

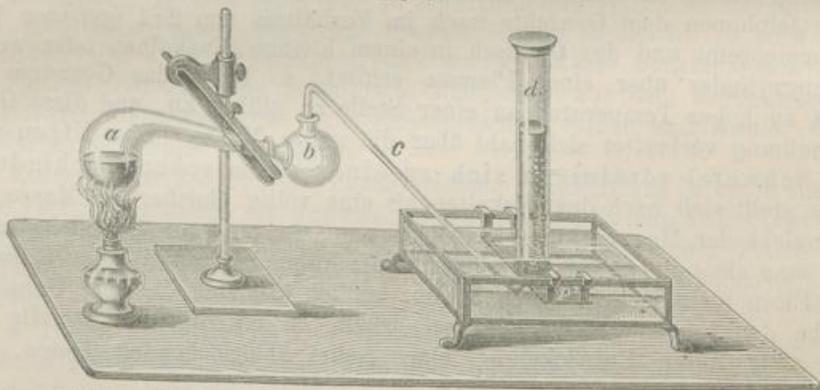
Zweiter Abschnitt.

Grundbegriffe der Chemie und Krystallographie.

§ 15. Chemische Grundstoffe und Verbindungen. Die Naturkörper sind meist aus einer gewissen Anzahl von Stoffen zusammengesetzt, bei denen eine weitere substantielle Zerlegung bisher nicht gelungen ist, die man darum Grundstoffe oder chemische Elemente nennt. Man kennt mehr als sechzig Elemente. Einzelne derselben kommen ungemischt und unverbunden mit anderen Elementen als selbständige Naturkörper vor, wie der Schwefel, der Kohlenstoff und mehrere Metalle, wie Silber, Gold, Platin. Durch chemische Vereinigung zweier oder mehrerer Grundstoffe entsteht ein neuer, zusammengesetzter Körper oder eine chemische Verbindung, deren Eigenschaften von denen ihrer Bestandteile verschieden sind.

Chemische Zerlegung. Erhitzt man einige Gramm des unter dem Namen roter Präcipitat oder Quecksilberoxyd bekannten Pulvers

Fig. 2.



in einer kleinen Retorte *a* von hartem, schwer schmelzbarem Glase, nachdem man mit dem Halse der Retorte die doppelt tubulierte Vorlage *b* und mit dieser dann das Gasleitungsrohr *c* verbunden hat (Fig. 2), so zersetzt sich bei anfangender Rotglühhitze das Quecksilberoxyd, welches beim Erhitzen zuerst dunkel und fast schwarz wird, und es entweicht, zuerst noch mit atmosphärischer Luft gemengt, eine Gasart, der Sauerstoff, und ein Metall, das Quecksilber, verdichtet sich aus seinen Dämpfen in dem kälteren Halse der Retorte, setzt sich hier in Form eines Quecksilberspiegels an und fließt dann tropfenweise in die Vorlage *b*. Der Sauerstoff entweicht durch das Glasrohr *c* und wird endlich im Cylinder *d* aufgefangen. Dieser Cylinder ist, mit Wasser gefüllt, in einer pneumatischen Wanne umgekehrt auf die mit einer Öffnung versehene Brücke *p* gestellt und die Mündung des Glasrohres *c* unter diese Öffnung gebracht. Das Sauerstoffgas steigt in Blasen im Cylinder empor, indem ein gleiches Volumen Wasser ausfließt.

Um die Eigenschaften dieses Gases darzustellen, schiebt man den Cylinder von der Brücke in das tiefere Wasser der Wanne, verschließt hier die Mündung durch eine Glasplatte, drückt diese an, hebt dann den Cylinder heraus und stellt ihn aufrecht. Zieht man dann die Platte weg, so

giebt ein in den Cylinder eingetauchter, glimmender Holzspan durch seine lebhaftere Verbrennung die Anwesenheit des Sauerstoffs, eines anderen Gases als der atmosphärischen Luft, zu erkennen. (Vergl. § 19.) Das Quecksilberoxyd in der Retorte verschwindet allmählich spurlos und, wie bei sorgfältiger Ausführung des Versuches sich nachweisen läßt, ist das Gesamtgewicht des in *b* gesammelten Quecksilbers und des in *d* aufgefangenen und in den Vorlagen vorhandenen Sauerstoffs gleich dem Gewicht des zu ihrer Darstellung verwandten Quecksilberoxyds.

