige Kruste oder Füllung von Hohlräumen in veränderten Tuffen und Mandelsteinen vorkommt, scheint, nach der chem. Zus. zu schliessen, hierher zu gehören. Sie wurde bisweilen als grüne Farbe benützt.

Der Glaukonit, welcher kleine, grüne, rundliche Körner, in der Form dem Schiesspulver ähnlich, in Mergel, Thon, Sand und Sandstein bildet und auch als zerreiblicher Grünsand erscheint, ist ein wasserhaltiges Kaliumeisenoxydsilicat. Der Kaligehalt macht ihn zu einem der Vegetation dienlichen Mineral, daher die Verwendung als Kalidünger. (Gümbel, Sitzb. bayr. Akad. 1886, pag. 417.)

#### Thongruppe.

Weiche, meist erdige, krystallinische und amorphe Minerale, die wesentlich nur Kieselerde, Thonerde und Wasser enthalten. Mit Kobaltlösung befeuchtet und geglüht, werden die reineren blau. Sie bestehen öfter aus einem Gemenge mehrerer Verbindungen dieser Gruppe oder enthalten eine Beimischung anderer Minerale, daher die Classification oft schwierig wird.

#### Kaolinit, Johnston und Blake.

Selten in kleinen Krystallen von monokliner Form, woran  $c = (001)$ ,  $b = (010)$ ,  $m = (110)$ ,  $n = (11\bar{1})$ ,  $cm = 84^\circ 5'$ ,  $cn = 78^\circ 8'$ . A. V. = 0.5748 : 1 : 1.5997,  $\beta = 83^\circ 11'$ . Derlei kleine Krystalle wurden bei Anglesea und in Colorado gefunden. Bisweilen ist der K. blättrig, öfter dicht, meist erdig und locker. Weiss, röthlich, gelblich, grünlich. G. = 2.2 bis 2.6.

Chem. Zus.:  $H_4Al_2Si_2O_9$  oder  $2H_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ , entsprechend 46.4 Kieselerde, 39.7 Thonerde, 13.9 Wasser. V. d. L. unschmelzbar, durch Salzsäure oder concentrirte Schwefelsäure wenig zersetzbar. Man unterscheidet:

**Nakrit**, krystallinisch, in optisch zweiaxigen Blättchen von hexagonalem Umriss, nach der Endfläche spaltbar. Die Blättchen sind oft fächerartig gruppirt, durchscheinend, im polarisirten Lichte dem Muscovit ähnlich, jedoch nach Descloizeaux eine Drillingsbildung zeigend (vergl. Fig 10 bei Klinochlor). Perlmutterglänzend. H. = 1. G. = 2.627 in reinen Blättchen. Auf Erzgängen bei Freiberg, Marienberg in Sachsen.

**Steinmark**, dicht, oft härter wie der vorige. H. = 2..3. Kommt nierförmig und krummschalig oder derb und eingesprengt, in Trümmern und Nestern vor. Weiss, gelblich, auch fleischroth, fettig anzufühlen. Im Porphyr von Rochlitz in Sachsen (Myelin und Carnat Breithaupt's), bei Szászka im Banat u. a. O.

**Kaolin** (Porzellanerde), erdig, locker, zerreiblich, mager anzufühlen, im feuchten Zustande plastisch. G. = 2.51. U. d. M. erscheinen die Theilchen flockig, doch nach Knop zeigen sich zuweilen sechsseitige Blättchen, wie im Steinmark und Nakrit. Durch Säure stärker zersetzbar als die vorigen.

Der Kaolin findet sich als Pseudomorphose nach Feldspath, nach Skapolith, Beryll, Topas, im grossen Maasstabe als Verwitterungsproduct Feldspath-führender Gesteine. Bei Karlsbad in Böhmen, Schneeberg in Sachsen, St. Stephans in Cornwall sind die Kaolinlager aus dem unterhalb anstehenden Granit, bei Yrieux, südlich Limoges in Frankreich, aus Gneiss entstanden. Oefter findet man noch Feldspathreste darin. Der Quarz wird abgeschlämmt.

Den Namen Kaolin haben wir von den Chinesen, welche das Porzellan zuerst erfanden. In Europa wurde das Verfahren 1706 von dem Goldmacher Böttger neuerdings entdeckt, nachdem bei Aue in Sachsen zum erstenmale ein Kaolinlager, die sogenannte Schnorr'sche Erde, gefunden worden war. Zur Bereitung des Porzellans dient nicht nur der Kaolin, welcher eine poröse Masse liefern würde, sondern es ist die Beimischung von gepulvertem Orthoklas oder auch von Quarz und Gyps erforderlich.

Der **Thon** ist ein Gemenge, welches nur zum Theil aus Kaolin, zum Theil aber auch aus anderen Zersetzungsproducten und auch aus dem Pulver frischer Minerale besteht. Durch die Thätigkeit der fliessenden Wasser werden einerseits die erdigen Verwitterungsbildungen als Trübung des Bach- und Flusswassers weitergetragen, andererseits die aus den Gebirgen herstammenden Gesteinsbruchstücke fortgeführt. Die beständigen gegenseitigen Stösse zerkleinern das Gesteinsmaterial, runden dasselbe ab und erzeugen die Gerölle, zugleich ein Pulver, das auf grosse Strecken fortgeschwemmt wird. Die Bäche sind Gesteinsmühlen und Schlammwerke. Der an ruhigeren Stellen abgesetzte Schlamm und Thon ist demnach bald mehr aus den flockigen, durch Verwitterung entstandenen Theilchen, bald mehr aus den Splintern von Feldspath, Quarz, aus Glimmerschüppchen, aus Radiolarienresten etc. zusammengesetzt. Oft sind viele Quarzkörner dabei, denn der Quarz verwittert nicht, ist nicht spaltbar, aber härter als die Begleiter. Je reicher an flockigen Theilchen, desto plastischer ist der Thon. Durch beigemengtes Brauneisenerz und Rotheisenerz, welche auch Verwitterungs-

producte sind, erscheint er öfter gelb, braun oder roth gefärbt. Ein Gehalt an Calciumcarbonat, bald als Verwitterungsbildung der kalkhaltigen Feldspathe, bald als zerriebener Kalkstein anzusehen, ist häufig beigemischt. Bei grösserem Kalkgehalt hört die Plasticität auf, der Thon wird zu Mergel. Wo Basalterruptionen auf thonige Massen eingewirkt haben, findet sich öfter ein muschelartig brechendes hartes Frittungsproduct, der Basaltjaspis, wo der Thon durch Kohlenbrände gefrittet wurde, ein ähnliches Product, der Porzellanjaspis.

In der Dammerde oder Ackererde unterscheidet man gewöhnlich gröbere Theile, wie Sand, Gerölle, Gesteinstrümmel, welche den Charakter des Untergrundes an sich tragen, von den feineren bis staubartig feinen Theilen, welche im Allgemeinen dem Thon oder Mergel entsprechen: Feinerde. Durch den Regen wird letztere emporgeschlämmt, auch von den Regenwürmern wird beständig Feinerde durch oberflächliche Ablagerung der Excremente nach oben gebracht (Darwin). Wegen der grossen Oberfläche des feinen Pulvers, der Beimischung flockiger Theilchen und der Bildung zeolithartiger Silicate zeigt der Oberboden die Fähigkeit, viele Salze festzuhalten und vor dem Abflusse in den Untergrund zu schützen (Absorptionsfähigkeit für Salze).

Die reineren Thone dienen zur Fabrication der Thonwaaren. Steingut ist porzellanartig, Fayence oder Majolica im Bruche feinerdig, porös, die gemeine Töpferwaare gröber. Im Alterthume wurden meist rothe Thonwaaren erzeugt und gebrannter Thon, Terra cotta, für decorative Zwecke verwendet. Wegen der Unzerstörbarkeit leisten die Reste alter Thongefässe der Culturgeschichte grosse Dienste. Feiner Thon wird auch für Pfeifenköpfe, der reine für feuerfeste Tiegel und Mauerungen benützt. Die Anwendung zum Walken der Tücher (Walkererde) und zum Modelliren ist alt. Die mehr gemengten Thone, oft als Lehm bezeichnet, werden als Baumaterialie für Lehmwände, für Ziegel, Backsteine etc. gebraucht. Sonderbar mag es scheinen, dass in einigen Gegenden Südamerikas, besonders in Bolivien, ein weisslicher, milder Thon als »essbare Erde« betrachtet und verzehrt wird. Anderwärts dienen auch Kieselguhr oder Speckstein als essbare Erde.

Der plastische Ton ist wasserundurchlässig, daher Thonlager sich oft an der Oberfläche durch sumpfige Stellen verrathen. Nach Seelheim ist Sand ungefähr 3070mal durchlässiger als Thon. Der thonige Grund ist für den Landwirth ein kalter Boden, der sandige, mergelige und kalkige ein warmer Boden. Der Löss, welcher zumeist aus feinen Splintern besteht und auch Calciumcarbonat enthält, ist locker, staubig, nach Volger ein Absatz des Windes. Er bildet einen vorzüglichen Untergrund, besonders für Weincultur.

Zum Steinmark gehört auch der Pholerit. Ein dem Kaolin ähnlicher Ton ist der Halloysit, ferner der Lenzin, Glagerit, Malthacit.

Eisenhaltige Thone, von welchen manche Uebergänge zur Nontronitgruppe bilden, sind die Gelberde (Melinit), die Bergseife, der Plinthit. Als

Bol wurden früher mancherlei braune Thone bezeichnet. Werner beschränkte den Namen auf steinmarkähnliche Bildungen im Basalt und Mandelstein, welche im Wasser zerspringen. Siegelerde, terra sigillata, wurden ehemals verschiedene milde Thone genannt, welche, mit einem Siegelabdruck versehen, als Heilmittel in den Handel gebracht wurden: Lemnische Erde, Sächsische Wundererde (Teratolith), Sphragid. Darunter waren auch graulichweisse Thone.

464  
säurenalem  
ppirt,  
nach  
Perl-  
Frei-nier-  
stern  
hlitzim  
kig,  
narklith,  
nder  
s. in  
eux,  
nochllan  
cher  
ein  
Be-  
asse  
oderheil  
ther  
eits  
sers  
eh-  
ins-  
ver,  
den  
hon  
nen  
ber-  
arz-  
als  
on.  
gs-

Einige Minerale, die gewöhnlich hierher gestellt werden, sind ärmer an Kieselerde als der Kaolin. Hierher gehören: der Schrötterit, Allophan, welche opalartig, oft stalaktitisch aussehen, der Samoit, Kollyrit, Miloschin, die bald muscheligen, bald feinerdigen Bruch haben. Durch Beimischungen sind sie öfter gelb, roth, braun, auch blau und grün gefärbt. Alle werden durch Säure leicht zersetzt. Sie scheinen Hydrargillit zu enthalten.

Reicher an Kieselerde sind der Razumoffskin, Montmorillonit, Cimolite, Pelikanit und der wegen eines geringen Chromgehaltes so genannte Chromoeker.

#### Pyrophyllit, Hermann.

Perlmutterglänzende, vollkommen spaltbare Blättchen in radialstengeligen Formen. Optisch zweiachsig.  $H. = 1$ . Mild, biegsam.  $G. = 2.78 \dots 2.9$ . Chem. Zus.:  $HAlSi_2O_6$  oder  $H_2O.Al_2O_3.4SiO_2$ . V. d. L. blättert er sich (daher der Name) und schwillt unter vielfachen Windungen. Ottrez in Luxemburg, Beresowsk im Ural, Westana in Schweden, Brasilien, auf Spalten in Granit.

Zum P. gehören ebenso wie zum Nakrit auch dichte und erdige Minerale. Ein Theil des chinesischen Bildsteins oder Agalmatoliths ist dichter Pyrophyllit.

Das feinschuppige, perlmuttlerglänzende Mineral, welches als Versteinerungsmaterial von Graptolithen und als Ueberzug von Pflanzenresten in der Tarantaise gefunden wurde, sowie der feinfaserige Gumbelit stehen dem Pyrophyllit nahe, doch enthalten sie schon etwas Kalium. Die erdigen bis schuppigen Zersetzungsreste, welche als Pseudomorphosen nach Augit bei Bilin und am Kaiserstuhl vorkommen, werden bald als Cimolite, bald als Anauxit bezeichnet.

Unter dem Namen Pinitoid hat Knop dichte grünliche Minerale zusammengefasst, welche fettig anzufühlen sind, an der Zunge haften, angehaucht thonig riechen und, nach dem Kaliumgehalt zu schliessen, ein Gemenge von Verbindungen der Thongruppe mit Glimmer sind.  $H = 2.5$ .  $G. = 2.8$ . Sie bilden Einsprenglinge im Thonsteinporphyr Sachsens. Verwandt sind der Bravaisit, Killinit; auch der Hygrophyllit Laspeyres', ein nicht plastischer Thon, hat einen Kaliumgehalt.

#### 4. Ordnung: Titanolithe.

Diese Minerale sind zum Theile einfache Titanate, zum Theile aber Verbindungen dieser mit Silicaten und Zirkonaten.

#### Titanit, Klaproth (Sphen).

Die monokline Form dieses ziemlich verbreiteten Mineralen ist zuerst von G. Rose ausführlicher beschrieben worden. Die Krystalle sind gewöhnlich nicht gross, ihre Ausbildung ist mannigfaltig. Bisher sind 44 verschiedene einfache Gestalten bekannt. Hessenberg und Zepharovich haben dieselben erforscht. Die häufigsten Flächen sind:  $P = (001)$ ,  $x = (10\bar{2})$ ,  $y = (101)$ ,  $l = (110)$ ,  $r = (011)$ ,  $o = (013)$ ,  $n = (12\bar{3})$ . A. V. =  $0.4272 : 1 : 0.6575$ ,  $\beta = 85^\circ 22'$ , Winkel  $(110) = 46^\circ 8'$ ,  $001 : \bar{1}02 = 39^\circ 17'$ ,  $001 : \bar{1}01 = 60^\circ 17'$ ,  $001 : 110 = 85^\circ 45'$ ,  $12\bar{3} : \bar{1}2\bar{3} = 43^\circ 48'$ . (Busz, Jahrb. f. Min., Beilagebd. V, pag. 330.)

Die Formen sind bald flach, nach  $P$  ausgedehnt, bald mannigfach gestreckt. Zwillingsbildungen sind häufig, besonders die Berührungszwillinge nach  $P = (001)$ , wie in Fig. 2; aber auch Durchkreuzungszwillinge nach diesem Gesetze sind nicht selten. Spaltb. undeutlich, zuweilen schalige Zus. nach den Flächen  $l$  oder  $r$ .  $H. = 5 \dots 5.5$ .

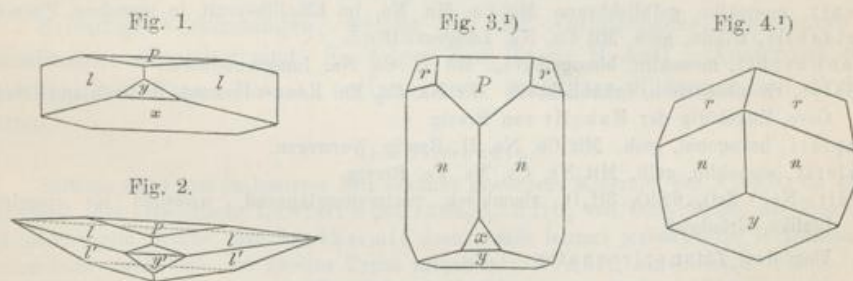
Diamantartiger Glasglanz oder Fettglanz. Die Farben sind gelb, grün, braun. Optisch positiv, die A. E. parallel  $010$ . Die erste Mittellinie ist fast senkrecht zu  $x$ . Platten parallel zu dieser Fläche geben im Konoskop ein prächtiges Farbenbild, da die Hyperbeln breite Säume tragen, gegen innen zu lebhaft roth, nach aussen

schön blau erscheinen. Klare Stücke hat man als Schmuckstein zu verwenden versucht. G. = 3·4 bis 3·6.

Chem. Zus.  $CaTiSiO_5$  oder  $CaO \cdot SiO_2 \cdot TiO_2$  mit 40·8 Titandioxyd, 30·6 Kieselerde, 28·6 Kalk, doch öfter mit etwas Eisen. V. d. L. schmilzt er unter geringem Aufwallen an den Kanten zu dunklem Glase, durch Salzsäure wird er wenig, durch Schwefelsäure vollkommen zersetzt. Die Nachahmung des T. durch Schmelzen der Bestandtheile ist Ebelmen und Hautefeuille gelungen.

Der Titanit kommt in Klüften von Granit, Gneiss, Glimmerschiefer und Chloritschiefer in sitzenden Krystallen vor, z. B. im Tavetseh, im Ezlithal, am Gotthard in der Schweiz, Val Maggia in Piemont, im Pfitsch und Pfunders in Tirol, Untersulzbach in Salzburg. Achmatowsk im Ural. Die Krystalle sind oft von Ripidolith begleitet, auch von diesem überzogen und durchdrungen. Die Form in Fig. 1, Zwillingbildungen nach *P*, wie in Fig. 2, sowie andere Zwillinge sind diesem Vorkommen eigenthümlich.

Schwebend gebildete Titanitkrystalle sind ein charakteristischer accessorischer Gemengtheil vieler Syenite und Diorite, ferner auch mancher Trachyte, Phonolithe. Sie sind einfach, oft von der Form in Fig. 3 und meist braun gefärbt. Kleine gelbe Kryställchen und Körnchen werden oft u. d. M. in den hornblendehaltigen krystallinischen Schiefen wahrgenommen. In Nordamerika finden sich grosse braune Krystalle, entsprechend der Fig. 4 im körnigen Kalk, z. B. mit Pyroxen und Skapolith bei Bolton, mit Wollastonit und Graphit bei Attleboro in Pennsylvanien, ferner bei Edenville, Monroe, Magnet Cove u. a. O. Auch auf Magnetitlagerstätten, wie bei Arendal, wird der T. angetroffen.



Der rothe Greenovit von St. Marcel ist manganhaltiger T. Als Grothit bezeichnete Dana den eisenhaltigen Titanit aus dem Plauen'schen Grunde bei Dresden. Das Zersetzungsproduct, welches die äussere Zone von Lamellen des Titaneisenerzes, in manchen Gesteinen auch Pseudomorphosen bildet, wurde Leukoxen und Titanomorphit genannt. Dasselbe ist vorzugsweise Titanit. Der monokline Yttrotitanit (Keilhaut) von Arendal steht dem T. nahe. Ob der Guarinit (rhombisch) hierher gehört, ist zweifelhaft.

Silicotitanate sind auch:

Der tesserale Schorlomit, welcher Ca und Fe enthält, der monokline Neptunit, sowie der amorphe Tschewkinit mit Ce- und La-Gehalt. Alle sind schwarz.

1) Die Figuren 3 und 4 zeigen die Titanitkrystalle in einer etwas abweichenden Aufstellung.

**Perowskit, G. Rose.**

Zwar nicht zu den häufigen Mineralen gehörig, aber durch die Formbildung merkwürdig. Die Krystalle sind mimetisch-tesseral nach den Beobachtungen von Descloizeaux, Baumhauer und Ben Saude. Sie haben oft Würfelform und ahmen viele tesserale Combinationen nach, die Flächenriefung zeigt bisweilen Aehnlichkeit mit jener der pyritoëdrischen Abtheilung, doch bestehen sie aus vielen Individuen, welche zwillingsartig verbunden sind, indem Ebenen, welche bei tesseraler Auffassung (100) und (110) wären, als Zwillings Ebenen fungiren. Vergl. pag. 93 und 94. Fig. 217. H. = 5.5.

Die Farbe ist meist schwarz, doch kommen auch rothe und gelbe Krystalle vor. Der Diamantglanz der dunklen Arten ist etwas metallartig. Im polarisirten Lichte zeigt sich Doppelbrechung mit den complicirten Erscheinungen der Zwillingsstöcke.  $G. = 4.0 \dots 4.1$ .

Chem. Zus.:  $CaO \cdot TiO_2$  mit 58.8 Titandioxyd, 41.2 Kalkerde, doch meistens mit einem Eisengehalte. V. d. L. unschmelzbar, durch Säure nicht zersetzbar. Die von Ebelmen und von Hautefeuille dargestellte entsprechende Verbindung zeigt die Form und auch die Doppelbrechung des P.

Sitzende Krystalle sind selten: Pfisch in Tirol, eingeschlossene etwas häufiger, z. B. im körnigen Kalk bei Achmatowsk im Ural, im Talkschiefer bei Zermatt, Schweiz, ferner bei Magnet Cove in Arkansas. Als accessorischer Gemengtheil wurde P. in Nephelinbasalten erkannt.

Verwandt ist der Geikielith, dem Rutil ähnlich, doppelbr.  $MgTiO_3$  in Rollstücken, Rakwana in Ceylon.

Von Siliciozirconaten sind zu erwähnen:

Lävenit, monoklin, gelblichbraun. Mit Ca, Mn, Na, im Eläolithsyenit, in manchem Phonolith. Hjortdahlit, triklin, gelb. Mit Ca, Na. Langesundfiord.

Rosenbuschit, monoklin, blassgelbgrau. Mit Ti, Ca, Na. Langesundfiord.

Eudialyt, rhomboëdrisch, bräunlichroth. Mit Na, Ca, Fe. Kangerdluarsuk in Grönland, Magnet Cove. Zugehörig der Eukolit von Brevig.

Kataplëit, hexagonal, gelb. Mit Ca, Na, H. Brevig, Norwegen.

Wöhlerit, monoklin, gelb. Mit Nb, Ca, Na, Fe. Brevig.

Elpidit  $Na_2O \cdot ZrO_2 \cdot 6SiO_2 \cdot 3H_2O$ , rhombisch, perlmutterglänzend, weisslich bis ziegelroth: Igaliko, Grönland.

Von den Titanozirconaten:

Polymignyt, rhomboëdrisch, schwarz. Mit Y, Fe. Frederiksvärn, Norwegen.

Mengit, rhombisch, schwarz. Miask.

Zirkelit, oktaëdr., schwarz. Mit Fe, Ca. Sao. Paulo, Brasilien.

**VI. Classe: Nitroide.**

Zu diesen gehören die salzartigen Verbindungen, welche von der Tantal-säure, Niobsäure, Vanadinsäure, Phosphorsäure, Salpetersäure, sowie jene, welche von Säuren des Arsens und Antimons abgeleitet werden.

**1. Ordnung: Tantaline.**

Minerale von geringer Verbreitung, hauptsächlich aus den nordischen Ländern bekannt, Salze der Tantal- und Niobsäure.



**Columbit.** *G. Rose* (Niobit).

Rhombische Krystalle mit dem A. V. = 0·8148 : 1 : 0·6642 und von schwarzer Farbe. Sie erinnern an Wolframit, welchem sie auch in den Winkeldimensionen ähnlich sind. H. = 6. G. = 5·4. . 6·4. Im Granit eingeschlossen bei Bodenmais, Zwiesel, Tirschenreuth in Bayern, bei Chanteloube in Frankreich, Tammela in Finland, Miask im IImengebirge, Haddam in Connecticut, Pikes Peak in Colorado, Etta mine in Dacotah. Im Kryolith bei Evgitok in Grönland.

Chem. Zus.:  $FeNb_2O_6$  oder niobsaures Eisenoxydul  $FeO.Nb_2O_5$ , jedoch meist in isomorpher Mischung mit dem entsprechenden tantalsauren Salze  $FeTa_2O_6$ . Unschmelzbar, durch schwefelsaures Kalium aufzuschliessen.

Isomorph mit dem Columbit ist der Tantalit  $FeTa_2O_6$  von gleicher Farbe und gleichem Vorkommen, jedoch seltener, ferner der manganreiche Manganotantalit und der zinnhaltige Ixiolith (Ixiolith).

Die Substanz des Tantalits und Columbits krystallisiert aber auch tetragonal mit den Winkeln des Rutils. Die entsprechenden Krystalle von Tammela wurden Tapiolith genannt. Wenn man die Formel des Rutils verdreifacht,  $Ti_3O_6$ , so zeigt sich, wie zuerst Kenngott bemerkte, atomistische Analogie mit den Substanzen  $FeNb_2O_6$  und  $FeTa_2O_6$ .

Tantalo-Niobate sind auch der Ytrotantalit und der Hjelmit von Ytterby, Finbo, Korarfvet in Schweden. Dazu kommt der Fergusonit (Tyrit) und der Samarskit (Yttrilmenit). Diesen verwandt sind der Nohlit, Hatchettolith, Sipyilit. Ein Calciumniobat ist der Koppit, ein uranhaltiges der Annerödit.

Als Tantalo-Niobate sind noch anzuführen:

Der Pyrochlor von Miask, Brevig, Frederiksvärn, der Mikrolith von Amelia und Chesterfield, beide tesseral, der Dysanalyt vom Kaiserstuhl, ferner der Polykras, Aeschynit, Euxenit. Letzterer ist germaniumhaltig.

**2. Ordnung: Pharmakonite.**

Salzartige Verbindungen, welche von der Antimonsäure, Arsensäure und Vanadinsäure abgeleitet sind. Sie folgen dem Typus  $H_3AsO_4$ . Ausserdem einige Arsenite, dem Typus  $HAsO_2$  entsprechend. Secundäre Bildungen auf Erzlagernstätten.

**a) Antimonate.**

Seltene, meist erst in letzterer Zeit bekannt gewordene Minerale: der Atopit, Ca und Na enthaltend, der oktaëdrische Lewisit  $5CaO.3Sb_2O_5.2TiO_2$  von Ouro Preto, die Bleiniere von muscheligen Bruche, der Bindheimit *derb*; beide letztere wasserhaltige Blei-Antimonate. Intermediäre, auch Verb. des zweiten Typus enthaltend: Romöit, ein Kalksalz, Nadorit mit Pb und Cl, Rivotit mit Cu und  $CO_2$ . Hierher gehört vielleicht auch der Thrombolith.

**b) Arsenate, wasserhaltige.**

1. Weisse, Ca und Mg enthaltende Verbindungen sind:

Haidingerit, rhombisch,  $HCaAsO_4 + H_2O$ , sehr selten.

Pharmakolith,  $2HCaAsO_4 + 5H_2O$ . Monoklin, 0·6137 : 1 : 0·3622,  $\beta = 83^\circ 13'$ . Nadelförmige Krystalle, radialfaserige Aggregate. Andreasberg, Joachimsthal, Wittichen, Riechelsdorf, Markkirch. Der Pikropharmakolith hat einen geringen Magnesiumgehalt.

Wapplerit,  $2HCaAsO_4 + 7H_2O$ , jedoch magnesiumhaltig. Monoklin, 0·9125 : 1 : 0·2660,  $\beta = 84^\circ 35'$ . Begleitet den Pharmakolith.

Hörnesit, monoklin, strahlig, blättrig.  $Mg_3As_2O_8 + 8H_2O$ . Banat und Nagyak in Siebenbürgen.

2. Basische Kupfer- und Zinkarsenate:

Adamit,  $HOZn_2AsO_4$ , rhombisch, 0·9733 : 1 : 0·7158. Chañareillo, Cap Garonne, Laurion.

dung  
von  
amen  
hkeit  
uen.  
Auf-  
g. 93

stalle  
sirten  
der

stems  
zbar.  
dung

etwas  
r bei  
scher

ücken,

nolith.

lagnet

droth;

untal-  
eleche

idern



- Olivenit,  $\text{HO Cu}_2 \text{AsO}_4$ , rhombisch, 0.9369 : 1 : 0.6726. Redruth, Zinnwald, Nischni Tagil.
- Erinit, nicht krystallisirt, im Uebrigen dem Olivenit ähnlich. Zu bemerken ist hier, dass auch ein dem Bol ähnliches Mineral Erinit getauft wurde.
- Euchroit,  $\text{HO Cu}_2 \text{AsO}_4 + 6 \text{H}_2\text{O}$ , rhombisch, 0.6088 : 1 : 1.0379, grün. Libethen in Ungarn.
- Abichit (Strahlerz, Klinoklas),  $(\text{HO Cu})_2 \text{AsO}_4$ , monoklin, 1.9069 : 1 : 3.8507,  $\beta = 80^\circ 30'$ , dunkelgrün, radialstengelig. Cornwall, Tavistock, Saida.
- Konichaleit, olivengrün, radialstengelig, Cu und Ca enthaltend. Utah.
- Tirolit (Kupferschaum), spangrün bis blau, strahlig-blättrig, ausser dem Kupferarsenat auch  $\text{CaCO}_3$  enthaltend. Schwaz in Tirol.
- Lirokonit (Linsenerz), monoklin, 1.3191 : 1 : 1.6808,  $\beta = 88^\circ 33'$ , blau bis spangrün. Cornwall, Herrengrund.
- Chalkophyllit (Kupferglimmer), rhomboëdrisch, 1 : 2.5538, blättrig, spangrün bis smaragdgrün, Redruth, Saida, Nischni Tagil. Beide letzteren Minerale thonerdehaltig.
- Mixit, radialfaserig. Ausser dem Kupferarsenat auch etwas Wismut. Joachimsthal.
3. Wismut- und Uranarsenate.
- Rhagit, gelblichgrüne Kügelchen. Wismutarsenat. Mit Uranerzen von Schneeberg in Sachsen. Aehnlich der monokline Atelestit von dort.
- Trögerit, monoklin, citrongelb, Uranarsenat vom gleichen Fundorte.
- Walpurgin, trikline längliche Kryställchen, gelb. Wismut-Uranarsenat, vom gleichen Fundorte.
- Uranospinit,  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2 \text{As}_2\text{O}_8 + 8 \text{H}_2\text{O}$ , rhombisch, 1 : 1 : 2.9136 ca., schuppig, zeisiggrün. Mit vorigem.
- Zeunerit,  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2 \text{As}_2\text{O}_8 + 8 \text{H}_2\text{O}$ , tetragonal, 1 : 2.9125, grasgrün. Schneeberg, Joachimsthal, Zinnwald. Beide letzteren gehören zur isomorphen Reihe der sog. Uranglimmer.
4. Arsenate von Metallen der Mangan- und Eisengruppe.
- Chondroarsenit, gelbe, harzähnliche Körner. Manganarsenat. Pajsberg.
- Allaktit,  $\text{Mn}_2 \text{As}_2\text{O}_8 \cdot 4 \text{MnO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , monoklin, 0.61278 : 1 : 0.333.5,  $\beta = 84^\circ 17'$ , roth und grün, trichroitisch.
- Hämafibril,  $\text{Mn}_2 \text{As}_2\text{O}_8 \cdot 3 \text{MnO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , rhombisch, 0.5261 : 1 : 1.1510, roth, verwittert schwarz.
- Hämatolith (Diadelphit),  $\text{MnAsO}_4 \cdot 4 \text{MnO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  mit Al, Fe, Mg, rhomboëdrisch, 1 : 0.8885, braunroth. Aehnlich der Arseniolepit.
- Synadelphit (Flinkit),  $2 \text{MnAsO}_4 \cdot 5 \text{MnO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , monoklin, 0.8582 : 1 : 0.9192,  $\beta = 90^\circ$ , schwarz. Die vier letzteren bei Nordmarken, Schweden.
- Sarkinit (Polyarsenit),  $\text{HOMn}_2 \text{AsO}_4$ , monoklin, 2.0017 : 1 : 1.5154,  $\beta = 62^\circ 13'$ .
- Roselith,  $\text{Ca}_3 \text{As}_2\text{O}_8 + 2 \text{H}_2\text{O}$  mit Co und Mg, triklin, 0.4536 : 1 : 0.6560,  $\alpha = 90^\circ 34'$ ,  $\beta = 91^\circ$ ,  $\gamma = 89^\circ 20'$ , dunkel rosenroth. Schneeberg.
- Brandtit,  $\text{CaMn}_2 \text{As}_2\text{O}_8 + 2 \text{H}_2\text{O}$ , triklin, weiss. Pajsberg.
- Kobaltblüthe (Erythrin),  $\text{Co}_3 \text{As}_2\text{O}_8 + 8 \text{H}_2\text{O}$ , monoklin, 0.75 : 1 : 0.70,  $\beta = 75^\circ$  ca. Krystalle, büschelige, strahlige Aggregate, auf den Spaltflächen perlmutterglänzend. Kermesin- bis pfirsichblüthroth. Liefert mit Salzsäure eine blaue Lösung, welche durch Wasserzusatz roth wird. Zersetzungsproduct kobalthaltiger Kiese, bisweilen deutlich secundär nach Speiskobalt. Schneeberg, Saalfeld, Riechelsdorf. Oefter mit  $\text{As}_2\text{O}_3$  gemengt als sog. Kobaltbeschlag.
- Köttigit,  $\text{Zn}_3 \text{As}_2\text{O}_8 + 8 \text{H}_2\text{O}$  mit Co, Ni, monoklin, isomorph mit vorigem, jedoch blasser gefärbt. Schneeberg.
- Nickelblüthe (Annabergit),  $\text{Ni}_3 \text{As}_2\text{O}_8 + 8 \text{H}_2\text{O}$ , haarförmig, flockig, apfelgrün bis grünlichweiss. Zersetzungsproduct der nickelhaltigen Kiese. Vorkommen wie bei der Kobaltblüthe. Zugehörig der etwas magnesiumhaltende Cabrerit.
- Symplesit,  $\text{Fe}_2 \text{As}_2\text{O}_8 + 8 \text{H}_2\text{O}$ , monoklin, 0.7806 : 1 : 0.6812,  $\beta = 72^\circ 48'$ , seladongrün oder blass indigblau. Lölling, Lobenstein.
- Skorodit,  $\text{FeAsO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ , rhombisch, 0.86578 : 1 : 0.95414. Pyramidale oder kurzsäulenförmige Krystalle. Auch stengelig, faserig, dicht. Lauchgrün, seladongrün, grünlichschwarz, auch indigblau, roth und braun. Schmilzt zur grauen magnetischen Schlaeke, gibt mit Salzsäure eine braune Lösung. Schwarzenberg in Sachsen, Dernbach in Nassau, Lölling in Kärnten, Chanteloube, Nertschinsk, Antonio Pareira in Brasilien, Cornwall etc.

Pharmakosiderit (Würfelerz). Anscheinend tesseral mit Würfel- und Tetraëderflächen, jedoch doppeltbrechend. Gelb, pistazgrün, braun. Basisches Ferri-Arsenat. Schwarzenberg, Schemnitz, Neustadt i. Schwarzwald, Cornwall etc.

Arseniosiderit, faserige Kügelchen, braun, Ca-haltiges Ferri-Arsenat. Schneeberg.

Pitticit (Arseneisensinter), amorph, braun. Ferri-Arsenat mit etwas Sulfat. Ein Verwitterungsproduct der Arsenkiese. Freiberg, Schwarzenberg. Aehnlich ist der

Ganomazit (Gänseköthigerz) von Andreasberg, Joachimsthal, Schemnitz etc.

c) Arsenate, wasserfreie.

**Mimetit** oder **Mimetesit**, *Breithaupt*.

Die Krystalle zeigen hexagonale Symmetrie: Prisma (1010), mit der Pyramide (1011) und Endfläche (0001). Winkel (1011) = 100° ungefähr. A. V. = 1 : 0.7224. Die Winkel sind etwas schwankend, kommen aber denen am Pyromorphit und Vanadinit nahe. Die allgemeine Form der Krystalle ist kurzsäulenförmig bis tafelförmig, auch pyramidal. Drusen, rosettenförmige, knospenförmige Gruppen, auch einzelne Krystalle. Bisweilen wird eine parallele Verwachsung mit Pyromorphit wahrgenommen. Spaltb. nicht deutlich. H. = 3.5 . . 4. Farbe gewöhnlich wachsgelb, honiggelb und gelblichgrün. Positive Doppelbrechung. Nach Bertrand entschieden optisch zweiachsig, die Krystalle mimetisch. G. = 7.2.

Chem. Zus.:  $ClPb_5As_3O_{12}$ . V. d. L. auf Kohle schmilzt er und gibt ein Bleikorn. In Salpetersäure und in Kalilauge ist er löslich. Johanngeorgenstadt, Zinnwald, Příbram, Badenweiler, Phönixville. Krystalle mit bauchigen Flächen, fassförmige sechsseitige Säulchen darstellend, von orangegelber Farbe, wurden von Breithaupt Kampylit genannt. Sie enthalten etwas Phosphorsäure und Chromsäure. Die schönsten kommen aus Cumberland.

Mit dem M. verwandt ist der monokline Hedyphan von Langbanshyttan.

Berzeliit von ebendaher.  $Ca_3As_3O_8$  mit Mn, Mg ist tesseral.

Carminspath Sandberger's, büschelig, traubig, roth, ist ein Pb-Fe-Arsenat von Horhausen.

Durangit,  $FAlNaAsO_4$ , monoklin, 0.77158 : 1 : 0.8250,  $\beta = 64^\circ 47'$  rothgelb. Coneto in Durango, Mexico.

d) Arsenite.

Trippkeit, tetragonal, 1 : 0.916, blaugrün. Ein Cu-Arsenit (arsenignsures Kupfer). Mit Olivenit in Hohlräumen des Cuprits von Copiapo.

Ekdemit (Heliophyllit), tetragonal, blass, grüngelb. Cl-haltiges Bleiarsenit. Im Calcit von Långban.

e) Vanadate.

Vanadinit, *Haidinger*. Kleine hexagonale Prismen mit Pyramide und Endfläche, auch andere Formen. Nach Websky pyramidal-hemiëdrisch, wie Apatit. 1 : 0.71218. Winkel (1011) = 100°. Isomorph mit Pyromorphit, Apatit. Die Aggregate sind nierförmig, von faseriger Textur. H. = 3. Gelb, braun, selten roth. G. = 6.8 bis 7.2. Chem. Zus.:  $ClPb_3V_3O_{12}$ , zuweilen mit etwas Pyromorphit gemischt. V. d. L. auf Kohle schmilzt er und gibt ein Bleikorn, durch Salpetersäure ist er leicht auflöslich. Am Obir bei Eisen-Kappel in Kärnten, Wanlockhead in Schottland, Beresowsk in Sibirien, Zimapan in Mexico und an vielen Punkten in Arizona.

Deseloizit,  $Pb_3V_2O_8 \cdot ZnO_2H_2$ , rhombisch, 0.6368 : 1 : 0.8045, olivengrün bis schwarz. Ajuadita in der Sierra di Cordoba in Argentina, Obir in Kärnten. Zugehörig die kupferhaltigen: Cuprodeseloizit und Tritochorit.

Volborthit, anscheinend hexagonal, gelb, grün. Basisches Kupfervanadat mit dem entsprechenden Ba- und Ca-Salze. Sysersk, Nischni Tagil, Friedrichsrode.

Mottramit, krystallinisch, schwarz, Strich gelb. Ein basisches Blei-Kupfervanadat. Mottram bei St. Andrews. Cheshire.

Dechenit, rhombische Krystalle, kugelige Aggregate, roth, gelb, nelkenbraun.  $PbV_2O_6$ . Niederschlettenbach in Rheinbayern, Zähringen bei Freiburg in Baden, Obir in Kärnten.  
 Eusychnit (Aræoxen), kugelig, traubig, feinfaserig, gelbroth. Ein Blei-Zinkvanadat. Hofgrund bei Freiburg in Baden, Niederschlettenbach in Rheinbayern.  
 Pucherit  $BiVO_4$ , rhombisch, 0.5327 : 1 : 2.3357, hyacinthroth, braun. Schneeberg, Ullersreuth.

### 3. Ordnung: Phosphate.

Diese Minerale bestehen aus Verbindungen, welche von der dreibasischen Phosphorsäure  $H_3PO_4$  abgeleitet werden und entweder normale oder basische Salze, oft auch entsprechende Haloid-Sauerstoffsalze sind (pag. 251 u. f.).

#### a) Wasserfreie Phosphate.

Apatit	$FCa_5P_3O_{12}$	hexag. pyram. hem.	1 : 0.73460
Pyromorphit	$CPb_5P_3O_{12}$	" "	1 : 0.7362
Wagnerit	$FMg_2PO_4$	monoklin	1.9145 : 1 : 1.5059, $\beta = 71^\circ 53'$
Triplit	$FMnFePO_4$	"	"
Triploidit	$HOMn_2PO_4$	"	1.8571 : 1 : 1.4925, $\beta = 71^\circ 46'$
Herderit	$FCaBePO_4$	"	0.6206 : 1 : 0.4234, $\beta = 90^\circ$
Hydroherderit	$HOCaBePO_4$	"	0.6307 : 1 : 0.4274, $\beta = 89^\circ 54'$ Paris, Maine
Amblygonit	$FAiLiPO_4$	triklin	0.7334 : 1 : 0.7633, $\alpha = 108^\circ 52'$ , $\beta = 97^\circ 48'$
Beryllonit	$NaBePO_4$	rhombisch	0.57243 : 1 : 0.54901, Stoneham [ $\gamma = 106^\circ 27'$ ]
Triphylin	$LiFePO_4$	"	0.4348 : 1 : 0.5265
Monazit	$CaPO_4$	monoklin	0.9693 : 1 : 0.9256, $\beta = 76^\circ 20'$
Xenotim	$YPO_4$	tetragonal	1 : 0.61867.

#### Apatit, Werner.

Durch die extensive Verbreitung und die Nützlichkeit das wichtigste Phosphat. Er wurde lange verkannt, mit Fluorit, Aquamarin u. s. w. verwechselt, bis Werner die Gattung erkannte und Klapproth die chemische Untersuchung ausführte. Der Name (von ἀπατία betrüge) erinnert an die frühere Schwierigkeit der Unterscheidung.

Krystalle sind häufig. Die Form ist hexagonal, gehört jedoch in die pyramidal-hemiëdrische Abtheilung. Trübe Krystalle zeigen freilich oft nur solche Gestalten, welche man als holoëdrisch ansehen würde, wie: Fig. 1, 2, 3.  $a = (1010) = \infty P$ ,  $e = (11\bar{2}0) = \infty P2$ ,  $x = (10\bar{1}1) = P$ ,  $r = (1012) = \frac{1}{2} P$ ,  $s = (11\bar{2}1) = 2P2$ ,  $c = (0001) = 0 P$ .

An den durchsichtigen Exemplaren kommen aber oft Flächen vor, wie  $u$ ,  $t$ , welche der Lage nach einer zwölfseitigen Pyramide entsprechen, aber meist nur in den abwechselnden Krystallräumen auftreten. Ebenso erscheint die Form  $h$ , die einem zwölfseitigen Prisma entspricht, bloß mit der halben Flächenzahl.

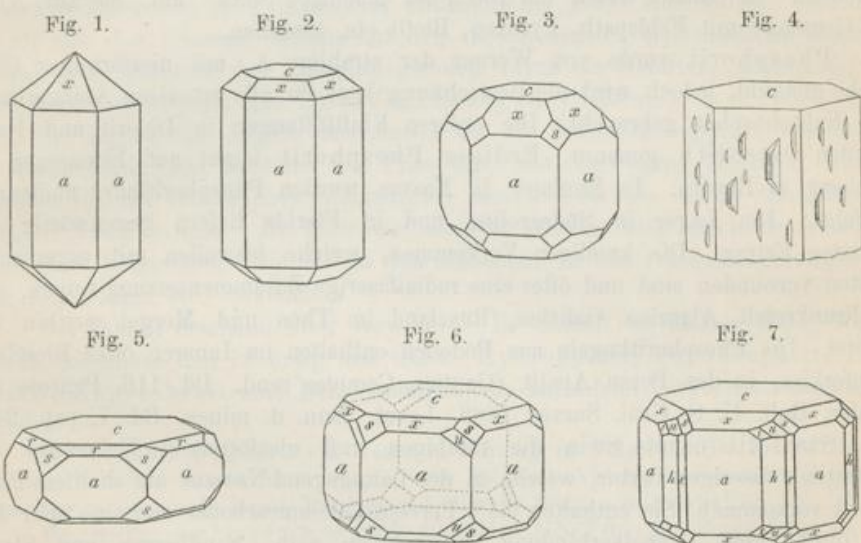
$h = \pi(12\bar{3}0) = \infty P\frac{3}{2}$ ,  $t = \pi(13\bar{4}1) = 4P\frac{4}{3}$ ,  $u = \pi(12\bar{3}1) = 3P\frac{3}{2}$ . Winkel  $(10\bar{1}1) = 99^\circ 34'$ , jedoch etwas schwankend. Isomorphie mit Pyromorphit, Vanadinit, Mimetesit. Die Hemiëdrie zeigt sich nach Baumhauer beim Ätzen sehr deutlich. Alle Prismenflächen geben monosymmetrische Figuren, da sie nur von einer Symmetrieebene senkrecht getroffen werden. Fig. 4.