Chemische Verbindung. Mischt man Eisenpulver (*ferrum pulveratum*) und Schwefelblumen in beliebigem Verhältnis in einer Reibschale innig zusammen, so erhält man ein mechanisches Gemenge beider Stoffe, in welchem diese ihre besonderen Eigenschaften beibehalten. Man erkennt deutlich mit bloßem Auge oder unter dem Mikroskop die Teilchen des gelben Schwefels neben denen des grauen Eisens und kann durch den Magneten die Eisenteilchen dem Gemenge entziehen, oder durch Aufschwemmen desselben in Wasser das schwerere Eisen in der Bodenschicht von dem leichteren Schwefel trennen, oder wenn man das Gemenge mit Salzsäure (§ 20a) übergießt, so löst sich das Eisen vollständig unter Entwicklung eines brennbaren Gases, des Wasserstoffes, auf und der Schwefel bleibt unverändert zurück. — Wenn man aber Eisenpulver und Schwefelblumen dem Gewichte nach im Verhältnis von 2:1 (genauer 7:4) zusammenreibt und das Gemisch in einem kleinen Glaskolben oder weiten Reagiercylinder über einer Flamme erhitzt, so fängt das Gemenge bei nicht zu hoher Temperatur an einer Stelle zu glühen an, und diese Glüherscheinung verbreitet sich bald über die ganze Masse. Das Eisen und der Schwefel vereinigen sich zu einer chemischen Verbindung. Diese stellt sich nach dem Erkalten als eine völlig gleichartige Masse dar, auf welche der Magnet keine Einwirkung ausübt, und aus der sich, nachdem man sie pulverisiert hat, durch Aufschwemmen mit Wasser Schwefel und Eisen nicht mehr trennen lassen; endlich löst sich die neue Substanz, welche den Namen Schwefeleisen erhält, in Salzsäure vollständig auf und zwar unter Entwicklung eines sehr übelriechenden Gases, des Schwefelwasserstoffs.

Bei einem mechanischen Gemenge können die Elemente nach allen Verhältnissen zusammentreten, in einer chemischen Verbindung sind sie in bestimmten, unwandelbaren Verhältnissen, sowohl dem Gewicht als (§ 18) dem Volumen nach, miteinander vereinigt. Eine mechanische Mischung zeigt die mittleren Eigenschaften ihrer Bestandteile, in der chemischen Verbindung sind die Eigenschaften der Teilelemente nicht mehr zu erkennen, dieselbe charakterisiert sich dagegen durch ganz andere Eigenschaften als ihre Bestandteile oder ein Gemenge derselben. So verbinden sich Sauerstoffgas und Wasserstoffgas chemisch zu flüssigem Wasser (§ 19a), Chlorgas und Natrium-Metall zu Chlornatrium oder Kochsalz (§ 19f). Die Verbindung heißt eine binäre, ternäre, quaternäre, je nachdem sie 2, 3, 4 Grundstoffe enthält.

Um die Zusammensetzung chemischer Verbindungen aus ihren Grundstoffen möglichst kurz und übersichtlich darzustellen, werden die Grundstoffe durch abgekürzte Symbole bezeichnet, welche von den Anfangsbuchstaben ihrer (lateinischen) Namen hergenommen sind. Durch diese Zeichen werden gleichzeitig die Gewichtsverhältnisse ausgedrückt, nach welchen sie, wie in § 17 näher erläutert wird, in ihre Verbindungen eintreten. So bedeutet das Zeichen H (Hydrogenium)

1 Gew
23 Gw
tigeren

durch
mitein
sche
chemi
stoff,
u. s.
klären
tallen

ist ve
Queck
man
in ein
wird
ihre S
als Qu
säure
Silber
das I
der L
salpet

schon
Dieser
Elemen
wie v
und 4
gießt
von d
aussch

Augen
in st
licher
Schwe
Schwe
Elemen

D
rühr
Einwi
den S
Wärm
bald
oder
das Q
und S
ratur,
Siedep

1 Gewichtsteil Wasserstoffgas, O (Oxygenium) 16 Gwt. Sauerstoffgas, Na (Natrium) 23 Gwt. Natrium u. s. f. Die Namen, Zeichen und Verbindungsgewichte der wichtigeren chemischen Grundstoffe sind in der in § 16 folgenden Tabelle enthalten.