Spaltb. undeutlich nach  $a$  und  $c$ . H. = 5. Die ebenen Krystallflächen sind glasglänzend, Bruchflächen und krumme Krystallflächen haben Fettglanz. Vollkommen farblose Apatite sind nicht selten, auch weisse; oft aber sind blasse oder satte Farben zu sehen, besonders gelb, grün, blau, violett, auch roth und

braun. An derlei Exemplaren ist ein Dichroismus zu bemerken. Die Doppelbrechung ist schwach,  $\omega = 1.646$ ,  $\varepsilon = 1.642$  für Gelb; demnach negativ. Man kann aber an vielen durchsichtigen Exemplaren eine Zweiaxigkeit erkennen, überdies eine Verschiedenheit der Sektoren, so dass derlei Krystalle als Drillinge monokliner Individuen aufgefasst werden können. Mallard hält daher die Apatitkrystalle für mimetische.  $G. = 3.16$  bis  $3.22$ .

Chem. Zus.:  $FCa_5P_3O_{12}$ , entsprechend 55.5 Kalk 42.3 Phosphorsäure-Anhydrid, 3.8 Fluor, jedoch ist fast immer auch etwas von der entsprechenden chlorhaltigen Verbindung zugegen, daher man im Apatit zwei Substanzen, Fluorapatit  $FCa_5P_3O_{12}$  und Chlorapatit  $ClCa_5P_3O_{12}$ , annimmt. Letztere würde bei der Analyse 53.8 Kalk, 40.9 Phosphorsäure, 6.8 Chlor geben. Beimengungen veranlassen die Gegenwart fremder Stoffe, wie *Mg*, *Fe*, *Mn*, in kleinen Mengen. V. d. L. ist der A. schwierig und nur an den Kanten der Splitter schmelzbar, durch Säure wird das Pulver gelöst.

Forehammer hat durch Schmelzen der Bestandtheile mit Chlornatrium Krystalle von den Eigenschaften des Chlorapatits erhalten und gezeigt, dass



man aus dem Pulver vieler Gesteine den Apatitgehalt mittelst der Chlornatrium-schmelze ausziehen und umkrystallisiren könne. H. Saint-Claire Deville und Caron haben die Bestandtheile des Fluorapatits in eine Chlorecalciumschmelze eingetragen und Krystalle dargestellt, welche dem Fluorapatit entsprachen. Von anderen Experimentatoren sind die dem Apatit analoge bromhaltige Verbindung und das entsprechende Arsenat hergestellt worden.

Der Apatit ist hauptsächlich im Bereiche der Silicatgesteine verbreitet, und zwar in krystallinischen wie in sedimentären Bildungen.

Sitzende Krystalle, farblos oder weiss, finden sich auf Klüften im Gneiss und anderen krystallinischen Schieferen, z. B. im Gotthardgebirge, im Zillerthal.

Klare Tafeln von seltener Grösse und prächtige kleinere Krystalle wurden mit Epidot in Untersulzbach in den Salzburger Alpen entdeckt. In Hohlräumen des Granits erscheinen auch öfters schöne Krystalle neben Turmalin, Lepidolith etc. Auf den Zinnerzlagertstätten bei Schlaggenwald, Zinnwald, Ehrenfriedersdorf sieht man oft schönfärbige Krystalle. Nierförmige Drusen von Devonshire wurden als Francolith bezeichnet. Grosse Krystalle kommen von Arendal, Snarum, von Hammond in New-York und von anderen Punkten in Nordamerika, wo sie mit Kalkspath, Skapolith etc. unter den Contactbildungen auftreten.

Eingeschlossene und beiderseits ausgebildete Krystalle werden auch öfter im körnigen Kalk beobachtet, bei Arendal der entenblaue Moroxit. Derlei Krystalle erscheinen rundlich oder ganz undeutlich. So auch die weingelben oder gelbgrünen im Talkschiefer des Greiner im Zillerthal (Spargelstein). Aehnlich ist der gelbe A. von Jumilla in Spanien. In kleinen, oft nur u. d. M. wahrnehmbaren Individuen ist der A. in verschiedenen Silicatgesteinen verbreitet.

Gangförmige Lagerstätten von grobkrySTALLINISCHEM A. werden bei Kragerö, Bamle und anderen Punkten im südlichen Norwegen, bei Estremadura in Spanien abgebaut. In Canada treten bis 100 Fuss mächtige Stöcke auf, die aus Apatit im Gemenge mit Feldspath, Pyroxen, Biotit etc. bestehen.

Phosphorit wurde von Werner der strahlige A. mit nierförmiger Oberfläche genannt, jedoch wird die Bezeichnung jetzt für alle grösseren Ablagerungen von Kalkphosphat gebraucht. Die erdigen Kluffüllungen in Dolerit und Basalt wurden Osteolith genannt. Erdiger Phosphorit lagert auf Eisenerzen bei Amberg in Bayern. In England, in Nassau wurden Phosphoritlager meilenweit verfolgt. Die Lager in Südearolina und in Florida liefern gegenwärtig den grössten Ertrag. Die knolligen Vorkommen, welche bisweilen mit organischen Resten verbunden sind und öfter eine radiaLfaserige Zusammensetzung zeigen, sind in Frankreich, Algerien, Galizien, Russland im Thon und Mergel weithin verbreitet. Die Phosphoritkugeln aus Podolien enthalten im Inneren öfter Bleiglanz, Kupferkies, in den Poren Apatit. (Gautier, Comptes rend., Bd. 116. Penrose und Shaler, Bull. U. S. Geol. Survey 1888. Levat, Ann. d. mines, Bd. 7, pag. 249.)

Staffelit nannte Stein die traubigen und nierförmigen Ueberzüge von undeutlich faseriger Textur, welche in der Lahngegend Nassaus auf dichtem Phosphorit vorkommen. Sie enthalten bis 9 Percent Calciumcarbonat und eine Spur Jod. Es dürfte eine Doppelverbindung anzunehmen sein. Sandberger und Streng beobachteten Apatitformen daran. Aehnlich ist der Dahllit von Bamle in Norwegen.

Der Guano, welcher in den mächtigsten Ablagerungen auf mehreren Südseeinseln, besonders bei den Chinha-Inseln an der peruanischen Küste, gefunden wird und eine Ablagerung thierischer Excremente, besonders solcher von Vögeln, ist, enthält viel Calciumphosphat, aber auch Magnesium- und Ammonphosphat. Er ist meist grauweiss, gelb oder braun, erdig bis dicht. Durch die Einwirkung von Sickerwässern auf die unterliegenden Kalksteine bildet sich dichtes Calciumphosphat, welches Sombrierit genannt wurde. Der Guano ist eine locale Anhäufung jener Phosphate, welche, sonst als Knochen, Excremente u. s. w. zerstreut, den sedimentären Schichten einverleibt werden.

Eine allgemeine Bedeutung hat die Verbreitung des Apatits als accessorischer Gemengtheil der Silicatgesteine. Im Dolerit von Meiches, im Teschenit, in den Auswürflingen des Laachersees ist er schon mit freiem Auge zu bemerken. Von den jüngeren Eruptivgesteinen, wie Trachyt, Andesit, Basalt, bis zu den ältesten Silicatgesteinen, wie Granit und Gneiss, beherbergen alle Apatit in kleiner Menge. Hier ist die Urquelle des Mineralen, von welcher das Vorkommen der grösseren Krystalle, die Lagerstätten und die Gegenwart des Apatits in den sedimentären Felsarten und organischen Ueberresten abzuleiten sind. Die Gesteinsanalysen hatten schon früher oft einen Phosphorsäuregehalt angegeben, durch die mikroskopische Untersuchung wurde gezeigt, dass derselbe in krystallinischen Felsarten überall von Apatit herrühre. Dieser erscheint oft in scharf ausgebildeten langen Säulchen von den Formen in Fig. 1 und 2, bisweilen in mehrere Glieder zerbrochen oder in staubartig vertheilten kleinen Körnchen. Die starke Lichtbrechung unterscheidet ihn von der Umgebung und von dem gleichgeformten Nephelin, dessen Brechungsquotient = 1.54.

Das Calciumphosphat ist demnach in den krystallinischen Felsarten als Apatit, in den sedimentären auch in anderer unkenntlicher Form allenthalben verbreitet. Es ist also den Pflanzen, welche auf den verschiedensten Gesteinsarten wachsen, überall jene Quantität von Phosphor geboten, deren sie bedürfen, welche sie aus dem Boden aufnehmen und ihrem Organismus einverleiben.

Die Landwirthe helfen dort nach, wo die Natur für üppiges Wachstum zu wenig bietet, und benützen den Phosphorit aus Norwegen, England, Nassau, Spanien etc. als vorzügliches Düngemittel, nachdem derselbe durch Schwefelsäure aufgeschlossen wurde. Zu gleichem Zwecke werden aber auch noch andere Phosphate beigezogen, wie sie in den Knochen, in den Guanoablagerungen, in den Koproolithen etc. vorkommen.

Der Apatit erscheint öfter verwittert. Er enthält in diesem Falle Wasser und Kohlensäure und ist erdig und trübe. Hydroapatit, Pseudoapatit, Talkapatit, Eupyrechroit sind Bezeichnungen, die auf solche Vorkommen angewandt wurden.

Der monokline Wagnerit von Werfen in Salzburg ist  $\text{FMg}_2\text{PO}_4$ . Der Kjerulfin von Bamle in Norwegen stimmt damit überein. Der Herderit von Ehrenfriedersdorf in Sachsen, Stoneham und Hebron in Maine, Mursinsk und Miask in Sibirien ist  $\text{FCaBePO}_4$ .

Der trikline Amblygonit ist nach Penfield  $\text{FAlNaPO}_4$ , mit Beimischung des entsprechenden basischen Salzes. Penig, Arendal, Branchville in Connecticut. Das Vorkommen von Montebraz in Frankreich und Hebron in Maine hält Descloizeaux für eine besondere Gattung: Montebrazit.

#### **Pyromorphit, Hausmann** (Buntbleierz, Grün- und Braunbleierz z. Th.).

Oft krystallisirt. Die hexagonale Form ist prismatisch, wie in Fig. 2 und 3 beim Apatit, mit welchem der P. isomorph ist. Die Winkel stimmen auch mit jenen überein, ebenso die Aetzfiguren, welche die Zugehörigkeit zur pyramidal-hemiédrischen Abtheilung erkennen lassen. Die Krystalle sind öfter bauchig, fassförmig, an der Basis ausgehöhlt. Sie sitzen bisweilen einzeln, meist in Drusen. Traubige, nierförmige und derbe Vorkommen sind nicht selten.  $H. = 3.5 \dots 4$ . Fettglanz. Durchsichtigkeit gering. Die Farben sind meist grün und braun: gras-

grün, pistazgrün, olivengrün, zeisiggrün, nelkenbraun, haarbraun, seltener wachsgelb, honiggelb. Negative Doppelbrechung.  $G. = 6.9$  bis  $7$ .

Chem. Zus.:  $ClPb_5P_3O_{12}$ , entsprechend  $82.3$  Bleioxyd,  $15.7$  Phosphorsäure,  $6.2$  Chlor. Beimischungen von Kalk und Fluor rühren von dem isomorphen Apatit, Arsensäure von dem isomorphen Mimetesit her. V. d. L. schmilzt er sehr leicht und erstarrt hierauf zu einem flächenreichen Korn, welches schon öfter für einen einfachen Krystall gehalten wurde, jedoch ein krystallinisches Aggregat ist. Mit Soda auf Kohle geschmolzen, liefert der P. ein Bleikorn, durch Salpetersäure, auch durch Kalilauge wird er aufgelöst.

Der P. ist eine secundäre Bildung auf Bleierzlagerstätten, wo derselbe auf Bleiglanz oder in der Nähe desselben vorkommt. Beispiele sind die Gänge bei Freiberg, Zellerfeld, Příbram, Mies, Braubach, Ems, Schapbach, Poullaouen, Beresowsk, Phönixville.

Die Pseudomorphose von P. nach Bleiglanz wird öfter gefunden, auch jene nach Cerussit. Eine häufig beobachtete Veränderung, welcher der P. unterliegt, ist die Umwandlung in Bleiglanz, also eine Rückbildung, wie sie bei Mies, Ems, Freiberg, Poullaouen, Berncastel beobachtet wurde (Blaubleierz). Bei Berncastel an der Mosel zeigt sich nach Blum die merkwürdige Erscheinung, dass die Pseudomorphose wieder von später gebildetem Pyromorphit und Cerussit bedeckt ist, ein Zeichen des Wechsels der Lösungen auf den Erzgängen. Verdrängungen des Pyromorphits durch andere Minerale, wie Kieselzinkerz, Limonit, wurden auch auf Gängen wahrgenommen.

Miesit, Nussierit, Polysphärit sind braune, nicht krystallisirte Pyromorphite mit Calciumgehalt.

Ein fluorhaltiges Phosphat ist ferner:

Der Triplit (Zwieselit, Eisenpecherz), derb, optisch zweiaxig, wahrscheinlich monoklin, braun, fettglänzend. Chem. Zus.:  $FFeMnPO_4$ . Limoges, Schlaggenwald, Bodenmais. Der Sarkopsid ist vielleicht Triplit.

Fluorfreie Phosphate sind:

Der rhombische Triphylin, grünlichgrau, öfter blaugefleckt, fettglänzend. Chem. Zus.:  $LiFePO_4$ . Bodenmais, Grafton, Norwich. Durch Verwitterung liefert er ein Gemenge, welches reich an Grüneisenerz ist, den Pseudotriplit. Der Heterosit, Hureaulit, Alluaudit dürften ähnliche Producte, zum Theil nach Triplit sein. Bei Branchville finden sich die dem Triplit verwandten: Lithiophililit  $LiMnPO_4$  und Natrophilit  $NaMnPO_4$ .

Als Phosphate seltener Oxyde sind zu nennen:

Der monokline Monazit (Turnerit), gelb, röthlichbraun, hyacinthroth, fleischroth, olivengrün, fettglänzend, ist bisweilen Gesteinsgemengtheil. Er enthält Cer und Lanthan, öfter auch Thoroxyd. Eingeschlossene Krystalle bei Miask am Ural, Norwich in Massachusetts, Schreiberhau im Riesengebirge, Schüttenhofen in Böhmen. Bei Nil St. Vincent in Belgien fand Renard kleine Krystalle mit Turmalinkryställchen und Muscovitschuppen als thonähnliche Kluffüllung im Quarzit. Sandförmige Ablagerungen wurden in Brasilien beobachtet. Als Turnerit erscheint er in kleinen, sitzenden Krystallen im Tavetsch-, Cornera- und Binnenthal in der Schweiz auf Klüften mit Anatas. Sowohl der Monazit als andere Minerale, die La, Y, Th, Di, Er, Zr, ferner Ce, Nb enthalten (Thorit, Orangit, Euxenit, Aeschynit, Yttrotantalit, Gadolinit, Orthit, Cerit, Zirkon), werden gegenwärtig zur Herstellung der Leuchtkörper im Gasglühlicht verwendet.

Der Eremit scheint Monazit zu sein. Der Kryptolith, welcher Nadeln im röthlichen Apatit von Arendal bildet, ergab Wöhler die Zus. des M.

Der tetragonale Xenotim, braun, roth, gelb, fettglänzend, ist Ytter- und Cerphosphat. Hitteroe in Norwegen, Ytterby in Schweden, Schreiberhau im Riesengebirge, Königshayn bei Görlitz.

## b) Wasserhaltige Phosphate.

Mehrere derselben sind Eisen- oder Manganphosphate:

**Vivianit**, *Werner* (Anklarit, Mullicit).

Monokline Krystalle nach der Längsfläche sehr vollk. spaltbar, auf dieser oft perlmutterglänzend. Die Blättchen sind biegsam, gypsähnlich. Die Gestalt der Krystalle ist langsäulenförmig. Winkel (100) =  $72^\circ$ , A.V. = 0.7498:1:0.7015,  $\beta = 75^\circ 34'$ . Isomorph mit Kobaltblüthe, Symplesit. Stengelige, faserige Bildungen sind häufig. H. = 2. Im ursprünglichen Zustande ist das Mineral farblos oder hellgrün, doch wird es an der Luft und im Bereiche der Tagewässer blau; meist wird es mit dieser Farbe gefunden. Stark doppeltbrechend. A. E. senkrecht zur Symmetrieebene, doch geben die Spaltblättchen im Konoskope keine Axenbilder, da der Winkel gross ist. G. = 2.6 bis 2.7.

Chem. Zus.:  $Fe_3P_2O_8 + 8H_2O$ , entsprechend 43 Eisenoxydul, 28.3 Phosphorsäure-Anhydrid, 28.7 Wasser, so im ursprünglichen Zustande, wie Fisher an blassgrünen Krystallen fand, welche in einem Sande bei Middletown in Delaware gefunden wurden. Die blauen enthalten Eisenoxydphosphat. V. d. L. auf Kohle wird er roth und schmilzt hierauf zu einer grauen, glänzenden, magnetischen Kugel. Durch Säuren ist er leicht auflöslich, mit Kalilauge gekocht wird er schwarz.

Krystalle werden bei St. Agnes in Cornwall, bei Tavistock in Devonshire in Hohlräumen von Pyrit, bei Bodenmais in Bayern mit Magnetkies gefunden. Bei Mullica Hill in New-Jersey in radialstengeligen cylindrischen Aggregaten; hier und auf der Halbinsel Kertsch bildet langstengeliger und erdiger V. die Ausfüllung fossiler Muscheln. In alten Kohlenbränden, in Sumpferzen, in Torfmooren ist der V. nicht selten. Erdiger, unreiner V. kommt in manchen Thonablagerungen vor. Im frischen Zustand ist die Erde weisslich, wird aber an der Luft bald blau (Blaueisenerde). In Knochen, die längere Zeit im Boden gelegen haben oder in Torfmooren gefunden werden, zeigt sich öfter Vivianit.

Durch Verwitterung geht der V. in ein braunes Oxydphosphat über, das öfter als Beraunit bezeichnet wurde.

Ludlamit,  $2Fe_3P_2O_8 \cdot FeO_2H_2 + 8H_2O$  monoklin, 2.2520:1:1.9819,  $\beta = 79^\circ 27'$ , vollk. spaltbar nach 001, gelblichgrün, durchsichtig. Mit Vivianit in Pyrit bei Truro, Cornwall.

Reddingit,  $Mn_3P_2O_8 + 3H_2O$ , rhombisch, 0.8678:1:0.9486, homöomorph mit Skorodit, gelblich, durch Veränderung rothbraun. Branchville, Fairfield Cty, Connecticut.

Fillowit und Dickinsonit, beide monoklin, jedoch scheinbar rhomboëdrisch, enthalten ausser Mn auch Fe, Ca, Na. Gelb, braun. Branchville.

Strengit,  $FePO_4 + 2H_2O$ , rhombisch, 0.86517:1:0.98272, isomorph mit Skorodit, pfirsichblüthroth, hyacinthroth. Giessen, Waldgirmes, Roekbröge. Nahe verwandt ist der etwas thonerdehaltige **Barrandit**.

Beraunit (Eleonorit),  $2FePO_4 \cdot FeO_2H_2$ , monoklin, 2.7538:1:4.0165,  $\beta = 48^\circ 33'$ , hyacinthroth, röthlichbraun. St. Benigna in Böhmen, Scheibenberg in Sachsen.

Kraurit (Grüneisenerz, Dufrenit), traubig, dunkelgrün, durch Veränderung braun. Ein basisches Eisenoxydphosphat. Siegen, Waldgirmes, Hirschberg, Limoges, Allentown.

Kakoxen, radialfaserig, seidenglänzend, ochergelb. Auch ein basisches Eisenoxydphosphat. St. Benigna und Ozerhowitz in Böhmen, Amberg, Waldgirmes.

Piecit, amorph, dunkelbraun, Eisenoxydphosphat. Waldgirmes. Aehnlich ist der Delvauxit.



Chalkosiderit, triklin, hellgrüne Krystalle, Eisenoxydphosphat mit einem Gehalt an Thonerde und Kupfer. Cornwall.

Uranhaltig sind:

Torbernit (Uranglimmer, z. Th. Chalkolith, Kupferuranit),  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2\text{P}_2\text{O}_8 + 8\text{H}_2\text{O}$ , tetragonal, 1:1:2936, tafelförmige Krystalle, perlmutterglänzend auf OP, nach dieser Fläche vollk. spaltbar. Grasgrün, smaragdgrün, selten spangrün. Optisch negativ. Schneeberg, Johanngeorgenstadt, Eibenstock, Joachimsthal, Limoges, Cornwall. Zum T. gehört auch der Fritzscheit.

Uranocircit, rhombisch, anscheinend tetragonal, tafelförmige Krystalle. Spaltb. vollk. nach der Basis, zeisiggrün.  $\text{Ba}(\text{UO}_2)_2\text{P}_2\text{O}_8 + 8\text{H}_2\text{O}$ . Falkenstein in Sachsen.

Autunit (Uranglimmer, z. Th. Kalkuranit, Uranit),  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{P}_2\text{O}_8 + 8\text{H}_2\text{O}$ , rhombische, tafelförmige Krystalle von tetragonalem Ansehen. 0-9875:1:2-8517. Zeisiggrün bis schwefelgelb, im Uebrigen dem Torbernit ähnlich. Die Blättchen geben aber das Bild optisch zweiaxiger Krystalle. Zuweilen mit Torbernit in paralleler Verwachsung. Spaltb. und Fundorte wie bei diesem, doch auch Autun in Frankreich, Chesterfield in Massachusetts.

Kupfer- und Zinkphosphate sind:

Libethenit,  $\text{HOCu}_2\text{PO}_4$ , rhombisch, 0-9601:1:0-7019, isomorph mit Olivenit und Adamin, lauchgrün, olivengrün, schwärzlichgrün. Libethen, Nischni Tagil, Ullersreuth. Der Pseudolibethenit enthält  $\text{H}_2\text{O}$ .

Tagilit, monoklin, smaragdgrün. Chem. Zus. ungefähr  $(\text{CuOH})_2\text{HPO}_4$ . Nischni Tagil, Mercedes, Ullersreuth.

Phosphorchalcit (Lunnit, Pseudomalachit, Phosphorkupfererz), monoklin, traubig, nierförmig, strahlig-faserig, schwärzlichgrün, smaragdgrün, spangrün,  $(\text{CuOH})_2\text{PO}_4$ . Cornwall, Saïda. Aehnlich ist der Dihydrat.

Ehlit (Prasin), rhombisch, traubig, nierförmig, radialblättrig. Chem. Zus. wie eine Verbindung der beiden vorigen. Ehl bei Linz am Rhein, Libethen in Ungarn, Nischni Tagil am Ural, Cornwall.

Hopöit,  $\text{Zn}_3\text{P}_2\text{O}_8 + \text{H}_2\text{O}$ , rhombisch, 0-5722:1:0-4717, graulichweiss. Altenberg bei Aachen, sehr selten.

Thonerdehaltige:

Childrenit,  $(\text{HO})_2\text{AlFePO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ , rhombisch, 0-77801:1:0-52575, ochergelb, braun, schwarz. St. Austel in Cornwall, Tavistock in Devonshire, Hebron in Maine. Der Eosphorit,  $(\text{HO})_2\text{AlMnPO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ , rhombisch, 0-77680:1:0-51501, findet sich bei Branchville.

Henwoodit, nierförmig, blau, ist kupferhaltig. Bleigummi, traubig, stalaktitisch, gelb, grün, braun, ist bleihaltig.

Lazulith (Blauspath),  $(\text{HO Al})_2\text{MgP}_2\text{O}_8$ , mit Fe, das Magnesium ersetzend, monoklin, 0-97496:1:1-6483,  $\beta = 89^\circ 14'$ . Pyramidale, tafelförmige oder prismatische Krystalle, jedoch selten deutlich. Meist derb und eingesprengt. H. = 5-6. Indigoblau, berlinerblau bis bläulichweiss. Strich weiss. G. = 3 bis 3-12. V. d. L. schwillt der L. an, schmilzt nicht. Durch Säure wird er nur nach dem Glühen aufgelöst. Krieglach in Steiermark, Werfen in Salzburg, Zermatt in Wallis, Sinclair County in Nordcarolina, Graves Mountain in Georgia, hier schwebend gebildete Krystalle im Quarzit. Verwandt sind der Cirrholith, Tavistockit.

Kallaït (Türkis), nierförmig, stalaktitisch, in Trümmern und eingesprengt, dicht. H. = 6. Himmelblau, spangrün, apfelgrün. G. = 2-6 bis 2-8. Chem. Zus. ungefähr  $\text{AlPO}_4 \cdot \text{AlO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ , jedoch immer mit einer Beimischung von Kupfer- und Eisenverbindungen. Geglüht wird er dunkel, schmilzt nicht. Durch Säuren wird er aufgelöst.

Der blaue Türkis ist als Schmuckstein wegen der lieblichen Farbe geschätzt, obgleich die Härte gering. Brauchbare Steine (orientalischer Türkis) kommen bei Nischapur, nordwestlich von Herat, ausserdem in dem Megarathal am Sinai im Porphyr, in Mexico im Augitandesit der Cerillos vor. In letzter Zeit wurden schöne Stücke angeblich aus Egypten gebracht. Bei Jordansmühl in Schlesien, Oelsnitz in Sachsen wurden minder schöne, meist grünliche Vorkommen beobachtet. Aus dem künstlich dargestellten kupferhaltigen Thonerdephosphat wurde in letzter Zeit durch Compression des erhaltenen Niederschlages Türkis nachgeahmt.

Das Product ist etwas mehr spröde als das Mineral. Sonst wurde auch blaugefärbtes, fossiles Elfenbein als Türkis verkauft (Beintürkis). Nahestehende Phosphate sind: Trolleit, Berlinit, Augelith.

Wavellit,  $(\text{HOAl})_2 \text{P}_2\text{O}_7 + 5 \text{H}_2\text{O}$ , rhombisch, 0.50489:1:0.37514, radiaifaserig, farblos, gelblich, selten grün und blau.  $H. = 3.5..4$ . Durchscheinend.  $G. = 2.3$  bis 2.5. V. d. L. schwillt er an, schmilzt nicht, durch Säuren wird er aufgelöst. Auf Klüften in Kieseliefer bei Langenstriegis, Waldgirmes, in Grauwacke bei Czerhowitz, in Phosphorit bei Staffel, Amberg, ferner bei Barnstapel, Montebras u. a. O.

Striegisan ist W. Planerit, Coeruleolactin, Sphärit sind nahestehende Phosphate, ebenso der Variscit, Fischerit, Peganit, Zepharovichit. Ein amorphes, kleintraubiges, oft stalaktitisches verwandtes Phosphat ist der Evansit von Szirk in Ungarn. Der Goyazit enthält auch Ca.

Calcium- und magnesiumhaltige Phosphate sind:

Der Fairfieldit, Isoklas, Messelit, alle drei Calciumphosphate, und der Lüneburgit, welcher Magnesiumphosphat und Borat ist, ferner die Guanominerale:

Brushit,  $\text{HCaPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ , monoklin; 0.6221:1:0.3415,  $\beta = 84^\circ 45'$ , gelblichweiss. Sombrero. Der Metabrushit hat  $3\text{H}_2\text{O}$ . Der rhombische Newberryit ist das dem letzteren entsprechende Magnesiumsalz.

Struvit (Guanit), rhombisch, hemimorph, 0.56643:1:0.91207, farblos, gelb, braun.  $(\text{NH}_4)\text{MgPO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$ . Es ist die Zusammensetzung desjenigen Salzes, welches beim Fällen einer ammonhaltigen Magnesiumlösung durch phosphorsaures Natrium entsteht (pag. 231, Magnesium) und u. d. M. die hemimorphe Gestalt ausgezeichnet erkennen lässt. In Guano, z. B. in den Skiptonhöhlen bei Ballarat in Australien, in Abzugscanälen, z. B. ehemals in Hamburg. Ein Magnesium-Ammonium-Phosphat ist auch der trikline Hannayit.

#### 4. Ordnung: Nitrate oder Salpeter.

Grösstentheils unscheinbare, nur als Imprägnation oder Ausblüfung vorkommende Minerale. Die Salpetersäure, von der sich diese Verbindungen ableiten, ist meistens ein Product der Fäulnis und Verwesung, welche durch Baeterien hervorgerufen werden. Die so gebildete Salpetersäure zerlegt die im Boden enthaltenen Carbonate von Ca, Mg, K, Na und liefert die entsprechenden Nitrate. Daher sind in der Dammerde, besonders in gedüngten Böden und in deren Grundwässern, jene Nitrate allenthalben verbreitet.

#### Kalisalpeter (Salpeter).

Rhombisch, A. V. = 0.5910:1:0.7010, isomorph mit Aragonit und in der Ausbildung der Krystalle diesem vielfach gleich (s. Aragonit, Fig. 1 und 2). Auch die Spaltb. und das optische Verhalten sind dasselbe.  $H. = 2$ . Farblos, weiss, grau.  $G. = 1.989$ .

Chem. Zus.:  $\text{KNO}_3$ , entsprechend 46.6 Kali, 53.4 Salpetersäure-Anhydrid. Schmilzt sehr leicht v. d. L. und färbt die Flamme violett, auf Kohle verpufft er, im Wasser ist er leicht löslich, in heissem aber viel leichter als in kaltem. Bei  $0^\circ$  bedarf 1 Th. K. 7.7 Thle. Wasser, bei  $97^\circ$  nur 0.43 Thle. Wasser zur Lösung.

Der S. wurde mit anderen Salzen gemengt in manchen Kalksteinhöhlen, z. B. auf Ceylon, in Calabrien, bei Homburg angetroffen, als Ausblüfung an der Erdoberfläche in Aragonien, Ostindien, Ungarn, jedoch meistens veranlasst durch die Zersetzung von flüssigen Excrementen. Früher wurde diese Bildung in den sogenannten Salpeterplantagen nachgeahmt, indem Erde, welche Calciumcarbonat oder

auch Kaliumcarbonat enthält, mit stickstoffhaltigen organischen Substanzen gemengt, mit Mistjauche oder Harn angefeuchtet, der Luft ausgesetzt wurde. Der wässerige Auszug wurde mit Holzasche versetzt und schliesslich durch Krystallisiren der Salpeter gewonnen. Gegenwärtig stellt man den S. zumeist aus dem folgenden Mineral durch Umsetzung mit Kaliumsalzen dar.

Der Salpeter dient zur Bereitung des Schiesspulvers, der Salpetersäure, der englischen Schwefelsäure, als Oxydations- und Flussmittel bei Metallarbeiten und für medicinischen Gebrauch.

#### Natronsalpeter (Chilesalpeter, Nitratin).

Rhomboëdrisch, A. V. = 1 : 0.8276, isomorph mit Kalkspath und mit diesem in Bezug auf Spaltbarkeit, Orientirung der Härte, der Schlagfiguren, Aetzfiguren und die Erscheinungen bei der Bildung künstlicher Zwillinge nach  $-\frac{1}{2} R$ , endlich in optischer Hinsicht vollkommen übereinstimmend. Die bei der Krystallisation erhaltene Form ist fast immer das Grundrhomboëder, zuweilen mit der Basis. H. = 1.5 . . 2, farblos oder blass gefärbt, von salzig-kühlendem Geschmack. G. = 2.265.

Chem. Zus.:  $NaNO_3$ , entsprechend 36.5 Natron und 63.5 Salpetersäure-Anhydrid. Schmilzt leicht und färbt die Flamme gelb, verpufft auf glühender Kohle, ist im Wasser noch leichter löslich als der vorige. 1 Theil Salz bedarf bei 18° nur 1.14 Theile Wasser zur Lösung.

Der N. findet sich in der regenlosen Zone bei Iquique und Tarapaca im Departement Arequipa in Chile in einem Gebiete von 38 Kilometer Länge, ferner auch in Bolivia bei Arané. Er bildet Schichten auf sedimentären Felsarten und Porphyren, oft im Wechsel mit Gyps, gemischt mit Sand, stets mit Steinsalz und anderen Meersalzen verbunden, öfter von Guano und anderen Organismenresten begleitet. Geringe Mengen von Jodverbindungen sind in dem Salzgemenge immer enthalten.

Das Vorkommen weist auf eine Bildung hin, zu welcher organische Reste und die Stoffe des Meerwassers Anlass gaben. (Ochsenius, Die Bildung des Natronsalpeters aus Mutterlaugensalzen. Stuttgart 1887.)

Der Name Chilesalpeter entstand dadurch, dass das Mineral aus den chilenischen Häfen nach Europa kam.

Der N. dient zur Bereitung des Kalisalpeters und wird bei der Fabrication der Salpetersäure und Schwefelsäure, sowie als Düngemittel verwendet. Zur Fabrication des Schiesspulvers ist er nicht geeignet, da er an der Luft feucht wird.

Nitrocalcit (Kalksalpeter) und Nitromagnesit (Magnesiasalpeter) enthalten Krystallwasser. Sie finden sich unter den beim Kalisalpeter erwähnten Ausblühungen. Groth führt einen angeblich aus Chile herrührenden Barytsalpeter an, der Oktaëder bildet. Die Nitrate schwerer Metalle sind repräsentirt durch den Gerhardtit aus Arizona. Rhombisch, dunkelgrün. Basisches Kupferniträt.

### VII. Classe: Gypsoide.

Diese Classe umfasst alle salzartigen Verbindungen, welche von der Schwefelsäure, Chromsäure, Wolframsäure, Molybdänsäure abgeleitet werden und sämtlich dem Typus  $H_2SO_4$  folgen.



## 1. Ordnung: Sulfate.

Diese lassen sich durch Wasser oder Salzsäure in Lösung bringen, welche die Reaction auf Schwefelsäure gibt, oder sie liefern nach dem Glühen mit Soda die Reaction auf Schwefel, pag. 231. Die Härte steigt zuweilen bis 4. Glasglanz, selten Diamantglanz.

## a) Wasserfreie Sulfate.

Sie sind farblos oder nur zufällig gefärbt, ihre Härte ist meistens 2·5 bis 3·5. Sie geben im Kölbchen kein Wasser.

Thenardit	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	rhombisch	0·5970 : 1 : 1·2541
Hanksit	$4 \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$	hexagonal	1 : 1·0140
Sulphohalit	$3 \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 2 \text{NaCl}$	tesseral	
Arcanit	$\text{K}_2\text{SO}_4$	rhombisch	0·5727 : 1 : 0·7464
Glaserit	$3 \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$	rhomboëdr.	1 : 1·2839
Mascagnin	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	rhombisch	0·5642 : 1 : 0·7309
Anhydrit	$\text{CaSO}_4$	"	0·8915 : 1 : 0·9988
Baryt	$\text{BaSO}_4$	"	0·6206 : 1 : 0·7618
Cölestin	$\text{SrSO}_4$	"	0·6086 : 1 : 0·7793
Anglesit	$\text{PbSO}_4$	"	0·6088 : 1 : 0·7757
Glauberit	$\text{CaSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$	monoklin	1·220 : 1 : 1·0275, $\beta = 67^\circ 49'$

Thenardit, rhombisch, krystallirt in pyramidaler Form oder ist derb, körnig bis dicht oder erdig als Ausblüfung. Farblos, weiss, röthlich. Geschmack schwach salzig,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , kommt in ähnlicher Weise wie der Natronsalpeter, aber in geringerer Menge in Atacama und bei Tarapaca, ferner als ausgedehntes Lager am Rio verde in Arizona vor, als Quellenproduct in den Salinas d'Espartinas bei Aranjuez u. a. O.

Das Mineral ist leicht löslich, verwandelt sich an feuchter Luft in Glaubersalz, dient als Viehsalz, zur Sodabereitung etc. Durch Verstäuben des Glaubersalzes und beim Schmelzen des letzteren in seinem Krystallwasser bildet sich die dem Th. entsprechende Verbindung.

Hanksit,  $4 \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$ , hexagonal. 1 : 1·0056. Im Borax Lake, Californien. Auf den Krystallen sitzt öfter Sulphohalit.

Arcanit, rhombisch,  $(110) = 59^\circ 36'$ , oft anscheinend hexagonale Krystalle zeigend (wie Aragonit, Witherit). Farblos, weiss, Geschmack salzigbitter.  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Glaserit (Aphtalose), rhomboëdrisch, aus  $\text{K}_2\text{SO}_4$  und  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  in wechselndem Verhältnis bestehend. Racalmuto in Sicilien, auf vesuvischen Laven, bei Westeregeln.

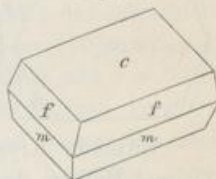
Mascagnin, rhombisch, isomorph mit Arcanit  $(110) = 58^\circ 52'$ . Krusten und Stalaktiten. Farblos, weiss, gelblich, scharf und etwas bitter schmeckend  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Als Sublimat auf vesuvischen Laven.

Glauberit, monoklin, flache Krystalle, woran  $c = 001$  vorherrscht,  $f = (111)$ ,  $m = (110)$  Fig. 1. Winkel  $(110) = 96^\circ 58'$ ,  $111 : 111 = 32^\circ 29'$ . Farblos, gelblich, graulich, durchsichtig. An feuchter Luft wird die Oberfläche matt und trübe. H. = 2·5 . . 3. Charakter der Doppelbrechung negativ. A. E. senkrecht zu  $b$ , Platten parallel  $c$  liefern aber die Axenbilder (s. pag. 180 und 215)  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$ . In Wasser unter Abscheidung von Gyps löslich. V. d. L. zerknistert der G. und schmilzt zu klarem Glase. In Steinsalzlagerstätten bei Villarubia in Spanien, Vic in Lothringen, Westeregeln bei Stassfurt, Iquique in Peru, Mayo mines im Pendschab u. a. O.

## Anhydrit (Karstenit, Muriazit).

Wasserfrei ( $\alpha\omega\delta\sigma\sigma\zeta$ ) im Gegensatz zu dem wasserhaltigen Gyps. Rhombisch. Krystalle sind selten. An jenen von Aussee (Fig. 1) herrschen Endflächenpaare, ferner Pyramidenflächen, wie  $o = (111)$ ,  $n = (121)$ ,  $f = (131)$ , auch das Prisma  $s = (011) = 89^\circ 56'$ , an jenen von Stassfurt (Fig. 2) die Flächen  $r = (101) = 83^\circ 30'$ .

Fig. 1.

ngt,  
rige  
der  
ndender  
undesem  
uren  
e R.  
talli-  
der  
ack.äure-  
eder  
edarfa im  
erner  
und  
nsalz  
men-  
engeReste  
des

ehile-

ation  
Zur  
wird.  
ystall-  
einen  
werer  
ischesvefel-  
mmt-

Der A. ist mit den folgenden Mineralen von ähnlicher chemischer Zusammensetzung nicht isomorph.

Auffallend ist die vollk. Spaltb. nach den drei Endflächen. Am wenigsten vollk. ist sie nach  $a = 100$ , wo ein fettartiger Glanz herrscht, am meisten nach  $c = 001$ , welche Perlmutterglanz hat. Auf  $b$  zeigen sich öfter feine Linien parallel  $r$ , einer versteckten Zwillingsbildung entsprechend, welche auch durch Druck und durch Erhitzen veranlasst werden kann. Man kann demnach aus krystallinischem A. leicht würfelförmige Spaltungsstücke erhalten und kann durch das Flächenpaar  $a$  die Axenbilder sehen, da der Axenwinkel in Luft  $71\frac{1}{2}^\circ$ . Charakter der Doppelbrechung positiv, A. E. parallel  $b$ .

H. = 3 . 3·5. Farblos, weiss, aber auch öfter bläulich bis entschieden blau. sonst auch grau und roth. G. = 2·8 bis 3.

Chem. Zus.:  $Ca SO_4$ , entsprechend 41·2 Kalk und 58·8 Schwefelsäure-Anhydrid. V. d. L. schmilzt der A. schwer zu weissem Email, färbt die Flamme röthlich-gelb. Mit Fluorit zusammen geschmolzen, gibt er eine klare Perle. Durch Salzsäure wird er wenig angegriffen, durch conc. Schwefelsäure aber gelöst. Wenn das Pulver längere Zeit feucht erhalten wird, so wird es zum Theil in Gyps verwandelt.

Brauns beobachtete die Entstehung von Anhydrit neben Gyps beim Zusammenreffen von  $Mg SO_4$  und  $Ca Cl_2$  in Lösungen, die mit NaCl und KCl gesättigt sind. Hoppe-Seyler zeigte, dass Gyps vollständig entwässert wird, wenn man denselben mit einer gesättigten Steinsalzlösung in geschlossenem Gefäss erhitzt.

Fig. 1.

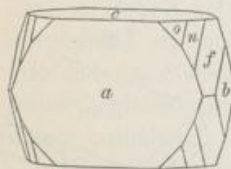


Fig. 2.



G. Rose beobachtete an Exemplaren des A. von Lüneburg, Stassfurt etc. die Textur des Gypses, daher die Bildung von Anhydrit durch Entwässerung des Gypses ein häufiger Vorgang zu sein scheint.

Sitzende Krystalle von Anhydrit kennt man aus den Salzlagerstätten bei Aussee, Hallein, Ischl, ringsum ausgebildete Krystalle fallen bei der Auflösung des Kieserits von Stassfurt heraus, seltener bei Auflösung des rothen Steinsalzes von Aussee. Der spathige, körnige, zuweilen auch stengelige A. findet sich namentlich in den alpinen Salzlagerstätten: Aussee, Ischl, Hallein, Berchtesgaden, Hall in Tirol, Bex in der Schweiz. Am Sommeraukogel bei Hallstatt wurde körniger A. als Ausfüllung von Ammonitenkammern beobachtet.

Der dichte A. ist in Gesellschaft von Steinsalz stark verbreitet. Im Stassfurter Salzlager bildet er in der unteren Region (Anhydritregion) im regelmässigen Wechsel mit Steinsalzschieben unzählige papierdünne Lagen, in anderen Steinsalzwerken sieht man ihn bald in deutlichen Lagen, bald unregelmässig vertheilt, auch traubig, blumenkohlartig, mit Steinsalz innig verwachsen. Der Gekrösestein von Wieliczka und Bochnia erscheint aus zusammengeschobenen Lagen gebildet.

Der körnige A. kommt auch ohne Steinsalz, jedoch immer von Gyps begleitet, zwischen verschiedenen Schichtgesteinen vor, so im Val Canaria der

Schweiz, bei Volpino im Val Camonica der Lombardei, bei Lüneburg, am Harz u. a. O. Im Kalkstein findet er sich in der Nachbarschaft der Bleiglanzester bei Bleiberg in Kärnten, auf Erzlagerstätten wie bei Fahlun. Auf Erzgängen wie bei Kapnik ist er eine Seltenheit, ebenso als vulkanisches Product, wohin die kleinen Kryställchen in vesuvischen Auswürflingen und in der Lava der Aphroessa-Insel bei Santorin gehören.

Den blauen Anhydrit von Volpino (Vulpinit) hat man für Sculpturen verwendet. Wenn der A. dem Gyps beigemennt vorkommt, so wird er ohne Nachtheil mit diesem vermahlen, da er die bindenden Eigenschaften des überwiegenden Gypses nicht aufhebt. Zur Verbesserung des Ackerbodens ist der A. ebenso brauchbar wie der Gyps.

Unter dem Einfluss des Wassers geht der Anhydrit allmählig in Gyps über, wobei das Volumen sich um 60 Percent vergrössert. Die Umwandlung, welche sich öfter deutlich verfolgen lässt, ist dementsprechend oft von Aufblähungen und Zerklüftungen begleitet. Dieselbe ist als eine Rückbildung zu betrachten (pag. 307).

#### Baryt (Schwerspath).

War schon in den ersten Zeiten des Bergbaues als häufiger Gast auf den sulfidischen Erzgängen durch die schönen Krystalle aufgefallen und wurde wegen der Spaltbarkeit als ein Verwandter des Gypses betrachtet.

Die Formen sind immer deutlich rhombisch. An den tafelförmigen Krystallen herrschen die Flächen  $b = (010)$  und  $m = (101)$ . Fig. 1 ist auch die Spaltungsgestalt des Baryts. Bisweilen sind die Kanten zwischen  $b$  und  $m$  abgestumpft durch Flächen wie  $z = (111)$  oder  $s = (212)$ .

Die säulenförmigen Krystalle strecken sich bald nach der Zone des aufrechten Prisma, in welcher die Flächen  $u = (110)$ ,  $d = (120)$  und  $l = (140)$  auftreten, oder aber nach der Zone des Längsprisma, in welcher  $o = (011)$  und  $c = (001)$  häufig vorkommen. Auch nach dem Querprisma  $m$  gestreckte Formen kommen bisweilen vor (Wolnyn). Der Habitus der Krystalle ist daher vielem Wechsel unterworfen. Zugleich ist der Flächenreichthum der Krystalle bisweilen gross und die Zahl der bekannten einfachen Formen (60) sehr beträchtlich.

Winkel der typischen Formen sind:

$$\begin{array}{ll} m : m = 101 : 10\bar{1} = 78^{\circ} 20' & o : o = 011 : 01\bar{1} = 105^{\circ} 24' \\ u : u = 110 : 1\bar{1}0 = 63^{\circ} 39' & m : d = 101 : 120 = 60^{\circ} 54' \\ d : d = 120 : 1\bar{2}0 = 102^{\circ} 17' & d : o = 120 : 011 = 61^{\circ} 50' \end{array}$$

Krystalle von doppelter Bildung, pag. 16, oder Kernkrystalle, ferner Krystalle mit abwechselnden klaren und trüben Schichten finden sich nicht selten. Helmhacker, Denkschr. Ak. Wien, Bd. 32.

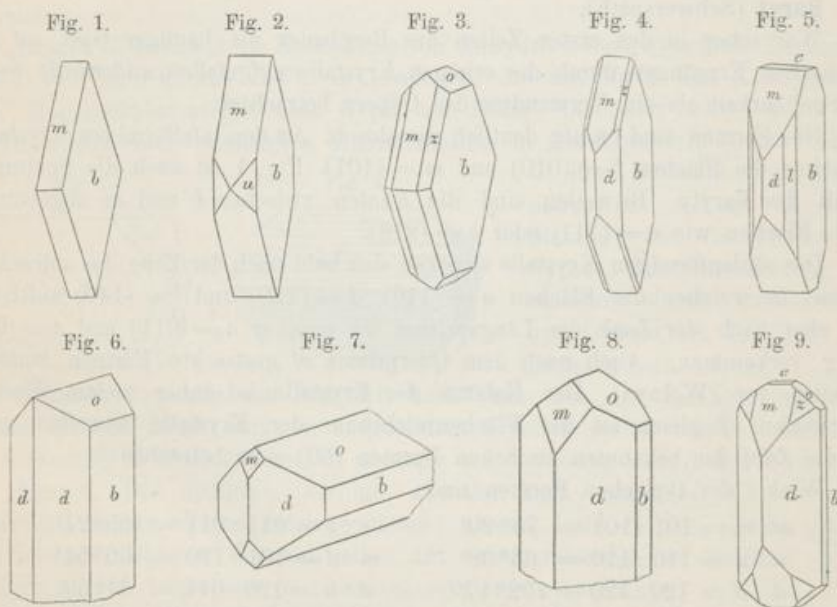
Die Spaltb. ist sehr vollk. nach  $b$ , jene nach  $m$  steht nur wenig zurück.  $H. = 3 \dots 3.5$ . Die Schlagfigur auf  $b$  geht nach den Diagonalen, die Risse sind also 100 und 001 parallel. Die Orientirung der Härte ist auf pag. 141, die Form der Aetzfiguren auf pag. 144 angegeben.

Der Charakter der Doppelbrechung ist positiv. Ein Blättchen, parallel der Querfläche 100 geschliffen, gibt die Axenbilder, da deren Winkel in Luft  $63\frac{1}{2}^{\circ}$ .

Beim Erwärmen auf  $200^{\circ}$  wächst dieser auf  $75^{\circ}$ . Die Axen liegen parallel  $c=001$  (s. pag. 206). Oft ist der B. farblos oder weiss, man trifft jedoch auch mannigfache Färbungen: grau, gelb, roth, bläulich, grünlich, braun.  $G. = 4.3$  bis  $4.7$ .

Chem. Zus.:  $BaSO_4$ , entsprechend 65.7 Baryumoxyd und 34.3 Schwefelsäure-Anhydrid. Nicht selten ist etwas von Strontiumsulfat beigemischt. V. d. L. zerknistert der B. heftig, schmilzt nur sehr schwer an den Kanten, gibt mit Soda eine trübe Schmelze, wird von Salzsäure nicht angegriffen, von conc. Schwefelsäure aber gelöst. Durch Verdünnen der Lösung mit Wasser wird wieder  $BaSO_4$  gefällt.

Von den Versuchen, Krystalle von den Eigenschaften des Baryts künstlich darzustellen, sind jene von Macé und von Fremy am wichtigsten, welche zeigen, dass Krystalle beim allmählichen Zusammentreffen von Lösungen entstehen, deren eine salpetersaures Baryum, die andere irgend ein Sulfat enthält (s. pag. 271). Es ist indess nicht nöthig, die Bildung des Baryts aus Lösungen durch das Experiment wahrscheinlich zu machen, da jedes Vorkommen diese Art der



Bildung verräth. Besonders pflegt man die jugendlichen Absätze im Sand und Mergel, die Baryte, welche in Versteinerungen des Mainzer Beckens, in Württemberg, in der Dordogne, in Yorkshire gefunden werden, als beweisend anzuführen. Bei Lautenthal im Harz wurde übrigens der Absatz von Baryt aus einer Soolquelle des Leopolder Ganges als gegenwärtig fortdauernde Bildung beobachtet.

Dem B. kommt eine ziemlich starke Verbreitung zu, obgleich er weder selbständig in grossen Massen auftritt, noch als Gemengtheil von Felsarten



fungirt. Auf Gängen bildet er Krystalle, die häufig in prächtigen Drusen vereinigt oder auch rosettenförmig, hahnenkammartig, baumförmig u. s. w. zusammengefügt sind. In solcher Art begleitet er oft mit Quarz den Bleiglanz, die silberhaltigen Erzgänge, jene der Kobaltformation. Auf den Zinnerzgingen ist er sehr selten. Beispiele für die barytischen Erzgänge liefern die Umgebungen von Schemnitz, Kremnitz, Nagybánya, Felsöbánya in Ungarn. Hier ist der B. öfter durch Auripigment gelb gefärbt, von Antimonit begleitet. Schöne Tafeln von Baryt erscheinen wie aufgespiesst oder durchzogen von den Nadeln des Antimonglanzes.

Bei Příbram kommen mindestens zwei Barytgenerationen vor, wovon die ältere schon wieder manche Veränderung erfahren hat. Zernagte Krystalle, hohle Abdrücke durch Auflösung entstanden, Verdrängungen durch Quarz, Pyrit u. s. w. sind hier nicht selten. Ein sehr bekannter Fundort schöner Drusen mit mannigfacher Färbung ist der Giftberg bei Komorau in Böhmen, wo der Gang ein Hämatitlager durchsetzt. Bei Freiberg, Marienberg hat man auch schön krystallisirten B., aus Cumberland gute Beispiele für die nierförmige Aggregation der Krystalle.

Vollständig erfüllte Barytgänge kennt man bei Brixlegg und Schwaz in Tirol, wo sie noch Fahlerz enthalten, taube Gänge bei Riechelsdorf in Hessen, bei Brotterode im Thüringerwalde im Granit u. a. a. O.

Ein gewöhnliches Vorkommen, jenes in Hohlräumen und Nestern, in Klüften, zeigt die Herkunft der Substanz aus dem Nebengestein an. In den Blasenräumen der Mandelsteine sitzen zuweilen Krystalle, in Porphyren, Trachyten, in Kalk- und Sandsteinen erscheint der B. öfter als Kluftfüllung. Die schönsten Krystalle, die in einem Hohlraum auftreten, sind die grossen Exemplare von Dufton in England. Stalaktitische Bildungen sind von Newhaven in Derbyshire, braune faserige Ueberzüge von Durham bekannt. Sie werden öfter für ornamentale Zwecke verschliffen. Erdiger Baryt findet sich in Nestern im Mergel, z. B. bei Kanstein in Westphalen, ferner auch auf Gängen und Klüften, wie bei Freiberg. In manchem Sandstein ist der Baryt ziemlich gleichförmig verbreitet; in Mergeln bildet er zuweilen Concretionen. Bekannt wurden jene vom Monte Paterno bei Bologna (Bologneserspath), weil an diesen zuerst die Wahrnehmung gemacht wurde, dass Baryt, mit Tragantschleim oder einer anderen ähnlichen Substanz angemacht und geglüht, eine Masse liefert, welche durch Bestrahlung phosphorescirt. Später zeigte sich, dass nicht nur dem Schwefelbaryum, sondern auch dem Schwefelstrontium etc. diese Eigenschaft zukomme.

Blätteriger derber B. ist öfter ein Begleiter der Eisenspathlagerstätten, so bei Neuberg in Steiermark, Hüttenberg in Kärnten, Dobschau in Ungarn. Damit hängt die Erscheinung zusammen, dass auch die Manganerze, wie Manganit, Pyrolusit, häufig von Baryt begleitet sind. So bei Ilfeld, Oehrenstock bei Ilmenau etc. In Lagern und Schichten erscheint der Baryt nur selten. Dichter Baryt findet sich in solcher Form bei Meggen in Westphalen in wiederholten Lagern. Körniger B., einem körnigen Kalkstein ähnlich, bildet Schichten in den krystalinischen Schiefen bei Villarica in Brasilien.

Der B. dient zur Darstellung von Barytpräparaten, von denen mehrere in der Industrie Anwendung finden. Im gemahlten Zustande wurde er öfter dem

parallel  
doch  
raun.

vefel-  
d. L.  
Soda  
vefel-  
fieder

stlich  
igen,  
leren  
271).

das  
der

und  
s, in  
eisend  
rt aus  
ldung

weder  
sarten

Bleiweiss zugemischt. Gegenwärtig wird aber als Anstrichfarbe meistens das künstlich dargestellte Baryumsulfat (Blanc fixe) verwendet.

Der Wolnyn in länglichen Krystallen aus Ungarn und der schalige Allomorphit von Unterwirbach sind Baryt, der krummschalige Kalkbaryt von Freiberg enthält etwas Calciumsulfat, noch mehr der Dreelit von Bejaueu, welcher rhomboëdrische Formen zeigt.

#### Cölestin, Werner.

Wegen der himmelblauen Farbe der zuerst entdeckten Art so genannt. Rhombisch, oft krystallisirt, isomorph mit Baryt und auch häufig mit derselben Ausbildung der Krystalle, daher man solche leicht mit Baryt verwechseln kann. Die Winkel sind etwas schwankend, nach Arzruni und Thaddéeff (Zeitschr. f. Kryst. 25, pag. 38):

$$\begin{array}{ll} m : m = 101 : 10\bar{1} = 75^{\circ}58' & o : o = 011 : 01\bar{1} = 104^{\circ}8' \\ d : d = 120 : 12\bar{0} = 101\ 11 & o : m = 011 : 101 = 61\ 2 \end{array}$$

Die Formen sind vorwiegend prismatisch, nach der Zone *bo* oder *bd* gestreckt; rhombische Tafeln, wie beim Baryt, sind nicht sehr häufig.

Spaltb. nach *b* und *m* wie beim Baryt, auch in der Härte und im optischen Verhalten mit diesem gleich.  $AB = 87^{\circ}45'$ .  $G. = 3.9$  bis  $4$ , für reinen  $3.9665$  n. Arzr. u. Th.

Chem. Zus.:  $SrSO_4$ , entsprechend  $56.5$  Strontiumoxyd und  $43.5$  Schwefels. Die künstliche Darstellung der krystallisirten Verbindung erfolgte wie beim Baryt. V. d. L. zerknistert der C. und schmilzt leicht zur milchweissen Kugel, wobei die Flamme carminroth gefärbt wird (Unterscheidung von Baryt). Von Salzsäure

Fig. 1.

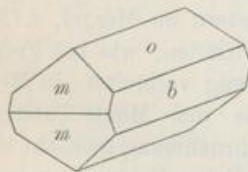
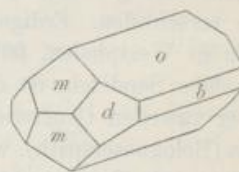


Fig. 2.



Fig. 3.



wird er wenig, durch conc. Schwefelsäure aber ebenso wie der Baryt angegriffen, durch Kochen mit einer Sodalösung wird der Cölestin in Carbonat verwandelt.

Schöne weisse bis farblose Krystalle, die mit Schwefel und Gyps in Mergel vorkommen, werden durch den Schwefelbergbau Siciliens gewonnen, solche mit flächenreichen Combinationen im Kalkstein von Pschow bei Ratibor, blaue pleochroitische bei Jena, kleine blaue Krystalle auf Gängen bei Herrengrund, Leogang, öfter auch in Ammoniten-Versteinerungen in Württemberg. Grosse Krystalle wurden bei Mokkatam in Egypten in Nummulitenschichten, hier oft in den Versteinerungen gefunden, breite barytähnliche werden von der Strontianinsel im Erie-See in Nordamerika gebracht, Fig. 2.

Der blaue Fasercölestin von Frankstown in Pennsylvania war derjenige, welchen Werner zuerst kennen lernte, auch die faserigen Platten, wie sie als Kluffüllung in dem Mergel von Dornburg bei Jena vorkommen, sind lange bekannt.

Derben C. als Gangfüllung hat man bei Condoreet im Drome (Frankreich) beobachtet, wo er mit Bleiglanz und Blende einen 5 Meter mächtigen Gang im Gyps und Mergel bildet. In Knollen findet sich C. in Gypslagern bei Paris.

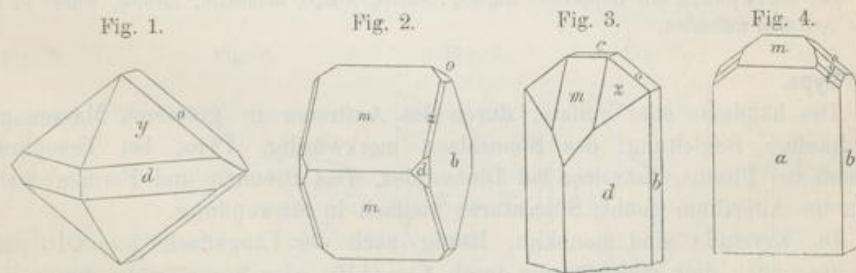
Der Barytocölestin ist eine Verwachsung der beiden Sulfate. Imfeld im Binnenthal, Joeketa in Sachsen, am Greiner in Tirol, hier neben Dolomit im Talkschiefer, bei Werfen in Salzburg mit Wagnerit.

**Anglesit, Beudant** (Vitriolblei, Bleivitriol).

Rhombisch, isomorph mit Baryt und Cölestin, da  $mm = 76^\circ 17'$ ,  $dd = 101^\circ 13'$ ,  $oo' = 104^\circ 24'$ . Ausser den beim Baryt erwähnten Flächen ist auch  $y = (122)$  häufig. Die Krystalle sind bald nach der Zone  $dd$ , bald nach  $oo$  gestreckt. Der Formenreichthum ist ziemlich gross, da schon v. Lang 31 verschiedene Formen fand (Sitzb. Ak. Wien 36, pag. 241), wozu später noch mehr als ebensoviele kamen (Sella, Zeitschr. Kryst. 4, pag. 400).

Spaltb. nach  $b$  und  $m$  nicht sehr deutlich.  $H. = 3$ . Diamantglanz, Fettglanz. Oefter ist der A. durchsichtig und wasserhell, daher ihn die Bergleute Bleiglas nannten, oft aber auch grau, gelblich, braun. Optisch ist er von Baryt wenig verschieden, da die A. E. parallel  $001$  und die 1. (posit.) Mittellinie senkrecht auf  $100$ . Der Axenwinkel ist aber sehr gross, die Lichtbrechung stark, da der mittlere Brechungsqu.  $1.88$ .  $G. = 6.2$  bis  $6.35$ .

Chem. Zus.:  $PbSO_4$ , entsprechend 73.6 Bleioxyd, 26.4 Schwefels. Erhitzt zerknistert er, schmilzt v. d. L. zu einer nach dem Erkalten milchweissen Perle, im Reductionsfeuer gibt er ein Bleikorn, durch Salzsäure wird er sehr schwer,



durch Kalilauge vollkommen gelöst. gegen conc. Schwefelsäure verhält er sich wie der Baryt.

Die künstliche Darstellung der krystallisirten Verbindung ist wie bei den vorigen Gattungen durch Schmelzen und durch das Diffusionsverfahren gelungen.

Der Anglesit ist ein ziemlich häufiges Verwitterungsproduct des Bleiglanzes, aber seltener als der Cerussit. Die Krystalle sitzen öfter in Höhlungen des Bleiglanzes, wo dieser geschwärzt und zerfressen aussieht. Bisweilen finden sich auch

Pseudomorphosen nach Bleiglanz. Schöne Krystalle liefern die Insel Anglesea an der Nordwestküste von Wales. Iglesias und Monte Poni auf Sardinien, Zellerfeld am Harz, Schwarzenbach und Miss in Kärnten, ausserdem Dognaczka, Morawicza, Felsöbánya, Nertschinsk u. a. O.

Der Lanarkit von Leadhills ist monoklin.  $2\text{PbO} \cdot \text{SO}_3$ . Breithaupt beschrieb auch den Zinkosit,  $\text{ZnSO}_4$ , ferner den Alumian, ein Sulfat von der Zusammensetzung  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SO}_3$ .

Wasserhaltige Salinarsulfate. Häufig in den Salzlagerstätten.

Glaubersalz	$\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$	monoklin	1:1584 : 1:1:2372, $\beta = 72^\circ 15'$
Gyps	$\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	"	0:68994 : 1:0:41241, $\beta = 80^\circ 42'$
Kieserit	$\text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	"	0:9046 : 1:1:7739, $\beta = 88^\circ 53'$
Bittersalz	$\text{MgSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$	rhombisch	0:9902 : 1:0:5709
Syngenit	$\text{CaSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	monoklin	1:3699 : 1:0:8738, $\beta = 76^\circ 0'$
Blödit	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$	"	1:3494 : 1:0:67048, $\beta = 79^\circ 22'$
Kainit	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$	"	1:2187 : 1:0:58635, $\beta = 85^\circ 6'$

**Glaubersalz**, (Mirabilit, *Haidinger*).

Das farblose, durchsichtige, monoklin krystallisirte Salz kommt öfter in grösseren Krystallen in den Steinsalzlager von Aussee, Hallstatt, Berchtesgaden etc. vor.  $(110) = 93^\circ 29'$ .

H. = 1:5 .. 2. Geschmack kühlend und salzig-bitterlich. G. = 1:4 bis 1:5.

Chem. Zus.:  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$  mit 55.9 Perc. Wasser. In Wasser ist das G. leicht löslich, es schmilzt leicht in seinem Krystallwasser. An der Luft verstäubt es, indem es das Krystallwasser verliert.

Es findet sich mit Steinsalz wechsellagernd bei Logrono am Ebro, für sich in wenig mächtigen Lagern bei Bompensieri in Sicilien, Muchreban im Kaukasus, als Neubildung in den alpinen Salzlagerstätten.

In Wässern ist G. häufig in Lösung vorhanden, pag. 286 und 380.

Der Darapskit, ein Doppelsalz  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ , monoklin, farblos, wurde in der Wüste Atacama gefunden.

**Gyps.**

Das häufigste aller Sulfate, durch das Auftreten in grösseren Massen und die häufige Begleitung des Steinsalzes merkwürdig.  $\Gamma\acute{o}\phi\omicron\varsigma$  bei Theophrast, Gypsum bei Plinius,  $\Sigma\lambda\gamma\acute{\iota}\tau\tau\epsilon\varsigma$  bei Dioscorides. Das Brennen und Formen waren schon im Alterthum geübt, Stuccaturen vielfach in Anwendung.

Die Krystalle sind monoklin, häufig nach der Längsfläche  $b = 010$  platt, öfter aber auch dick-säulenförmig durch  $f = (110)$  oder linsenförmig durch Vorwiegen von Pyramidenflächen wie  $\delta$  und Querprismen wie  $o$  und  $p$ . Die letzteren Flächen sind häufig gekrümmt.

$l = (111)$ ,  $n = (11\bar{1})$ ,  $\delta = (\bar{5}, 10, 3)$ ,  $o = (\bar{1}03)$ ,  $p = (103)$ ,  $h = (120)$ .

Die Winkel typischer Formen sind:

$(110) = 68^\circ 30'$ ,  $ll = 11\bar{1} : 111 = 36^\circ 30'$ ,  $nn = \bar{1}11 : \bar{1}\bar{1}1 = 41^\circ 28'$ ,  $oa = 103 : 100 = 92^\circ 40'$ .

Zwillingsbildungen sind häufig, besonders jene nach 100, Fig. 3. Ausserdem gibt es solche nach 101, also nach einer Ebene, welche die Kante  $ll$  gerade abstumpft. Die letzteren Zwillinge würden, wenn blos die Flächen  $l$ ,  $n$ ,  $b$ ,  $o$  vor-

handen wären, die Gestalt in Fig. 7 darbieten, doch sind an den grossen Krystallen im körnigen Gyps von Montmartre die Seitenflächen nicht eben, sondern mit continuirlicher Krümmung ausgebildet, Fig. 8 (Schwalbenschwanzwillinge). Ueber die Formen: Descloizeaux, Bull. soc. Mineralog., Bd. 9, pag. 175, und Zeitschr. f. Kryst., Bd. 14, pag. 271.

Die Krystalle werden häufig sitzend gefunden, in den Drusen öfter zierlich sternförmig oder halbkugelig angeordnet. Die langsäulenförmigen sind bisweilen wiederholt hin und her gebogen, indem die Fläche *b* wellig gekrümmt ist. Die eingeschlossenen Krystalle sind einfach oder sind Zwillinge, oft bilden sie kugelige Gruppen.

Spaltb. nach *b* sehr vollk., daher auf dieser Fläche oft Perlmutterglanz entsteht. Nach *a* = 100 herrscht eine unvollk. Spaltb., welche etwas krumme Spaltflächen liefert. Die dritte Spaltb. nach *n* ist wieder vollkommen. Sie folgt zwei Flächen, so dass man nicht eine einzige ebene Spaltfläche, sondern eine faserig aussehende, oft seidenglänzende Trennung erhält. Fig. 9 gibt an, wie

Fig. 1.

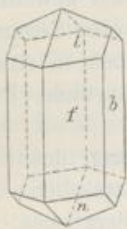


Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.

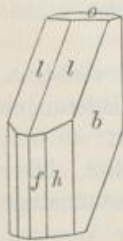


Fig. 6.

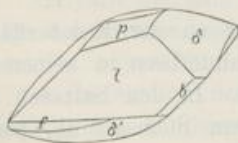


Fig. 7.

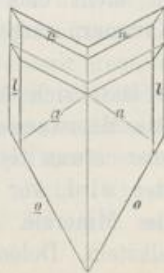


Fig. 8.



Fig. 9.



sich die Spaltb. in einem Zwillingskrystall gewöhnlicher Form, welcher gebogen oder gedrückt wurde, ausspricht. In Fig. 7 ist auch die Spaltung nach *n* und *a* zur Orientirung angegeben. Man kennt auch eine fernere Spaltb. nach *o* = 103, diese ist schon mehr versteckt.

Reusch, welcher die Cohäsionserscheinungen am Gyps aufmerksam studirte, fand noch mehrere Trennungsrichtungen, welche nicht beim Spalten, sondern beim

Knieken und beim Druck in bestimmten Richtungen entstehen, z. B. nach den Ebenen 101, 509.

Es ist merkwürdig, dass zwar die Mehrzahl der Gypsblättchen, die man durch Spalten erhält, biegsam erscheint, dass aber manche Gypse, z. B. jene von Montmartre, etwas spröde Tafeln liefern.  $H. = 1.5. . 2.$

Farbloser und weisser Gyps ist gewöhnlich, doch sind manche Arten gelblich bis honiggelb, andere röthlich bis fleischroth, noch andere grau bis schwärzlich gefärbt. Der Charakter der Doppelbrechung ist positiv. Um die Axenbilder zu sehen, muss man Blättchen senkrecht zur Symmetrieebene so schleifen, dass man das stumpfe Eck, welches von den vier Flächen  $l$  und  $f$  gebildet wird, wegnimmt. Die Orientirung ist pag. 204, die Veränderung in der Lage der Axen durch Erwärmen pag. 215 angeführt.  $G. = 2.2$  bis  $2.4$ . Reiner Gyps hat nach Kenngott  $G. = 2.32$ .

Chem. Zus.:  $CaSO_4 + 2H_2O$ , entsprechend 32.5 Kalk, 46.5 Schwefelsäure. Das Krystallwasser beträgt 21 Percent. Im Kölbchen gibt der Gyps reichlich Wasser. V. d. L. wird er trübe, blättert sich oft, schmilzt zu einem weissen Email, das alkalisch reagirt. Mit Fluorit zusammen geschmolzen, liefert er eine Perle, die in der Hitze durchsichtig, nach dem Erkalten trübe ist. In Wasser ist er schwer löslich. 1 Thl. Gyps braucht bei  $21^\circ C.$ , also bei gewöhnlicher Temperatur, 420 Theile Wasser zur Auflösung, pag. 295. Durch eine Lösung von Soda wird er in Kalkecarbonat verwandelt, und zwar durch Kochen in Aragonit. Man kann bei Anwendung von Krystallen auf solche Weise künstliche Pseudomorphosen darstellen.

Krystalle von den Eigenschaften und der Zusammensetzung des Gypses werden leicht aus Lösungen erhalten, sowohl bei mikroskopischen Untersuchungen, pag. 236, als im grösseren Maasstabe. In vielen Bergbauen finden sich neu gebildete Krystalle, die oft das Grubenholz bedecken. In den Leitungsröhren der Salinen setzen sich häufig prächtige Krystallisationen ab und verstopfen bisweilen die Leitung. Die Soole, welche in den Kammern und Sinkwerken entsteht, hat nämlich nicht blos das Steinsalz, sondern auch Gyps aufgelöst. Die abgelassenen Kammern zeigen auch öfter an den Wänden schöne Krystalle.

Die Bildung des Gypses lässt sich öfter an der Erdoberfläche verfolgen, wo Quellen Gyps absetzen. Das Meerwasser hinterlässt in seinen Ablagerungen ausser Chlornatrium auch immer etwas Gyps. In den Salzseen setzt er sich, sobald die Lösung concentrirter wird, vor dem Steinsalz ab, pag. 302, daher die häufige Verbindung beider Minerale. Dort, wo schwefelwasserstoffhaltige Wässer an der Luft mit Kalkstein, Dolomit, Mergel in Berührung kommen, bildet sich Gyps durch Einwirkung der bei der Oxydation des Schwefelwasserstoffes gebildeten Schwefelsäure, ebenso in den Solfataren. Es entsteht öfter zugleich Schwefel (pag. 299). Wo Eisenkiese verwittern, bildet sich freie Schwefelsäure, welche sowohl Kalk als auch Silicate zu zersetzen im Stande ist und oft Gypsbildung hervorruft. Dass der Gyps öfter aus Anhydrit entsteht, und dass hier eine Rückbildung vorliegt, wurde früher bemerkt. Die Löslichkeit des G. veranlasst häufige Wanderungen. Durch Zusammentreffen von Gypslösung mit ein-

geschlossenen Steinsalzkrystallen erklärt sich die Pseudomorphose von Gyps nach Steinsalz, welche bei Weyer in Ob.-Oesterr., Weissenbach in Steiermark u. a. O. beobachtet wurde.

Die Arten des Gypses sind zahlreich. Mehrere derselben zeigen eine grosse Verbreitung. Die wichtigsten lassen sich in folgenden Abtheilungen bringen:

Sitzende Krystalle finden sich häufig in Steinsalzlagerstätten, wie bei Wieliczka, Bochnia, Ischl, Hallstatt und in Höhlungen des Gypsgebirges, überall als Neubildung, veranlasst durch eingedrungene Wässer. Sehr bekannt sind die schönen, langsäulenförmigen, wasserhellen Krystalle von Friedrichsroda am Nordrande des Thüringerwaldes, die oft schlangenartig gebogen erscheinen, die linsenförmigen von Quedlinburg, die wasserklaren, schönen von Kaaden in Böhmen, jene von Girgenti in Sicilien, Castellina in Toscana u. a. m. Auf Erzgängen kommen sowohl solche vor, welche durch die Nachbarschaft zersetzter Kiese die indirecte Bildung verrathen, als auch solche, die mit frischen Mineralen verbunden sind. Als vulkanische Bildung wurden Krystalle am Vesuv, auf Lipari etc. beobachtet.

Eingeschlossene Krystalle liegen bisweilen im körnigen Gyps, wie die schon erwähnten Zwillinge von Montmartre bei Paris, oder im Thon, wie jene von Baden bei Wien, oder auch im Sande, von dem sie bisweilen grosse Quantitäten einschliessen, wie bei Smyrna.

Späthiger Gyps (Frauenis, Marienglas), eine, wie es scheint, im Alterthum bisweilen für die Fenster an Bienenstöcken benützte Art, später als Sinnbild der Reinheit und Keuschheit öfter an Heiligenbilder gehängt. Die Fundorte wie beim krystallisirten Gyps. Schön bei Wieliczka, Bex, Reinhartsbrunn, in Oberschlesien und Polen.

Strahliger Gyps ist nicht sehr häufig. Fasergyps von Seidenglanz bildet Trümer und Schnüre in Mergel und Thon an sehr vielen Orten. Bisweilen werden daraus grosse Perlen geschnitten.

Körniger, schuppiger, dichter Gyps tritt in mächtigen Stöcken und Lagern auf, daher der Gyps öfter unter den Gesteinsarten aufgeführt wird.

In den Salzlagerstätten ist der G. ein nie fehlender Bestandtheil, da derselbe sowie der Anhydrit mit dem Steinsalz genetisch verknüpft ist.

Selbständige Lagerstätten von Gyps, die bedeutende Mächtigkeit erreichen, sind nicht selten. Sie zeigen öfter keine deutliche Schichtung und dann gewöhnlich Merkmale der Umbildung, des Aufberstens und der Zertrümmerung. Bisweilen sieht man grosse Höhlungen darin (Gypsschlotten), welche durch Auflösung entstanden sind. Der Einsturz derselben verursacht an der Erdoberfläche Trichter und Erdfälle.

In den Gypslagern werden manchmal kleine Mengen von Steinsalz angetroffen, wie bei Segeberg in Holstein. Es scheint daher, dass viele Gypse als Ueberreste von Salzlagerstätten anzusehen sind, gleichsam als leere Taschen, aus denen das leichter Lösliche verschwunden ist. Auch der Boracit, welcher im Gyps bei Lüneburg vorkommt, weist nach Volger auf jenen früheren Zustand hin, da in dem Salzlager von Stassfurt ebenfalls Boracit (Stassfurtit) vorkommt. Andere Einschlüsse, wie Magnesit, Dolomit, Quarz in manchem Gyps, erscheinen

als Resultat der Stoffwanderung. Bergkrystalle finden sich im Gyps von Kittels-  
thal bei Eisenach u. a. O., Eisenkiesel bei Sant Jago di Compostela in Spanien.

Im Val Canaria in der Schweiz lagert der Gyps im Glimmerschiefer, am  
Semmering in Nied.-Oesterr. in alten Sandsteinen und Thonschiefern, hier mit  
Knollen von Anhydrit, auch mit Schwefel. Das häufigste Vorkommen beobachtet  
man in der Triasformation in Deutschland und in den Alpen, worin auch die  
meisten Steinsalzlagerstätten auftreten. Bei Sulz am Neckar in Württemberg  
umrindet der Gyps Blöcke von Anhydrit. Der tertiäre Gyps des Pariser Beckens  
umschliesst öfter Reste von Säugethieren. Hier kommt auch der porphyrische  
Gyps mit den schon genannten Krystallen vor, ebenso im unteren Chamounix-  
thal in der Schweiz. In Sicilien ist der Gyps in den schwefelführenden Mergeln  
häufig.

In feiner Vertheilung erscheint der G. im Sande der afrikanischen Wüsten  
in kleinen Körnern, hier auch zuweilen als Bindemittel von Sandstein. In der  
Ackerkrume ist er mindestens in geringer Menge allenthalben verbreitet. Er  
spielt im Stoffwechsel des Humus eine wichtige Rolle, da er die Umsetzung des  
Kaliumcarbonates in Kaliumsulfat veranlasst, also das Kalium in die für die Pflanze  
geeignete Form überführt.

Der Gyps erfährt eine mannigfaltige Verwendung. Im ursprünglichen Zu-  
stande wird er zur Verbesserung des Ackerbodens benützt, wobei er die eben  
angedeutete Wirkung übt. Er dient ferner als Zusatz bei der Bereitung des  
Porzellans und mancher Glasur. Der feinkörnige weisse Gyps wird als Alabaster  
zu Sculpturen benützt. Solcher findet sich besonders schön bei Volterra in Italien.  
Der zum Formen bestimmte Gyps wird gemahlen und hierauf gebrannt, d. i. auf  
eine Temperatur von wenig über 100° gebracht, wobei er drei Viertel des Krystall-  
wassers verliert. Die pulverige Masse zeigt ein Wallen und Blasenwerfen wie  
eine siedende Flüssigkeit. Durch stärkeres Erhitzen (200° oder mehr) wird der G.  
tödt gebrannt. Er verliert dann die Fähigkeit, sich rasch wieder mit Wasser  
zu verbinden, verhält sich also wie Anhydrit. Der gebrannte Gyps wird mit  
Wasser angemacht und dient sodann als Mörtel, für Stuccaturen, Fussböden,  
Gypswände, zur Herstellung von Büsten, Statuen, in der Chirurgie für Gyps-  
verbände u. s. w.

Der G. erleidet nach G. Rose nicht selten die Umwandlung in Anhydrit.  
Die faserigen Anhydrite von Lüneburg u. a. O. sind Beispiele dafür. Noch  
bekannter ist die Umwandlung in Aragonit. Die blätterige pseudomorphe Bildung  
wird Schaumkalk genannt. Die Verdrängung des G. durch Quarz bieten die  
Pseudomorphosen von Passy bei Paris. Ausserdem wurden auch Pseudomorphosen  
von Limonit und von Phosphorit nach G. beobachtet.

Der *Syngenit* (Kaluszit) bildet langgestreckte, monokline, farblose Krystalle. (110) = 106° 5'.  
Chem. Zus.:  $K_2SO_4 \cdot CaSO_4 + H_2O$ . Mit Steinsalz bei Kalusz in Galizien. Der *Thaumasit* von  
Jemtland, Schweden und West Patterson, N. Jersey, ist derb, farblos, opt. einaxig und hat die  
Zus.  $CaSO_4 \cdot CaCO_3 \cdot CaSiO_3 + 15H_2O$ .

#### **Kieserit, Reichardt.**

Monoklin, bei Hallstatt zuweilen in grossen, pyramidal ausgebildeten Kry-  
stallen mit (111), ( $\bar{1}11$ ), (113), ( $\bar{1}13$ ). Gelblich oder weiss, in der Richtung auf



102 gesehen mit bläulichem Lichtschein. (Autor i. d. Sitzber. Akad. Wien, Bd. 63, Abth. 1.) Die kleinen durchsichtigen Krystalle von Westeregeln zeigen auch (012), (101), (335).  $H. = 3$ ,  $G. = 2.569$ .

Chem. Zus.:  $MgSO_4 \cdot H_2O$  mit 29 Magnesia, 58 Schwefelsäure, 13 Wasser. Erhitzt, zerknistert er. Das Wasser entweicht erst bei Temperaturen über  $200^\circ C$ . An feuchter Luft überzieht er sich mit einer trüben Kruste. Wird das Pulver mit Wasser angerührt, so erstarrt die Mischung wie Formgyps. In eine grössere Menge von Wasser gebracht, verwandelt er sich in Bittersalz. Der K. findet sich derb, feinkörnig bis dicht in grosser Menge bei Stassfurt, wo er in der oberen Region der Salzlager in vielfach wiederholten Lagen mit Steinsalz wechselnd auftritt. Bei Hallstatt wurde derselbe in geringer Menge als körnige Masse, bei Kalusz in feiner Vertheilung beobachtet. Die Bildung des K. ist der des Anhydrits analog, da sich in den Salzseen nicht Kieserit, sondern Bittersalz absetzt, welches erst durch Wasserverlust in K. übergehen kann.

Der K. dient zur Bereitung von Bittersalz und erfährt eine indirecte Verwendung bei der Fabrication der Kalisalze.

#### Bittersalz (Epsomit, *Beudant*).

Krystalle werden selten gefunden. Die Formen kennt man durch die künstlichen Krystalle. Dieselben sind rhombisch, jedoch hemiëdrisch. Fig. 1 und 2.  $(110) = 89^\circ 22'$ ,  $111 : \bar{1}\bar{1}\bar{1} = 78^\circ 6'$ . Farblos, durchsichtig, optisch negativ. Eine Platte parallel 010 geschnitten, gibt die Axenbilder. Der Geschmack ist salzig-bitter.  $G. = 1.678$  bei  $16^\circ$  nach Retgers.

Chem. Zus.:  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , die letzte Molekel Wasser entweicht erst bei hohen Temperaturen. Mit 16.3 Magnesia, 32.5 Schwefelsäure, 7.3 gebundenem und 43.9 Krystallwasser. Im Kölbchen gibt es Wasser und schmilzt. V. d. L. auf Kohle schmilzt es anfangs, verwandelt sich aber später in eine uneschmelzbare Masse, die stark leuchtet und alkalisch reagirt. An der trockenen Luft verstäubt das Salz, bei  $150^\circ C$ . verwandelt es sich in die dem Kieserit entsprechende Verbindung.

Das Bittersalz findet sich in Stalaktiten in den Gruben bei Herrengrund in Ungarn, als Ausblühung in den sibirischen Steppen, in Catalonien, in verschiedenen Bergwerken, wie bei Idria, in Gypsbrüchen, wie bei Montmartre, als Umbildung des Kieserits bei Stassfurt, Hallstatt u. s. w. In Lösung ist es in den Bitterwässern wie bei Epsom in England, Saidschitz und Püllna in Böhmen, Ofen in Ungarn und in erheblicher Menge im Meerwasser enthalten. Der medicinische Gebrauch des B. ist bekannt.

Aus übersättigten Lösungen kann man monokline Krystalle von derselben Zusammensetzung wie das Bittersalz erhalten. Sie werden freilich bald trübe. Diese Thatsache gewinnt dadurch an Interesse, dass die dem Bittersalz analogen Verbindungen (Vitriole) meist monoklin krystallisiren.

Fig. 1.

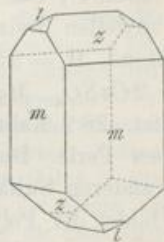
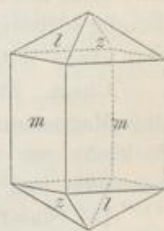


Fig. 2.



ttels-  
nien.  
am  
mit  
chtet  
die  
berg  
kens  
ische  
mix-  
rgeln  
isten  
der  
Er  
des  
anze

Zu-  
eben  
des  
ster  
lien.  
auf  
stall-  
wie  
er G.  
asser  
mit  
den,  
yps-  
drit.  
Noch  
lung  
die  
osen  
6° 5'.  
t von  
t die

Kry-  
auf

Der Blödit wurde zuerst bei Ischl, dann im Absatz der Bittersalzseen an der Ostseite der Wolgamündung gefunden (Astrakanit). Die Untersuchungen des Salzes von Hallstatt (Simonyit) und jenes von Stassfurt ergaben monokline Form und die Zusammensetzung  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Durch Erwärmen bei  $100^\circ$  verliert er nach den Beobachtungen des Autors Wasser bis zur Zusammensetzung des Löweits.

Der Löweit, tetragonal, gelblich bis fleischroth, bei Ischl mit Anhydrit verwachsen vorkommend, hat die chemische Zusammensetzung  $2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

Der Sulfoborit,  $3\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{Mg}_3\text{B}_4\text{O}_{10} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , rhombisch 0.6196:1:0.8100 bildet bei Westeregeln farblose Nadeln.

#### Kainit, Zincken.

Die zuweilen vorkommenden Krystalle sind monoklin. Ausser der herrschenden Endfläche (001) zeigen sich Pyramidenflächen (111),  $(\bar{1}11)$  und die Längsfläche (010). Winkel  $001:111 = 35^\circ 58'$ ,  $001:\bar{1}11 = 38^\circ 15'$ . H. = 2, G. = 2.13. Meist körnig, Farbe gelblich oder lichtgrau. Chem. Zus.:  $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Erhitzt, gibt der K. Wasser- und Salzsäuredämpfe, im Wasser ist er leicht löslich.

Der K. findet sich in mächtigen Schichten im Salzlager von Stassfurt und Westeregeln bei Magdeburg und von Kalusz in Galizien. Das Salz lässt sich nicht umkrystallisiren. Die wässrige Lösung gibt beim Eindampfen das Doppelsalz:  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Pikromerit). Dieses wurde auch von Scacchi nach dem Auflösen von Salzkrusten am Vesuv erhalten. Als Mineral wurde dasselbe bei Aschersleben in der Polyhalitregion gefunden. Der Kainit bietet ein gutes Material für die Fabrication von Kalisalzen.

#### Polyhalit, Stromeyer.

Noch niemals in deutlichen Krystallen gefunden. Nach der Spaltb. und dem optischen Verhalten schliesst der Aut. auf ein monoklines Krystallsystem. (Sitzber. Ak. Wien, Bd. 63, Abth. 1.) Das Mineral ist meistens faserig oder dicht, seltener stenglig-blättrig; zuweilen weiss, meist aber grau, fleischroth bis ziegelroth, öfter etwas fettglänzend. H. = 3.5. G. = 2.72 bis 2.77.

Chem. Zus.:  $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , mit 45.2 Calciumsulfat, 19.9 Magnesiumsulfat, 28.9 Kaliumsulfat und 6 Wasser. V. d. L. schmilzt der P. leicht zur trüben Perle. Durch Wasser wird er zerlegt, indem sich Gyps abscheidet und die anderen Sulfate sich lösen.

Bei Stassfurt bildet der Polyhalit einen wesentlichen Bestandtheil der Salzlagerstätte, indem er in sehr dünnen Schichten (sowie der Anhydrit) mit dem Steinsalz wechsellagert (Polyhalitregion). In den alpinen Salzlagerstätten bei Ischl, Hallstatt, Berchtesgaden, Hallein, Aussee findet er sich zumeist in den tieferen Abtheilungen in faserigen bis stengeligen Platten oder dichten Massen, stets roth gefärbt. Bei Stebnik in Galizien wurde er auch beobachtet.

Der Krugit von Stassfurt steht zwischen dem Polyhalit und Anhydrit.

#### Alumosulfate.

Der Aluminit, weiss, erdig, kleine Knollen im Sand und Sandstein bildend, bei Halle, Kralup, New-Haven, Auteuil, ist  $\text{Al}_2\text{SO}_4 + 9\text{H}_2\text{O}$ . Verwandt ist der Felsöbanyit.

Der Keramohalit Glocker's (Haarsalz, Halotrichit z. Th.), weiss, faserig, in Trümmern,

im Gebiete der Braunkohlenablagerungen bei Kolosoruk, im Steinkohlengebiete bei Potschappel, in vulkanischem Gestein bei Königsberg in Ungarn, auf der griechischen Insel Milo etc.  
 $\text{Al}_2\text{S}_3\text{O}_{12} + 18\text{H}_2\text{O}$ .

**Alunit, Beudant** (Alaunstein).

In kleinen rhomboëdrischen Krystallen,  $R = 90^\circ 50'$ , oder körnig bis dicht, auch erdig, die Krystalle spaltbar nach der Basis. A. V. = 1:1.2520. Optisch positiv. H. = 3.5..4, G. = 2.6 bis 2.8. Weiss, gelb, röthlich, grau.

Chem. Zus.:  $\text{K} \cdot (\text{H}_2\text{O}_2\text{Al})_3 \cdot \text{S}_2\text{O}_8$ , also einer basischen Verbindung entsprechend. V. d. L. zerknistert er heftig, mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht, wird er blau, durch Salzsäure wird er nicht gelöst. Wird das geglühte Mineral mit Wasser behandelt, so geht Alaun in Lösung, während ein Thonerdehydrat zurückbleibt.

Der A. ist ein Umwandlungsproduct der Feldspathe. Er findet sich krystallisirt als Auskleidung von Hohlräumen in löcherigem Gestein, welches durch Zersetzung von Trachyten entstanden ist. Bei Tolfa nächst Civitavecchia in Italien, wo die berühmten alten Gruben liegen, lässt sich die Veränderung des Gesteins durch früher bestandene Solfatarenthätigkeit verfolgen. Bei Muszay, Bereghszasz in Ungarn wurde das löcherige Gestein früher als Mühlstein verwendet. Der Alunit ist hier mit Quarz und Feldspathresten gemengt. Auf der Insel Milo, am Mont Dore wurden ähnliche Vorkommen gefunden, im Quarzsand von Wurzen bei Leipzig aber concretionäre Bildungen. Der Alunit liefert ein geschätztes Material zur Bereitung von Alaun. Der »römische Alaun« von Tolfa wurde wegen seiner Reinheit früher allen anderen vorgezogen.

Der Löwigit Mitscherlich's von Tolfa, Muszay und aus der Steinkohle von Zabrze in Schlesien ist amorph, gelblich, durch Salzsäure auflöslich. Er enthält ausser den Bestandtheilen des Alunits noch Wasser.