§ 15a. Chemische Verwandtschaft oder Affinität. Die Kraft, durch welche die Bestandteile eines chemisch zusammengesetzten Körpers miteinander vereinigt und in Verbindung erhalten werden, heißt chemische Verwandtschaftskraft oder Affinität. Solch eine Kraft oder chemisches Vereinigungsstreben nimmt man zwischen Quecksilber und Sauerstoff, Eisen und Schwefel, Wasserstoff und Sauerstoff, Natrium und Chlor u. s. w. an, um die in § 15 erwähnten chemischen Verbindungen zu erklären; dagegen findet z. B. zwischen Eisen und Silber, von welchen Metallen uns eine chemische Verbindung nicht bekannt ist, keine Affinität statt.

Der Grad dieser Affinität zwischen den verschiedenen Grundstoffen ist verschieden. Aus dem Zinnober, einer chemischen Verbindung von Quecksilber mit Schwefel, läßt sich leicht das Quecksilber darstellen, wenn man Zinnober mit Eisenpulver (15 Gwt. Zinnober mit 4 Gwt. Eisenpulver) in einem Reagiercylinder stark erhitzt; aus Schwefel-Quecksilber und Eisen wird Schwefel-Eisen und Quecksilber, d. h. Quecksilber und Eisen haben ihre Stellen vertauscht, weil Eisen eine stärkere Affinität zu Schwefel hat als Quecksilber. Ebenso wenn man in eine Auflösung von Silber in Salpetersäure (Höllensteinlösung) ein Stück blankes Kupfer eintaucht, so wird das Silber in Form einer weißgrauen, schwammigen Masse ausgeschieden und das Kupfer tritt an seine Stelle, wie sich schon aus dem Farbenwechsel der Lösung erkennen läßt. Aus salpetersaurem Silber und Kupfer wird salpetersaures Kupfer und Silber.

Einen derartigen Prozeß, durch welchen ein Element in einer chemischen Verbindung durch ein anderes ersetzt wird, nennt man Substitution. Dieselbe kann auch in einem gegenseitigen Vertauschen der Plätze der Elemente zweier Verbindungen bestehen (doppelte Wahlverwandtschaft), wie wenn man z. B. die (farblosen) Lösungen von 5 Teilen Jod-Kalium und 4 Teilen Chlor-Quecksilber (Quecksilberchlorid), in Wasser zusammen gießt: es gehen hervor Chlor-Kalium und Jod-Quecksilber (Quecksilberjodid), von denen das letztere sich augenblicklich als ein pulverförmiger Körper ausscheidet, der anfangs gelb ist, sehr bald aber prächtig scharlachrot wird.

Häufig kommt die Affinität der Elemente erst zur Wirkung in dem Augenblick, wo dieselben, aus Verbindungen austretend, frei werden, d. i. in statu nascendi. So zeigen Wasserstoff und Schwefel unter gewöhnlichen Verhältnissen keine Neigung sich chemisch zu verbinden, wird aber Schwefeleisen mit Schwefelsäure übergossen, so tritt der Schwefel aus dem Schwefeleisen aus und der Wasserstoff aus der Schwefelsäure, und beide Elemente vereinigen sich in statu nascendi zu Schwefelwasserstoff.

Die Vereinigung zweier Grundstoffe erfolgt bisweilen schon durch bloße Berührung bei gewöhnlicher Temperatur. Der Regel nach ist zu einer chemischen Einwirkung erforderlich, daß sich wenigstens einer der beiden auf einander wirkenden Stoffe im flüssigen oder luftförmigen Aggregatzustand befinde. Ferner ist die Wärme von großem Einfluß auf die Affinität chemischer Bestandteile, indem sie bald die Affinität aufhebt und dadurch Zersetzungen herbeiführt, bald sie erregt oder steigert und dadurch Verbindungen veranlaßt. Ein Beispiel dafür giebt das Quecksilberoxyd (§ 15), welches sich in der Rotglühhitze in Quecksilber und Sauerstoff zerlegt; andererseits bildet sich umgekehrt bei niedriger Temperatur, nämlich durch anhaltendes Erhitzen des Quecksilbers bis nahe zu seinem Siedepunkt (§ 209), bei Luftzutritt Quecksilberoxyd. Schwefel und Metalle ver-

binden sich chemisch erst bei hoher Temperatur (§ 15). Umgekehrt ist die chemische Vereinigung in der Regel von einer Wärmeentwicklung begleitet. Besonders intensiv pflegt dieselbe bei den Oxydations- (Verbrennungs-) Prozessen zu sein, die in einer Vereinigung der Grundstoffe mit Sauerstoff bestehen (§ 243). Ähnlich wie die Wärme verhält sich das Licht (§ 152) und die Elektrizität (§§ 339—344).

§ 16. Tabelle der wichtigeren chemischen Grundstoffe. Man unterscheidet metallische und nichtmetallische Grundstoffe, ohne jedoch zwischen beiden Gruppen eine scharfe Grenze ziehen zu können. Die Metalle stimmen im allgemeinen im festen Aggregatzustand (mit Ausnahme des Quecksilbers), in der Undurchsichtigkeit, dem Metallglanz und beträchtlicher Festigkeit und Dehnbarkeit, großer Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektrizität (§§ 232, 263, 319), sowie in gewissen chemischen Eigenschaften überein. Die sogenannten Leichtmetalle (Metalle der Alkalien und Erden) sind durch große Affinität zum Sauerstoff (leichte Oxydierbarkeit) und geringes spezifisches Gewicht ausgezeichnet. Unter den in der folgenden Tabelle aufgeführten Schwermetallen besitzen die sechs letzten die geringste Affinität zum Sauerstoff, sind daher schwer oxydierbar und werden Edelmetalle genannt. Das Quecksilber ist das einzige bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Metall.

Namen.	Zeichen.	Verbindungs- gewicht.	Namen.	Zeichen.	Verbindungs- gewicht.
Nichtmetalle.			Schwermetalle.		
Sauerstoff (Oxygenium)	O	16	Mangan	Mn	55
Wasserstoff (Hydrogenium)	H	1	Chrom	Cr	52,2
Stickstoff (Nitrogenium)	N	14	Eisen (Ferrum)	Fe	56
Schwefel (Sulphur)	S	32	Kobalt	Co	58,7
Selen	Se	79	Nickel	Ni	58,7
Tellur	Te	128	Zink	Zn	65
Chlor	Cl	35,5	Cadmium	Cd	112
Brom	Br	80	Indium	In	35,9(?)
Jod	J	127	Kupfer	Cu	63,5
Fluor	Fl	19	Blei (Plumbum)	Pb	207
Phosphor	P	31	Thallium	Tl	204
Kohlenstoff (Carbo)	C	12	Uranium	U	120
Bor	Bo	11	Wolfram	W	184
Silicium	Si	22	Arsen	As	75
Leichtmetalle.			Antimon (Stibium)	Sb	129
Kalium	K	39,1	Wismut (Bismuthum)	Bi	210
Natrium	Na	23	Zinn (Stannum)	Sn	118
Cäsium	Cs	133	Titan	Ti	50
Rubidium	Rb	85,4	Quecksilber (Hydrargyrum)	Hg	200
Lithium	Li	7	Silber (Argentum)	Ag	108
Barium	Ba	137	Gold (Aurum)	Au	196,7
Strontium	Sr	87,5	Platin	Pt	197,1
Calcium	Ca	40	Palladium	Pd	106
Magnesium	Mg	24	Iridium	Jr	197
Aluminium	Al	27,4			

Ein neues Metall, Davyum (Da) ist 1877 von Kern entdeckt worden (von silberartiger Farbe und in Königswasser löslich, spec. Gew. 9,385 bei 25° C.) und zwar in den Rückständen, die er bei der Behandlung von Platinerzen erhalten.

§ 17. Vereinigung der Grundstoffe nach bestimmten Gewichtsverhältnissen. Gesetz der multiplen Proportionen. Verbindungsgewichte, Molekulargewichte, chemische Formeln. Die Vereinigung zweier oder mehrerer Grundstoffe zu einer chemischen Verbindung findet stets nach bestimmten Gewichtsverhältnissen statt, und es tritt weder bei der Zerlegung einer Verbindung in ihre Elementarbestandteile, noch bei der Vereinigung der Elemente zu einer chemischen Verbindung ein Gewichtsverlust ein. (Prinzip der Erhaltung der Substanz).