Eine interessante, aber wenig verbreitete Gruppe von Sulfaten bilden die Alaune. Dieselben liefern beim Krystallisiren aus wässriger Lösung Oktaëder, öfter combinirt mit (110) und (100). Man hielt die Krystalle früher für holoëdrisch, doch zeigte Weber (Pogg. Ann. 109, pag. 380), dass beim Krystallisiren von Kalialaun aus einer salzsauren Lösung Pyritoëderflächen auftreten, nachdem schon Brewster nach dem Aetzen der Oktaëder mit Wasser Lichtfiguren erhalten hatte, welche der pyritoëdrischen Hemiëdrie entsprechen. (Philos. Magazine 1853.) Giesst man zur Lösung von Kalialaun Sodalösung, so lange der entstandene Niederschlag sich wieder auflöst, so krystallisirt jetzt der Alaun in Würfeln heraus: Kubischer Alaun, wie er von Tolfa bekannt war. In letzter Zeit haben Mallard, Klocke (Jahrb. f. Min. 1881, II, 249) und andere Forscher Beobachtungen über die Doppelbrechung der Alaune angestellt, welche nach dem Letzteren als eine anomale aufzufassen ist. Die Bildung der natürlich vorkommenden Alaune lässt sich durch die Wirkung vulkanischer Dämpfe oder durch das Zusammentreffen der bei der Verwitterung von Eisenkies gebildeten Schwefelsäure auf den Feldspath der Gesteine erklären. Man unterscheidet:

Kalinit (Kalialaun),  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2\text{S}_3\text{O}_{12} + 24\text{H}_2\text{O}$ , welcher als Ausblüfung auf Laven und als Neubildung bei der Verwitterung schwefelkieshaltiger Thonschiefer (Alaunschiefer) beobachtet wurde, Mendozit (Natronalaun),  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2\text{S}_3\text{O}_{12} + 24\text{H}_2\text{O}$ , als faseriges Aggregat bei Mendoza und auf Milo gefunden, Tschermigit (Ammoniakalaun),  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2\text{S}_3\text{O}_{12} + 24\text{H}_2\text{O}$ , bei Tschermig nächst Kaaden und auch bei Dux in Böhmen, stengelige Trümer in Braunkohle bildend, auch bei Tokod in Ungarn, im Krater des Aetna u. s. w. gefunden.

Man kennt noch einige andere Alumosulfate, welche bisweilen in wenig richtiger Weise als Alaune bezeichnet werden, auch nicht tesseral sind: Pickeringit,  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{Al}_2\text{S}_3\text{O}_{12} + 22\text{H}_2\text{O}$ , Apjohnit, welcher die entsprechende Manganverbindung zu sein scheint, den zwischen beiden

liegenden Bosjemanit und den Halotrichit Klaproth's (Federalaun, Hversalt),  $\text{FeSO}_4 \cdot \text{Al}_2\text{S}_3\text{O}_{12} + 24\text{H}_2\text{O}$ . Die Bergbutter Werner's, welche zuweilen aus Alaunschiefern herauschwitzt und anfänglich eine butterartige Consistenz besitzt, scheint ein hierher gehöriges Gemenge zu sein.

Der wasserhelle Ettringit vom Laachersee soll ein Ca-Al-Sulfat sein, der rhomboëdrische Svanbergit ein wasserhaltiges Phosphat und Sulfat von Al und Na.

Ferrisulfate. In Wasser nur theilweise oder gar nicht auflöslich.

Der Coquimbit  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 + 9\text{H}_2\text{O}$ , rhomboëdrisch, 1:15613, weiss, gelblich, bräunlich, bläulich, der Quenstedtit,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$ , monoklin, 039397:1:040584,  $\beta = 78^\circ 7'$ , röthlichviolett, beide von Copiapo in der Provinz Coquimbo, Chile. Der trikline Amaranit (Hömannit),  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SO}_3 + 7\text{H}_2\text{O}$ , bräunlichroth, der Stypticit (Fibroferrit)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SO}_3 + 11\text{H}_2\text{O}$ , gelblich, ferner der Raimondit, Karphosiderit, gehören hierher, ebenso der Copiapit,  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 + 18\text{H}_2\text{O}$ , monoklin, 047904:1:09751,  $\beta = 72^\circ 3'$ , von gelber Farbe. Wohl dasselbe sind Misy, Ihleit, verwandt der Glockerit, Apatelit. Viele dieser Sulfate sind durch Oxydation von Eisenvitriol gebildet.

Der Jarosit (Gelbeisenerz), rhomboëdrisch, gelb, braun. Nach König  $\text{K}(\text{H}_2\text{O}_2\text{Fe})_3 \cdot \text{S}_2\text{O}_8$ , analog dem Alunit, ist mit diesem isomorph. 1:12492. Barranco Jaroso in der Sierra Almagrera in Spanien, Schwarzenberg und Hauptmannsgrün in Sachsen. Natriumhaltig sind der Ferronatriit, Bartholomit, Sideronatriit (Urusit).

Der Botryogen und Römerit, beide monoklin, hyacinthroth, enthalten Sulfate beider Eisenoxyde,

der Voltait, schwarzgrün, tetragonal, in oktaëderähnlichen Krystallen, ausserdem auch Kaliumsulfat. Letzterer wurde in der Solfatara bei Neapel, bei Kremnitz, Goslar u. a. O. gefunden. Mit diesem verwandt ist der Metavoltin.

Der rhomboëdrische Beudantit von Horhausen enthält ausser Eisenoxyd und Bleioxyd Schwefelsäure und Wasser, auch Arsensäure, der von Dernbach und Cork aber Phosphorsäure. Der dichte, gelbe oder braune Diadochit (Phosphoreisensinter) von Saalfeld, Nutschitz, Freienstein etc. ist ein Gemenge von Eisensulfat und Eisenphosphat.

Anhangsweise ist hier der monokline, grasgrüne Johannit von Joachimsthal, Johannsgeorgenstadt zu erwähnen, welcher wesentlich wasserhaltiges Uransulfat ist.

#### Vitriole.

Eine Reihe analoger, im Wasser leicht löslicher Metallsulfate mit Krystallwasser.

Melanterit (Eisenvitriol), monoklin, 11828:1:15427,  $\beta = 75^\circ 44'$ , die Form nur von den künstlichen Krystallen her bekannt. Diese zeigen oft nur  $c = (001)$ ,  $f = (110)$ , Fig. 1. Da  $110 : 1\bar{1}0 = 97^\circ 48'$  und  $110 : 00\bar{1} = 99^\circ 23'$  ist, so konnte Haüy bei unvollkommener Messung zu einer rhomboëdrischen Grundform kommen. Gewöhnlich treten auch  $b = (010)$ ,  $p = (111)$ ,  $v = (101)$ ,  $t = (10\bar{1})$ ,  $o = (011)$  auf. Fig. 2. Spaltb. nach  $c$  vollk., nach  $f$  unvollk. H. = 2, G. = 1899.

Fig. 1.

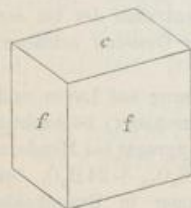


Fig. 2.



Geschmack zusammenziehend. Farbe grün, A. E. parallel  $b$ . Durch  $c$  sieht man eine optische Axe. — Chem. Zus.:  $\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ . Schmilzt in seinem Krystallwasser, hinterlässt eine weisse Masse, die, v. d. L. geglüht, rothes Eisenoxyd liefert.

Der M. findet sich als Verwitterungsproduct von Eisenkies, Markasit, Kupferkies, in Stalaktiten und Ueberzügen bei Goslar am Harz, Bodenmais in Bayern, Schemnitz in Ungarn etc. Der grüne Vitriol, Melanteria bei Dioskorides, wird bei Plinius als Atramentum sutorium angeführt, da er von den Schustern zur Schwärzung des Leders benützt wurde. Für technische

Zwecke, wie in der Färberei, Druckerei etc., dient jetzt nur der künstlich dargestellte Vitriol.

Monoklin ist auch der Mallardit (Manganvitriol),  $\text{MnSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ . Mit dem Melanterit isomorph ist der Bieberit (Kobaltvitriol),  $\text{CoSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ , monoklin, 11815:1:15325,  $\beta = 75^\circ$

20°. Der Morenosit (Nickelvitriol),  $\text{NiSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ , ist dagegen rhombisch, 0.9816:1:0.5655, isomorph mit Bittersalz, ebenso der

Goslarit (Zinkvitriol),  $\text{ZnSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ , rhombisch, 0.9807:1:0.5631, aber ohne deutlich hervortretende Hemiëdrie,  $H. = 2 \dots 2.5$ . Optisch wie Bittersalz. Farblos, weiss, graulich. Geschmack widerlich und zusammenziehend. Schmilzt in seinem Krystallwasser, gibt auf Kohle Zinkbeschlag. Als Verwitterungsproduct der Blende in Stalaktiten und Krusten bei Goslar, Schemnitz, Fahlun. Das künstlich dargestellte Salz wird in der Färberei und Druckerei, in der Fabrication der Firnisse, in der Medicin benützt.

Der Chalkanthit (Kupfervitriol) unterscheidet sich von den übrigen Vitriolen durch den Wassergehalt, indem er die Zus.:  $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$  darbietet. Die Krystallform, von dem künstlichen Salze her bekannt, ist triklin.  $m = (110)$ ,  $l = (210)$ ,  $a = (100)$ ,  $t = (110)$ ,  $b = (010)$ ,  $p = (111)$ ,  $s = (121)$ . Winkel  $110:110 = 56^\circ 50'$ ,  $110:111 = 52^\circ 20'$ ,  $111:110 = 71^\circ 38'$ .

A. V. = 0.56562:1:0.55067,  $\alpha = 82^\circ 21'$ ,  $\beta = 73^\circ 11'$ ,  $\gamma = 77^\circ 37'$ . Keine deutliche Spaltb.  $H. = 2.5$ .  $G. = 2.286$ . Durchscheinend, himmelblau, berlinerblau. Geschmack sehr widerlich. V. d. L. schwillt er auf und wird weiss. Aus der Auflösung wird das Kupfer durch metallisches Eisen gefällt. S. Cementkupfer, pag. 356.

Der Ch. findet sich als Verwitterungsproduct von Kupferkiesen in Stalaktiten, als Ueberzug und Beschlag in den Gruben bei Goslar, Herrengrund, Moldawa etc. Bei Dioskorides und Plinius wird der blaue Vitriol als Chalkanthum angeführt. Das künstlich erhaltene Salz findet Anwendung in der Galvanoplastik, Färberei, Druckerei, Papierfabrication.

Ausser den einfachen Vitriolen gibt es auch Mischungen. Pisanit ist ein kupferreicher Eisenvitriol, Cupromagnesit ein Magnesium-Kupfersulfat von Eisenvitriolform, Fauserit ein rhombischer, magnesiumhaltiger Manganvitriol.

#### Basische Kupfer- und Bleisulfate.

Brochantit, smaragdgrün bis schwärzlichgrün, rhombisch, A. V. = 0.7739:1:0.4871 in kleinen Krystallen oder feinstengelig.  $H. = 3.5 \dots 4$ .  $G. = 3.78$  bis 3.9. Chem. Zus.:  $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{CuO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Nischni Tagil, Rezbanya, Nassau, Chile. Zugehörig ist der Waringtonit. Der grünlichblaue rhombische Langit aus Cornwall enthält ausserdem  $\text{H}_2\text{O}$ . Der Spangolith  $\text{ClAlSO}_4 \cdot 6\text{CuO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , rhomboëdrisch, dunkelgrün, aus Arizona und der demselben ähnliche Connellit aus Cornwall sind stark basische Verbindungen.

Letztes mit (Kupfersammterz) bildet schöne, sammtartige, smalteblaue Ueberzüge, deren Individuen nach Bertrand rhombisch sind. Er ist ein basisches Kupfer-Aluminiumsulfat. Alt-Moldawa im Banat, La Garonne im Depart. Var. Aehnlich in der chem. Zus. ist der Woodwardit aus Cornwall.

Herrengrundit (Urvölgyit),  $\text{CaO} \cdot 4\text{CuO} \cdot 2\text{SO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , monoklin, 1.8161:1:2.8004,  $\beta = 88^\circ 50'$ , von Herrengrund in Ungarn, erscheint in dunkelgrünen Tafelchen; der Arnimit  $5\text{CuO} \cdot 2\text{SO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , von Planitz steht demselben nahe.

Der blaue Serpierit von Laurium, rhombisch, 0.8586:1:1.3637, ist ein basisches Kupfer-Zink-Sulfat.

Der Linarit, monoklin, 1.7191:1:0.8296,  $\beta = 77^\circ 23'$ , lasurblau, hat  $H. = 2.5 \dots 3$ .  $G. = 5.3$  bis 5.45 und beiläufig die Zus.:  $(\text{PbOH})(\text{CuOH})\text{SO}_4$ , Linares in Spanien, Leadhills in Schottland, Rezbanya, Nassau, Lölling, Nertschinsk.

Der Caledonit, rhombisch, 0.9187:1:1.4004, von spangrüner oder berggrüner Farbe ist eine der vorigen ähnliche Verbindung.

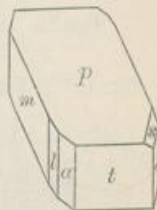
Der monokline Leadhillit (Maxit), monoklin, 1.7476:1:2.2155,  $\beta = 89^\circ 48'$ , von gelblichweisser bis grünlicher oder bräunlicher Farbe, ist nach Laspeyres und Hintze ein zum Theil basisches Bleisulfat mit Carbonat. Aehnlich ist der Susannit.

Im Anhang sind noch von Seleniten, Selenaten und Telluraten anzuführen:

Chalkomenit, monoklin, blau,  $\text{CuSeO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ , selenigsaurer Kupfer oder Kupferselenit von Mendoza in Argentinien. Kobaltomenit und Molybdomenit von ebendaher. Kerstenit

Tschermak, Mineralogie. 5. Auflage.

Fig. 3.



(Selenbleispath, angeblich Bleiselenat, von Friedrichsglück und Eisfeld. Montanit  $\text{Bi}_2\text{TeO}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$ , ein erdiges Verwitterungsproduct des Tetradymits von Montana in Nordcarolina, der Magnolit  $\text{Hg}_2\text{TeO}_4$ , Oxydationsproduct des Coloradoits.

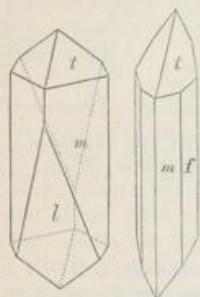
## 2. Ordnung: Chromate.

### Rothbleierz, Werner (Krokoit, Breithaupt).

Ein wenig verbreitetes Mineral, jedoch wegen der ungewöhnlichen Zusammensetzung interessant. Monokline Krystalle, die eine Mannigfaltigkeit der Formen darbieten. Häufig sind  $m = (110)$ ,  $f = (120)$ ,  $a = (100)$ ,  $t = (111)$ ,  $l = (40\bar{1})$ , Winkel  $(110) = 86^\circ 18'$ ,  $111 : 111 = 60^\circ 18'$ , A. V. =  $0.96034 : 1 : 0.91586$ ,  $\beta = 77^\circ 33'$ .

Spaltb. nach 110 ziemlich deutlich, mild. H. = 2.5 . . 3. Diamantglanz, hyacinthrothe Farbe, orangegelber Strich. G. = 5.9 bis 6.

Fig. 1. Fig. 2.



Chem. Zus.:  $\text{PbCrO}_4$  mit 69 Bleioxyd, 31 Chromsäure. V. d. L. zerknistert das R. und gibt auf Kohle unter Detonation eine Schlacke mit Bleikörnern.

Auf Gängen bei Beresowsk, Mursinsk, Nischni Tagil, Labo auf Luzon, selten bei Rezbanya.

Künstliche Krystalle wurden von Manross durch Schmelzen von Bleichlorid mit Kaliumchromat, von Drevermann durch Diffusion erhalten, pag. 271. Die von Bourgeois dargestellten Krystalle erwiesen sich jedoch rhombisch, isomorph mit Anglesit. Das Bleichromat wird als Pulver unter dem Namen Chromgelb zu Deckfarben benützt.

Der Phönicit (Melanochroit) von Beresowsk ist  $\text{Pb}_3\text{Cr}_2\text{O}_9$ , der monokline Vauquelinit von ebendaher enthält auch Kupfer und Phosphorsäure. Zugehörig ist der Laxmannit. Im Natronsalpeter von Tarapaca soll nach Raimondi die gelbe Farbe von Kaliumchromat (Tarapacait)  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  herrühren.

## 3. Ordnung: Tungsteine.

Molybdate und Wolframate von hohem spec. Gewichte (6 bis 7.5).

Wulfenit	$\text{PbMoO}_4$	tetrag. pyr. hem.	1 : 1.5771	Powellit	$\text{CaMoO}_4$	tetrag. pyr. hem.	1 : 1.5445
Stolzit	$\text{PbWO}_4$	» » »	1 : 1.5667	Scheelit	$\text{CaWO}_4$	» » »	1 : 1.5356
Wolframit	$\text{FeWO}_4$	monoklin	0.8300 : 1 : 0.8678,				$\beta = 89^\circ 22'$
Hübnerit	$\text{MnWO}_4$	»	0.8662 : 1 : 0.8668,				$\beta = 89^\circ 8'$

### Wulfenit, Haidinger (Gelbbleierz, Molybdänbleispath).

Tetragonale Krystalle von pyramidaler oder tafelförmiger Gestalt, isomorph mit Stolzit und Scheelit und wie diese pyramidal-hemiëdrisch. Gewöhnliche Formen sind  $c = (001)$ ,  $s = (113)$ ,  $p = (111)$ ,  $m = (110)$ ,  $d = (203)$ ,  $e = (101)$ ,  $r = (210)$ . An pyramidalen Krystallen verräth sich die Hemiëdrie zuweilen durch Ausbleiben der abwechselnden Flächen achtseitiger Prismen. Winkel  $(111) = 48^\circ 17'$ ,  $111 : 111 = 80^\circ 22'$ ,  $(101) = 64^\circ 44'$ . Manche Krystalle sind hemimorph ausgebildet. Spaltb. nach  $(111)$  deutlich, nach  $(001)$  undeutlich. H. = 3. Fettglanz. Diamantglanz. Selten farblos und durchsichtig, meist gelblichgrau, wachsgelb, honiggelb, orangegelb, morgenroth gefärbt. Optisch negativ. G. = 6.3 bis 6.9.

Chem. Zus.:  $PbMoO_4$ , entsprechend 61.4 Bleioxyd und 38.6 Molybdänsäure. In einigen Arten wurden kleine Mengen von Chromsäure oder Vanadinsäure nachgewiesen, in anderen erhebliche Mengen von Kalk, was eine isomorphe Beimischung von Calciummolybdat anzeigt. V. d. L. zerknistert der W. heftig, schmilzt auf Kohle, zieht sich in dieselbe unter Hinterlassung von Bleikörnern. Die Boraxperle ist gelb, im Reductionsfeuer wird sie schwarz, die Phosphorsalzperle aber ist dunkelgrün. Das Pulver des W. gibt mit concentrirter Schwefelsäure eine blaue Lösung, durch Salzsäure wird es unter Hinterlassung von weissem Chlorblei zersetzt. Die künstliche Darstellung von Krystallen, sowohl dieser als der folgenden Verbindungen, gelang nach der pag. 270 angeführten Methode.

Fig. 1.

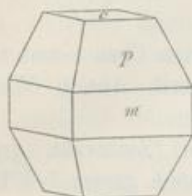


Fig. 2.

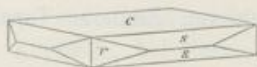
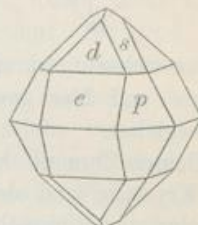


Fig. 3.



Der Wulfenit findet sich als Begleitung von Bleiglanzlagerstätten bei Bleiberg in Kärnten, bei Pöbbram, Rezbanya, in einzelnen sitzenden Krystallen und in schönen Drusen, ferner bei Badenweiler, Zacatecas in Mexico, Phoenixville in Pennsylvania. Bei Schwarzenbach in Kärnten wurden auch schwebend gebildete Krystalle auf Spalten in Thon gefunden, von der Grube Tecoma in Utah werden prächtige Drusen dünntafeliger Krystalle gebracht. Die secundäre Bildungsweise gibt sich an den Pseudomorphosen nach Bleiglanz in Badenweiler, Berggiesshübl zu erkennen. (Ueb. d. Formen: Koch, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 6, pag. 389.)

Der Stolzit (Scheelbleierz, Wolframbleierz) ist mit vorigem isomorph und zeigt spitzpyramidale oder kurze, säulenförmige Krystalle mit  $m = (110)$ ,  $o = (221)$ ,  $c = (001)$ . Die pyramidale Hemiëdrie oft deutlich. Grau, braun, grün roth.  $PbWO_4$ . Schmilzt leicht zu krystallinischem Korn. Die Phosphorsalzperle wird im Reductionsfeuer blau. Zinnwald, Coquimbo, Southampton in Massachusetts.

#### Scheelit, Leonhard (Schwerstein, Tungstein).

Tetragonal, mit den vorigen isomorph. Die Krystalle sind meistens pyramidal, selten tafelförmig ausgebildet, sitzen einzeln oder in Drusen, selten finden sie sich eingeschlossen.  $p = (111)$ ,  $c = (001)$ ,  $e = (101)$ . Die Formen  $g = \pi (313)$  und  $x = \pi (131)$  sind öfter ausgebildet, ebenso eine Riefung auf den Flächen  $e$ , welche den Kanten  $ex$  parallel ist. Dann ist die pyramidale Hemiëdrie sehr deutlich. Winkel  $(111) = 49^\circ 27'$ ,  $(101) = 66^\circ 8'$ ,  $111 : \bar{1}\bar{1}1 = 79^\circ 56'$ . Bisweilen finden sich Ergänzungszwillinge, welche schon durch die Riefung auf  $e$  kenntlich sind. Spaltb. nach  $e$  deutlich, weniger nach  $p$  und  $c$ . H. = 4.5 . . 5. Fettglanz, in den Diamantglanz übergehend. Farblos, weiss, häufig auch grau, braun, gelb, roth, selten grün gefärbt. Optisch positiv, das schwarze Kreuz öffnet sich nicht selten, wie bei Mineralen mit kleinem Axenwinkel. G. = 5.9 bis 6.2.

Chem. Zus.:  $CaWO_4$ , entsprechend 19.5 Kalk, 80.5 Wolframsäure, Kieselerde, Eisen wurden in kleinen Mengen gefunden. V. d. L. schmilzt der Sch.

schwer zu durchscheinendem Glase, die Phosphorsalzperle ist nach dem Glühen im Reductionsfeuer grün oder gelb, nach dem Erkalten aber blau. Durch Salzsäure wird der Sch. unter Hinterlassung von gelber Wolframsäure zersetzt. Die Lösung wird, mit Zinn erwärmt, blau.

Fig. 1.

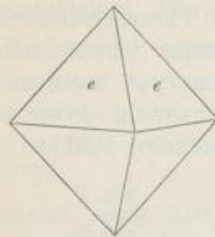


Fig. 2.

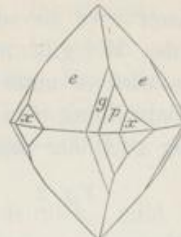
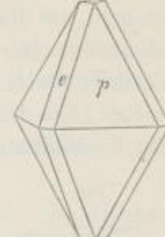


Fig. 3.



Der Scheelit ist in den alten krystallinischen Felsarten Granit und Gneiss zu Hause und hier gewöhnlich von Zinnerz, Topas, Fluorit, Apatit, Wolfram, Quarz begleitet.

Kleinere braune Krystalle finden sich auf Quarz bei Zinnwald, grössere weisse Krystalle und derbe Stücke bei Schlaggenwald, schöne grosse bei Ehrenfriedersdorf und Fürstenberg in Sachsen mit Fluorit und Kalkspath; eine Seltenheit sind die prächtigen Krystalle, welche im Untersulzbach mit Epidot und Titanit gefunden wurden. Bei Neudorf am Harz hat man kleine gelbe Pyramiden mit Wolframit und Eisenspath, bei Traversella grössere braune Krystalle, bei Framont in Lothringen schöne Zwillinge angetroffen. Auf den Zinnerzgruben von Monroe in Connecticut kommt Sch. in grösserer Menge vor, daher derselbe zur Darstellung von Wolframsäure benützt wird. Mehrere Salze derselben dienen als Farben. Wolframsaures Natron wird als Schutz gegen Leichtentzündlichkeit von Geweben angewandt. Pseudomorphosen von Scheelit nach Wolframit sind an mehreren der genannten Fundorte beobachtet worden. (Ueber d. Formen: M. Bauer in den Württemb. naturw. Jahreshften 1871.)

Der Powellit,  $\text{CaMoO}_4$ , aus Idaho und Michigan ist isomorph mit Scheelit.

#### Wolframit, *Breithaupt* (Wolfram).

Die dicken, schwarzen Krystalle, welche das Zinnerz begleiten, waren schon Henckel und Agricola bekannt. Sie galten bald als ein Eisenerz, bald als ein Manganerz, bis zur Entdeckung der Wolframsäure durch Scheele. Von Hauy und G. Rose wurden sie für rhombisch gehalten, von Descloizeaux als monoklin bestimmt.

Fig. 1.

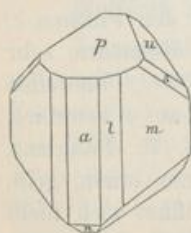
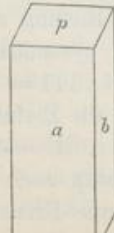


Fig. 2.



$a = (100)$ ,  $l = (210)$ ,  $m = (110)$ ,  $p = (102)$ ,  $n = (10\bar{2})$ ,  $u = (011)$ ,  $s = (121)$ ,  $o = (111)$ . Zwillinge nach  $a$ , ferner solche nach einem Prisma  $(023)$  kommen zuweilen vor. Winkel  $(110) = 79^\circ 23'$ ,  $100 : 10\bar{2} = 61^\circ 51'$ ,  $100 : 10\bar{2} = 62^\circ 54'$ ,  $011 : 102 = 47^\circ 55'$ .

Spaltb. nach 010 sehr vollk., nach 100 unvollk. H. = 5..5.5. Diamantglanz, auf Spaltflächen in den Metallglanz geneigt, Fettglanz. Farbe bräunlich-



schwarz, Strich röthlichbraun, schwärzlichbraun. Undurchsichtig, manche Arten liefern aber dünne, durchsichtige Blättchen, an welchen die schiefe Auslöschung auf 010 erkennbar wird.  $G. = 7.1$  bis  $7.5$ .

Chem. Zus. einer isomorphen Mischung  $FeWO_4$  und  $MnWO_4$  entsprechend. in einigen Arten mit geringen Mengen von Niobsäure oder Tantsäure. V. d. L. auf Kohle schmilzt der W. bei starkem Feuer zur magnetischen Kugel mit krystallinischer Oberfläche, das Pulver wird, mit concentrirter Schwefelsäure erwärmt, blau, durch Salzsäure wird es in der Wärme bei Zutritt der Luft zersetzt und hinterlässt einen gelblichen, in Ammon zum grössten Theile löslichen Rückstand. Das Mineral wird zur Erzeugung von Wolframstahl und von Wolframpräparaten benützt.

Das Vorkommen ist sehr ähnlich dem des Scheelits. Kurze, dicke Krystalle finden sich bei Zinnwald, Schlaggenwald, Ehrenfriedersdorf. Sie sind in der Prismenzone *mm* stark gerieft und oft sehr auffallend strahlig zusammengesetzt. Hier und bei Neudorf am Harz sieht man auch strahlig blätterige Aggregate, bei Chanteloube dünntafelige Krystalle, bei Nertschinsk solche von rhombischem Ansehen mit Beryll. In jüngeren Gesteinen ist der W. selten. Hieher gehören die nadelförmigen Krystalle aus dem Trachyt von Felsöbánya, Fig. 2. Das Endglied der isomorphen Mischungsreihe, der Hübnerit  $MnWO_4$ , schwarz, mit rother Farbe durchsichtig, wurde im Mammothdistricte in Nevada, Bajewka bei Katharinenburg, auch bei Schlaggenwald gefunden.

Das reine Eisenwolframmat, der Reinit aus Japan soll tetragonale Form zeigen, auch der Ferberit ist ein Eisenwolframmat.

In letzter Zeit wurden auch Jodate beschrieben wie der monokline Lautarit,  $CaJ_2O_6$ , aus den Salpeterlagern der Wüste Atacama.

### VIII. Classe: Halite.

Von  $\alpha\lambda\zeta$  Salz. Sie sind Chlor-, Brom-, Jod- oder Fluorverbindungen leichter oder schwerer Metalle und als solche durch einfache Versuche erkennbar. Sie zeigen Glasglanz bis Diamantglanz, meist helle Farben und geringe Härtegrade.

#### 1. Ordnung: Kerate.

Chlor-, Brom- und Jodverbindungen schwerer Metalle, sammt einigen intermediären, die auch Sauerstoff, respective Kohlensäure enthalten. Diejenigen, welche sich durch Milde auszeichnen, wurden schon von Mohs wegen der Aehnlichkeit mit Horn ( $\alpha\lambda\zeta$ ) unter jenem Namen zusammengefasst. Minerale von geringer Verbreitung.

Molysit (Eisenchlorid),  $FeCl_3$ , in gelben bis braunrothen Ueberzügen und Imprägnationen als Fumarolenbildung auf und in Laven am Vesuv. Erythrosiderit, rhombisch,  $2KCl.FeCl_3.H_2O$ .

Kremersit, rubinrothe Oktaöder  $2KCl.2NH_4Cl.2FeCl_3.3H_2O$ .

Cotunnit (Chlorblei),  $PbCl_2$ , in kleinen, weissen oder gelblichen, rhombischen Krystallen. Alle vom Vesuv.

Matlockit,  $Pb_3Cl_2O$ , in gelben tafelförmigen tetragonalen Krystallen. A. V. =  $1:1.763$ , auf Bleiglanz mit Cerussit und Fluorit bei Matlock in Derbyshire, Mendipit,  $PbCl_2.2PbO$ , in gelblichen oder röthlichen, rhombischen Krystallen an den Mendiphügeln in Somersetshire, Brilon in Westphalen.

Laurionit,  $PbClOH$ , ein secundäres Product auf alten Hüttenschlacken.

hen  
Salz-  
Die

neiss  
ram,

ssere  
ren-  
heit  
tanit  
mit

mont  
noe  
Dar-  
als  
von  
l an  
auer

chon  
ein  
säure  
rden  
als

(02),  
linge  
(023)  
(23',  
(2=

ant-  
lich-



**Phosgenit** (Kerasin, Hornblei),  $Pb_2Cl_2CO_3$ , in tetragonalen, durchsichtigen, schönen Krystallen vom A. V. = 1 : 1.0876, farblos, bei Monte Poni und Gibbas auf Sardinien, gelblich-grünlich bei Matlock, in trüben Krystallen zumeist in Cerussit verwandelt bei Tarnowitz. Der Schwartzenbergit aus Atacama, früher Jodblei genannt, enthält ausser diesem auch Chlorblei und Bleioxyd.

**Kalomel** (Quecksilberhornerz),  $HgCl_2$ , Quecksilberchlorür, in gelblichen oder graulichen tetragonalen Krystallen, A. V. = 1 : 1.723. Ist mild, sublimirt im Kölbchen und gibt beim Erhitzen mit Soda Quecksilber. Almaden in Spanien, El Doctor in Mexico, Moschellandsberg in Rheinbayern, Horowitz in Böhmen, Idria in Krain. Der Coecinit (Jodquecksilber) aus Mexico ist noch nicht genauer bekannt, ebenso der chlorwismuthaltige Daubrëit aus Bolivia.

Der Nantokit aus Chile, spaltbar nach Würfelflächen, farblos, ist  $CuCl$ , Kupferchlorür. Atacamit (Salzkupfererz), rhombisch, meist nur die Combination zweier Prismen und der Längsfläche darbietend. (110) =  $66^\circ 57'$ , (011) =  $73^\circ 50'$ , A. V. = 0.6613 : 1 : 0.7515. Spaltb. nach (010) vollk. Lauchgrün, grasgrün bis schwärzlichgrün. Strich apfelgrün. H. = 3. 3.5, G. = 3.76. Zus :  $CuCl_2 \cdot 3 CuO_2H_2$ , färbt die Flamme blaugrün, ist durch Säuren und durch Ammon auflöslich. Grosse prächtige Krystalle kommen von Burra-Burra in Australien, Drusen kleinerer Krystalle und derbe Stücke von der Algodonbai in Bolivia, von Remolinos, Copiapo in Chile, Gila Cty. Arizona. An Stufen von Bogoslowk wurde die Pseudomorphose von Malachit nach Atacamit beobachtet. Dem Autor gelang die Nachahmung derselben, vergl. pag. 308. Tallingit hat eine ähnliche chem. Zus. wie der Atacamit.

**Bolëit** (Percylit) in blauen Würfeln  $PbCl_2CuO_2H_2$ . Bolëo, Niedercalifornien. Damit bisweilen verwachsen der ihm ähnliche Cumengeit.

**Kerargyrit** (Hornsilber, Silberhornerz, Chlorsilber). Tesserale Krystalle, meist Würfel oder Krusten und eingesprengte Massen. Geschmeidig. H. = 1. 1.5. Grau, blaulich, grünlich. Nach v. Lasaulx durch Druck pleochroitisch.  $AgCl$ . Leicht schmelzbar, durch Säure nicht, durch Ammon allmählig auflöslich. Als Umwandlungsproduct von silberhaltigen Lampriten in den oberen Horizonten der Erzgänge bei Freiberg, Kongsberg, am Schlangenberg im Altai, in Nevada, Idaho. In den grössten Mengen in Peru, Chile, Mexico.

Isomorph mit dem vorigen, aber von gelber oder grüner Farbe, sind die Mischungen von  $AgCl$  mit  $AgBr$  aus Mexico und Chile, die als Bromit (Bromargyrit), Embolit (Chlorbromsilber), Megabromit, Mikrobromit bezeichnet wurden. Jodhaltig ist der Jodobromit von Dernbach in Nassau, während der Jodit (Jodargyrit)  $AgJ$  von ebendaher, ferner von Zacatecas in Mexico, Chañarcillo in Chile, hexagonal krystallisirt.

## 2. Ordnung: Halate.

Chloride (Bromide, Jodide) leichter Metalle. Sie haben Glasglanz, geringe Härte, höchstens H. = 2, sind farblos oder zufällig gefärbt.

### Steinsalz (Kochsalz).

Der Name Salz, ursprünglich bloss für dieses Mineral gebraucht, hat allmählig eine andere Bedeutung gewonnen, daher für das Mineral eine zusammengesetzte Bezeichnung nöthig wurde. Wegen des Gebrauches als Genussmittel gehört es zu den bekanntesten Körpern.

Die Krystalle sind tesserale und stellen fast immer nur Würfel dar; selten sieht man andere Formen wie (111) und (110) an den Krystallen aus den Natronseen in Egypten oder (210) an Krystallen von Starunia in Galizien, oft aber grosse Individuen von zufälliger Begrenzung, welche die sehr vollk. Spaltb. nach dem Würfel erkennen lassen und sich zur Ermittlung der physikalischen Eigenschaften vortrefflich eignen. Die Schlagfigur auf der Spaltfläche gibt zwei diagonale Trennungen, Fig. 1, welche Flächen (110) parallel sind. H. = 2. Die Aetzfigur erscheint als treppenartige Vertiefung, Fig. 3. Die Lichtbrechung ist

nicht sehr stark,  $n = 1.5442$  für Natriumflamme, die Diathermanie ist grösser als bei jedem anderen Körper (pag. 212). Das Steinsalz hat Glasglanz und ist im reinen Zustande farblos, wasserhell.  $G. = 2.1$  bis  $2.2$ , für reines  $2.167$  bei  $17^\circ$  nach Retgers.

Chem. Zus.:  $NaCl$ , entsprechend  $39.3$  Natrium und  $60.7$  Chlor. Leicht schmelzbar, die Flamme gelb färbend, im starken Feuer verdampfend. Im Wasser leicht löslich,  $1$  Theil in  $2.8$  Theilen Wasser, und zwar im warmen wie im kalten Wasser ungefähr gleich. An feuchter Luft nur allmählig zerfliessend.

Künstliche Krystalle von geschlossener Form und grösseren Dimensionen sind bei raschem Abdampfen der Lösung nicht zu erhalten. In diesem Falle bilden sich an der Oberfläche der Flüssigkeit Krystallskelette in der Form von vierseitigen Schüsselchen, welche, von oben betrachtet, wie die Vorderseite des Krystalls in Fig. 2 aussehen. In den Sudpfannen der Salinen wird das Kochsalz in solchen Skeletten abgesetzt. Bei sehr langsamem Verdunsten erhält man klare Würfel, aus unreinen Lösungen auch Oktaëder. Durch Sublimation kann man ebenfalls Krystalle darstellen, wie solche auch zufällig bei Hüttenprocessen entstehen.

Fig. 1.

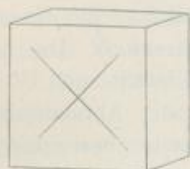


Fig. 2.

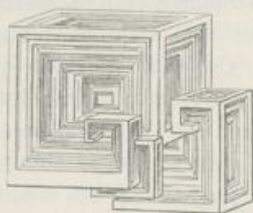
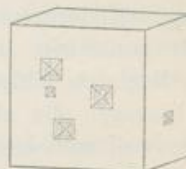


Fig. 3.



Dass Chlornatrium bei niederen Temperaturen mit Krystallwasser anschießt, wurde schon pag. 255 angeführt.

Krystallisiertes Steinsalz findet sich öfter farblos oder weiss, in Drusen an solchen Stellen, wo durch Eindringen von Wasser in Salzlagerstätten ein Umkrystallisiren veranlasst wurde. Zuweilen erscheinen Ausblühungen mit haarförmigen Individuen (Haarsalz). Nicht selten werden Ueberzüge und Stalaktiten gefunden. Eingeschlossene Krystalle finden sich bisweilen in Thon, auch im Schlamme der Salzseen. Als vulkanisches Product erscheint Steinsalz, durch Sublimation gebildet, in Formen rascher Bildung, Fig. 2, auf Lava am Vesuv. Hier und an anderen Vulkanen bedeckt es oft nach Eruptionen den oberen Theil des Aschenkegels, der nun wie beschneit aussieht, aber schon beim nächsten Regen den Schmuck verliert. Das vulkanische Salz enthält nach Bischof öfter ziemlich viel  $KCl$ .

Körniges Steinsalz bildet die Hauptmasse der Salzlagerstätten. Die sehr grobkörnigen Stellen darin sind Ergebnisse der Umbildung wie die Krystalle. Die Körner enthalten oft negative Krystalle von Würfelform, erfüllt mit Mutterlange oder gasförmigen Einschlüssen. Beim Auflösen entweichen letztere bisweilen mit knackendem Geräusch (Knistersalz, pag. 110). In manchem körnigen St. wurde auch der in der Luft vor Kurzem entdeckte Stoff Argon in geringer Menge nach-

gewiesen. Das körnige Steinsalz ist oft grau oder grün gefärbt wie bei Wieliczka, oder gelb, roth, braun wie in den alpinen Salzlagern. Blaues Steinsalz ist selten. Man sieht entweder das blaue Pigment wolkenartig in farbloser Masse vertheilt wie bei Hallstatt, Wieliczka, oder blaue Steinsalzkörner im Sylvin eingesprengt wie bei Kalusz, Stassfurt. Die Färbung verschwindet beim Erhitzen oder Auflösen des Salzes. Oft ist das Steinsalz sichtlich gemengt mit Thon, Anhydrit, Bitumen, oder die feinen Beimengungen von Gyps, Chlormagnesium, Chlorkalium etc. sind chemisch erkennbar. Blätteriges und faseriges S. kommt auch bisweilen vor.

In den Lagerstätten erscheint das S. in bestimmter Paragenese mit Anhydrit, Polyhalit, Kieserit, Carnallit, Gyps etc. Das Muster für alle übrigen ist die Lagerstätte von Stassfurt bei Magdeburg, welche F. Bischof in anziehender Weise beschrieb. In derselben sind nur sehr wenige grobkörnige Umbildungsproducte zu bemerken, sie scheint also im ursprünglichen Zustande erhalten zu sein. Die Minerale folgen im Allgemeinen nach ihrer Löslichkeit aufeinander. Der unterste, älteste Theil besteht aus abwechselnden Schichten von Steinsalz, diese etwa von Handbreite, und von Anhydrit, letztere etwa von Papierdünne (Anhydritregion). Darauf folgen in gleicher Weise abwechselnde Schichten von Steinsalz und Polyhalit (Polyhalitregion). Weiter aufwärts findet sich eine Ablagerung von Steinsalz mit Schichten von Kieserit, worin das Steinsalz noch überwiegt (Kieseritregion), und den Schluss bilden Schichten, in denen das Steinsalz zurücktritt und der Carnallit herrscht (Carnallitregion). Die beiden unteren Regionen bilden das eigentliche Steinsalzlager, die Kieserit- und Carnallitregion hingegen die obere Etage der zerfließlichen Salze oder Abraumsalze, so genannt, weil man die Minerale dieser Etage abräumen musste, bevor man zum reinen Steinsalze gelangte. Die Lagerstätte bei Wieliczka und Bochnia in Galizien ist durch den alten Bergbau von riesigen Dimensionen berühmt. Hier zeigen sich noch deutliche Spuren der Schichtung, aber auch viele grobkörnige Massen (Grünsalz). Auffallend ist das nicht seltene Vorkommen verschiedener Ueberreste von Meeresthieren. Abraumsalze fehlen ganz. Bei Kalusz in Galizien bietet die Lagerstätte ein Gemenge von Steinsalz mit Thon und Gyps dar, ferner ein Lager von Kainit mit wenig Carnallit und Sylvin, die Stellvertreter der Abraumsalze. Siebenbürgen ist reich an Salzlagern, die oft schön geschichtet und steil gefaltet sind. Die alpinen Lagerstätten bei Ischl, Aussee, Hallstatt, Berchtesgaden, Hallein und jene bei Hall in Tirol, Bex in der Schweiz sind durch grosse Unregelmässigkeit schwer verständlich. Man hat Gemenge von Salz mit Thon, Gyps, Anhydrit, auch Polyhalit (Haselgebirge) und an vielen Stellen grobkörnige Minerale. Bloss bei Hallstatt fand sich auch Kieserit. (Pošepny, Jahrb. d. geol. Reichsanst., Bd. 20, pag. 347, von Mojsisovics, ebend., Bd. 19, pag. 128.) Bekannte Lagerstätten sind ferner jene bei Friedrichshall in Württemberg, Vic in Lothringen, Northwich in England. Bei Cardona in Catalonien ist die Salzmasse blossgelegt und ragt als gletscherähnlicher Fels von 180 Metern Höhe empor. (Stapff, Zeitsch. geol. Ges., Bd. 36, pag. 401.) Die mächtige Salzablagerung von Iletz in der Nähe von Orenburg bedeckt eine Quadratmeile. Unter den Lagern Asiens ist die Salzkette im Norden des Pendschab merkwürdig. Die Mayogruben liefern ausser Steinsalz auch Sylvin und Kieserit, den Abraumsalzen entsprechend.

Der Stassfurter Bergbau hat am meisten dazu beigetragen, die Bildung der Steinsalzlager aufzuklären. Früher war schon aus den Versuchen von Usiglio bekannt, dass das Meerwasser beim Eindampfen zuerst eine kleine Menge von Gyps, hierauf Steinsalz liefert und zuletzt die Magnesium- und Kaliumsalze zum Absatze kommen. Dem entspricht im Grossen die Aufeinanderfolge der Salze bei Stassfurt. Der Wechsel von Steinsalz- und Anhydritschichten der unteren Region wird durch die Vorgänge in den Salzseen, namentlich im Eltonsee, der jährlich zuerst eine dünne Schichte von Gyps, nachher eine dickere von Steinsalz absetzt (pag. 302), ins Licht gestellt. Jede Salzschichte gleicht einem Jahresring unserer Bäume. Der Gyps verwandelt sich nach den Versuchen von Rose, Hoppe-Seyler bei Gegenwart von Steinsalz leicht in Anhydrit (pag. 546.) Die Salzschichten der Lagerstätten sind freilich dicker als jene im Eltonsee, auch sind sie deutlicher krystallinisch. Es ist aber anzunehmen, dass die Körnchen durch die auflagernde Salzlauge später allmähig vergrössert wurden. Daraus erklärt sich auch das überall beobachtete Aufstauchen und Falten der Salzschichten.

Man kennt auch Salzseen in Persien, welche nicht mehr Steinsalz, sondern Carnallit absetzen. Liebig hat schon gezeigt, dass man aus Meerwasser beim Eindampfen Carnallit erhalten könne. Die Etage der Abraumalze ist demnach von dem völligen Eintrocknen des Salzsees abzuleiten. Da Kieserit und Carnallit leicht durch Wasser zerstört werden, so ist zu vermuthen, dass die obere Etage vieler Salzlagerstätten verschwunden oder umgewandelt worden sei (letzteres bei Kalusz, Mayo).

Ablagerungen wie jene bei Wieliczka deuten durch die vorkommenden Thierreste auf einen directen Einfluss von Meerwasser. Sie werden von Lagunenseen warmer Klimate abgeleitet, welche zur Fluthzeit immer wieder mit Meerwasser versorgt wurden. (Lit. pag. 303.)

Das S. ist in den Steppen am Caspisee, in manchen Wüsten Afrikas, in Chile als Ausblüthung des Bodens verbreitet. In den Gesteinen ist es in unmerklicher Weise als Imprägnation fein vertheilt und wird von hier durch die Quellen zu Tage geführt. In Lösung erscheint das S. in grösserer Menge im Meerwasser und in den Soolquellen, in geringerer in allen übrigen Wässern. An extensiver Verbreitung wird es nur vom Wasser übertroffen.

Wo das S. stark verunreinigt ist, wie in den alpinen Salzlagerstätten, werden in die hier angelegten Sinkwerke Wässer geleitet und wird die nach längerer Zeit entstandene Soole in den Sudhäusern auf Kochsalz verarbeitet. Aus den Soolquellen wird auch jetzt noch, wenn solehe weit von Salzlagern entfernt sind, Kochsalz durch Abdampfen gewonnen. An den Meeresküsten wärmerer Klimate überlässt man das Abdampfen der Sonnenwärme und gewinnt in flachen Bassins, den Salzgärten, grosse Mengen von Seesalz. Die zuletzt bleibende, an Magnesium- und Kaliumsalzen reiche Lauge wird meist ins Meer zurückgelassen.

Das S. ist eines der nützlichsten Minerale. Die Verwendung zum Würzen der Speisen, zum Conserviren von Fleisch und Fischen, als Viehsalz, als Düngemittel umfasst nur einen Theil des Verbrauches, während der andere Theil des jährlich gewonnenen S. zumeist bei der Fabrication von Soda, Seife, Glas ver-

arbeitet wird. Bei der Darstellung von Glasuren, bei mancher metallurgischen Operation und in mehreren Industrien wird ebenfalls Steinsalz gebraucht.

#### Sylvin, *Beudant*.

Früher nur als Beimischung des vulkanischen Steinsalzes erkannt, seither in Salzlagerstätten in grosser Menge angetroffen. Bildet Würfel, öfter in Combination mit dem Oktaëder, oder körnige Massen. Bei Kalusz lassen sich aus diesen Krystalle mit verschiedenen tesseralen Formen herauslösen. Aus der Form und Lage der Aetzfiguren schliessen Brauns und Linck auf die Isomorphie mit Salmiak. Der S. ist dem Steinsalz in Form, Spaltb. und H. gleich, ebenso in der Diathermanie und Schmelzbarkeit sehr ähnlich. Die Lichtbrechung ist schwächer ( $n = 1.490$  für Gelb und gewöhnliche Temp.) und gegen Wärme sehr empfindlich. Geschmack bitterlich-salzig. G. = 1.9 bis 2, für reinen S. 1.989 bis 16° nach Retgers.

Chem. Zus.: Chlorkalium  $KCl$ , entsprechend 52.4 Kalium, 47.6 Chlor. Färbt die Flamme violett. Wird zur Darstellung von Kalisalzen gebraucht. Bei Stassfurt öfter röthlich gefärbt, bei Kalusz oft mit Körnern von blauem Steinsalz verbunden. Die grosskörnige Beschaffenheit und das Vorkommen sprechen dafür, dass der S. aus Carnallit entstanden ist. (Aut., Sitzber. Ak. Wien, Bd. 63, Abth. I. April 1871. Niedzwiedzki, Das Salzgebirge von Kalusz, Lemberg 1891.)

#### Salmiak.

Tesseral, gewöhnlich (111) oder (311) und oft stark verzerrte Gestalten zeigend. An künstlichen Krystallen erkannte der Autor eine früher noch nicht beobachtete Hemiëdrie: gyroidale H. (Tschermak's Min. und petr. Mitth., Bd. 4, pag. 531.) Spaltb. unendlich. H. = 1.5. Mild und zähe, farblos oder gefärbt. Geschmack stechend salzig. G. = 1.5 bis 1.6.

Chem. Zus.: Chlorammonium  $NH_4Cl$ , entsprechend 26.2 Stickstoff, 7.5 Wasserstoff, 66.3 Chlor. In der Hitze flüchtig. Sublimirt im Kölbchen. Mit Soda erhitzt, verbreitet er Ammoniakgeruch. Leicht im Wasser löslich. Kommt krystallisirt in drusigen Ueberzügen auf Klüften und Spalten an Vulkanen vor, z. B. am Vesuv, Aetna; die Krusten sind öfter durch Eisenschlorid gelb oder braun gefärbt. Auch als Erzeugnis von Kohlenbränden, z. B. bei Hainichen in Sachsen.

#### Carnallit, *H. Rose*.

Im Stassfurter Bergbaue bilden sich zuweilen an Stellen, wo etwas Wasser eindringt, rhombische Krystalle.  $m = (110)$ ,  $o = (111)$ ,  $s = (223)$ ,  $e = (021)$ ,  $d = (043)$ ,

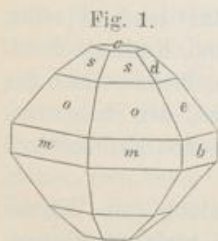


Fig. 1.

$b = (010)$ , Winkel  $(110) = 61^\circ 23'$ ,  $(111) = 72^\circ 40'$ . A. V. = 0.59356 : 1 : 0.69062. Die Combinationen sind hexagonalen Formen ähnlich. Im ursprünglichen Zustande bildet der C. immer grobkörnige Aggregate. Die Körner enthalten öfter zarte Blättchen von Eisenglimmer in paralleler Stellung, wodurch ein metallartiger Schiller entsteht, Kryställchen von Anhydrit und Quarz, auch von Pyrit sind oft beigemengt. H. = 1. Geschmack bitter.

Chem. Zus.:  $KCl.MgCl_2.6H_2O$  mit 26.8 Chlorkalium, 34.2 Chlormagnesium, 39 Wasser. Leicht schmelzbar, sehr leicht löslich in Wasser, an der Luft zerfliessend.

Durch allmäligen Zutritt von Wasser bildet sich krystallisirter Sylvin, während die Lauge von Chlormagnesium abläuft.

Bei Stassfurt und bei Kalusz als Bestandtheil der Salzlagerstätte. Wird zur Darstellung von Kalisalzen gebraucht. Die Kali-Industrie Stassfurts beruht hauptsächlich auf diesem Minerale.

Bischofit (Chlormagnesium),  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , farblos, findet sich in der Carnallitregion von Leopoldshall bei Stassfurt. Tachhydrit  $CaCl_2 \cdot 2MgCl_2 \cdot 12H_2O$ , gelblich, rhomboëdrisch, bei Stassfurt. Beide zerfließen rasch an der Luft. Chlorocalcit,  $CaCl_2$ , tesseral, auf Auswürflingen des Vesuv. Douglasit,  $2KCl \cdot FeCl_2 \cdot 2H_2O$ . Kleine grüne Krystalle von Leopoldshall bei Stassfurt. Jodnatrium,  $NaJ$ , ist zufolge des Jodgehaltes in den Salpeterlagern der Wüste Atacama zu vermuthen.

### 3. Ordnung: Fluoride.

Fluorverbindungen, meist von leichten Metallen.

#### Fluorit oder Flusspath (Liparit, Chlorophan).

Durch das häufige Vorkommen auf Erzgängen, wo das Mineral oft schönfarbige Drusen bildet, waren die »Fluores« den Bergleuten längst aufgefallen. Die »Flusspathsäure« wurde darin von Scheele 1771 entdeckt, obwohl schon 1650 Schwanhard in München wusste, dass man mit Fluorit und Schwefelsäure Glas ätzen könne.

Fig. 1.

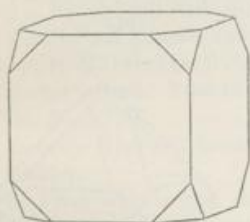
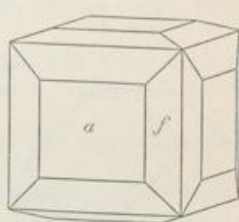


Fig. 2.



Fig. 3.



Die Krystalle sind tesseral, meist (100), aber auch zuweilen (111) und (110), seltener andere Formen, wie (421) oder (331), in selbständiger Ausbildung. In Combinationen treten sowohl derlei Flächen als auch viele andere auf, nämlich Tetraakishexaëder wie (310), Ikositetraëder wie (211) und mehrere Hexakisoktaëder.

Die Penetrationszwillinge, Fig. 5, nach dem Gesetze: Zwillingsaxe senkrecht auf 111 kommen oft vor. Verzerrte Gestalten sind nicht selten, ebenso Krystallstöcke, welche aus vielen Würfelchen aufgebaut erscheinen und Umrisse des Oktaëders darbieten. Die Flächen zeigen oft feine treppenartige Zeichnungen, besonders auf den Flächen der Zwillinge dort, wo eine Ecke des zweiten Krystalls hervordringt. Auch Vertiefungen, welche den vierseitigen Aetzfiguren entsprechen, sind oft ausgebildet. Letztere werden von Flächen (311) begrenzt.

Spaltb. nach (111) vollk.  $H. = 4$ . Lichtbrechung schwächer als beim Steinsalz,  $n = 1.435$ . Man bemerkt aber oft Spuren einer Doppelbrechung. Glasglanz, oft etwas fettartig; feuchter Glasglanz. Der F. ist farblos, wasserhell, oft aber schön gefärbt, in verschiedenen gelben, grünen, blauen, violetten und rothen Farben, dann auch weiss und grau. Oefter zeigen sich verschiedene Farben am



selben Krystall, indem die Ecken anders gefärbt oder verschiedenfarbige Schichten bemerkbar sind oder endlich die Erscheinungen der Kernkrystalle hervortreten. Das Pigment ist nach Wyruboff meist ein Kohlenwasserstoff; auch in dem Stinkfluss von Wölsendorf, der beim Kratzen wie Chlorkalk riecht und in den Verdacht eines Ozongehaltes gekommen ist, scheint ein solcher Gast vorhanden zu sein. Beim Erhitzen phosphoresciren die meisten Fluorite. Sie verlieren dabei etwas Substanz und zugleich die Farbe.  $G. = 3.1$  bis  $3.2$ .

Chem. Zus.:  $CaF_2$ , entsprechend 51.3 Calcium, 48.7 Fluor. V. d. L. zerknistert er oft stark und schmilzt nur in dünnen Splittern etwas an. Legt man ein Stückchen Gyps daneben, so schmelzen beide zur klaren Perle zusammen, welche beim Erkalten trübe wird. Wenn das Pulver mit Phosphorsalz im Glasrohr erhitzt wird, so bildet sich Flussäure, welche das Glas angreift. Schwefelsäure zersetzt den F. unter Entweichen von Flussäure vollständig, andere Säuren wirken wenig. Künstliche Krystalle erhielt Sénarmont durch Erhitzen des Fluorcalciumniederschlags in verdünnter Salzsäure im geschlossenen Glasrohre.

Der Fluorit ist ein ausgezeichnetes Gangmineral. Als Begleiter der Zinnerzgänge findet er sich in Sachsen, Böhmen, Cornwall. Die Krystalle sind oft dunkelblau bis schwarz, nicht selten mit Pyrit oder Kupferkies bedeckt. Auf den silbererzhaltigen Gängen bei Freiberg, Marienberg, Annaberg, wo Baryt als häufiger Begleiter vorkommt, sieht man oft weingelbe oder honiggelbe Krystalle, prächtige klare bei Kongsberg. Von den Bleiglanzgängen in Derbyshire werden

Fig. 4.

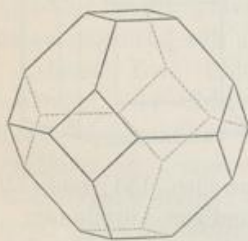


Fig. 5.

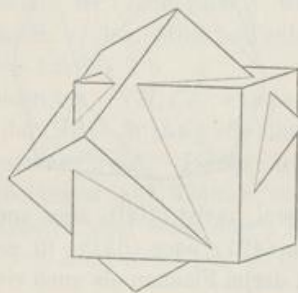
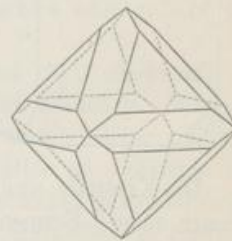


Fig. 6.



schöne grüne, aus Cumberland jene violblauen gebracht, welche fluoresciren (pag. 211). Oefter kommt der F. für sich auf Gängen und Klüften vor, wofür die schönen blauen Würfel von Gams in Steiermark, die im Kalkstein sitzen, ein Beispiel darbieten oder die grossen rosenrothen Krystalle in den krystallinischen Schiefen am Gotthard. Gänge, die ganz mit körnigem Fluorit erfüllt sind, kennt man bei Liebenstein im Thüringerwald, hier bis 13 Meter mächtig im Granit und Gneiss, bei Wölsendorf in Bayern, wo der schwarzblaue Stinkfluss gangförmig den Granit durchsetzt, bei Stolberg am Harz, wo Gänge von grünem Fluorit mit zelligem Quarz in altem Thonschiefer auftreten u. s. w. Als vulkanische Bildung beobachtete Scacchi dichten Fluorit im Tuff Campaniens bei Fiano in Verbindung mit Glimmer und Nocerin.

Der Fluorit wurde früher oft als Flussmittel bei metallurgischen Processen verwendet. In England werden schön gefärbte körnige oder stengelige Fluorite

zu Vasen, Leuchtern und Nippsachen verarbeitet. Nach Thiersch wären auch die Vasa murrhina der alten Römer aus diesem Mineral angefertigt worden. Die Verwendung zur Darstellung der Flusssäure und zum Glasätzen nimmt gegenwärtig zu.

Der seltene Yttrocerit soll aus Fluoriden von Ca, Y, Ce bestehen.

Der Sellaït Strüver's,  $MgF_2$ , krystallisiert tetragonal. Moutiers in Savoyen im Anhydrit. Der Noeerin Scacchi's von Nocera bei Neapel soll ein Magnesium-Calciumoxyfluorid sein.

Ziemlich mannigfaltig sind die Fluor-Aluminiumverbindungen:

Fluellit,  $AlF_3 \cdot H_2O$ . Rhombisch 0.7700:1:1.8776. Cornwall.

Kryolith, wegen der Aehnlichkeit mit Eis ( $\kappa\rho\upsilon\sigma\varsigma$ , Frost) so genannt. Monoklin,  $m = (110)$ ,  $p = (111)$ ,  $c = (001)$ ,  $r = (011)$ ,  $v = (101)$ ,  $k = (10\bar{1})$ . Winkel  $(110) = 88^\circ 3'$ . A. V. = 0.96626:1:1.38824,  $\beta = 89^\circ 49'$ . Spaltb. (110) und (001).

Farblos, weiss, graulich, gelblich, röthlich. H. = 2.5 . . 3. G. = 2.95 bis 2.97. — Chem. Zus.:  $Na_3AlF_6$ . Sehr leicht schmelzbar, nach dem Erhitzen eine weisse Kruste hinterlassend, welche, mit Kobaltlösung geflüht, blau wird. Verhalten gegen Säuren wie beim Fluorit. Das Mineral kommt in mehreren Lagern in einem zinnerzführenden Gneiss bei Evigtok in Südgrönland vor. Es ist oft mit Eisenspath, Quarz, Pyrit, Kupferkies, Bleiglanz gemengt. Wird zur Darstellung von Alaun und von Flusssäure verwendet. Bei Miask am Ural und Pikes Peak in Colorado wurde es auch beobachtet.

Chiolith, tetragonal.  $Na_3Al_3F_{14}$ . Miask. Zugehörig der Arksutit.

Pachnolith, Knop.  $NaCaAlF_6 \cdot H_2O$ , monoklin, 1.1626:1:1.5320,  $\beta = 89^\circ 40'$ .

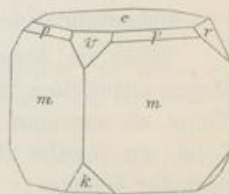
Thomsenolith, Dana. (Pachnolith, Hagemann; Hagemannit.) Monoklin, 0.9975:1:1.0329,  $\beta = 86^\circ 48'$ , mit nahezu quadratischem Prisma.  $NaCaAlF_6 \cdot H_2O$ , wie der vorige. Beide mit Kryolith bei Evigtok und Pikes Peak.

Prosopit, Balstonit, Evigtokit, Ge'arksutit stehen dem vorigen nahe. Ueber die Kryolithgruppe: Groth, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 7, p. 375, 457. Cross u. Hillebrand, Americ. J., Bd. 26, p. 267.

Der tesserale Hieratit Cossa's,  $2KF \cdot SiF_4$ , von Vulcano würde eine neue Gruppe von Fluoriden eröffnen.

Seltene Fluorverbindungen sind auch der hexagonale Tysonit (Fluocerit) und die daraus entstandenen: Hydrofluocerit und Hamartit (Bastnäsit). Dieser und der ebenfalls hexagonale Parisit bestehen z. Th. aus Carbonat.

Fig. 1.



## IX. Classe: Anthracide.

Von  $\alpha\alpha\theta\rho\alpha\zeta$ , Kohle. Sie sind Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasserstoff oder beider mit Sauerstoff, endlich auch von letzteren abgeleitete Verbindungen. Alle hierher gehörigen Minerale sind fähig, sich mit Sauerstoff zu verbinden, zu verbrennen. Die Classification ist eine unvollkommene, da die Anthracide meistens amorphe Gemenge mehrerer chemischer Verbindungen und nur selten homogene krystallisirte Körper sind. Die Charakterisirung und Abgrenzung der Gattungen kann demnach meist nur eine beiläufige sein.

### 1. Ordnung: Carbonsalze.

Einige wenige salzartige Verbindungen leichter Metalle, abgeleitet von C-, H-, O-haltigen Säuren. Erhitzt, verkohlen sie ohne deutlich zu brennen.

Mellit (Honigstein). Tetragonale Krystalle, einzeln und in Gruppen, (111), öfter auch (110) und (001) zeigend. Winkel (111) =  $86^\circ 55'$ . A. V. = 1:0.7463. Honiggelb, wachsgelb, fettglänzend, optisch negativ, jedoch im polarisirten Lichte oft aus mehreren optisch zweiaxig er-



scheinenden Theilen zusammengesetzt. H. = 2. . 2.5. G. = 1.57 bis 1.64. Chem. Zus.: Mellitsaure Thonerde mit Krystallwasser,  $Al_2C_{12}O_{12} + 18H_2O$ , abgeleitet von der Säure  $H_2C_4O_4$ . An der Luft erhitzt, hinterlässt der Mellit einen weissen Körper, nämlich  $Al_2O_3$ . Er findet sich in Braunkohle bei Artern in Thüringen, Luschitz in Böhmen, in Steinkohle bei Tula in Russland etc.

Oxalit (Humboldtin), ockergelb, strohgelb, faserig oder dicht, ist oxalsaures Eisenoxydul.  $2FeC_2O_4 + 3H_2O$ . In Braunkohle bei Kolosoruk in Böhmen, Grossalmerode in Hessen. Oxalsaurer Kalk: Whewellit.  $CaC_2O_4 + H_2O$ , monoklin, 0.8696 : 1 : 1.3695,  $\beta = 72^\circ 42'$ , farblos, weiss, wurde bei Zwickau und bei Burgk in Sachsen gefunden.

## 2. Ordnung: Harze.

Verbindungen von C, H, O, welche amorph erscheinen, meist hellere Farben zeigen, erhitzt schmelzen und mit Flamme brennen.

### Bernstein (Succinit).

Schon im Alterthum bekannt und wegen der Eigenschaft, gerieben, leichte Körper anzuziehen, für merkwürdig gehalten. Bei den Griechen als *ήλεκτρον*, bei Plinius als *succinum* bezeichnet. Der deutsche Name von bürnen (brennen). Der B. ist ein fossiles Harz, welches von ausgestorbenen Nadelholzbäumen (Pinites succinifer Goeppert's und mehreren anderen) her stammt. (Conwentz, Monographie der baltischen Bernsteinbäume. Danzig 1890.) Wie an unseren Baumharzen, sieht man auch am B. rundliche, geflossene oder getropfte Formen, oft auch Einschlüsse von Ameisen, Mücken, Käfern etc. Durchsichtig, honiggelb bis hyacinthroth und braun oder trübe, weisslich, oft beides am selben Stücke mit geflammter Zeichnung. Aus Sicilien kommen Exemplare mit blauer Fluoreszenzfarbe. Wie die Harze überhaupt, zeigt auch der B. stellenweise Doppelbrechung. Mit der Hand gerieben, wird er negativ elektrisch, bei stärkerem Reiben und beim Erwärmen entwickelt er einen angenehmen Geruch. H. = 2. . 2.5. G. = 1 bis 1.1, daher sinkt er im gewöhnlichen Wasser, schwimmt aber oft im Meerwasser.

Chem. Zus. schwankend, nach Schrötter ungefähr 79 Percent Kohlenstoff, 10.5 Wasserstoff, 10.5 Sauerstoff, was dem Verhältnis  $C_{10}H_{16}O$  entspricht. Der Hauptbestandtheil des Gemenges ist ein in Alkohol und Aether unlösliches Harz, ausserdem wurden aber einige lösliche Harze, etwas Bernsteinsäure und ätherisches Oel gefunden. Bei ungefähr  $287^\circ$  schmilzt der B., er brennt mit heller Flamme und angenehmem Geruche, daher die frühere Verwendung der minderwerthigen Stücke zu Räucherwerk.

Der B. kommt an der Küste der Ostsee, namentlich an jener westlich von Königsberg vor, wo er während der rauhen Jahreszeit oft von den Wogen aus dem Sande gespült wird. Die Bernsteinfischer sammeln ihn mit Netzen ein. Auch tiefer im Lande, in Preussen, Curland, Livland, ferner an der Nordseeküste wird er im Sand und Thon angetroffen, mehr verstreut in allen alttertiären Ablagerungen Russlands zwischen der Ostsee und dem Azow'schen Meere. Plinius kannte schon die Herkunft aus dem Lande der Gothen. Am Flusse Simeto bei Catania, in Spanien, bei Lemberg in Galizien hat man kleine Quantitäten gefunden. Manche Angaben sind unsicher, da öfter andere Harze für B. gehalten wurden.

Der Bernstein wird zu Pfeifen- und Cigarrenspitzen, zu Perlen, Knöpfen, zu anderen Schmuckgegenständen und Nippsachen verarbeitet, auch zur Darstellung eines Firnisses gebraucht. Das Tragen der Bernsteinperlen hat aber sehr abgenommen. Man versteht es gegenwärtig schon, Bruchstücke durch Zusammenschweissen zu vereinigen.

Dem B. ähnlich sind der Euosmit und der Copalin. Als Retinit bezeichnet man mehrere gelbe bis braune Harze, die meist in Braunkohle, oft auch in Thon und Mergel angetroffen werden. In der Elementarzusammensetzung sind sie dem Bernstein ähnlich, an Alkohol geben sie nur wenig Lösliches ab. Hierher gehören: Walchowit, Ambrit, Krantzit, Jaulingit, Ixolit, Rosthornit, Siegburgit. In Alkohol leicht löslich ist der trikline Bombiccit von Castelnovo. Schwefelhaltig bis zu 6 Percent sind der Tasmanit, welcher grösstentheils aus den Sporenkapseln fossiler Farne zusammengesetzt ist, und der Trinkerit. Durch kohlige Beimengung tief braun bis schwarz gefärbt sind der Piauzit, Pyroretin. Abweichend von diesen verhält sich der bräunlichschwarze Dopplerit aus Torflagern bei Aussee, Berchtesgaden, Gonten etc. Derselbe ist im frischen Zustande geschmeidig und elastisch wie Kautschuk, wird aber durch Trocknen an der Luft hart, worauf er in kleine Stücke zerspringt. Er enthält Ca als wesentlichen Bestandtheil und ist nach Demel aus Kalksalzen, die sich von Humussäuren ableiten, zusammengesetzt. Die Formel ist ungefähr  $C_{24}H_{22}CaO_{12}$ .

### 3. Ordnung: Kohlen.

Gemenge von amorpher Kohle und harzartigen, auch bituminösen Körpern, öfter noch Holzfasern enthaltend, wesentlich aus C, H, O bestehend. Die Kohlen sind Umwandlungsproducte von Pflanzenresten.

#### Torf

nennt man die Aggregate verfilzter Pflanzentheile, welche bald locker, bald compact erscheinen, gelbe, braune bis schwarze Farbe zeigen und sehr junge Bildungen sind. Sie setzen sich aus den abgestorbenen Theilen solcher Pflanzen zusammen, welche an sumpfigen Stellen in sehr grosser Zahl von Individuen vorkommen und stark wuchern, wie die Sumpfmooße, Riedgräser, Heiden etc.

Die chem. Zus. ist von jener der Holzfaser nicht sehr verschieden. In manchen Torflagern finden sich auch Baumstämme, thierische Reste, ferner Minerale, wie Gyps, Pyrit, Markasit, Vivianit, zuweilen auch Producte menschlicher Thätigkeit, wie Gefässe, Werkzeuge, Waffen etc. In manchem Torf sind die Pflanzentheile schon unkenntlich: Specktorf. Nicht selten ist der Torf schlammig. Dieser wird bei der Gewinnung gepresst und geformt.

Die Torfablagerungen erstrecken sich über grössere Flächen in Niederungen und auf den Plattformen mancher Gebirge. In Deutschland sind 4-6 Percent der Oberfläche, in Irland 10 Percent mit Torf bedeckt. In Nordamerika gibt es auch viele Torfgebiete. An manchen Meeresküsten, z. B. an der Nordsee, bildet sich durch Anhäufungen von Tangen sogenannter Meertorf.

Der T. ist ein nützlichcs Brennmaterial und für manche Länder, wie Holland, so wichtig wie die Steinkohle für England. Lit.: Senft, Die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen. Leipzig 1872. Hausding, Die industrielle Torfgewinnung und Torfverwerthung. Berlin 1876. Derselbe, Die Torfwirtschaft Süddeutschlands und Oesterreichs. Ebendas. 1878.

saure  
Luft  
kohle

cydul.  
saurer  
weiss.

rben

chte  
bei

Der  
nites

phie  
zen,

auch  
bis

mit  
enz-

ung.  
und

= 1  
feer-

stoff,

Der  
ches

und  
mit

der

von  
aus

ein.  
lsee-

ären  
nius

bei  
ge-

lten

**Braunkohle** (Lignit).

Die Kohle der jüngeren Schichtgesteine, häufig mit noch deutlich erkennbaren Pflanzenresten. Die Textur ist dicht, erdig oder holzartig, die Farbe holzbraun bis pechschwarz, der Strich braun. G. = 1.2 bis 1.4.

Die chem. Zus. weicht von jener der Holzfaser darin ab, dass der Wasserstoff- und Sauerstoffgehalt erheblich geringer sind. Die B. verbrennt leicht mit unangenehmem Geruche. Mit Kalilauge erwärmt, gibt sie an diese 2 bis 75 Percent Lösliches ab, wodurch die Lauge braun gefärbt wird. Bei der trockenen Destillation liefert die Braunkohle wie der Torf nebst anderen Producten auch Essigsäure.

Die B. ist besonders im norddeutschen Flachlande verbreitet, wo sie oft unmittelbar an der Oberfläche liegt, so dass sie durch Tagbau gewonnen werden kann. Besonders reich ist ferner das nördliche Böhmen in der Gegend zwischen Eger und Teplitz. Auch in den Alpenländern, endlich in Ungarn und Siebenbürgen hat man reiche Lager in Angriff genommen.

Man unterscheidet die muschelrig brechende B. öfter als Pechkohle, da sie einen glänzenden Bruch zeigt. Durch Basalteruptionen ist sie bisweilen in eine stengelige Masse verwandelt, wie am Meissner in Hessen. Schon im Alterthum hat man eine dichte B. gekannt, welche sich drehseln und poliren lässt, und in neuerer Zeit hat sich bei Whitby in England u. a. O. eine kleine Industrie entwickelt, welche aus einer solchen Kohle die unter dem Namen Jet (Jayet) bekannten Waaren, wie Knöpfe, Rosenkränze, Halsketten, Armbänder, erzeugt. Die letzteren werden meist als Trauerschmuck getragen. Von dem unechten Jet, welcher aus Hartgummi gemacht wird, unterscheidet sich jener durch das geringere Gewicht.

Die holzige B. lässt noch deutliche Fasern erkennen, auch finden sich öfter Stämme, Aeste, Wurzeln von bituminösem Holze. Der Bast, die Tannenzapfen zeigen ihre Formen deutlich. In der Grube Bleibtreu im Siebengebirge hat man aufrechte Baumstämme sammt Wurzeln gefunden. Eine holzige, zerreibliche Kohle aus der Gegend von Köln wird als kölnische Umbra in den Handel gebracht.

Die Moorkohle hat ebenen Bruch und enthält viel Feuchtigkeit, daher sie an trockener Luft ein Zerbersten zeigt. Zuweilen ist sie auch schlammig und lässt sich formen wie der schlammige Torf. An der Luft getrocknet, wird sie zu erdiger Braunkohle. Die Blätterkohle ist dünn geschichtet, mit biegsamen, oft lederartigen Schichten, häufig durch viel Thon verunreinigt. Bei sehr dünnen Schichten hat man die Papierkohle. Manche B. enthält ausser Thon auch fein vertheilte Eisenkiese, daher sie bei der Verwitterung Thonerdesulfat liefert, also zur Alaunbereitung dienen kann (Alaunerde).

Die B. ist ein viel benütztes Brennmaterial, dessen Anwendung durch zweckmässige Feuerungsanlagen in letzter Zeit immer allgemeiner wurde. Gegenwärtig wird auch aus mancher B. Leuchtgas und Heizgas, ferner durch trockene Destillation Paraffin, Solaröl (deutsches Petroleum), Benzin, Carbonsäure u. dgl. erzeugt. Zur Farbenbereitung ist der Braunkohlentheer selten geeignet.

Die Production Deutschlands betrug im Jahre 1876 über 222 Millionen Centner im Werthe von 38.4 Millionen Mark. Lit.: Zincken, Die Physiographie der B. Halle 1867, Ergänzung 1871.

**Schwarzkohle** (Steinkohle).

Dicht, bisweilen schieferig oder faserig, oft in bankförmigen Massen mit Querabsonderung. Glasglanz oder Fettglanz, Farbe schwärzlichbraun, pechschwarz, sammtschwarz, Strich bräunlich- oder graulichschwarz.  $H. = 2 \dots 2.5$ .  $G. = 1.2$  bis  $1.5$ . Die vegetabilische Textur ist selten mit freiem Auge wahrzunehmen, wohl aber u. d. M. nach zweckmässigem Präpariren zu erkennen, z. B. nach dem Bleichen mit einer Mischung von chlorsaurem Kalium und Salpetersäure und nachherigem Abwaschen mit absolutem Alkohol. Die Zus. aus Pflanzenresten (s. pag. 305) lässt sich hierauf mit Sicherheit nachweisen. (Zirkel, Die mik. Besch. d. Min. und Gesteine, 1873. Gümbel, Sitzungsber. der bayr. Akad. 1883, pag. 111.) Die chem. Zus. weicht von jener der Braunkohle durch geringeren Gehalt an H und O ab, der Kohlenstoff beträgt öfter 80 bis 90 Percent. Die S. verbrennt leicht mit starker Flamme und nicht unangenehmem Geruch, sie färbt die Kalilauge nicht braun. Nach dem Verhalten beim Erhitzen unterscheidet man fette (bitumenreiche) Kohlen, welche auch schon am Glanz erkannt werden, und unter diesen die Backkohlen, welche für die Bereitung von Cokes geeignet sind, ferner magere Kohlen, welche bitumenarm sind, nicht backen, aber oft zusammensintern: Sinterkohle.

Die S. ist in den älteren sedimentären Bildungen vieler Länder verbreitet und bildet oft Lager, die sich im Gestein viele Quadratmeilen weit erstrecken: Kohlenfelder. Zuweilen zeigen sich wiederholte Flötze oder aber nur Schmitze und Nester. Der grösste Kohlenreichthum ist England zugefallen, welches namentlich bei Newcastle ein ungemein ergiebiges Kohlenfeld besitzt. In Schottland lagern bei Pairley viele Flötze. In Deutschland ist das obereschlesische und das niederschlesische Kohlenfeld, ferner sind jene von Chemnitz und Zwickau, von Dortmund, Saarbrücken und Aachen hervorzuheben. An letzteres schliesst sich in Belgien jenes von Lüttich. In Frankreich herrscht die grösste Entwicklung bei St. Etienne und bei Creuzot. In Oesterreich sind die Reviere kleiner, z. B. jene von Schatzlar, Ostrau, welche die schlesischen Gebiete fortsetzen, jene von Mies, Rossitz, Fünfkirchen, Steierdorf. Russland besitzt grosse Kohlenlager am Don etc. Ungemein reich ist auch Nordamerika, welches in dem Appalachischen Kohlenfelde in Pennsylvanien, in den Kohlenfeldern von Illinois, Michigan und von Neu-Schottland riesige Vorräthe besitzt.

Die Gesamtkohlenproduction Europas und der Vereinigten Staaten Nordamerikas betrug nach Hübner's Statist. Tafeln im Jahre 1893 circa 533 Millionen Tonnen à 1000 Kilogramm. Davon entfielen auf Grossbritannien 167, die Vereinigten Staaten 186, Deutschland 95, Oesterreich-Ungarn 29.8, Frankreich 26, Belgien 19 Millionen Tonnen.

Man unterscheidet: Glanzkohle, muschelrig brechend, sammtschwarz, spröde; Pechkohle, grossmuschelig, pechschwarz, wenig spröde; Cannelkohle, im Bruche etwas matt, mit lohender Flamme wie eine Kerze (candle) brennend. Diese ist politurfähig, daher aus derlei Kohlen, besonders aus den schottischen, Dosen, Tintenfässer, Leuchter, Knöpfe etc. fabricirt werden. Die Faserkohle ist schon etwas abfärbend, grauschwarz.

Als Schieferkohle bezeichnet man die deutlich geschichtete, welche oft einen Wechsel von Glanzkohle und Faserkohle darbietet, als Grobkohle solche mit verworrener Lagerung, als Blätterkohle jede S. mit dünnplattiger Absonderung. Bogheadkohle hat man eine in manchen Steinkohlenablagerungen vorkommende dunkelbraune Masse genannt, welche weich und schneidbar, leicht entzündlich ist und ungemein viel Gas liefert. Der Sauerstoffgehalt ist gering wie bei Asphalt. Viele S. enthalten Pyrit, auch Eisenspath als Beimengung, häufig auch Thon. Steinkohlen- und Braunkohlenlager entzünden sich bisweilen von selbst, und zwar zumeist in Folge der bei der Zersetzung des beigemengten Pyrits entstandenen Wärmeentwicklung. Dadurch werden Erdbrände veranlasst.

Die S. dient als werthvolles Feuerungsmaterial, da sie fast dreimal so viel leistet als Buchenholzkohle. Für die Eisenbereitung in Hochöfen wird die S. durch Erhitzen in Cokes verwandelt, welche die Eigenschaften des Anthracits haben, also einen grösseren Brennwerth besitzen, ausserdem frei von Pyrit sind. Durch trockene Destillation gewinnt man aus der S. einerseits Leuchtgas und Theer, andererseits Cokes. Aus dem Theer werden flüssige Kohlenwasserstoffe, wie Benzol, Toluol, feste Kohlenwasserstoffe, wie Naphthalin, Anthracen, ferner Carbonsäure gewonnen, welche wieder zur Bereitung der Theerfarben oder Anilinfarben dienen. Lit.: Geinitz, Fleck und Hartig, Die Steinkohlen Deutschlands und anderer Länder Europas. München 1865. Mietzsch, Geologie der Kohlenlager. Leipzig 1875. Pechar, Kohle und Eisen in allen Ländern der Erde. Stuttgart 1878.

#### **Anthracit** (Kohlenblende).

Eisenschwarze und graulichschwarze Masse von muscheligem Bruche. Oefter stengelig abgesondert oder auch erdig, abfärbend. Spröde. H. = 2..2.5. Glasglanz, nicht selten metallartig, bunt angelauten. Sowohl in den mikroskopischen Präparaten als in der Asche wurden die Formen von Pflanzenzellen beobachtet. G. = 1.4 bis 1.7.

Chem. Zus. von jener der Steinkohle durch den höheren Gehalt an Kohlenstoff unterschieden. Der letztere beträgt über 90 Percent. Wasserstoff und Sauerstoff sind in geringer Menge vorhanden. Der A. verbrennt schwer mit schwacher Flamme, ohne vorher zu backen. Färbt Kalilauge nicht.

Der Anthracit findet sich in den ältesten sedimentären Gesteinen, auch in krystallinischen Schiefen, und zwar in Lagern, Linsen, Schmitzen, Nestern, auch eingesprengt. Er tritt entweder selbständig auf oder ist der Steinkohle beigemengt, in welche derselbe übergeht. Der erdig abfärbende A. wird öfter für Graphit gehalten. Schönen, grossmuscheligen A. kennt man von Rhode Island und aus Pennsylvanien, graphitähnlichen aus Steiermark und Mähren. Zahlreiche Lager finden sich in den französischen und piemontesischen Alpen. Der A. dient zur Feuerung bei heftigem Luftzuge, wie die Cokes, der erdige A. auch zum Schwärzen und Anstreichen. Die gegenwärtige Production in Pennsylvanien beträgt ca. 46 Millionen Tonnen.

Graphitoid, Schungit, wurde die amorphe Kohle genannt, welche nicht selten als fein vertheilte Beimengung in Gneiss, Glimmerschiefer und Quarzit beobachtet wird.



Alle Mineralkohlen sind nach den bisher gepflogenen mikroskopischen Untersuchungen als umgewandelte Pflanzenreste zu betrachten. Der Gang der Umwandlung ist im Allgemeinen dieser, dass bei Wasserbedeckung in Folge einer Art von Gährung (Tappeiner, Ber. der deutschen chem. Ges. 1883, pag. 1734, 1744) ein Theil des Wasserstoffes und Sauerstoffes der Holzfaser sich zu Wasser vereinigen, während ein Theil des Kohlenstoffes mit jenen sich zu Kohlensäure und zu Sumpfgas verbindet, dies alles in der Weise, dass der Gehalt an Wasserstoff und Sauerstoff beständig abnimmt, während der relative Kohlenstoffgehalt vom Torf bis zum Anthracit beständig zunimmt. Dies zeigt folgende Uebersicht der durchschnittlichen Zusammensetzung:

	C	H	O	N
Holzfaser . . . . .	50	6	43	1
Torf . . . . .	59	6	33	2
Braunkohle . . . . .	69	5.5	25	0.8
Schwarzkohle . . . . .	82	5	13	0.8
Anthracit . . . . .	95	2.5	2.5	—

#### 4. Ordnung: Bitume.

Starre bis flüssige Kohlenwasserstoffe, bisweilen gemengt mit harzartigen oder kohligen Verbindungen. Die starren sind zuweilen krystallisirt. Alle brennen ungemein leicht mit russender Flamme.

##### Asphalt (Erdpech, Judenpech).

Pechschwarze Masse von muscheligen Bruche, mild, H. = 2. Fettglänzend. Riecht bituminös, besonders beim Reiben und Erwärmen. G. = 1.1 bis 1.2. Schmilzt bei ungefähr 100°, entzündet sich leicht. In Steinöl löst sich der A. oft vollständig, im Aether bisweilen unter Hinterlassung eines Rückstandes, welcher wieder in Terpentinöl löslich ist. Dieses Verhalten zeigt schon, dass der A. ein Gemenge mehrerer Verbindungen ist, und zwar hat man daraus pechähnliche Kohlenwasserstoffe, harzartige Verbindungen und Erdöl erhalten. Der Kohlenstoffgehalt beträgt 75 bis 88 Percent. Der klebrige A. ist reich an Erdöl und bildet den Uebergang zum Bergtheer.

Den Asphalt kannte man schon in alter Zeit, besonders das Vorkommen am Todten Meere in Judäa, wo er an der Oberfläche schwimmend und am Ufer angetroffen wird. Auf der Insel Trinidad an der Küste Südamerikas findet sich ein runder Pechsee von 2 Kilom. Durchmesser, den man bei kühlem Wetter überschreiten kann. Gewöhnlich bildet der A. Lager wie bei Avlona in Albanien oder gangartige Trümer wie bei Bentheim in Hannover, öfter auch Füllungen von Septarien und Geoden, endlich Imprägnationen von Sandstein, Kalkstein, Mergel: Bituminöse Kalksteine und Schiefer.

Zur Asphaltpflasterung dient ein Gemenge von A. mit Kalksteinpulver oder besser der zerkleinerte bituminöse Kalkstein. Der A. wird ausserdem so wie Theer zum Kalfatern der Schiffe, zu Dachpappe, zu Firnissen und Kitten benützt. Bekannte Vorkommen sind jene im Val Travers in Neuchâtel, Lobsan im Elsass, Verwohl in Hannover, ferner bei Dannemora und anderen Orten in Schweden, wo er mit Magnetit und Eisenglanz, Iberg am Harz, wo er auf Nestern von Eisenspath und Brauneisenerz gefunden wurde u. a. m.

Albertit, Grahamit, Walaït gehören hierher. Der Elaterit (elastisches Erdpech) ist geschmeidig, oft etwas klebrig. Der Idrialit von Idria ist gewöhnlich mit Zinnober gemengt.

**Ozokerit, Glocker** (Erdwachs, Paraffin).

Dicht, bisweilen blätterig oder striemig-faserig. Sehr ähnlich dem Wachs (ὄζω, rieche, κηρός, Wachs). Im durchfallenden Lichte gelblichbraun bis hyacinthroth, im auffallenden lauchgrün bis bräunlichgrün, also deutlich fluorescirend. Zwischen den Fingern erwärmt, wird der O. klebrig. Der Geruch ist aromatisch. G. = 0.94 bis 0.97.

Chem. Zus.: Kohlenstoff beiläufig 85, Wasserstoff 15 Percent, die Formel ist ein Vielfaches von  $CH_2$ , doch ist der O. ein Gemenge mehrerer Kohlenwasserstoffe, die zwischen  $56^\circ$  und  $82^\circ$  schmelzen. Beim Erhitzen gibt der O. eine ölige Flüssigkeit. In Terpentinöl und Benzol ist er leicht, in Alkohol und Aether schwer löslich. Aus der Lösung erhält man den Körper in glänzenden Krystallblättchen.

Zuerst war der O. von Slanik in der Moldau, dann von Boryslaw und Truskawice in Galizien bekannt. Er findet sich gewöhnlich in der Nähe der Petroleumlagerstätten zwischen Sandstein und Schiefer eingeschaltet und wird nach dem Anlegen von Brunnen und Schächten durch die aufliegenden Schichten hervorgepresst. Daher die oft striemige und glänzende Oberfläche. Das Neftgil von der Insel Tscheleken im Kaspisee ist O.

Durch Destillation und Bleichen gewinnt man das weisse Paraffin, welches anfangs zu Kerzen verarbeitet wurde, die aber zu stark tropften. Gegenwärtig wird ein reineres und härteres Paraffin, welches jedoch nicht bloß aus dem O., sondern auch aus Bergtheer und aus Braunkohle gewonnen wird, als Ceresin in den Handel gebracht und zu Kerzen etc., ja auch zu künstlichen Bienenzellen verarbeitet.

Dem Paraffin ähnlich sind der Hartit aus der Braunkohle von Köflach und Oberdorf in Steiermark, welcher trikline, weisse, nach einer Fläche spaltbare Krystalle bildet, bei  $74^\circ$  schmilzt und nach dem Verhältnis  $C_5H_8$  zusammengesetzt ist, der Fichtelit aus dem Torf von Redwitz in Bayern, von Oldenburg, in weissen monoklinen Blättchen vom Schmelzpunkte von  $46^\circ$ , der Hatchettin in fettig anzufühlenden gelblichen Blättchen vom selben Schmelzpunkte, während der Könleinit (Scheererit) Nadeln und Blättchen von höherem Schmelzpunkte (circa  $110^\circ$ ) und grösserem Kohlenstoffgehalt (93 Percent) zeigt. Der graubraune zerreibliche Pyropissit hält die Mitte zwischen Ozokerit und den Harzen.

**Erdöl** (Petroleum, Steinöl, Bergöl).

Die bituminösen Oele bilden eine Reihe von Mischungen, welche mit dem halbflüssigen braunen Bergtheer an den Asphalt anschliesst, in dem gelben Steinöl fortsetzt bis zu jenen leichtflüssigen und flüchtigen Oelen, welche man als Naphta bezeichnet. Die Reihe läuft in dampfförmige Glieder aus. Das Gewicht der Oele schwankt zwischen 0.6 und 0.9. Alle haben einen aromatischen Geruch.

Die Kohlenwasserstoffe, aus welchen die Erdöle bestehen, sind in Zusammensetzung, Dichte und Siedepunkt verschieden. Gewöhnlich sind es Verbindungen nach der allgemeinen Formel  $C_n H_{2n+2}$  wie die folgenden im gewöhnlichen Steinöl enthaltenen:

Kohl  
gewi  
halte  
 $C_n H$   
 $C_n H$   
unge

latio  
brau

in G  
reste  
oder  
vulk  
geru  
Casp  
die  
habe  
von  
und  
wass  
imm  
Sprü  
dass  
Durd  
gepr

Thie  
kohl  
keit  
Pflar

			G. bei 15°	Siedepunkt	C	H
Normales	Pentan	$C_5H_{12}$	0.626	37°	83.3	16.7
»	Hexan	$C_6H_{14}$	0.663	71°	83.7	16.3
»	Heptan	$C_7H_{16}$	0.688	98°	84.0	16.0
»	Oktan	$C_8H_{18}$	0.703	125°	84.2	15.8
»	Nonan	$C_9H_{20}$	0.710	151°	84.4	15.6

Ueberdies wurden mehrere der isomeren und auch höher zusammengesetzte Kohlenwasserstoffe von  $C_{10}H_{22}$  bis  $C_{16}H_{34}$  und dem G. 0.825 bis 0.830 nachgewiesen. Die letzteren sind auch in dem gewöhnlichen Petroleum-Brennöl enthalten. Das rohe Erdöl enthält ferner die gasförmigen: Aethan  $C_2H_6$ , Propan  $C_3H_8$ , primäres Butan  $C_4H_{10}$  absorbiert und auch Kohlenwasserstoffe der Reihe  $C_nH_n$  beigemischt.

Aber auch die Kohlenwasserstoffe der Benzolreihe  $C_nH_{2n-6}$ , welche alle ungefähr G. = 0.86 haben, sind in mehreren Erdölvorkommen erkannt worden.

			Siedepunkt	C	H
Benzol	$C_6H_6$	82°	92.3	7.7	
Toluol	$C_7H_8$	111°	91.3	8.7	
Xylol	$C_8H_{10}$	139°	90.6	9.4	
Cumol	$C_9H_{12}$	148°	90.0	10.0	
Cymol	$C_{10}H_{14}$	175°	89.5	10.5	

Der Bergtheer enthält ausser den Oelen auch Paraffin, welches durch Destillation daraus erhalten wird. Die dünnflüssige Naphta wird an der Luft gelb und braun und dickflüssig wie das gemeine Erdöl.

Das E. findet sich in sedimentären Gesteinen verschiedenen Alters, öfter in Gesellschaft anderer bituminöser Stoffe oder in der Nachbarschaft von Pflanzenresten. Es quillt mit oder ohne Wasser aus Klüften, aus Schichten des Gesteins oder aus dem lockeren Boden. Zuweilen steht es in Verbindung mit Schlammvulkanen, welche aus Thon und Sand bestehende Aufschüttungen sind, hervorgerufen durch Eruptionen von Kohlenwasserstoffgas, wie z. B. bei Baku am Caspischen Meere, wo die sogenannten ewigen Feuer, angezündete Gasquellen, die seit 900 n. Chr. brennen sollen, längst allgemeine Aufmerksamkeit erregt haben. Auch an eigentlichen Vulkanen, wie am Aetna, wurden geringe Mengen von Erdöl und Exhalationen von Kohlenwasserstoffen beobachtet. Merkwürdig und noch nicht erklärt ist das Zusammenvorkommen von Gasquellen, die Kohlenwasserstoffe liefern, und von Erdöl mit Steinsalzlagerstätten. Das E. verhält sich nicht immer so wie die Sickerwässer, sondern wird auch öfter durch Bohren als Springquelle oder fließende Quelle zu Tage gebracht. Es ist daher anzunehmen, dass an manchen Orten grössere unterirdische Räume mit Erdöl gefüllt sind. Durch den Druck der auflastenden Massen wird es durch das Bohrloch emporgespresst.

Die Bildung des E. wird gewöhnlich von der Zersetzung der Pflanzen- und Thierreste abgeleitet. Dafür spricht der Umstand, dass man aus manchen Braunkohlen durch trockene Destillation Paraffin und eine dem Erdöle gleiche Flüssigkeit (Photogen) erhält, ferner das häufige Zusammenvorkommen des Erdöls mit Pflanzenresten. Die Massenhaftigkeit des Auftretens in Nordamerika scheint aber

mit jener Bildungsweise nicht recht vereinbar. In letzter Zeit gewinnt die Hypothese des Ursprunges aus Thierresten immer mehr Anhang. Mendelejeff hält das E. für ein Product der Tiefe, wo durch Einwirkung des Wassers auf den kohlenstoffhaltigen Metallkern der Erde bei hoher Temperatur Metalloxyde und Kohlenwasserstoffe gebildet würden.

Das E. wurde schon im Alterthum benützt, wie z. B. jenes der griechischen Insel Zante. Das E. von Agrigent wurde als sicilianisches Oel in Lampen gebrannt. Im 18. Jahrhundert diente das E. von Amiano bei Parma zur Strassenbeleuchtung in Genua und anderen italienischen Städten. Das E. wurde auch als Medicin gebraucht, wie das »Quirinusöl« von Tegernsee in Bayern, das »Senecaöl« in Alleghany. Allmählig wurden die Erdöle von Baku aus Galizien, von Rangoon in Hinterindien als Beleuchtungsmaterial in Verwendung gebracht, alle diese Vorkommen aber in den letzten Jahrzehnten durch das Product Nordamerikas in Schatten gestellt, da in kurzer Zeit riesige Quantitäten gewonnen wurden. Auf einer Zone, welche den Westen der Staaten New-York und Pennsylvania sowie einen Theil von Virginia und Ohio umfasst, erbohrte man allenthalben Erdöl, besonders in Pennsylvania bei Oil City, wo 1859 der erste Oelbrunnen und 1861 die erste fließende Oelquelle erbohrt wurde, ebenso bei Mecca, Titusville etc. Bis 1886 waren circa 53.000 Quellen erbohrt und 310 Millionen Fass Rohöl gewonnen. In letzter Zeit hat sich aber auch in anderen Gegenden die Production bedeutend gehoben, wie in Californien und Canada, besonders aber bei Baku am Caspischen Meere, in Galizien im Samborer Kreise, wo das E. durch Anlage von Brunnen gewonnen wird. Bei Peine in Hannover wurde eine mächtige Springquelle erbohrt.

Das E. wird zum Zwecke der Herstellung eines geeigneten Beleuchtungsmaterials durch Destillation von den leicht entzündlichen Kohlenwasserstoffen (Petroleumäther) befreit. Das raffinierte Lampenöl kommt als Petroleum, zuweilen auch Photogen genannt, in den Handel. Die schweren Kohlenwasserstoffe, welche bei dem Raffinieren als Rückstand bleiben, dienen zu Schmierölen. zur Gewinnung von Paraffin, Vaseline, zur Darstellung von Petroleumgas, welches wie das Steinkohlenleuchtgas verwendet wird. Der Petroleumäther liefert hingegen Benzin (Flechwasser), Ligroin etc. In den letzten Jahren wurde in Nordamerika eine grosse Zahl von Gasquellen erbohrt und deren Product als Beleuchtungs- und Heizmaterial verwerthet.

Die Literatur über E. ist sehr umfangreich. Wichtige Daten enthalten: R. Wagner, Chem. Technologie. Hirzel, Das Petroleum, Leipzig 1864. Ott, Das Petroleum, Zürich 1875. A. W. Hoffmann, Wiener Ausstellungsbericht, Braunschweig 1878. H. Höfer, Bericht über die Centennialausst. in Philadelphia, Wien 1877. L. Strippelmann, Die Petroleumindustrie Oesterreich-Ungarns, Leipzig 1878. Schädler, Technologie der fetten Oele der Fossilien, Leipzig 1887. Ashburner und Day in den »Mineral resources of the United States«, 1883, u. ff.

gross  
Schr  
einze  
Fors  
keit  
und  
Him  
gefu  
gelat  
wie  
in R  
nach  
hera  
seier  
jetzt  
Höh  
eine  
das  
Zeit  
Deto  
einzi

zeigt  
mit  
dass  
und  
vere

Weil  
in d  
Feu  
kom

## Anhang.

### Die Gemengtheile der Meteoriten.

Oft wiederholt sich die Erscheinung, dass Stein- und Eisenmassen aus grosser Höhe unter Schall- und Lichtentwicklung zur Erde fallen. In den ältesten Schriften finden sich schon Berichte über Steinregen und über das Niederfallen einzelner Steine und Eisenklumpen. Im vorigen Jahrhundert ignorirten viele Forscher diese merkwürdige Naturerscheinung, und manche bestritten die Möglichkeit derselben, bis der Physiker Chladni die Thatsache zur Anerkennung brachte und zugleich den kosmischen Ursprung, die Herkunft jener Körper aus fernen Himmelsräumen, überzeugend nachwies. (Ueber den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer Eisenmassen etc., Riga 1794.) Die vom Himmel herabgelangten Massen wurden in alter Zeit öfter Gegenstand göttlicher Verehrung, wie das Ancile, ein schildförmiges Eisen, welches unter Numa Pompilius in Rom niederfiel, oder der schwarze Stein in der Kaaba zu Mekka, welcher nach Partsch ein Meteorstein ist. Die Thatsache, dass jene Massen aus der Luft herabfallen, sowie die Vorstellung, dass dieselben in der Atmosphäre gebildet seien, führten zu der älteren Bezeichnung Aërolithen (aër, Luft), während der jetzt allgemein gebräuchliche Name Meteoriten (*μετέωρον*, Erscheinungen in der Höhe) frei von jeder Hypothese ist. Vor dem Herabfallen zeigt sich bei Nacht eine feurige Erscheinung, bei Tage eine kleine Wolke. Im Dunkeln sieht man das Meteor als eine Feuerkugel in rascher Bewegung am Himmel. Nach einiger Zeit scheint dieselbe stille zu stehen, zeigt oft ein Zerspringen unter heftiger Detonation, das Meteor erlischt, und von dem Punkte des Stillstandes fällt eine einzige Masse oder es fallen mehrere Stücke zur Erde nieder.

Die Geschwindigkeit, welche das Meteor beim Eintritt in die Atmosphäre zeigt, beträgt per Secunde vier Meilen und mehr, entspricht also derjenigen, mit welcher sich die Planeten im Sonnensystem bewegen. Man schliesst daraus, dass die Meteoriten ursprünglich wie die Planeten im Himmelsraume kreisen, und dass jene, welche sich dabei der Erde stark nähern, mit der letzteren vereinigt werden.

Die Erscheinungen, unter welchen dies geschieht, erklärte Haidinger in folgender Weise. Bei der enormen Geschwindigkeit, mit welcher die kosmischen Körper in die Atmosphäre eindringen, wird die Luft ähnlich wie in dem pneumatischen Feuerzeug heftig zusammengedrückt, ohne sogleich ausweichen zu können, und kommt dadurch zum Glühen. Die Erhitzung wird auch auf die Oberfläche des

Meteoriten übertragen und bewirkt ein Abschmelzen desselben, ferner die nach der Compression ausweichende Luft ein Abschleudern der Schmelztröpfchen. Dadurch entsteht eine feurige Hülle um den Meteoriten, welche viel grösser ist als dieser selbst. Hinter dem fliegenden Meteoriten entsteht ein luftleerer Raum, ein Vacuum, welches eine Strecke hinter dem Meteoriten durch die hereinstürzende Luft unter starkem Getöse erfüllt wird. Dadurch wird jenes oft gehörte donnerartige Rollen im Anfange des Phänomens begreiflich.

Bei der Compression der Luft wird von dem Meteoriten Arbeit geleistet und dementsprechend die lebendige Kraft des letzteren vermindert, endlich so weit aufgebraucht, dass die fortschreitende Bewegung durch die Rückwirkung der comprimierten Luft aufgehoben ist. Der Meteorit kommt zum Stillstande und fällt hierauf dem Gesetze der Schwere gemäss zur Erde. Im Augenblicke des Stillstandes vermag einerseits die vorn zusammengepresste Luft mit einemmale auszuweichen, andererseits erfüllt sich plötzlich das Vacuum hinter dem Meteoriten, wodurch die heftige Detonation entsteht. (Haidinger, Ber. d. Wiener Akad., Bd. 43, pag. 289, Bd. 58, Abth. II.) Mach und Doss geben eine hievon abweichende Erklärung (Jahrb. f. Min. 1892, I., 580).

Die Grösse der Meteoriten ist niemals bedeutend, sie erreicht niemals einen Kubikmeter. Der schwerste Stein, jener von Knyahinya, wiegt 294 Kilogramm und nimmt ungefähr 0.084 Kubikmeter ein. Die Exemplare sind häufig kleiner als eine Faust, und unter den Meteoriten, welche schwarmweise niederfallen (Steinregen), gibt es viele unter Erbsengrösse bis herab zu staubartiger Kleinheit.

Die Meteoriten besitzen eine Schmelzrinde, welche an den steinartigen Massen gewöhnlich pechschwarz und matt, seltener glänzend ist. An den Eisenmassen hat die äusserste Rinde die Beschaffenheit des sog. Hammerschlages, welcher ähnlich wie der Magnetit zusammengesetzt ist und an der Oberfläche des Schmiedeeisens beim Erhitzen in der Luft entsteht. An manchen Meteoriten lässt sich aus der Anordnung der feinen Schmelzleisten und aus der Lage der schaumigen Zone erkennen, welche Seite des Meteoriten beim Fluge durch die Atmosphäre nach vorn und welche nach rückwärts gerichtet war (Brustseite und Rückenseite).

Im Innern sind die Meteoriten zuweilen gleichartig, häufig aber gemengt. Die Gemengtheile stimmen, wenige Ausnahmen abgerechnet, mit bekannten Mineralen der Gattung nach überein. Das Gefüge ist öfter deutlich krystallinisch, z. B. körnig oder porphyrisch, oft aber ist eine klastische Beschaffenheit wahrzunehmen; die Structur erscheint breccienartig und bei vielen Meteorsteinen tuffartig. In den gewöhnlichen Meteorsteinen bemerkt man zahlreiche rundliche krystallinische Einschlüsse, welche G. Rose Chondren (*χόνδρος*, Kügelchen) nannte. Die gewöhnlichste Art der Meteoriten bezeichnete derselbe demnach als Chondrite.

Das krystallinische Gefüge der Meteoriten entspricht jenem, welches manche vulkanische Gesteine der Erde zeigen, das klastische den vulkanischen Tuffen. Die chondritische Beschaffenheit ist jedoch den irdischen Felsarten fremd. Die Kügelchen verhalten sich indess wie Erstarrungsproducte; der Autor hält sie für

erstarre Tropfen, wonach ihre Bildung durch eine Eruption flüssiger Schmelze zu erklären wäre.

Die äussere Form der Meteoriten ist keine gesetzmässige, sondern zufällige, sie ist bald rundlich, bald scharfkantig. Oft lässt sich deutlich erkennen, dass die Rundung der Kanten durch Abschmelzen an der Oberfläche hervorgerufen wurde. Als die ursprüngliche Gestalt ist demnach immer die eines Bruchstückes anzunehmen, und die Meteoriten sind nicht selbständige Körper, sondern als Splitter von grösseren kosmischen Massen anzusehen.

Die Herkunft und die Bildungsweise der Meteoriten lässt sich gegenwärtig bloss vermuthen, bloss mit einiger Wahrscheinlichkeit angeben. Denkt man sich mit Daubrée (*Journ. des savants* 1870) diese Splitter wieder zu einer kosmischen Masse vereinigt, die specifisch schwereren im Innern gelagert, so hätte man eine Masse analog der Erde, welche innerhalb der Steinrinde einen schweren Kern, höchst wahrscheinlich einen Metallkern, und zwar einen Eisenkern besitzt. Es ist demnach zu vermuthen, dass die Meteoriten von einem oder von mehreren der Erde ähnlich gebauten Himmelskörpern abstammen, welche ganz oder zum Theile in Splitter aufgelöst wurden. An eine Zertrümmerung durch Stoss ist nicht zu denken, weil dadurch auch grosse Stücke gebildet worden wären, vielmehr ist es nach dem Autor (*Sitzungsber. d. Wiener Akad., Abth. II, Bd. 71, April 1875, und Bd. 75, März 1877*) wahrscheinlicher, dass ein Abschleudern von Bruchstücken durch vulkanische Thätigkeit erfolgte. Waren die planetarischen Körper von geringer Grösse, so genügte deren Schwerkraft nicht, die ausgeworfenen Stücke sämmtlich wieder zur Oberfläche zurückzuführen. Die so verstreuten Splitter kreisen im Weltraume, die grösseren und dichteren gelangen unter Umständen als Meteoriten zu uns, die kleinen, lockeren werden schon in der Atmosphäre verzehrt, indem sie die Sternschnuppen veranlassen. (Ueber diese: Schiaparelli, Entwurf einer astronomischen Theorie der Sternschnuppen. Deutsch von Boguslawski, Stettin 1871.)

Die als staubartige Massen ankommenden und die in der Luft verstäubten Meteoriten dürften sich erst allmählig zur Erde senken. Im Schnee wurde schon wiederholt Eisenstaub nachgewiesen. Interessant ist die Beobachtung Renard's, welcher in dem Bodensatz des pacifischen Oceans kleine Bronzitkugeln mit Magnetitrinde auffand, welche den Chondren der Meteorsteine gleichen. Der Entdecker leitet dieselben von Meteoritenstaub ab.

Die Gemengtheile, welche die Meteoriten zusammensetzen, sind gemäss der eingangs aufgestellten Definition keine Minerale, doch ist der Vergleich derselben mit den tellurischen Mineralen, wie leicht ersichtlich, von grosser Wichtigkeit. Die Anzahl der bisher erkannten Gattungen ist eine geringe. Die gewöhnlich vorkommenden entsprechen Mineralen aus den Classen der Elemente, Lamprite, Oxyde, Silicoide. Die Arten sind durch die Form, Textur und die Einschlüsse von den Mineralen verschieden, doch nähern sich viele den vulkanischen Mineralarten.

Eisen. Dasselbe ist in den meisten Meteoriten verbreitet. Die Meteoreisenmassen bestehen vorzugsweise daraus. An diese schliessen sich jene Meteoriten, welche in einer Eisengrundmasse porphyrisch eingeschlossene Krystalle und Körner

von Silicoiden enthalten, endlich die steinartigen Massen, in welchen das Eisen entweder nur ein feines Netz oder bloß einzelne Flitter bildet.

Das Meteoreisen ist immer nickelhaltig (gewöhnlich mit 3 bis 8 Percent Ni), stellt also eine Legirung zweier Metalle dar. Die Krystallform ist tesseral, die Spaltb. vollk. nach dem Würfel. Um das Gefüge zu erkennen, pflegt man polirte Flächen mit Salpetersäure zu ätzen (pag. 146).

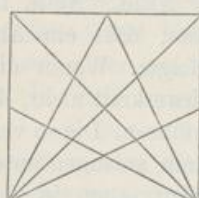
Manche Meteoreisen, wie dasjenige, welches bei Braunau in Böhmen am 14. Juni 1847 niederfiel, bestehen vorherrschend aus einem einzigen Individuum. Eine und dieselbe Spaltrichtung geht durch den ganzen Klumpen. Das Hauptindividuum ist aber von vielen feinen Zwillingslamellen durchsetzt, welche nach dem Gesetze: Zwillingsaxe eine Normale zur Oktaederfläche, eingefügt sind und nach dem Ätzen als feine Linien erscheinen. Ausser diesen Ätzzlinien wird aber auch ein damastartiger Schimmer bemerklich, welcher von feinen, dem Würfel entsprechenden Ätzfiguren herrührt.

Fig. 1 stellt das Auftreten der Ätzzlinien auf einer Würfelfläche dar. Die Richtungen erklären sich daraus, dass der Hauptwürfel von anderen zwillingsartig durchwachsen ist, wie dies der Fluoritzwilling Figur 207 auf pag. 90 angibt.

Fig. 1.



Fig. 2.



Jede Fläche des Hauptwürfels wird von den Flächen des Nebenwürfels so durchschnitten, dass die Richtung der Durchschnitte erstens durch die Diagonalen des Quadrates, zweitens durch jene Linien angegeben wird, welche sich ergeben, wenn man den Halbirungspunkt einer Seite mit einer nicht anliegenden Ecke verbindet.

Entsprechend den vier Ecken können aber die Nebenwürfel in vier Stellungen auftreten. Man erhält demnach 12 Schnittlinien, die aber paarweise parallel sind, folglich sechs verschiedene Schnittrichtungen. In Fig. 2 sind dieselben schematisch angegeben. Die Nebenwürfel sind aber nicht als volle Würfel, sondern bloß in Krystallskeletten vorhanden, welche aus Lamellen parallel dem Würfel bestehen, daher gibt die Ätzung nur dünne Lamellen nach 6 Richtungen an (Autor, Sitzungsber. d. Wiener Akad., Bd. 70, Abth. I, Nov. 1874. Linck, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 20, pag. 209). Das künstliche Eisen gibt, wenn es grosskörnig ist, ebenfalls die Braunauer Ätzzlinien.

Die Mehrzahl der Meteoreisen zeigt nach dem Ätzen schöne Zeichnungen, welche Widmanstätten'sche Figuren genannt werden, nach dem Entdecker, welcher sie zuerst an dem Eisen von Agram (gefallen am 26. Mai 1751) erkannte. Die Figuren werden durch Schaaren von feinen Leisten hervorgebracht, welche mit Vertiefungen wechseln und einander durchkreuzen. Fig. 3 und 4. Sie erklären sich nach G. Rose durch eine schalige Zusammensetzung nach den Oktaederflächen, wie dies folgende Beispiele zeigen.

Eine Masse, welche aus vielen sich durchkreuzenden Lamellen, die den Flächen des Oktaeders parallel sind, besteht, kann so zerschnitten werden, dass die entstehende Ebene einer Oktaederfläche parallel ist. Auf dieser werden die



Lamellen als Streifen erscheinen, welche nach drei unter  $60^\circ$  sich treffenden Richtungen verlaufen. Fig. 5. Dieser Fall kommt an zufälligen Schnitten bisweilen vor. Fig. 3 ist der Naturselbstdruck eines solchen, welcher einem Exemplar des Meteoreisens von Carthago in Nordamerika angehört. Auf einer Fläche parallel 100 werden sich hingegen blos zwei Richtungen der Streifen ergeben, welche sich unter  $90^\circ$  treffen, wie dies Fig. 6 andeutet. Auf einer Fläche 110 werden drei Richtungen zu unterscheiden sein, wovon zwei den Winkel von  $109^\circ 28'$  einschliessen, die dritte selben halbirt. Fig. 7. Flächen, die einem Hexakisoktaeder entsprechen oder keiner Fläche des tesserale Systems parallel sind, werden die

Fig. 3.



Fig. 4.

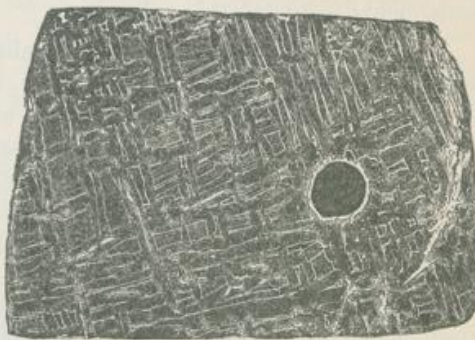


Fig. 5.

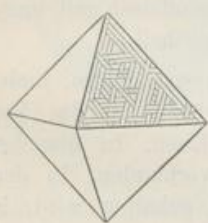


Fig. 6.

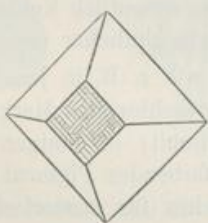


Fig. 7.

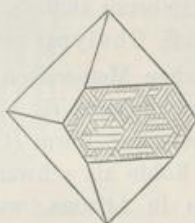
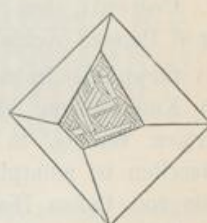


Fig. 8.



Lamellen in vier verschiedenen Richtungen zeigen, und diese werden mit einander vier ungleiche Winkel bilden. Fig. 8. Die zufällig durch einen Klumpen von Meteoreisen geführten Schnitte werden zumeist diesem letzteren Fall entsprechen. In der That zeigen die meisten vier solche Richtungen wie der Schnitt durch das Meteoreisen von Lenarto in Fig. 4. Der Abdruck ist nicht von dem Meteoreisen, sondern vom Abguss desselben genommen. (Ueb. d. Orientirung, Brezina, Denkscr. d. Wiener Ak., Bd. 44.)

Die Widmannstätten'sehen Figuren rühren daher, dass von der Säure das nickelärmere Eisen stärker angegriffen wird als das nickelreichere, welches nach der Aetzung erhabene Leisten bildet. Freih. v. Reichenbach (Pogg. Ann., Bd. 114) unterscheidet die Arten des Eisens genauer und nennt jenes Eisen, welches wie in Fig. 3 die langgestreckten dunkelgrauen Streifen hervorbringt, Balkeneisen (Kamazit). Es ist die nickelärmere Legirung und zeigt im Kleinen die Braunauer

Aetzlinien sowie den damastartigen Schimmer. Die Streifen des Balkeneisens werden beiderseits von sehr schmalen Streifen eingefasst, dem Bandeisen (Tänit), welches die nickelreichere Legirung ist. Zwischen den jetzt betrachteten Lamellendurchschnitten bleiben aber dreiseitige oder vierseitige Zwischenfelder, welche von dem Fülleisen (Plessit) eingenommen werden. Dieses ist aber von zweierlei Art. Es besteht entweder aus vielen dünnen Lamellen von Bandeisen und bildet die sog. Kämmе, wie solche in Fig. 3 stellenweise deutlich zu erkennen sind, oder es ist gleichförmig grau und besteht vorzugsweise aus Balkeneisen, wie im unteren Theile der Fig. 3.

Es gibt auch solche Meteoreisen, welche körnig sind; die einzelnen Körner haben das Gefüge des Braunauer oder des Agramer Eisens. Einige Eisen erscheinen auch dicht.

Schreibersit (Glanzeisen Reichenbach's). Ein stark metallisch glänzender, biegsamer Gemengtheil von zinnweisser bis lichtstahlgrauer Farbe.  $H. = 6.5$ ,  $G. = 7.1$ . Die Krystallform ist meist unvollkommen. Chem. Zus.: Phosphornickelisen in schwankenden Verhältnissen, bisweilen der Formel  $Ni_2 Fe_4 P$  entsprechend. Der Schreibersit ist oft in gestreckten Formen innerhalb der Lamellen des schaligen Meteoreisens enthalten, wie z. B. in dem von Lenarto, Fig. 4. Hier entsprechen alle die weissen Stellen innerhalb des Balkeneisens dem Schreibersit, auch zeigt sich eine zweite Art des Auftretens, nämlich als Hülle um den im Abdrucke schwarz erscheinenden Knollen von Troilit. Im Braunauer Eisen bildet der S. feine Nadeln von rechteckigem Querschnitte, welche G. Rose als Rhabdit bezeichnete.

Cohenit, dem Schreibersit ähnlich, ist wesentlich Kohlenstoffeisen mit ungefähr 6 Percent Kohlenstoff. Chalypit ist ein ähnlicher Gemengtheil.

Graphit. In manchen Meteoreisen, wie z. B. in jenem von Toluca, finden sich Knollen von feinschuppigem G. eingeschlossen. Merkwürdig ist das Vorkommen von G. in tesseraler Form (Cliftonit) in einigen Eisen. In manchen Meteoriten ist amorphe Kohle als schwarzfärbendes Pigment vorhanden. In dem Eisen von Cañon Diablo in Arizona, welches für meteorisch gehalten wird, ist auch Diamant als Gemengtheil nachgewiesen worden.

Troilit. Einfach Schwefeleisen,  $FeS$ , von tobackbrauner Farbe, metallisch glänzend, vom  $G. = 4.8$ , tritt in Knollen, die öfter schalig zusammengesetzt sind, in vielen Meteoreisen auf. Fig. 4 zeigt das Vorkommen in dem Eisen von Lenarto. Unterhalb des runden Einschlusses bemerkt man auch einen hellen, geraden Strich, welcher die zweite Art des Vorkommens in dünnen Lamellen parallel 100 angibt. Als tellurisches Mineral ist der T. nicht bekannt. In den Meteorsteinen ist das Schwefeleisen von hellerer, bronzegelber Farbe und hat dieselben Eigenschaften wie der Magnetkies.

Seltene Schwefelverbindungen sind der Oldhamit,  $CaS$ , im Stein von Busti, der Daubreelith,  $CrS$ , in einigen Meteoreisen. Beide sind als tellurische Minerale nicht bekannt.

Chromit in Körnern, bisweilen auch in Oktaedern, ist ein häufiger Gemengtheil der Meteoriten.

Von Oxyden kommen ausserdem bisweilen der Magnetit in Körnern, der Tridymit (von Maskelyne als Asmanit bezeichnet) in Körnern und Täfelchen vor.

**Olivin.** In sehr vielen Meteoriten verbreitet. In jenen porphyrtigen Meteoriten, welche G. Rose als Pallasite bezeichnete, bildet der Olivin rundliche Körner. In der Masse, welche von dem Reisenden Pallas bei Krasnojarsk in Sibirien entdeckt wurde und welche Chladni die Veranlassung gab, den kosmischen Ursprung der Meteoriten zu behaupten, zeigen die Olivinkörner öfter deutliche Krystallflächen. In Fig. 9 sind diese mit denselben Buchstaben bezeichnet wie beim tellurischen Olivin auf pag. 449. Krystalle mit den gewöhnlichen Formen des Olivins beobachtet man oft in den Kügelchen der Chondrite. Dieselben sind meist reich an gestreckten Glaseinschlüssen, wovon Fig. 10 ein Beispiel gibt. Viele Kügelchen oder Chondren bestehen aus einem einzigen Individuum von Olivin und enthalten braunes Glas in der Form von Platten eingeschlossen. Fig. 11 gibt den Durchschnitt eines Kügelchens aus dem Stein von Mezö-Madaras in Siebenbürgen wieder. Im Uebrigen bildet der Olivin Körnchen und Splitter, meist im Gemenge mit dem folgenden.

**Bronzit** ist ebenfalls einer der gewöhnlichsten Gemengtheile. Die Form der Krystalle entspricht dem tellurischen Bronzit, die chem. Zus. bald dem Enstatit,

Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11.



bald dem eigentlichen Bronzit und Hypersthen. Es gibt porphyrtig aussehende Meteoriten, wie jenes von Rittersgrün in Sachsen, worin Krystalle und Körner von Bronzit liegen. In den Chondriten zeigt der Bronzit nur selten deutliche Krystalle, bildet aber oft Kügelchen für sich, welche excentrisch faserig oder stengelig sind wie in Fig. 12. Der weisse Enstatit des Meteoriten von Bishopville wurde Chladnit genannt. Das oft vorkommende Gemenge von Bronzit und Olivin entspricht dem tellurischen Olivinfels.

**Pyroxen.** In vielen Meteoriten treten Körnchen von P. als Nebengemengtheil auf, in anderen sind jedoch Körner und Krystalle von P. als Hauptgemengtheil enthalten, z. B. in jenen Meteoriten, welche G. Rose als Eukrite bezeichnete. Die chem. Zus. weicht aber durch den geringeren Kalkgehalt von den Mineralen der Diopsidreihe ab. Die Form von Krystallen im Stein von Juvinas wird in Fig. 13 dargestellt. *f* ist (310) und (510).

**Plagioklas.** Die Eukrite, zu welchen die Steine von Stannern in Mähren, von Juvinas in Frankreich gehören, sind Gemenge von Anorthit und Pyroxen.

Der Anorthit bildet Krystalle und Körner. Fig. 14 zeigt eine häufige Form der Anorthitkrystalle im Stein von Juvinas. Zwillingsbildung nach dem Karlsbader Gesetz. Diese Steine, welche fast gar kein Eisen enthalten, sind jener tellurischen Felsart ähnlich, welche man Dolerit, und wenn der Plagioklas darin Anorthit ist, auch Eukrit nennt. In vielen anderen Meteoriten ist ein Plagioklas in grösserer oder geringerer Menge enthalten, letzteres in den Chondriten. Ein einfachbrechender farbloser Gemengtheil, welcher langgestreckte Krystallumrisse zeigt und dessen chemische Zus. einem Labradorit entspricht, wurde vom Autor Maskelynit genannt.

Glas. Abgesehen von den Einschlüssen in Olivin, Bronzit, Anorthit etc. ist ein braunes Glas in den Kügelchen der Chondrite häufig, ferner in den schwarzen Adern, welche manche Chondrite durchsetzen, endlich in der Rinde der Steinmeteoriten enthalten.

Zu den seltenen Beimengungen gehören feste Kohlenwasserstoffe in manchen schwarzen kohligten Steinen, ein dem Breunnerit entsprechendes Carbonat etc.

Wichtig ist die Entdeckung Graham's, welcher fand, dass im Meteorisen Wasserstoffgas absorbiert enthalten sei. Es kann durch Erhitzen ausgetrieben

Fig. 12.

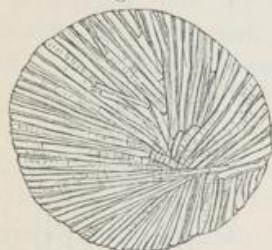


Fig. 13.

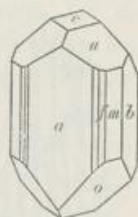
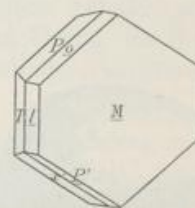


Fig. 14.



werden. Der Gehalt an Wasser, welcher in manchen Steinen in geringer Menge nachgewiesen wurde, scheint nicht ursprünglich, sondern erst nach dem Niederfallen aus der Umgebung aufgenommen zu sein. Dem entspricht das Fehlen von Quarz und von allen Hydrosilicaten, wodurch die Thätigkeit des Wassers bei der Bildung der Meteoriten ausgeschlossen erscheint.

Man wird daher schliessen, dass die Meteoriten von einem oder mehreren Himmelskörpern herrühren, deren Rinde, durch Erstarrung gebildet, sich noch im ersten Bildungsstadium befand und noch keine Umwandlungen durch Wasser erlitten hatte.

Lit. G. Rose, Beschreibung und Eintheilung der Meteoriten etc., Abhandl. d. Berliner Akademie 1864. Rammelsberg, Die chemische Natur der Meteoriten, ebenda, 1870 und 1881. Daubrée, Synthetische Studien zur Experimentalgeologie, Braunschweig 1880. Autor, Beitrag zur Classification der M., Berichte der Wiener Ak., Bd. 88, Abth. I, pag. 347 (1883). Ders., Die mikroskopische Beschaffenheit der Meteoriten, erläutert durch photographische Abbildungen, Stuttgart 1883. Brezina und Cohen, Die Structur und Zusammensetzung der Meteorisen, Stuttgart. Cohen, Meteoritenkunde, Heft I, Stuttgart 1894.

Abd  
Abfo  
Abic  
Absä  
Abso  
Abso  
Acha  
Achr  
Acht  
Aeke  
Adan  
Adan  
Ader  
Adiat  
Adle  
Adul  
Aede  
Aegy  
Aeni  
Aequ  
Aequ  
Aërol  
Aëru  
Aescl  
Aetz  
Aetz  
Aetz  
After  
Agal  
Agric  
Aima  
Airy  
Akan  
Akmi  
Akra

## Register.

### A.

- Abdrücke 125.  
Abformungen 106, 122.  
Abichit 534.  
Absätze der Quellen 298.  
Absonderungen 277.  
Absorption des Lichtes 159, 200.  
Achat 393.  
Aehroit 488.  
Achtaragdit 451.  
Ackererde 529.  
Adamin 533.  
Adamsit 524.  
Adern 120, 278.  
Adiatherman 212.  
Adlersteine 412.  
Adular 471.  
Aedelforsit 452.  
Aegyrin 458.  
Aenigmatit 461.  
Aequivalent 246.  
Aequivalentgewichte 240.  
Aërolithe 583.  
Aëруго nobilis 428.  
Aeschynit 533.  
Aetzfigur 143.  
Aetzfläche 143.  
Aetzhügel 146.  
Afterkrystalle 122.  
Agalmatolith 512, 530.  
Agricolit 451.  
Aimatolith = Hämatolith.  
Airy'sche Spiralen 203.  
Akanthit 359.  
Akmit 451, 458.  
Akratothermen 380.  
Aktinoelektricität 220.  
Aktinolith 460.  
Alabandin 378.  
Alabaster 556.  
— orientalischer 439.  
Alaskait 364.  
Alaune 559.  
Alaunerde 576.  
Alaunschiefer 350.  
Alaunstein 559.  
Albertit 580.  
Albin 509.  
Albit 476.  
Alexandrit 423.  
Alfenide 345.  
Algerit 467.  
Algodonit 346.  
Alisonit 378.  
Alkalische Reaction 232.  
Allagit 458.  
Allaktit 534.  
Allanit 494.  
Allemontit 336.  
Allochroit 491.  
Allochromatisch 161.  
Alloklas 347.  
Allomorphit 550.  
Allophan 530.  
Allotropie 260.  
Alluaudit 540.  
Alm 441.  
Almandin 490.  
Almandin-spinell 421.  
Alpacea 346.  
Alstonit 431.  
Altit 357.  
Alumian 552.  
Aluminate 421.  
Aluminit 558.  
Alumosulfate 558.  
Alunit 559.  
Amalgam 340.  
Amarantit 560.  
Amazonenstein 473.  
Amazonit 473.  
Amblygonit 539.  
Amblystegit 454.  
Ambrit 575.  
Amesit 519.  
Amethyst 390.  
— orientalischer 385.  
Amiant 460.  
Ammoniakalaun 559.  
Amorph 11.  
Amphibol 458.  
Amphigen 464.  
Amphilogit 524.  
Amphodelith 480.  
Analcim 502.  
Anatas 399.  
Anauxit 530.  
Andalusit 482.  
Andalusitgruppe 482.  
Andesin 479.  
Andesit 284.  
Andorit 370.  
Anflüge 120.  
Anglarit 541.  
Anglesit 551.  
Anhydride 250.  
Anhydridsalze 253.  
Anhydrit 545.  
Anisotrop = doppelbrechend.  
Ankerit 444.

- Anlauffarben 165.  
 Annabergit 534.  
 Annerödrit 533.  
 Annivit 369.  
 Anomalie, optische 210.  
 Anomit 527.  
 Anordnung der Molekel 32.  
 Anorthit 480, 590.  
 Anorthoklas 473.  
 Anthochroit 457.  
 Anthophyllit 458.  
 Anthophyllit-Amphibol 458.  
 Anthophyllit-Asbest 458.  
 Anthracide 573.  
 Anthracit 578.  
 Anthrakonit 441.  
 Antigorit 514.  
 Antimon 336.  
 Antimonate 533.  
 Antimonblende 379.  
 Antimonblüthe 403.  
 Antimonfahlerz 366.  
 Antimonglanz 361.  
 Antimonit 361.  
 Antimonkupferglanz 366.  
 Antimonnickel 346.  
 Antimonnickelglanz 347.  
 Antimonoher 404.  
 Antimonsilber 363.  
 Antimonsilberblende 371.  
 Antrimolith 502.  
 Anwaehskegel 108.  
 Anwachs-pyramiden 108.  
 Apatelit 560.  
 Apatit 536.  
 Aphrodit 513.  
 Aphrosiderit 520.  
 Aphthaloze 545.  
 Aphthonit 369.  
 Apjohnit 559.  
 Aplom 490.  
 Apolar = einfachbrechend.  
 Apophyllit 508.  
 Apyrit 488.  
 Aquamarin 493.  
 Aragonit 432.  
 Aräoxen 536.  
 Arcanit 545.  
 Ardennit 499.  
 Arvedsonit 451, 461.  
 Argentan 345.  
 Argentit 358.  
 Argentopyrit 353.  
 Argon 567.  
 Argyrodit 370.  
 Argyropyrit 353.  
 Arkansit 399.  
 Arksutit 573.  
 Arnimit 561.  
 Arquerit 339.  
 Arsen 336.  
 Arsenate 533.  
 Arseneisen 343.  
 Arseneisensinter 535.  
 Arsenfahlerz 369.  
 Arsenglanz 336.  
 Arsenik 403.  
 Arsenikalkies 343.  
 Arsenikblüthe 403.  
 Arseniknickel 345.  
 Arseniknickelglanz 347.  
 Arseniknickelkies 344.  
 Arseniopleit 534.  
 Arseniosiderit 535.  
 Arsenit 403.  
 Arsenite 535.  
 Arsenkies 346.  
 Arsenkupfer 346.  
 Arsenopyrit 346.  
 Arsen Silber 363.  
 Arsen Silberblende 373.  
 Art 320.  
 Asbest 460, 515.  
 Asbolan 408.  
 Ascension 297, 300.  
 Asmanit 589.  
 Aspasiolith 492.  
 Asperolith 510.  
 Asphalt 579.  
 Aspidolith 526.  
 Asterismus 150.  
 Astrakanit 558.  
 Astrophyllit 520.  
 Atacamit 566.  
 Atelestit 534.  
 Atheriastit 467.  
 Atherman 212.  
 Atlasit 428.  
 Atlasspath 439.  
 Atome 241.  
 Atomgewichte 242, 244.  
 Atopit 533.  
 Auerbachit 397.  
 Auftreten 271.  
 Augelith 543.  
 Augit 456.  
 Aurichalcit 427.  
 Auripigment 379.  
 Ausbildungsweise d. Krystalle 97.  
 Ausblühungen 119.  
 Ausdehnung bei der Erwärmung 213.  
 Ausheilen 98.  
 Auslöschungsrichtungen 175.  
 Ausserord. Strahl 157, 169.  
 Austausch 308, 310.  
 Autochthone Druse 116.  
 Automolit 422.  
 Autunit 542.  
 Avanturin 391.  
 Awaruit 342.  
 Axen 23.  
 Axenfarben 200.  
 Axenverhältnis 26.  
 Axenwinkelapparat 186.  
 Axinit 499.  
 Azurit 428.

**B.**

- Babingtonit 458.  
 Baddelyit 396.  
 Bagrationit 497.  
 Baikalit 455.  
 Balas-Rubin 421.  
 Balkeneisen 587.  
 Baltimorit 515.  
 Bamlit 483.  
 Bandeisen 588.  
 Barkevikit 461.  
 Barnhardtit 357.  
 Barrandit 541.  
 Barsowit 480.  
 Bartholomit 560.  
 Barysilit 451.  
 Barystrontianit 491.  
 Baryt 547.  
 Barytharmotom 507.  
 Barytoalecit 431.  
 Barytoeolestin 551.  
 Barytplagioklas 481.  
 Barytsalpeter 544.  
 Baryumglimmer 524.  
 Basalt 284, 449.  
 Basaltjaspis 529.  
 Basanomelan 416.  
 Basische Salze 253.  
 Basis 57, 62.  
 Bastit 454, 514.  
 Bastnäsit 573.  
 Batrachit 450.  
 Baudisserit 445.  
 Baulit 481.

Baum  
 Bauxi  
 Beau  
 Beau  
 Bechi  
 Beeg  
 Beilst  
 Bame  
 Benzi  
 Benze  
 Berat  
 Berg  
 Berg  
 Berg  
 Berg  
 Berg  
 Berg  
 Berg  
 Berg  
 Berg  
 Berg  
 Berli  
 Bern  
 Berth  
 Bertr  
 Bertr  
 Berül  
 Beryl  
 Berze  
 Berze  
 Besel  
 Beud  
 Beyri  
 Bezei  
 41.  
 Biebe  
 Biags  
 Bilds  
 Bildu  
 Bildu  
 Bildu  
 Bims  
 Bindl  
 Binni  
 Biotit  
 Bisch  
 Bisec  
 Bism  
 Bism  
 Bism  
 Bism  
 Bitter  
 Bitter  
 T.

- Baumförmig 119.  
 Bauxit 383.  
 Beaumontit 505.  
 Beauzit 383.  
 Bechilit 426.  
 Beegerit 364.  
 Beilstein = Nephrit.  
 Bementit 510.  
 Benzin 582.  
 Benzolreihe 581.  
 Beraunit 541.  
 Bergbutter 560.  
 Bergholz 515.  
 Bergkork 515.  
 Bergkrystall 389.  
 Bergleder 515.  
 Bergmannit 501.  
 Bergmehl 439.  
 Bergmilch 439.  
 Bergöl 580.  
 Bergseife 529.  
 Bergtheer 580.  
 Berlinit 543.  
 Bernstein 574.  
 Berthierit 364.  
 Bertrandit 450.  
 Bertrand'sche Platte 189.  
 Berührungswillige 82.  
 Beryll 492.  
 Berzeliit 535.  
 Berzelin 362, 463.  
 Beschlag 229.  
 Beudantit 560.  
 Beyrichit 354.  
 Bezeichnung der Krystallflächen  
 41.  
 Bieberit 560.  
 Biegsam 130.  
 Bildstein = Agalmatolith.  
 Bildung der Krystalle 13.  
 Bildung der Mineralgänge 299.  
 Bildungsweise 290.  
 Bimstein 481.  
 Bindheimit 533.  
 Binnit 364, 365.  
 Biotit 524.  
 Bischofit 571.  
 Bisectrix 192.  
 Bismutin 362.  
 Bismutit 429.  
 Bismutoferrit 451.  
 Bismutosphärit 429.  
 Bittersalz 557.  
 Bitterspath 442.  
 Bitume 579.  
 Bituminit = Bogheadkohle.  
 Bjelkit 364.  
 Blackband 447.  
 Blätterig 118.  
 Blätterkohle 576, 578.  
 Blättertellur 363.  
 Blasenräume 282.  
 Blaubleierz 540.  
 Blaueisenerde 541.  
 Blauerz 411.  
 Blauspath 542.  
 Blei 340.  
 Bleiantimonglanz = Zinckenit.  
 Bleiarsenglanz = Skleroklas.  
 Bleicarbonat = Cerussit.  
 Bleichromat = Rothbleierz.  
 Bleierde 430.  
 Bleiglätte 402.  
 Bleiglanz 359.  
 Bleigummi 542.  
 Bleihornzerz = Phosgenit.  
 Bleilasur = Linarit.  
 Bleiniere 533.  
 Bleischweif 360.  
 Bleispiessglanze 364.  
 Bleisulfat = Anglesit.  
 Bleivitriol 551.  
 Bleiwismutglanz = Galeno-  
 bismutit.  
 Blende 374.  
 Blenden 374.  
 Blitzröhren 392.  
 Blödrit 552, 558.  
 Blutstein 415.  
 Bodenit 497.  
 Bodenwässer 301.  
 Bogheadkohle 578.  
 Bohnerz 412.  
 Bol 529.  
 Boléit 566.  
 Bolivit 379.  
 Bologneserspath 549.  
 Boltonit 449.  
 Bombiccit 575.  
 Bonsdorffit 492.  
 Boracit 423.  
 Borate 423.  
 Borax 425.  
 Boraxperle 229.  
 Bornit 356.  
 Borocalcit 426.  
 Boronatrocalcit 426.  
 Borsäure 382.  
 Bort 333.  
 Bosjemanit 560.  
 Botryogen 560.  
 Boulangerit 364.  
 Bournonit 365.  
 Bouteillenstein 481.  
 Bowenit 514.  
 Brachydoma 50, 55.  
 Brachypinakoid 50, 55.  
 Brachypyramide 50, 55.  
 Brandisit 520.  
 Brandtit 534.  
 Braunbleierz 539.  
 Brauneisenerz 409.  
 Braunit 405.  
 Braunkohle 576.  
 Braunspath 444.  
 Braunstein 408.  
 Bravaisit 530.  
 Breccien 275.  
 Brechungsquotient 154.  
 Breislackit 461.  
 Breithauptit 346.  
 Breunnerit 445.  
 Brevicit 501.  
 Brewsterit 501, 505.  
 Brillant 334.  
 Brochantit 561.  
 Bromargyrit 566.  
 Bromit 566.  
 Brongniartin = Glauberit.  
 Bronze 356.  
 Bronzit 452, 589.  
 Brookit 399.  
 Bruch 137.  
 Brucit 382.  
 Brushit 543.  
 Bucholzit 483.  
 Bucklandit 497.  
 Bunsenin 363.  
 Bunsenit 396.  
 Buntbleierz 539.  
 Buntkupfererz 356.  
 Buntkupferkies 356.  
 Buratit 427.  
 Bustamit 458.  
 Butzen 282.  
 Byssolith 460.  
 Bytownit 480.  
  
**C.**  
 Cabrerit 534.  
 Calamin 509.

- Calaverit 363.  
 Calcit 435.  
 Calderon'sche Platte 189.  
 Caledonit 561.  
 Cameen 394.  
 Cancrinit 464.  
 Cannelkohle 577.  
 Cantonit 378.  
 Caporcianit 503.  
 Carbonado 333.  
 Carbonat 333.  
 Carbonate 426.  
 Carbonsalze 573.  
 Carminspath 535.  
 Carnallit 570.  
 Carnat 528.  
 Carneol 393.  
 Carrolit 354.  
 Cassinit 473.  
 Cement 441.  
 Cementkupfer 356.  
 Centriren 20.  
 Ceresin 580.  
 Cerinstein 510.  
 Cerit 510.  
 Cerussit 429.  
 Cervantit 404.  
 Ceylanit 422.  
 Chabasit 504.  
 Chalcedon 392.  
 Chaleocit = Chalkosin.  
 Chalilith 502.  
 Chalkanthit 561.  
 Chalkolith 542.  
 Chalcomenit 561.  
 Chalkophanit 405.  
 Chalkophyllit 534.  
 Chalkopyrit 354.  
 Chalkosiderit 542.  
 Chalkosin 357.  
 Chalkotrichit 403.  
 Chalypit 588.  
 Chamosit 520.  
 Charakter der Doppelbrechung 190.  
 Charakteristik 327.  
 Chemische Analogie 262.  
 Chemische Constitution 254.  
 Chemische Formeln 244, 258.  
 Chessylit 428.  
 Chesterlith 473.  
 Chiastolith 482.  
 Childrenit 542.  
 Chilenit 363.  
 Chilesalpeter 544.  
 Chinasilber 346.  
 Chiolith 573.  
 Chiviatit 364.  
 Chladnit 589.  
 Chloanthit 344.  
 Chlorastrolith 499.  
 Chlorblei 565.  
 Chlorbromsilber 566.  
 Chloride 566.  
 Chlorit 516.  
 Chloritgruppe 516.  
 Chloritoid 520.  
 Chloritspath 520.  
 Chlormagnesium 571.  
 Chlorocalcit 571.  
 Chloromelanit 453.  
 Chloropal 511.  
 Chlorophäit 511.  
 Chlorophan 571.  
 Chlorophyllit 492.  
 Chlorospinell 422.  
 Chlorquecksilber = Kalomel.  
 Chlorsilber 566.  
 Chondrite 584, 589.  
 Chondroarsenit 534.  
 Chondrodit 450.  
 Chonikrit 519.  
 Christianit 480, 506.  
 Christophit 376.  
 Chromate 562.  
 Chromdiopsid 457.  
 Chromeisenerz 420.  
 Chromglimmer 524.  
 Chromit 420, 588.  
 Chromoeker 530.  
 Chrompicotit 420.  
 Chrysoberyll 422.  
 Chrysokoll 510.  
 Chrysolith 449.  
 Chrysophan = Seyberit.  
 Chrysopras 393.  
 Chrysozil 515.  
 Cimolit 530.  
 Cinnabarit 377.  
 Cinnabarite 374.  
 Circularpolarisation 203.  
 Cirrholith 542.  
 Citrin 390.  
 Clarit 369.  
 Classe 323.  
 Classification, chemische, 324.  
 — der Mischungen, 322.  
 Claudetit 403.  
 Clausthalit 357.  
 Cleavelandit 478.  
 Cleveit 420.  
 Cliftonit 588.  
 Clingmannit 520.  
 Clintonit 520.  
 Cluthalit 503.  
 Coccinit 566.  
 Coelestin 550.  
 Coeruleolactin 543.  
 Cohärenz 126.  
 Cohenit 588.  
 Cokes 578.  
 Colemanit 426.  
 Colloide 12, 209.  
 Coloradoit 363.  
 Columbit 533.  
 Combinationen 33.  
 Combinationsriefung 104.  
 Compact 118.  
 Compensator 194.  
 Comptonit 502.  
 Concretionen 119.  
 Condensor 181.  
 Condurrit 346.  
 Conglomerate 275.  
 Connellit 561.  
 Constanz der Winkel 17.  
 Constitution, chemische 254.  
 Constitutionswasser 256.  
 Contactbildungen 283.  
 Cookeit 524.  
 Copalin 575.  
 Copiapit 560.  
 Coquimbit 560.  
 Coracit 420.  
 Cordierit 491.  
 Correlate Formen 37.  
 Corrosionsflächen 147.  
 Cosalit 364.  
 Cossyrit 461.  
 Cotunnit 565.  
 Couseranit 467.  
 Covellin 378.  
 Crednerit 408.  
 Crichtonit 416.  
 Cristobalit 395.  
 Cronstedtit 520.  
 Crookesit 362.  
 Cuban 343, 357.  
 Cuboit 503.  
 Culsageit 527.  
 Cumengeit 566.  
 Cummingtonit 461.



- Cupri- u. Cupro-Verbindungen 248.  
 Cuprodeseloizit 535.  
 Cuprit 402.  
 Cupromagnetit 561.  
 Cuproplumbit 361.  
 Cyanit 484.  
 Cycloplit 480.  
 Cymatin 460.  
 Cymatolith 458.  
 Cymophan 422.  
 Cyprin 499.  
 Cyrtolith 397.
- D.
- Dahllit 538.  
 Damastartige Oberfläche 104.  
 Dammerde 529.  
 Damonrit 523.  
 Dampfporen 110.  
 Danait 347.  
 Danalith 451.  
 Danburit 481.  
 Darapskit 552.  
 Darwinit 346.  
 Datolith 494.  
 Daubreelith 588.  
 Daubreit 566.  
 Davyn 464.  
 Dawsonit 427.  
 Dechenit 536.  
 Decrescenz 28.  
 Degeröit 511.  
 Dehnbar 130.  
 Delessit 520.  
 Deltoiddodekaëder 73.  
 Delvauxit 541.  
 Demant 332.  
 Demantoid 490.  
 Demantspath 385.  
 Demidofit 510.  
 Dendriten 119, 407.  
 Dendritisch 119.  
 Derb 120.  
 Dermatin 516.  
 Deseloizit 535.  
 Desmin 505.  
 Deuteroprisma 59, 64.  
 Deuteropyramide 59, 64.  
 Deweylit 516.  
 Diabantit 520.  
 Diabas 284.  
 Diadelphit 534.  
 Diadochit 560.  
 Diaklasit 454.  
 Diallag 456.  
 Dialogit 447.  
 Diamagnetisch 222.  
 Diamant 332.  
 — Marmaroser 389.  
 Diamantglanz 152.  
 Diaphorit 370.  
 Diaspor 383.  
 Diatherman 212.  
 Dichroismus 198.  
 Dichroit 491.  
 Dichroskop 200.  
 Dicht 118.  
 Dichte 223.  
 Dickinsonit 541.  
 Didymit 524.  
 Dihexaëder 62.  
 Dihexagonale Pyramide 64.  
 Dihexagonales Prisma 64.  
 Dihydrit 542.  
 Dillnit 383.  
 Dimorphie 259.  
 Dimorphin 379.  
 Diopsid 455.  
 Dioptas 510.  
 Diorit 284.  
 Diphanit 520.  
 Diploëder 75.  
 Dipyr 467.  
 Diskrasit 363.  
 Dispersion 159.  
 — der Axen 183.  
 Disthen 483.  
 Ditetragonales Prisma 59.  
 Ditetragonale Pyramide 59.  
 Dolomit 442.  
 Domeykit 346.  
 Doppelbrechung 156.  
 — durch Druck und Spannung 209.  
 Doppelsalze 257.  
 Doppelspath 438.  
 Doppeltes Gefüge 118.  
 Dopplerit 575.  
 Douglasit 571.  
 Dravit 488.  
 Dreelit 550.  
 Druckfigur 136.  
 Druckzwillinge 134.  
 Duetil 130.  
 Dudleyit 520.  
 Dünnschliff 103.  
 Dufrenit 541.  
 Dufrenoyzit 364, 365.  
 Dumortierit 483.  
 Dunit 449.  
 Durangit 535.  
 Durchsichtigkeit 153.  
 Dyakisdodekaëder 75.  
 Dysanalyt 533.  
 Dysluit 422.
- E.
- Edelopal 395.  
 Edingtonit 499.  
 Edisonit 399.  
 Efflorescenzen 119.  
 Egeran 499.  
 Ehlit 542.  
 Eigenfarbig 161.  
 Eigengewicht 223.  
 Einaxig 157.  
 Einfachbrechend 156.  
 Einfache Formen 33.  
 Eingesprengt 120.  
 Einheitsfläche 26.  
 Einschlüsse 109, 292.  
 Eis 380.  
 Eisen 341, 419.  
 — meteorisches 585.  
 Eisenaun — Halotrichit.  
 Eisenblüthe 434.  
 Eisenchlorid 565.  
 Eisenerze 419.  
 Eisenglanz 415.  
 Eisenglimmer 415.  
 Eisenkies 348.  
 Eisenkiesel 391.  
 Eisenkobaltkies 344.  
 Eisenmulm 419.  
 Eisennickelkies 353.  
 Eisenniere 412.  
 Eisenoxyd 414.  
 Eisenpecherz 411, 540.  
 Eisenplatin 342.  
 Eisenrahm 415.  
 Eisenrosen 415.  
 Eisenschüssig 416.  
 Eisenspath 446.  
 Eisentalk 512.  
 Eisenvitriol 560.  
 Eisenzinkspath 446.  
 Eisspath 472.  
 Ekdemit 535.  
 Ekebergit 467.  
 Elaeolith 464.  
 Elasticität 126.

- Elasticitätsachsen 192.  
 Elasticitätsfigur 128.  
 Elastische Vollkommenheit 130.  
 Elaterit 580.  
 Electrum 339.  
 Electricität 218.  
 Elemente 227, 330.  
 Eleonorit 541.  
 Eliasit 404.  
 Elpidit 532.  
 Embolit 566.  
 Emerylith 520.  
 Emmonit 431.  
 Emplektit 365.  
 Enantiomorphie 56, 68.  
 Enargit 369.  
 Endflächen 25.  
 Enhydros 393.  
 Enstatit 453.  
 Entglasung 121.  
 Entwicklung 290.  
 Entwicklungslehre 288.  
 Eosphorit 542.  
 Epididymit 482.  
 Epidot 495.  
 Epidotgruppe 494.  
 Epigenit 365.  
 Epimorphosen 117, 119.  
 Epistilbit 501, 505.  
 Epsomit 557.  
 Erbsenstein 434, 439.  
 Erde, essbare 529.  
 — lemnische 529.  
 Erdkobalt 408.  
 Erdöl 580.  
 Erdpech 579.  
 — elastisches 580.  
 Erdwachs 580.  
 Eremit 540.  
 Ergänzungs-Zwillinge 82.  
 Erinit 534.  
 Erkennung der Doppelbrechung 174.  
 Ersbyit 481.  
 Erstarrungsproducte 291.  
 Eruptive Bildungen 292.  
 Erythrin 534.  
 Erythrosiderit 565.  
 Erze 404.  
 Erzformation 281.  
 Erzgänge 279.  
 — Bildung 299.  
 Esmarkit 480, 492.  
 Essbare Erde 529.  
 Ettringit 560.  
 Euchroit 534.  
 Eucryptit 464.  
 Eudialyt 532.  
 Eudidymit 482.  
 Eudnophit 503.  
 Eugenglanz = Polybasit.  
 Eukairit 362.  
 Eukamptit 526.  
 Euklas 494.  
 Eukolit 532.  
 Eukrit 589.  
 Eukryptit 464.  
 Eulysit 449.  
 Eulytin 448, 451.  
 Euosmit 575.  
 Euphyllit 524.  
 Eupyrcroit 539.  
 Eusynchit 536.  
 Euxenit 533.  
 Evansit 543.  
 Evigtokit 573.  
  
**F.**  
 Fällung 308.  
 Fahle 363.  
 Fahlerz 367.  
 Fahlerzgruppe 366.  
 Fahlkupfererze 365.  
 Fahlunit 492.  
 — harter 492.  
 Fairfieldit 543.  
 Fakellit = Phakellit.  
 Famatinit 365.  
 Farben 160.  
 — dünner Blättchen 162.  
 — trüber Medien 165.  
 Farbenblindheit 161.  
 Farbenspiel 165.  
 Farbenwandlung 165.  
 Farbenzerstreuung 159.  
 Faröelith 502.  
 Fasergyps 555.  
 Faserkalk 439.  
 Faserkiesel 483.  
 Faserquarz 391.  
 Fassait 456.  
 Faujasit 504.  
 Fauserit 561.  
 Fayalit 449.  
 Fayence 529.  
 Federalaun 560.  
 Federerz 364.  
 Feinerde 529.  
 Feldspath, glasiger 472.  
 Feldspathgruppe 468.  
 Felsarten 275, 284.  
 Felsöbanyit 558.  
 Ferberit 565.  
 Fergusonit 533.  
 Ferrisulfate 560.  
 Ferriverbindungen 248.  
 Ferromangan 408, 420.  
 Ferroverbindungen 248.  
 Festigkeit 130.  
 Fettglanz 152.  
 Feuerblende 374.  
 Feuerkugel 583.  
 Feueropal 396.  
 Feuerstein 393.  
 Fibroferrit 560.  
 Fibrolith 483.  
 Fichtelit 580.  
 Fallowit 541.  
 Firn 382.  
 Fischerit 543.  
 Flächenbezeichnung 41.  
 Flächenfarben 198.  
 Flächenlage 21.  
 Flächenparallelismus 22.  
 Flächensymbole 42.  
 Flächentypen 24.  
 Flächenwinkel 17.  
 Flammenfarbe 230.  
 Flinkit 534.  
 Flint 393.  
 Fluellit 573.  
 Fluidaltextur 121.  
 Fluocerit 573.  
 Fluorescenz 211.  
 Fluoride 571.  
 Fluorit 571.  
 Flusspath 571.  
 Flusswasser 287.  
 Foreherit 396.  
 Foresit 507.  
 Forsterit 449.  
 Fortwachsen von Krystallen und Splintern 15, 97, 109, 313.  
 Fouquéit 497.  
 Fowlerit 458.  
 Franckeit 364.  
 Francolith 538.  
 Franklandit 426.  
 Franklinit 420.  
 Fraueneis 555.

Freibergit 368.  
Freie Formen 118.  
Freieslebenit 370.  
Frenzelit 362.  
Friedelit 510.  
Frieselit 353.  
Fritzscheit 542.  
Frugardit 499.  
Fuchsit 524.  
Fülleisen 588.  
Füllungen 279.  
Fumarolen 293.

**G.**

Gabbro 456.  
Gadolinit 494.  
Gänge 277.  
Gänseköthigerz 535.  
Gagat = Jet.  
Gahnit 422.  
Galaktit 502.  
Galenit 359.  
Galenobismutit 364.  
Galenoid 357.  
Galmei 445, 509.  
Galmeigruppe 509.  
Galvanismus 220.  
Gangquarze 390.  
Gangtrümer 278.  
Ganomalit 451.  
Ganomatit 535.  
Ganophyllit 510.  
Garnierit 511.  
Gasglühlicht 540.  
Gasporen 110.  
Gasquellen 581.  
Gastaldit 461.  
Gattung 320.  
Gaylussit 427.  
Gearksutit 573.  
Gebirgsfeuchtigkeit 285.  
Gedrit 451.  
Gefärbt 161.  
Geflossene Oberfläche 106.  
Gefüge 118.  
Gehlenit 468.  
Geierit 347.  
Geikiolith 532.  
Gekrösestein 546.  
Gelbbleierz 562.  
Gelbeisenerz 560.  
Gelbeisenstein 411.  
Gelberde 529.

Gelberz 363.  
Gemengtheile 275.  
Gemmen 394.  
Genetische Anordnung 319.  
Genthit 511.  
Geoden 117.  
Geokronit 364.  
Gerhardtit 544.  
Gersdorffit 347.  
Gerstenkörner 427.  
Geschichte 2.  
Geschmeidig 130.  
Gesteine 275, 284.  
Gestrickte Formen 99.  
Geysirit 395.  
Gibbsit 383.  
Giesekit 523.  
Gigantolith 492.  
Gilbertit 523.  
Gillingit 511.  
Giltigerze 370.  
Giltstein 512.  
Giobertit 445.  
Gismondin 502.  
Gitterkrystalle 98.  
Glagerit 529.  
Glanz 152.  
Glanze 357.  
Glanzeisen 588.  
Glanzkobalt 347.  
Glanzkohle 577.  
Glas, meteorisches 590.  
Glaseinschlüsse 113, 292.  
Glaserit 545.  
Glaserz 358.  
Glasglanz 152.  
Glaskopf, brauner 410.  
— rother 415.  
— schwarzer 406.  
Glaskopftextur 118.  
Glaubertit 545.  
Glaubersalz 552.  
Glaukodot 347.  
Glaukolith 467.  
Glaukonit 527.  
Glaukophan 451, 461.  
Glaukopyrit 343.  
Gleitflächen 134.  
Gleischereis 382.  
Glimmergruppe 520.  
Glinkit 449.  
Glockerit 560.  
Glottalith 504.  
Gmelinit 501, 504.

Gneiss 285.  
Göthit 408.  
Gold 337.  
Goldamalgam 339.  
Goniometer 18.  
Goslarit 561.  
Goyazit 543.  
Gräupeln 381.  
Grahamit 580.  
Graminit 511.  
Grammatit 460.  
Granat 489.  
— böhmischer 491.  
Granatgruppe 486.  
Granit 284.  
Granitquarz 391.  
Graphit 335, 588.  
Graphitoid 578.  
Graubraunstein 404, 405.  
Grauspiessglanz 361.  
Greenokit 376.  
Greenovit 531.  
Grenzformen 92.  
Griqualandit 462.  
Grobkohle 578.  
Grochaut 519.  
Groddeckit 504.  
Groppit 492.  
Gorolith 407.  
Grossular 490.  
Grothit 531.  
Grünbleierz 539.  
Grüneisenerz 541.  
Grünerde 527.  
Grünsand = Glaukonit.  
Grünerit 460.  
Guadaleazarit 378.  
Guanit 543.  
Guano 538.  
Guarinit 531.  
Gümbelit 530.  
Guejarit 365.  
Gummierz = Gummit 404.  
Gurhofian 444.  
Gurolith 509.  
Gymnit 516.  
Gyps 552.  
Gypsoide 544.  
Gyroëdrische Hemiëdrie 75.  
Gyrolith 509.

**H.**

Haarkies 354.  
Haarsalz 558, 567.



Igelströmit 450.  
 Iglesiasit 430.  
 Ihleit 560.  
 Ikositetraëder 72.  
 Ilmenit 416.  
 Ilmenorutil 398.  
 Ilvait 451.  
 Imprägnationen 282.  
 Indianit 480.  
 Indices 42.  
 Indicolith 488.  
 Inesit 510.  
 Inneres der Krystalle 106.  
 Interferenz 162.  
 Interferenzfiguren 179.  
 Iolith 492.  
 Iridium 342.  
 Iridosmim 342.  
 Irisiren 162.  
 Iserin 417.  
 Iserit = Nigrin.  
 Isogonismus 261.  
 Isoklas 543.  
 Isomerie 255.  
 Isomorphie 261.  
 Isomorphe Mischung 109, 265.  
 — Schichtung 109.  
 Isotrop = einfach brechend.  
 Itabirit 415.  
 Ittnerit 463.  
 Ixiolith = Ixionolith 533.  
 Ixolit 575.

**J.**

Jacobsit 420.  
 Jadeit 457.  
 Jalpait 359.  
 Jamesonit 364.  
 Jarosit 560.  
 Jaspis 392.  
 Jaspopal 396.  
 Jaulingit 575.  
 Jayet 576.  
 Jefferisit 527.  
 Jeffersonit 457.  
 Jenkinsit 515.  
 Jeremejewit 423.  
 Jet 576.  
 Jodargyrit 566.  
 Jodblei = Schwartzembergite.  
 Jodit 566.  
 Jodnatrium 571.  
 Jodobromit 566.  
 Jodquecksilber 566.

Johannit 560.  
 Johnstonit 361.  
 Johnstrupit 497.  
 Jordanit 364.  
 Joseit 363.  
 Judenpech 579.  
 Julianit 369.  
 Justiren 20.  
 Juxtapositionszwillinge 82.

**K.**

Kämmererit 517.  
 Kännelkohle = Cannelkohle.  
 Kainit 558.  
 Kakoxen 541.  
 Kalialaun 559.  
 Kali-Natron-Feldspathe 468.  
 Kaliglimmer 521.  
 Kaliharmotom = Phillipsit.  
 Kalinit 559.  
 Kaliophililit 463.  
 Kalisalpeter 543.  
 Kalkbaryt 550.  
 Kalkfeldspath 475, 480.  
 Kalkgesteine 284.  
 Kalkglimmer 520.  
 Kalkharmotom 506.  
 Kalkmalachit 428.  
 Kalksalpeter 544.  
 Kalksinter 298.  
 Kalkspath 435.  
 Kalkstein, dichter 440.  
 — dolomitischer 441.  
 — körniger 440.  
 Kalktuff 441.  
 Kalkuranit 542.  
 Kallait 542.  
 Kalomel 566.  
 Kalusit 556.  
 Kamazit 587.  
 Kammkies 351.  
 Kampylit 535.  
 Kaneelstein 490.  
 Kanonenspath 439.  
 Kantendurchscheinend 153.  
 Kaolin 528.  
 Kaolinit 527.  
 Kapnit 446.  
 Kappenquarz 388.  
 Karat = Edelsteingewicht 334.  
 Karelinit 379.  
 Karfunkel 491.  
 Karinthin 461.  
 Karminspath 535.  
 Karpholith 499.  
 Karphosiderit 560.  
 Karstenit 545.  
 Karyopilit 510.  
 Kascholong 393.  
 Kascholongopal 395.  
 Kassiterit 400.  
 Kastor 481.  
 Katapleit 532.  
 Katzenauge 391, 423.  
 Kausimkies = Markasit.  
 Kehlheimer Platten 441.  
 Keilhaut 531.  
 Kelyphit 491.  
 Kentrolit 451.  
 Keramohalit 558.  
 Kerargyrit 566.  
 Kerasin 566.  
 Kerasit 492.  
 Kerate 565.  
 Kermes 379.  
 Kernkrystall 106.  
 Kerolith 516.  
 Kerstenit 561.  
 Kibdelophan 416.  
 Kiese 343.  
 Kieselgesteine 284.  
 Kieselglas 392.  
 Kieselguhr 396.  
 Kieselkalk 441.  
 Kieselkupfer 510.  
 Kieselmalachit 510.  
 Kieselmangan 458.  
 Kieselringe 126.  
 Kieselschiefer 393.  
 Kiesel-sinter 395.  
 Kiesel-tuff 396.  
 Kieselwismut 451.  
 Kieselzinkerz 509.  
 Kieserit 556.  
 Kilbreckenit 364.  
 Killinit 530.  
 Kjerulfın 539.  
 Klappersteine 412.  
 Klapprothit 365.  
 Klastische Gebilde 275.  
 Klinochlor 518.  
 Klinodiagonale 52.  
 Klinodoma 53.  
 Klinohumit 450.  
 Klinoklas 534.  
 Klinopinakoid 53.  
 Klinopyramide 53.  
 Klipsteinit 510.

- Knebelit 450.  
 Knistersalz 567.  
 Knochen 304.  
 Knollenopal 396.  
 Knottenerz 361.  
 Kobaltarsenkies 347.  
 Kobaltbeschlag 534.  
 Kobaltblüthe 534.  
 Kobaltformation 345.  
 Kobaltglanz 347.  
 Kobaltin 347.  
 Kobaltkies 354.  
 Kobaltmanganerz 408.  
 Kobaltnickelkies 354.  
 Kobaltomenit 561.  
 Kobaltspath 447.  
 Kobaltvitriol 560.  
 Kobellit 364.  
 Kochsalz 566.  
 Königsgelb 379.  
 Könleinit 580.  
 Körnig 118.  
 Köttig 534.  
 Kohlen 575.  
 Kohlenblende 578.  
 Kohleneisenstein 447.  
 Kohlengalmei 445.  
 Kohlensäure, flüssige 113.  
 Kohlensaures Natron 426.  
 Kokkolith 455.  
 Kokshearowit 461.  
 Kollyrit 530.  
 Kolophonit 491, 499.  
 Konarit 511.  
 Kongsbergit 339.  
 Konichaleit 534.  
 Konoskop 179.  
 Koppit 533.  
 Korallenerz 378.  
 Kornerupin 486.  
 Korund 383.  
 Korundellit 520.  
 Korundophilith 519.  
 Korynit 347.  
 Kotschubeit 518.  
 Krablit 473, 481.  
 Krantzit 575.  
 Kraurit 541.  
 Kreide 441.  
 Kreidetuff 441.  
 Kreislauf der Stoffe 316.  
 Kreittonit 422.  
 Kremersit 565.  
 Krennerit 363.  
 Kreuzstein 507.  
 Krokoit 562.  
 Krokydolith 462.  
 Krugit 558.  
 Krusten 119, 279.  
 Kryolith 573.  
 Kryophyllit 524.  
 Kryptolith 540.  
 Kryptomorphit 426.  
 Krystall 12.  
 Krystalle, künstliche 14.  
 — negative 109.  
 — von doppelter Bildung 106.  
 Krystalldruse 116.  
 Krystallformen 22.  
 Krystallgruppe 116.  
 Krystallinisch 11, 117.  
 Krystallinische Schiefer 284.  
 Krystallisationskraft 100.  
 Krystallisirt 11.  
 Krystallite 102.  
 Krystallelassen 40.  
 Krystallmessung 18.  
 Krystallmolekel 29.  
 Krystalloide 12.  
 Krystallskelette 98.  
 Krystallstock 78.  
 Krystallsysteme 48.  
 Krystallwasser 256.  
 Krystallwinkel 17.  
 Kühnit = Berzeliit.  
 Künstliche Darstellung der Minerale 269.  
 Kupfer 340, 356.  
 Kupferantimonerglanz 365.  
 Kupferblau 510.  
 Kupferblende 369.  
 Kupferblüthe 403.  
 Kupferglanz 357.  
 Kupferglas = Kupferglanz.  
 Kupferglimmer 534.  
 Kupfergrün 510.  
 Kupferindig 378.  
 Kupferkies 354.  
 Kupferlasur 428.  
 Kupfermanganerz 408.  
 Kupfernickel 345.  
 Kupferpecherz 411.  
 Kupfersammterz 561.  
 Kupferschaum 534.  
 Kupferschwärze 408.  
 Kupfersilberglanz = Strome-  
 erit.  
 Kupferuranit 542.  
 Kupfervitriol 561.  
 Kupferwismuterz 365.  
 Kupferwismutglanz 365.  
 Kupfferit 458.  
 Kuphoit = Prehnit.  
 Kyanit 484.  
 Kyndrit 364.  
 Kymatin 460.  
 Kymatolith 458.  
 Kyrosit = Markasit.

## L.

- Labradorit 479.  
 Längsfläche 25.  
 Längsprisma 25.  
 Lagenquarz 391.  
 Lager 277.  
 Lagerstätten 275.  
 Lagerungsformen 276.  
 Lagerungslehre 271.  
 Lagonit 426.  
 Lamprite 342.  
 Lanarkit 552.  
 Lancasterit 427.  
 Langbanit 405.  
 Langit 561.  
 Lansfordit 427.  
 Lanthanit 426.  
 Lapis crucifer 483.  
 — Lazuli 463.  
 — tiburtinus 441.  
 Larderellit 426.  
 Lasionit = Wavellit.  
 Lasurstein 463.  
 Lateralsecretion 296, 300, 301.  
 Latrobit 480.  
 Laubanit 504.  
 Laumontit 503.  
 Laurionit 565.  
 Laurit 351.  
 Lautarit 565.  
 Lava 291.  
 Lavezstein 512.  
 Lawsonit 494.  
 Laxmannit 562.  
 Lazulith 542.  
 Leadhillit 561.  
 Leberblende 375.  
 Leberkies 351.  
 Ledererit 504.  
 Lehm 529.  
 Lehuntit 502.  
 Lemniscaten 180.  
 Lenzin 529.

- Leonhardit 503.  
 Lepidokrokot 409.  
 Lepidolith 524.  
 Lepidomelan 527.  
 Lepolith 480.  
 Leptochlorite 520.  
 Lerbachit 362.  
 Lettermetall 362.  
 Lettsomit 561.  
 Leuchtenbergit 519.  
 Leucit 464.  
 Leucitgruppe 463.  
 Leukophan 450.  
 Leukopyrit 343.  
 Leukotil 515.  
 Leukoxen 529.  
 Leukoxyde 382.  
 Levyn 504.  
 Lewisit 533.  
 Lherzolith 449.  
 Libelle 112.  
 Libethenit 542.  
 Lichtbrechung 153.  
 — doppelte 156.  
 Lichtfiguren 149.  
 Lichtreflexion 149.  
 Liebenerit 464, 523.  
 Liebigit 429.  
 Liévril 451.  
 Lignit 576.  
 Ligroin 582.  
 Lillianit 364.  
 Lillit 511.  
 Limonit 409.  
 Linarit 561.  
 Lindsayit 480.  
 Linnéit 343, 354.  
 Linsenerz 534.  
 Liparit 571.  
 Liquide Kohlensäure 113.  
 Lirokonit 534.  
 Literatur 8.  
 Lithionglimmer 524.  
 Lithionit 524.  
 Lithiophililit 540.  
 Lithiophorit 407.  
 Lithographische Steine 441.  
 Lithophysen 481.  
 Lithothamnien 304, 441.  
 Livingstonit 364.  
 Löllingit 343.  
 Löslichkeit 294.  
 Löss 529.  
 Lösung 294.  
 Löthrohr 228.  
 Löweit 558.  
 Löwigit 559.  
 Loganit 516.  
 Lonehidit = Markasit.  
 Lophoit 519.  
 Lorandit 374.  
 Lose Krystalle 98.  
 Loxoklas 471.  
 Luchssaphir 492.  
 Ludlamit 541.  
 Ludwigit 425.  
 Luft 285.  
 Lumachell 440.  
 Lüneburgit 543.  
 Lunnit 542.  
 Lussatit 392.  
 Lutecit 392.  
 Luzonit 365.  
 Lydit 393.
- M.**
- Magnesiaglimmer 524.  
 Magnesiasalpeter 544.  
 Magnesioferrit 420.  
 Magnesit 445.  
 Magnete, natürliche 417.  
 Magneteisenerz 417.  
 Magnetismus 221.  
 Magnetit 417, 589.  
 Magnetkies 353, 588.  
 Magnoferrit 420.  
 Magnolit 562.  
 Majolica 529.  
 Makrodoma 50, 55.  
 Makropinakoid 50, 55.  
 Makropyramiden 50, 55.  
 Malachit 427.  
 Malakolith 455.  
 Malakon 397.  
 Maldonit 363.  
 Mallardit 560.  
 Malthacit 529.  
 Mandelsteine 117, 120.  
 Manganblende 374.  
 Mangandolomit 447.  
 Manganepidot 495.  
 Manganerze 407.  
 Manganit 404.  
 Mangani-Verbindungen 248.  
 Mangankiesel 458, 510.  
 Manganknollen 407.  
 Manganocalcit 442.  
 Manganophyll 527.  
 Manganotantalit 533.  
 Mangano-Verbindungen 248.  
 Manganschaum 406.  
 Manganspath 447.  
 Manganvitriol 560.  
 Marcelin 405.  
 Marekanit 481.  
 Margarit 520.  
 Margarodit 524.  
 Marialith 467.  
 Marienglas 555.  
 Markasit 351.  
 Marmatit = Christophit.  
 Marmolith 514.  
 Marmor, farbiger 441.  
 — weisser 440.  
 Martit 416.  
 Mascagnin 545.  
 Maskelynit 590.  
 Masonit 520.  
 Massengesteine 284, 292.  
 Massicot 402.  
 Matlockit 565.  
 Matt 152.  
 Maxit 561.  
 Meerschaum 512.  
 Meerwasser 287.  
 Megabromit 566.  
 Meionit 467.  
 Melaconit 408.  
 Melanglanz 370.  
 Melanit 490.  
 Melanochroit 562.  
 Melanolith 511.  
 Melanophlogit 396.  
 Melanotekit 431.  
 Melanterit 560.  
 Melaphyr 284.  
 Melilith 468.  
 Melinit 529.  
 Melinophan 451.  
 Mellit 573.  
 Melonit 354.  
 Menaccanit 417.  
 Mendipit 565.  
 Mendozit 559.  
 Meneghinit 364.  
 Mengit 532.  
 Menilit 396.  
 Mennige 402.  
 Mercurblende 377.  
 Mergel 441, 529.  
 Mergelkalkstein 441.  
 Meroëdrie 98.

- Meroxen 524.  
 Mesitinspath 447.  
 Mesole 502.  
 Mesolith 502.  
 Mesosklerometer 143.  
 Mesotyp 501.  
 Messelit 543.  
 Messing 356.  
 Messingblüthe 427.  
 Metabrushit 543.  
 Metachlorit 520.  
 Metacinnabarit 374.  
 Metakieselsäure 252.  
 Metallglanz 152.  
 Metalloide 331.  
 Metasilicate 252.  
 Metavoltin 560.  
 Metaxit 515.  
 Meteor 583.  
 Meteoreisen 585.  
 Meteorite 583.  
 Meymacit 404.  
 Miargyrit 370.  
 Micarell 523.  
 Miesit 540.  
 Mikrobromit 566.  
 Mikrochemische Analyse 235.  
 Mikroklin 473.  
 Mikrolith 533.  
 Mikrolithe 101.  
 Mikroperthit 471.  
 Mikroskopische Untersuchung 102.  
 Mikrosommit 464.  
 Mikrothin 476.  
 Milarit 482.  
 Milchquarz 391.  
 Milde 130.  
 Millerit 354.  
 Miller'sche Bezeichnungsweise 42.  
 Miloschin 530.  
 Mimesie 92.  
 Mimetesit 535.  
 Mimetische Krystalle 91.  
 — optisches Verhalten 207.  
 Mimetit 535.  
 Mineral 1.  
 Mineralbildung durch Organismen 303.  
 Mineralbildung in Seen 302.  
 Mineralchemie 226.  
 Mineralgang 279.  
 Mineralgänge, Bildung 299.  
 Mineralphysik 126.  
 Minerogenie 288.  
 Minium 378, 402.  
 Mirabilit 552.  
 Mischkrystalle 265.  
 Mischungsgewichte 238.  
 Misspickel 346.  
 Misy 560.  
 Mittellinie 192.  
 Mixit 534.  
 Mizzonit 467.  
 Mokkastein = Moosachat.  
 Moldawit 481.  
 Molecularbewegung 112.  
 Molecularebenen 30.  
 Moleculargewicht 242.  
 Molecularlinien 30.  
 Molecularnetz 32.  
 Molekel 240.  
 Molekelverbindungen 257.  
 Molybdänbleispath 562.  
 Molybdänglanz 361.  
 Molybdänit 361.  
 Molybdänocher 404.  
 Molybdate 562.  
 Molybdomenit 561.  
 Molsit 565.  
 Monazit 540.  
 Mondstein 471.  
 Monheimit 446.  
 Monoklines System 51.  
 Monosymmetrisches System 50.  
 Monradit 454.  
 Monrolith 483.  
 Montanit 562.  
 Montebrasit 539.  
 Monticellit 450.  
 Montmorillonit 530.  
 Moorkohle 576.  
 Morasterz 412.  
 Mordenit 502.  
 Morenosit 561.  
 Morion 390.  
 Moroxit 538.  
 Morphotropie 264.  
 Morvenit 507.  
 Mosandrit 497.  
 Mottramit 535.  
 Mullieit 541.  
 Murchisonit 473.  
 Muriazit 545.  
 Muromontit 497.  
 Muschelmarmor 440.  
 Muscovit 521.  
 Myelin 528.  
 Mysorin 428.
- N.**
- Nachahmende Gestalten 119.  
 Nachahmung der Minerale 269.  
 Nadeleisenerz 409.  
 Nadelierz 365.  
 Nadelzinnerz 400.  
 Nadorit 533.  
 Nagelkalk 439.  
 Nagyagit 363.  
 Nakrit 528.  
 Nantokit 566.  
 Naphta 580.  
 Nasser Weg 231.  
 Nasturan 420.  
 Natroborocaleit 426.  
 Natrolith 501.  
 Natron 426.  
 Natronalaun 559.  
 Natronglimmer 524.  
 Natron-Kalkfeldspathe 474.  
 Natronmikroklin 473.  
 Natronorthoklas 471.  
 Natronsalpeter 544.  
 Natronseen 303.  
 Natrophilit 540.  
 Naturspiele 119.  
 Naumann'sche Bezeichnungsweise 42.  
 Naumannit 357.  
 Neftgil 580.  
 Negative Krystalle 109.  
 Nematolith 382.  
 Neolith 515.  
 Neotyp 442.  
 Nephelin 463.  
 Nephrit 460.  
 Neptunit 531.  
 Nesquehonit 426.  
 Nester 285.  
 Neubildung 290.  
 Neusilber 345.  
 Newberryit 543.  
 Newjanskit 342.  
 Nickelarsenkies 347.  
 Nickelblüthe 534.  
 Nickelglanz 347.  
 Nickelgymnit 511.  
 Nickelin 345.  
 Nickelkies 354.  
 Nickelocher = Annabergit.  
 Nickelsmaragd 429.



- Nickelvitriol 561.  
 Nicol'sches Prisma 171.  
 Niederschlagsbildung 297.  
 Nierförmig 119.  
 Nigrin 398.  
 Niobit 533.  
 Nitrate 543.  
 Nitratin 544.  
 Nitrocalcit 544.  
 Nitromagnesit 544.  
 Nitroide 532.  
 Noeerin 573.  
 Nohlit 533.  
 Nomenclatur 327.  
 Nontronit 511.  
 Nontronit-Gruppe 510.  
 Nordenskiöldin 423.  
 Nordmarkit 486.  
 Normale, optische 192.  
 Normalenwinkel 19.  
 Nosean 463.  
 Nulliporen 304, 441.  
 Numeit = Noumeait 511.  
 Nussierit 540.  
 Nuttalit 467.
- O.**
- Oberfläche der Krystalle 104.  
 Obsidian 481.  
 Ocher 403.  
 — gelber 411.  
 — rother 416.  
 Oellacherit 524.  
 Oelquellen 581.  
 Oerstedtit 397.  
 Okenit 509.  
 Oktaëder 71.  
 Olafit 478.  
 Oldhamit 588.  
 Oligoklas 478.  
 Oligonspath 447.  
 Olivenit 534.  
 Olivin 448, 589.  
 Olivinfels 449.  
 Olivingruppe 448.  
 Omphacit 456.  
 Onegit 409.  
 Onkoit 519.  
 Onkosin 524.  
 Onofrit 378.  
 Onyx 394.  
 Onyxmarmor 439.  
 Oolithe 410, 441.  
 Oosit 492.
- Opak 153.  
 Opal 395.  
 Opaljaspis 396.  
 Operment 379.  
 Ophites 513.  
 Optisch einaxig 157.  
 Optisch negativ 190.  
 Optische Orientirung 192, 203.  
 Optisch positiv 190.  
 Optisch zweiaxig 158.  
 Orangit 397.  
 Ordentlicher Strahl 157, 169.  
 Ordnung 323.  
 Organismen, Bildung der Minerale durch 303.  
 Orizit 505.  
 Orthit 497.  
 Orthodiagonale 51.  
 Orthodoma 53.  
 Orthokieselsäure 252.  
 Orthoklas 468.  
 Orthopinakoid 53.  
 Orthopyramide 53.  
 Orthosilicate 252.  
 Orthoskop 172.  
 Osmelith 452.  
 Osmiridium 342.  
 Osteolith 538.  
 Ottrelith 520.  
 Owenit = Thuringit.  
 Oxalit 574.  
 Oxydationsflamme 229.  
 Oxyde 379.  
 Ozokerit 580.
- P.**
- Pachnolith 573.  
 Packfong 345.  
 Pajsbergit 458.  
 Palladium 342.  
 Pallasit 589.  
 Pandermit 426.  
 Paradoxit 471.  
 Paraffin 580.  
 Paragenesis 273.  
 Paragonit 524.  
 Parallele Verwachsung 78.  
 Paralgit 467.  
 Paramagnetisch 222.  
 Parameter 24.  
 Parametergesetz 26.  
 Parametersymbole 42.  
 Paramorphosen 122, 310.  
 Paranthin 467.  
 Parasit 425.  
 Parasitisch 290.  
 Parastilbit 505.  
 Pargasit 461.  
 Parisit 573.  
 Partschin 491.  
 Passauit 467.  
 Patrinit 365.  
 Paulit 454.  
 Pechkohle 576, 577.  
 Pechstein 481.  
 Peganit 543.  
 Pegmatolith 471.  
 Pektolith 452.  
 Pelagit 407.  
 Pelikanit 530.  
 Peliom 492.  
 Pellucid = durchsichtig.  
 Peneatit 427.  
 Penetrationszwillinge 82.  
 Pennin 517.  
 Pentagondodekaëder 74.  
 Penwithit 510.  
 Peplolit 492.  
 Percylit 566.  
 Peridot 448.  
 Periklas 382.  
 Periklin 477.  
 Perimorphosen 100.  
 Peristerit 478.  
 Perlglimmer 520.  
 Perlit 481.  
 Perlmutter 434.  
 Perlmutterglanz 152.  
 Perlsinter = Hyalit.  
 Perlspath 443.  
 Perowskit 532.  
 Perthit 471.  
 Perusilber 346.  
 Petalit 481.  
 Petroleum 580.  
 Petzit 363.  
 Phaestin 454.  
 Phakellit 464.  
 Phakolith 504.  
 Pharmakolith 533.  
 Pharmakonite 533.  
 Pharmakosiderit 535.  
 Phenakit 450.  
 Phengit 524.  
 Philadelphit 527.  
 Phillipsit 506.  
 Phlogopit 527.  
 Phönicit 562.

- Pholerit 529.  
 Phosgenit 566.  
 Phosphate 536.  
 Phosphocerit = Kryptolith.  
 Phosphorecalcit 542.  
 Phosphoreisensinter 560.  
 Phosphorescenz 211.  
 Phosphorit 538.  
 Phosphorkupfererz 542.  
 Phosphornickeleisen 588.  
 Phosphorsalzperle 229.  
 Photicit 458.  
 Photogen 582.  
 Physiologie 6.  
 Piauzit 575.  
 Picit 541.  
 Pickeringit 559.  
 Picotit 422.  
 Piemontit 494.  
 Piezoelectricität 218.  
 Pigment 161.  
 Pikranaleim 503.  
 Pikrit 449.  
 Pikrolith 514.  
 Pikromerit 558.  
 Pikropharmakolith 533.  
 Pikrophyll 515.  
 Pikrosmin 515.  
 Pikrotitanit 417.  
 Pikrotephroit 450.  
 Pilit 499.  
 Pilit 460.  
 Pimelith 516.  
 Pinakiolith 423.  
 Pinakoid 50.  
 Pinguit 511.  
 Pinit 492, 523.  
 Pinitoid 530.  
 Pinnoit 425.  
 Pinolit 445.  
 Piotin 515.  
 Pisanit 561.  
 Pisolithe 439.  
 Pistazit 495.  
 Pistomesit 447.  
 Pitkärandit 460.  
 Pitticit 535.  
 Pittinerz 404.  
 Plagiëdrische Hemiëdrie 75.  
 Plagioklas 474, 589.  
 Plagionit 364.  
 Planerit 543.  
 Plasma 393.  
 Platin 342.  
 Platiniridium 342.  
 Plattnerit 396, 402.  
 Pleochroismus 198.  
 Pleonast 422.  
 Pleromorphosen 122.  
 Plessit 588.  
 Plinian 347.  
 Plinthit 529.  
 Plumbocalcit 442.  
 Plumboferrit 420.  
 Plumosit 364.  
 Pneumatolytisch 294.  
 Polarer Magnetismus 221.  
 Polarisation 166.  
 Polarisationsinstrument 179.  
 Polarisationsmikroskop 173.  
 Polianit 405.  
 Polirschiefer 396.  
 Pollux 465.  
 Polyadelphit 491.  
 Polyargit 480.  
 Polyarsenit 534.  
 Polybasit 370.  
 Polychroit 492.  
 Polydymit 353.  
 Polyëdrie 105.  
 Polyhalit 558.  
 Polykras 533.  
 Polymerie 254.  
 Polymignit 532.  
 Polymorphie 259.  
 Polysphärit 540.  
 Polysynthetische Zwillinge 83.  
 Poonalith 502.  
 Porodin 12.  
 Porpezit 339.  
 Porphyr 284.  
 Porphyrquarz 391.  
 Porzellan 528.  
 Porzellanerde 528.  
 Porzellanjaspis 529.  
 Porzellanspath 467.  
 Powellit 562, 564.  
 Praerosionsflächen 147.  
 Prasem 391.  
 Praseolith 492.  
 Prasin 542.  
 Predazzit 427.  
 Pregrattit 524.  
 Prehnit 499.  
 Prehnitoid 467.  
 Priccit 426.  
 Primäre Bildung 290.  
 Primäre Flächen 42.  
 Prismatin 486.  
 Prismenflächen 25.  
 Probirstein 393.  
 Prochlorit 519.  
 Projection der Krystalle 43.  
 Prosopit 573.  
 Protobastit 454.  
 Protoprisma 59, 64.  
 Protopyramide 59, 64.  
 Protovermiculit 527.  
 Prousttit 373.  
 Pseudopatit 539.  
 Pseudobrookit 417.  
 Pseudolibethenit 542.  
 Pseudomalachit 542.  
 Pseudomorphosen 13, 122.  
 — Bedeutung der 309.  
 — Eintheilung der 310.  
 — Nachahmung der 310.  
 Pseudophit 518.  
 Pseudosymmetrie 92.  
 Pseudotriplit 540.  
 Psilomelan 406.  
 Pterolith 527.  
 Ptilolith 502.  
 Pucherit 536.  
 Puddingstein 393.  
 Pufferit 506.  
 Punamustein 460.  
 Puschkinit 497.  
 Pyknit 485.  
 Pyknometer 223.  
 Pyknotrop 518.  
 Pyralolith 515.  
 Pyramidale Hemiëdrie 60, 67.  
 Pyramidenflächen 25.  
 Pyrargyrit 371.  
 Pyrenäit 491.  
 Pyrgom 456.  
 Pyrit 348.  
 Pyritoëdrische Hemiëdrie 74, 76.  
 Pyritoide 349.  
 Pyrochlor 533.  
 Pyroelectricität 218.  
 Pyrolusit 405.  
 Pyromorphit 539.  
 Pyrop 491.  
 Pyrophanit 417.  
 Pyrophyllit 530.  
 Pyrophysalit 485.  
 Pyropissit 580.  
 Pyroretin 575.  
 Pyrorthit 497.  
 Pyrosklerit 519.

Pyrosalith 510.  
 Pyrostibnit 379.  
 Pyrostilpmit 374.  
 Pyroxen 454, 589.  
 Pyroxen-Amphibolgruppe 451.  
 Pyrrhosiderit 408.  
 Pyrrhotin 353.

**Q.**

Quadratisches System 56.  
 Qualitative Proben 232.  
 Quantit. Mineralanalyse 237.  
 Quarz 385.  
 Quarzgruppe 385.  
 Quarzin 392.  
 Quarzit 391.  
 Quarzkeil 176, 189.  
 Quarzplatte 189.  
 Quecksilber 340.  
 Quecksilberfahlerz 368.  
 Quecksilberhornerz 566.  
 Quecksilberlebererz 377.  
 Quellen 286.  
 — Absätze der 298.  
 Quellerz 412.  
 Quenstedtit 560.  
 Querfläche 25, 51.

**R.**

Rabenglimmer 524.  
 Radiatenkalk 440.  
 Radiolith 501.  
 Rädelerz 365.  
 Raimondit 560.  
 Ralstonit 573.  
 Rammelsbergit 344.  
 Raphilit 460.  
 Raseneisenerz 412.  
 Rastolyt 527.  
 Rauchtopyas 390.  
 Rauschgelb 379.  
 Raute 335.  
 Razumoffskin 530.  
 Realgar 378.  
 Réaumur'sches Porzellan 121.  
 Reddingit 541.  
 Redruthit 357.  
 Reduction 228, 305.  
 Reductionsflamme 229.  
 Reflexion 149.  
 Refraction 153.  
 Regenerirte Gesteine 275.  
 Regenwasser 286.  
 Reguläres System 69.

Reif 381.  
 Reinit 565.  
 Reissblei 335.  
 Remingtonit 429.  
 Rensselärit 512.  
 Retinalith 514.  
 Retinit 575.  
 Rhabdit 588.  
 Rhäticit 484.  
 Rhagit 534.  
 Rhodizit 423.  
 Rhodochrom 517.  
 Rhodochrosit 447.  
 Rhodonit 451, 458.  
 Rhodolith 510.  
 Rhombendodekaeder 71.  
 Rhombisches Sphenoid 56.  
 Rhombisches System 53.  
 Rhomboeder 65.  
 Rhomboedr. Hemiëdrie 64.  
 — Tetartoëdrie 68.  
 Rhyakolith 472.  
 Richterit 460.  
 Riebeckit 461.  
 Rinkit 497.  
 Rionit 369.  
 Ripidolith 518.  
 Rittingerit 374.  
 Rivotit 533.  
 Römerit 560.  
 Röpperit 449.  
 Röthel 416.  
 Röttisit 511.  
 Rogensteine 441.  
 Roheisen 419.  
 Rohwand 445.  
 Romanzowit 491.  
 Romeit 533.  
 Roscolith 524.  
 Roselith 534.  
 Rosellan 480.  
 Rosenbuschit 532.  
 Rosenquarz 391.  
 Rosette 335.  
 Rosit 480.  
 Rosthornit 575.  
 Rotationspolarisation 202.  
 Rothbleierz 562.  
 Rotheisenerz 413.  
 Rotheisenstein 415.  
 Rothgiltigerz, dunkles 371.  
 — lichtetes 373.  
 Rothhoffit 491.  
 Rothkupfererz 402.

Rothnickelkies 345.  
 Rothspiessglaserz 379.  
 Rothzinkerz 402.  
 Rubellan 526.  
 Rubellit 488.  
 Rubicell 421.  
 Rubin 385.  
 — brasilianischer 484.  
 Rubinglimmer 409.  
 Rubinschwefel 378.  
 Rubinspinell 421.  
 Ruinenmarmor 441.  
 Rumpfit 520.  
 Rutil 397.  
 Rutschflächen 278.

**S.**

Saccharit 481.  
 Safflorit 344.  
 Sagenit 398.  
 Salinarsulfate 552.  
 Salit 455.  
 Salmiak 570.  
 Salpeter 543.  
 Salze 251.  
 Salzkupfererz 566.  
 Salzseen 302.  
 Samarskit 533.  
 Sammtblende 409.  
 Samoit 530.  
 Sandarach 378.  
 Sandbergerit 369.  
 Sanduhraugit 108.  
 Sanidin 472.  
 Saponit 515.  
 Saphir 385.  
 Sapphirin 486.  
 Sapphirquarz 391.  
 Sarder 393.  
 Sardonyx 394.  
 Sarkinit 534.  
 Sarkolith 466.  
 Sarkopsid 540.  
 Sartorit 364.  
 Sassolin 382.  
 Satin spar 439.  
 Säuerlinge 380.  
 Saure Reaction 232.  
 — Salze 252.  
 Saussurit 481.  
 Saynit 353.  
 Schalenblende 375.  
 Schalig 118.  
 Schalige Zusammensetzg. 134.

- Schaumkalk 434.  
 Scheelbleierz 563.  
 Scheelit 563.  
 Scheererit 580.  
 Schefferit 457.  
 Scherbenkobalt 336.  
 Schichtgesteine 284.  
 Schieferkohle 578.  
 Schieferspath 439.  
 Schilfglaserz 370.  
 Schillern 151.  
 Schillerspath 454, 514.  
 Schimmernd 152.  
 Schlacken 450, 455.  
 Schlagfiguren 135.  
 Schlammvulkane 581.  
 Schmelzbarkeit 216.  
 Schmelzen 216.  
 Schmelzformen 381.  
 Schmiedeeisen 420.  
 Schnee 381.  
 Schneebergit = Granat.  
 Schneidemaschine 102.  
 Schnorr'sche Erde 528.  
 Schörl 488.  
 Schorlomit 531.  
 Schreibersit 588.  
 Schrifterz 363.  
 Schriftgranit 471, 478.  
 Schrötterit 530.  
 Schungit 578.  
 Schwarzembergite 566.  
 Schwarzbleierz 430.  
 Schwarzerz 411.  
 Schwarzkohle 577.  
 Schwatzit 368.  
 Schwefel 331.  
 Schwefelkies 348.  
 Schwefelwasser 380.  
 Schwerbleierz 402.  
 Schwere Lösungen 226.  
 Schwermetalle 337.  
 Schwerspath 547.  
 Schwerstein 563.  
 Schwingungsrichtungen 169.  
 Secundäre Bildung 290.  
 Seebachit 504.  
 See-Erz 412.  
 Seekreide 441.  
 Seesalz 569.  
 Seidenglanz 153.  
 Seifen 285.  
 Seifenstein 515.  
 Seifenzinnerz 401.  
 Seladonit 527.  
 Selenblei 362.  
 Selenbleikupfer 362.  
 Selenbleispath 562.  
 Selenglanze 362.  
 Selenkupfer 362.  
 Selenkupferblei 362.  
 Selenquecksilber 362.  
 Selenquecksilberblei 362.  
 Selensilber 362.  
 Selenwismutglanz 362.  
 Sellait 573.  
 Semseyit 364.  
 Senarmonit 403.  
 Sepiolith 512.  
 Sericit 523.  
 Serpentin 513.  
 Serpentinbest 515.  
 Serpentinegruppe 511.  
 Serpierit 561.  
 Seybertit 520.  
 Sibirit 488.  
 Siderit 446.  
 — thoniger 447.  
 Siderokonit 441.  
 Siederomelan 481.  
 Sideronatrit 560.  
 Sideroplesit 447.  
 Siegburgit 575.  
 Siegelerde 529.  
 Siegenit 354.  
 Silber 339.  
 Silberamalgam 340.  
 Silberantimonoglanz 370.  
 Silberfahlerz 368.  
 Silberglanz 358.  
 Silberhornerz 566.  
 Silberkies 353.  
 Silberkupferglanz 359.  
 Silfbergit 458.  
 Silicate 447.  
 Silicatgesteine 284.  
 Silicide 447.  
 Silicoborocalcit 426.  
 Silicoide 426.  
 Sillimanit 483.  
 Simonyit 558.  
 Sipyilit 533.  
 Sismondin 520.  
 Skalenoëder, hexagonales 66.  
 — tetragonales 60.  
 Skapolith 466.  
 Skleroklas 364.  
 Sklerometer 139.  
 Skolezit 502.  
 Skolopsit 463.  
 Skorodit 534.  
 Skutterudit 344.  
 Smalte 345.  
 Smaltin 343.  
 Smaragd 493.  
 Smaragdit 460.  
 Smirgel 385.  
 Smithsonit 445.  
 Soda 426.  
 Sodalith 463.  
 Solfataren 293.  
 Sombrierit 538.  
 Sommervillit 468.  
 Sonnenstein 478.  
 Soolquellen 380.  
 Sordawalit 481.  
 Spadaït 515.  
 Spaltbarkeit 131.  
 Spalten 277.  
 Spangolit 561.  
 Spaniolith 368.  
 Spargelstein 538.  
 Spartait 442.  
 Spatheisenstein 446.  
 Spathiopyrit 344.  
 Species 321.  
 Specificisches Gewicht 223.  
 Speckstein 512.  
 Spectroskop 230.  
 Speerkies 352.  
 Speiskobalt 343.  
 Sperrylith 344.  
 Spessartin 490.  
 Sphärit 543.  
 Sphärokobaltit 447.  
 Sphärosiderit 446.  
 — thoniger 447.  
 Sphärolith 481.  
 Sphalerit 374.  
 Sphen 530.  
 Sphenoid, rhombisches 56.  
 — tetragonales 59.  
 Sphragid 529.  
 Spiauter 376.  
 Spiauterit 376.  
 Spiegeleisen 420.  
 Spiessglanz 361.  
 Spinell 421.  
 Spinellan = Nosean.  
 Spinellide 421.  
 Spodumen 451, 457.  
 Spreustein 501.

- Spröde 130.  
 Sprödglasserz 370.  
 Sprödglimmer 520.  
 Sprödmetalle 336.  
 Sprudelstein 434.  
 Spurensteine 125.  
 Staffelit 538.  
 Stahl 420.  
 Stalaktitisch 117, 119.  
 Stannit 401.  
 Stassfurtit 425, 555.  
 Staurolith 486.  
 Stauroskop 189.  
 Steatit 512.  
 Steinheilit 492.  
 Steinkerne 125.  
 Steinkohle 577.  
 Steinmannit 361.  
 Steinmark 528.  
 Steinöl 580.  
 Steinsalz 566.  
 Steinschneidemaschine 102.  
 Stellit 452.  
 Stengelig 118.  
 Stephanit 370.  
 Sternbergit 353.  
 Sternquarz 391.  
 Sternschnuppen 585.  
 Stiblich 404.  
 Stibnit = Antimonit.  
 Stilbit 505.  
 Stilboxyde 396.  
 Stilpnomelan 520.  
 Stilpnosiderit 411.  
 Stinkfluss 571.  
 Stinkkalk 441.  
 Stinkquarz 391.  
 Stirlingit 450.  
 Stock 277.  
 Stolzit 563.  
 Strahlenblende 376.  
 Strahlerz 534.  
 Strahlkies 351.  
 Strahlstein 460.  
 — glasiger 455.  
 Strahlzeolith = Desmin.  
 Strass 335.  
 Stratopeit 510.  
 Strengit 541.  
 Strich 162.  
 Striegisan 543.  
 Strigovit 520.  
 Strogonowit 467.  
 Stromeyerit 357, 359.  
 Stromnit 431.  
 Strontianit 431.  
 Strontianocalcit 442.  
 Structur 118.  
 Struvit 543.  
 Studerit 369.  
 Stylotyp 369.  
 Stypticit 560.  
 Subindividuen 105.  
 Sublimation 217.  
 Sublimationsproducte 293, 294.  
 Succession 273.  
 Succinit 574.  
 Sulfate 545.  
 Sulfato-carbonate of Baryta 431.  
 Sulfoborit 558.  
 Sulfohalit 545.  
 Sumpferz 412.  
 Sundtit 370.  
 Susannit 561.  
 Sussexit 426.  
 Svanbergit 560.  
 Sylvanit 363.  
 Sylvin 570.  
 Symmetrie der Flächen 38.  
 — körperliche 33.  
 Sympleisit 534.  
 Synadelphit 534.  
 Syngenit 552, 556.  
 Systeme, künstliche 318.  
 System, natürliches 318.  
 Szaboit 454.  
 Szajbelyit 426.  
**T.**  
 Tabergit 518.  
 Tachydril 571.  
 Tachylyt 481.  
 Taenit 588.  
 Tafelspath 452.  
 Tagilit 542.  
 Talk 511.  
 Talkapatit 539.  
 Talkhydrat 382.  
 Talkoid 512.  
 Talkspath = Magnesit.  
 Tallingit 566.  
 Tankit 480.  
 Tantaline 532.  
 Tantalit 533.  
 Tantalocher 404.  
 Tapanhoacanga 419.  
 Tapiolith 533.  
 Tarapacait 562.  
 Tarnowitzit 434.  
 Tasmanit 575.  
 Tautozonal 21.  
 Tavistockit 542.  
 Tellur 337.  
 Tellurblei 363.  
 Tellurglanze 363.  
 Tellurit 403.  
 Tellurnickel 354.  
 Tellurocher 404.  
 Tellurquecksilber 363.  
 Tellursilber 363.  
 Tellurwismut 363.  
 Tenacität 130.  
 Tennantit 369.  
 Tenorit 408.  
 Tephroit 448.  
 Teratolith 529.  
 Terminologie 7.  
 Terra cotta 529.  
 — di Siena 411.  
 — sigillata 529.  
 Tesserales System 69.  
 Tesseralkies 343, 344.  
 Tetartin — Albit.  
 Tetartoëdrie 38.  
 — rhomboëdrische 68.  
 — trapezoëdrische 68.  
 Tetradymit 363.  
 Tetraëder 73.  
 Tetraëdrit 367.  
 Tetragonales System 56.  
 Tetrakishexaëder 71.  
 Texasit = Nickelsmaragd.  
 Textur 118.  
 Thaumazit 556.  
 Thenardit 545.  
 Thermen 287.  
 Thermoëlectricität 220.  
 Thermonatrit 426.  
 Thinolit 427.  
 Thomsenolith 573.  
 Thomsonit 501, 502.  
 Thon 528.  
 Thoneisenstein, brauner 411.  
 — rother 416.  
 Thongruppe 527.  
 Thorit 397.  
 Thraulit 511.  
 Thrombolith 533.  
 Thulit 495.  
 Thuringit 520.  
 Tiemannit 362.  
 Tiersargent 346.

- Tigerauge 462.  
 Tinkal 425.  
 Tinkaleit 426.  
 Tirolit 534.  
 Titaneisenerz 416.  
 Titaneisensand, magnetischer 419.  
 Titanit 530.  
 Titanolithe 530.  
 Titanomorphit 531.  
 Tiza 426.  
 Tomback 356.  
 Topas 484.  
 — orientalischer 385.  
 Topazolith 490.  
 Topfstein 512.  
 Topik der Minerale 271.  
 Torbernit 542.  
 Torf 575.  
 Totale Reflexion 151.  
 Totalreflectometer 155.  
 Trachyt 284.  
 Trapezoëdrische Tetartoëdrie 68.  
 Traubig 119.  
 Traversellit 461.  
 Travertin 441.  
 Tremolit 459.  
 Triakisoktaëder 71.  
 Trichite 101.  
 Tridymit 394, 589.  
 Trigondodekaëder 74.  
 Trigonoëder 386.  
 Triklines System 49.  
 Trimerit 450.  
 Trimorphie 260.  
 Trinkerit 575.  
 Tripel 396.  
 Triphan 457.  
 Triphylin 540.  
 Triplit 540.  
 Trippkeit 535.  
 Tritochorit 535.  
 Tritoprisma 60.  
 Tritopyramide 60.  
 Trockener Weg 228.  
 Trögerit 534.  
 Troilit 588.  
 Trolleit 543.  
 Trona 427.  
 Troostit 450.  
 Tropfsteine 439.  
 Tropfsteinartig 119.  
 Trübe 111, 165.  
 Trümer 278.  
 Trümerbildung 301.  
 Trümerquarz 391.  
 Tschermigit 559.  
 Tschewkinit 531.  
 Türkis 542.  
 Tungsteine 562.  
 Tungstein 563.  
 Turjit 410.  
 Turmalin 487.  
 Turmalinplatte 166.  
 Turmalinzange 171.  
 Turnerit 540.  
 Tutenmergel 439.  
 Tyrit 533.  
 Tysonit 573.
- U.**
- Ueberzüge 119.  
 Ulexit 426.  
 Ullmannit 347.  
 Ultramarin, echtes 463.  
 Umbildung 124.  
 Umbra 411.  
 — kölnische 576.  
 Umwandlung 122, 124, 310, 314.  
 — des Gefüges 312.  
 Umwandlungspseudomorphosen 122, 310.  
 Unechte Flächen 106.  
 Unghvarit 511.  
 Uralit 461.  
 Uralorthit 497.  
 Uranglimmer 534, 542.  
 Uranit 542.  
 Uranin 420.  
 Urankalkcarbonat 429.  
 Uranocher 404.  
 Uranocircit 542.  
 Uranophan 510.  
 Uranosphärit 404.  
 Uranospinit 534.  
 Uranotantal = Samarskit.  
 Uranothallit 429.  
 Uranotil 510.  
 Uranpecherz 420.  
 Urao 427.  
 Urbanit 458.  
 Urusit 560.  
 Urvölgysit 561.  
 Uwarowit 491.
- V.**
- Valentinit 403.  
 Valenz 247.  
 Vallerit 357.
- Vanadate 535.  
 Vanadinit 535.  
 Varietät 321.  
 Variscit 543.  
 Varveit 406.  
 Vaseline 582.  
 Vauquelinit 562.  
 Veränderung d. Minerale 305.  
 Verbindung, einfache 246.  
 — zusammengesetzte 254.  
 Verbreitung 272.  
 Verdrängung 311, 315.  
 Verdrängungspseudomorphosen 122, 311.  
 Vererzung 126.  
 Verkettung 254.  
 Vermiculit 527.  
 Verstäubung 148.  
 Versteinerungen 125.  
 — Bildung 312.  
 Verwachsung, parallele 78.  
 — zwillingsgemässe 79.  
 — ungleichartiger Krystalle 96.  
 Verwandlung 123.  
 Verwitterung 314.  
 Verzerrte Formen 98.  
 Vesuvian 497.  
 Vicariirende Bestandtheile 268.  
 Vicinalflächen 105.  
 Viertelpyramiden 50.  
 Viertelundulationsglimmerplatte 190.  
 Villarsit 449, 513.  
 Violan 457.  
 Visirgraupen 88.  
 Vitriole 560.  
 Vitriolblei 551.  
 Vivianit 541.  
 Völknerit 382.  
 Voglit 429.  
 Voigtit 526.  
 Volborthit 535.  
 Voltait 560.  
 Voltzin 379.  
 Volumgewicht 223.  
 Vorhauserit 515.  
 Vorkommen 274.  
 Vulkanische Asehe 291.  
 Vulpinit 547.
- W.**
- Wachsen der Krystalle 14, 40, 98.  
 Wad 407.  
 Wärmeleitung 212.

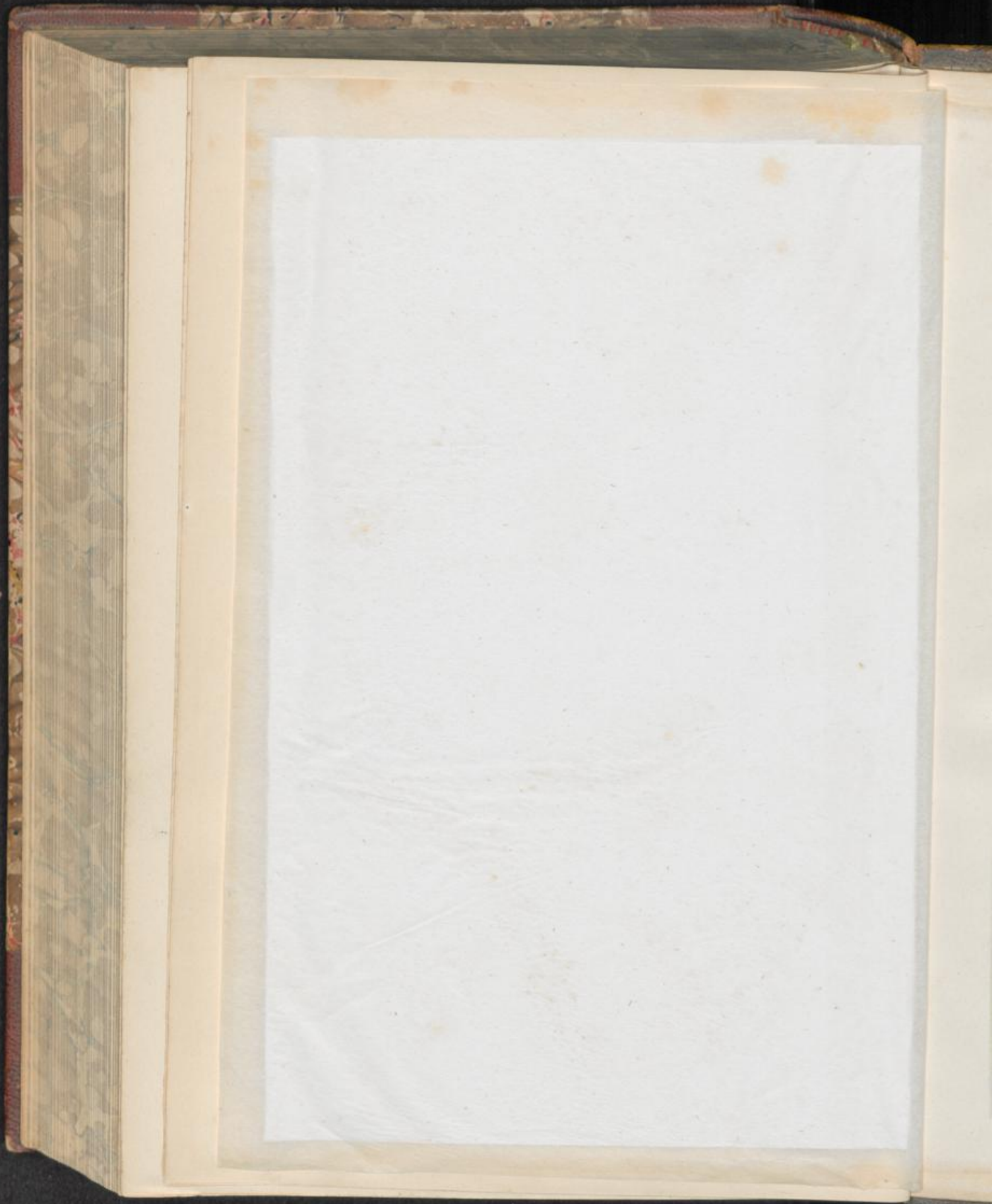
- Wärmestrahlung 212.  
 Wärme und Lichtbrechung 215.  
 Wagnerit 539.  
 Walaït 580.  
 Walchowit 575.  
 Walkererde 529.  
 Walpurgin 534.  
 Waluewit 520.  
 Wapplerit 533.  
 Waringtonit 561.  
 Warwickit 425.  
 Washingtonit 416.  
 Wasser 285, 380.  
 Wasserblei 361.  
 Wasserkies 351.  
 Wassersapphir 492.  
 Wavellit 543.  
 Websterit = Aluminat.  
 Webskyit 516.  
 Wehrlit 363.  
 Weicheisenkies = Markasit.  
 Weissbleierz 429.  
 Weissgiltigerz, dunkles 368.  
 — leichtes 369.  
 Weissgit 473.  
 Weissit 492.  
 Weissnickelkies 344.  
 Weiss'sche Bezeichnung 42.  
 Weiss-Spiessglanz 403.  
 Weisstellur 363.  
 Wellenfläche 198.  
 Wendezwillinge 83.  
 Wernerit 467.  
 Werneritgruppe 465.  
 Westphal'sche Waage 225.  
 Whewellit 574.  
 Whitneyit 346.  
 Widmannstätten'sche Figuren 586.  
 Wiederholungszwillinge 83.  
 Wiesenerz 412.  
 Willemit 450.  
 Williamsit 514.  
 Wilsonit 467.  
 Wiluit 498.  
 Winkel der Krystallflächen 17.  
 Winkel der optischen Axen 186.  
 Wirteliger Bau d. Krystalle 48.  
 Wirt 109.  
 Wiserin 399.  
 Wiserit 429.  
 Wismut 336.  
 Wismutblende 451.  
 Wismutglanz 362.  
 Wismutgold 363.  
 Wismutkobaltkies 344.  
 Wismutocher 404.  
 Wismutsilber 363.  
 Wismutspath 429.  
 Withamit 497.  
 Witherit 431.  
 Withneyit 346.  
 Wittichenit 365.  
 Wocheinit 383.  
 Wöhlerit 532.  
 Wölehit 366.  
 Wörthit 483.  
 Wolfachit 347.  
 Wolframate 562.  
 Wolframbleierz 563.  
 Wolframit 564.  
 Wolframoher 404.  
 Wolfsbergit 365.  
 Wolkonskoit 510.  
 Wollastonit 452.  
 Wolnyn 547, 550.  
 Woodwardit 561.  
 Würfel 70.  
 Würfelerz 535.  
 Wulfenit 562.  
 Wundererde 529.  
 Wurtzit 374, 375, 376.
- X.**
- Xanthit 499.  
 Xanthokon 374.  
 Xanthophyllit 520.  
 Xanthosiderit 411.  
 Xenolith 483.  
 Xenotim 510.  
 Xylit = Xylotil.  
 Xylochlor 508.  
 Xylotil 515.
- Y.**
- Ytterspath = Xenotim.  
 Yttrocerit 573.  
 Yttrilmenit 533.  
 Yttrotalantit 533.  
 Yttritanit 531.
- Z.**
- Zähle 130.  
 Zaratit 429.  
 Zeagonit 504.  
 Zellengalmei 446.  
 Zellenkalk 296, 441.  
 Zellquarz 391.  
 Zeolith 500.  
 Zepharovichit 543.  
 Zerfliessen von Salzen 307.  
 Zerknistern 229.  
 Zersetzung 306.  
 Zeunerit 534.  
 Zeuxit 489.  
 Ziegelerz 403.  
 Zinckenit 364.  
 Zink 376.  
 Zinkblende 374.  
 Zinkblüthe 427.  
 Zinkeisenspath 446, 447.  
 Zinkit 402.  
 Zinkosit 552.  
 Zinkspath 445.  
 Zinkspinell 422.  
 Zinkvitriol 561.  
 Zinn 340.  
 Zinnerz 400.  
 Zinnkies 343.  
 Zinnober 377.  
 Zinnstein 400.  
 Zinnwaldit 524.  
 Zirkelit 532.  
 Zirkon 397.  
 Zoisit 494.  
 Zone 21.  
 Zonenaxe 21.  
 Zonenregeln 47, 48.  
 Zonenverband 22, 46.  
 Zorgit 362.  
 Zundererz 364.  
 Zunyit 485.  
 Zusammensetzungsflächen 117.  
 Zweckenspath 439.  
 Zweiaxig 158.  
 Zwieselit 540.  
 Zwillinge höheren Grades 91.  
 — künstliche 135.  
 — optisches Verhalten 203.  
 Zwillingsaxe 79.  
 Zwillingsbildung durch Druck 134.  
 Zwillingskrystalle 79.  
 Zwillingsriefung 104.  
 Zwillingsstücke 83.  
 Zygadit 478.

## Verbesserungen.

- Pag. 60, Zeile 9 von oben soll es heissen  $\frac{P}{2}$  statt  $\frac{P}{2}$ .
- „ 64, „ 7 „ „ „ „ „ ( $\frac{1}{2}a : 3a : a' : 3c$ ) statt ( $\frac{3}{2}a : 3a : a' : 3b$ ).
- „ 81, „ 1 „ unten „ „ „ Hydrargillit statt Hydrargyllit.
- „ 91, „ 2 „ „ ist Glaserit zu streichen.
- „ 239, „ 5 „ „ soll es heissen 46·67 statt 64·67.
- „ 336, „ 10, 26 und 38 von oben ist statt  $\pi$  immer  $\rho$  zu setzen.
- „ 351, „ 21 von oben soll es heissen (011) = 99° 40' statt 80° 20'.
- „ 406, bei Hausmannit „ „ „ H. = 5... 5·5 statt 5·4.
- „ 483, Zeile 9 von oben: (110) = 69° statt (100) = 69°.
- „ 532, „ 10 „ unten: Polymignit statt Polymignyt.
- „ 536, „ 3 „ oben: Eusynchit statt Eusychnit.







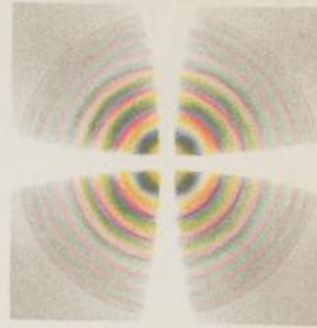
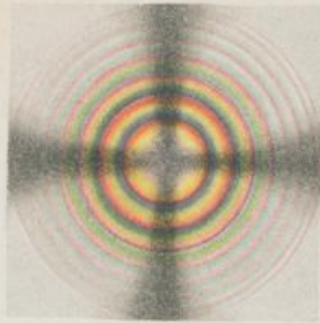
A

B

Kalkspath.

C

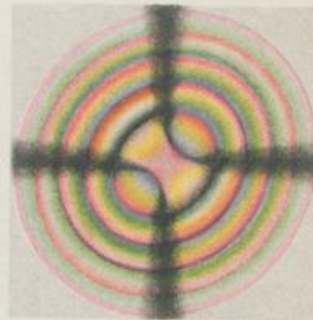
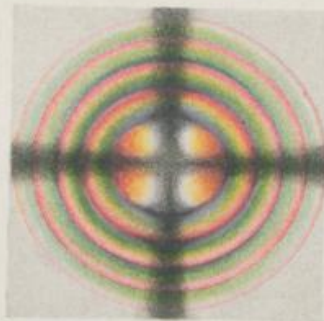
Tafel I.



D

Glauberit.

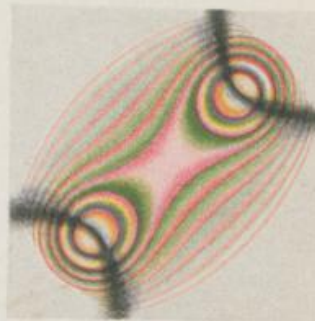
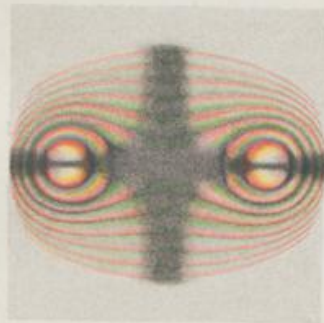
E



F

Aragmit.

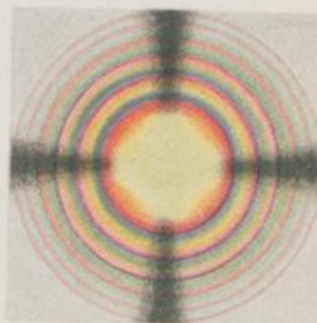
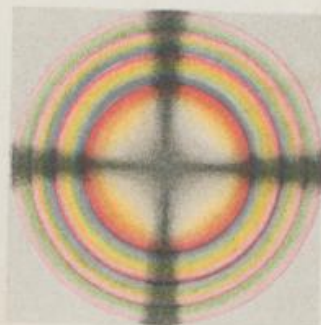
G

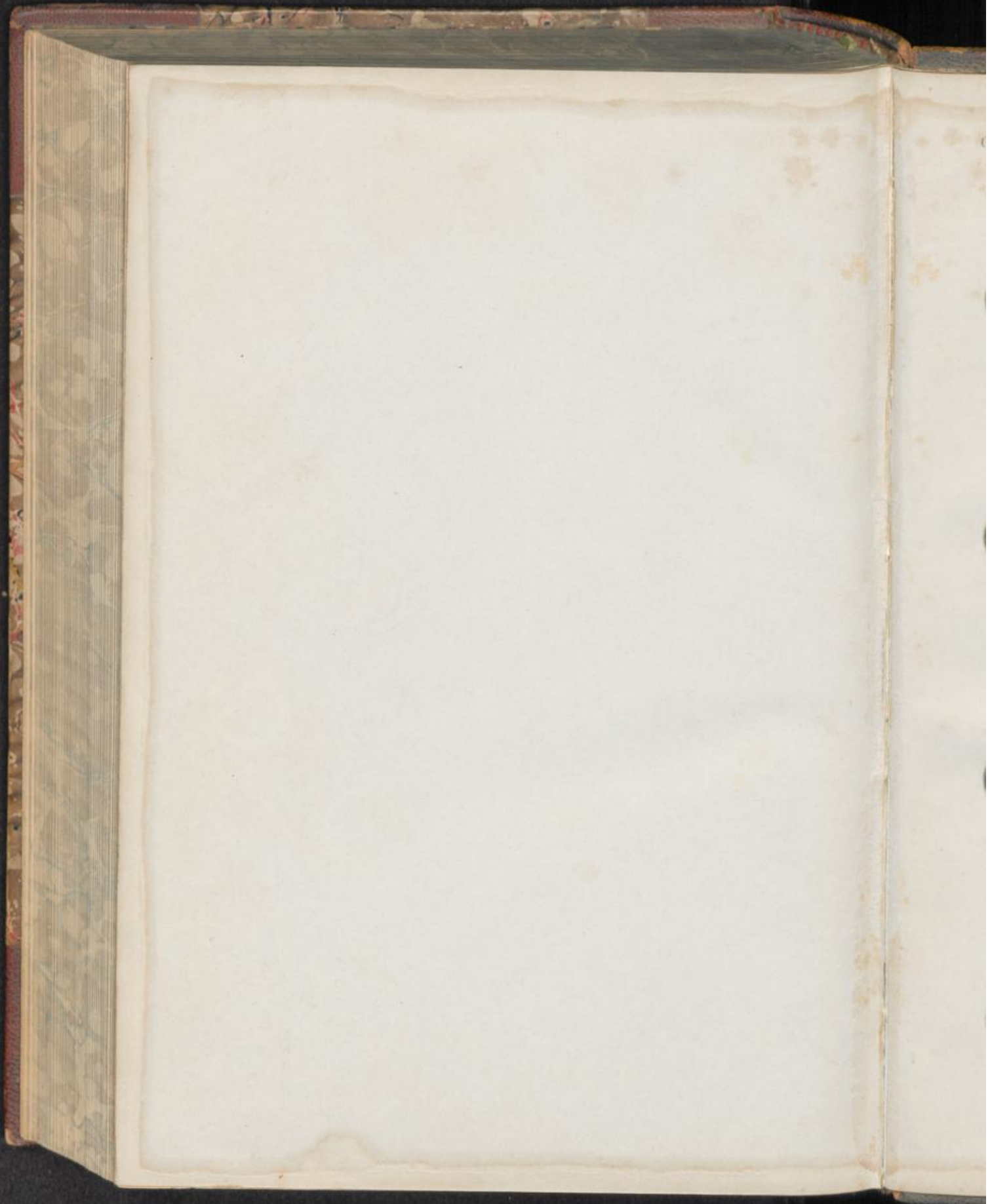


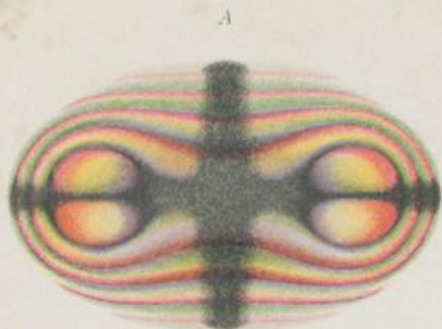
H

Quarz.

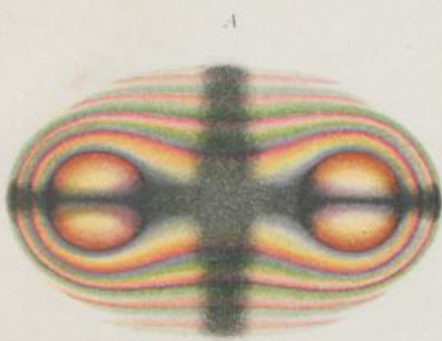
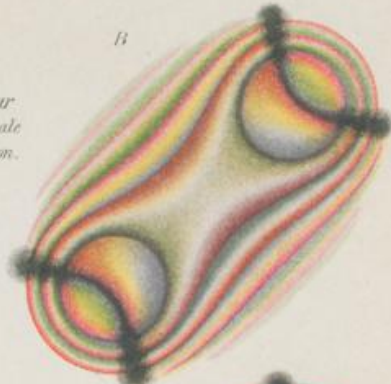
I



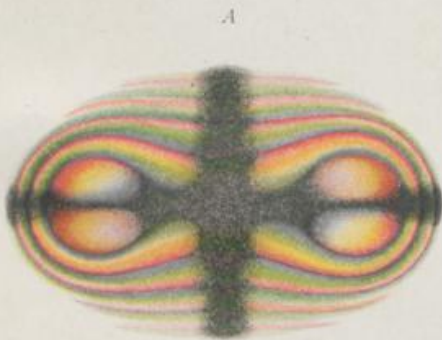
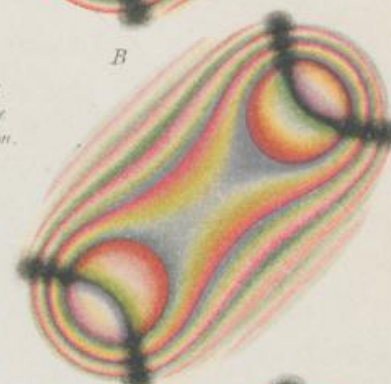




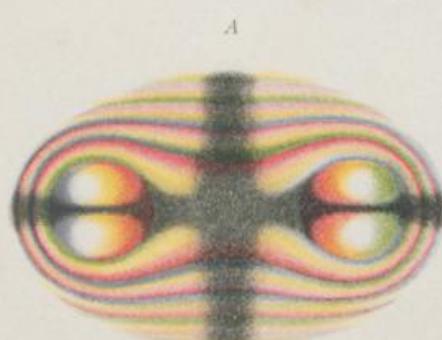
*Adular*  
*Horizontale*  
*Dispersion.*



*Gyps*  
*Geneigte*  
*Dispersion.*



*Borax*  
*Gedrehte*  
*Dispersion.*



*Oligoklas*  
*Asymmetrische*  
*Dispersion.*