Wenn man bei der Darstellung des Quecksilbers aus dem roten Quecksilberoxyd (§ 15) oder aus Zinnober mit Eisen (§ 15a) die Gewichtsmengen des sich ergebenden Quecksilbers untersucht, so findet sich, daß die gleiche Menge (100 Gewichtsteile) Quecksilber im Quecksilberoxyd mit 8 Gwt. Sauerstoff, im Zinnober mit 16 Gwt. Schwefel verbunden ist, ebenso sind in einer als Eisenoxydul bezeichneten Verbindung von Eisen mit Sauerstoff und in Schwefeleisen (§ 15) 28 Gwt. Eisen verbunden bezüglich mit 8 Gwt. Sauerstoff und 16 Gwt. Schwefel, d. h. dieselben Gewichtsmengen Quecksilber (100 Gwt.), und Eisen (28 Gwt.) sind chemisch vereinigt mit den gleichen Gewichtsmengen Sauerstoff (8 Gwt.) und Schwefel (16 Gwt.), und ebenso können sich Sauerstoff und Schwefel chemisch mit einander im Gewichtsverhältnis von 8:16 verbinden. Auf gleiche Weise vereinigt sich 1 Gwt. Wasserstoff mit 8 Gwt. Sauerstoff zu 9 Gwt. Wasser, 23 Gwt. Natrium mit 35,5 Gwt. Chlor zu 58,5 Gwt. Chlornatrium oder Kochsalz u. s. f.

Bilden ferner zwei Grundstoffe mehrere verschiedene Verbindungen, so stehen die Gewichtsmengen, in welchen sie sich vereinigen, unter einander in sehr einfachen Zahlenverhältnissen. So bildet z. B. Stickstoff mit Sauerstoff folgende fünf Verbindungen:

Stickstoffoxydul	$N_2O = 28$ Gwt. Stickstoff u.	16 Gwt. Sauerstoff.
Stickstoffoxyd	$N_2O_2 = 28$ " " "	32 = 2.16 " "
Salpetrige Säure (Anhydrid)*	$N_2O_3 = 28$ " " "	48 = 3.16 " "
Untersalpetersäure (Anhydrid)*	$N_2O_4 = 28$ " " "	64 = 4.16 " "
Salpetersäure (Anhydrid)*	$N_2O_5 = 28$ " " "	80 = 5.16 " "

Man erklärt dies am einfachsten durch die Annahme, daß in diesen Verbindungen dieselbe Anzahl von Stickstoffatomen mit je 1, 2, 3, 4, 5 Sauerstoffatomen (§ 5) vereinigt ist. Die in obiger Tabelle angegebenen Verbindungsgewichte drücken demnach gleichzeitig die Gewichtsverhältnisse der Atome oder die Atomgewichte der Grundstoffe aus. Das Atomgewicht oder Verbindungsgewicht des Wasserstoffs wird dabei, als das kleinste, als Einheit gewählt. Nimmt man nun (aus Gründen, die im folgenden Paragraphen erläutert werden) an, daß in jeder der genannten Verbindungen zwei Stickstoffatome enthalten sind, so können dieselben durch die beigezeichneten Formeln N_2O , N_2O_2 , u. s. f. bezeichnet werden,

*) Anhydrid, wasserfrei (*à privativum* — *ἄνωγ*).

welche angeben, wieviel Stickstoffatome und wieviel Sauerstoffatome in jeder dieser Verbindungen vereinigt sind. Nennt man ferner den durch jede dieser Formeln ausgedrückten Atomkomplex ein Molekül der entsprechenden Verbindungen, so drücken die Formeln zugleich die Molekulargewichte der Verbindungen aus.

Bei der Darstellung der chemischen Formeln ist zu bemerken, daß die Indices an den chemischen Zeichen nur für das betreffende Element gelten; gehen in eine zusammengesetzte Verbindung Vielfache einfacher Verbindungen ein, so werden diese mit einem Koeffizienten versehen, der dann für alle Elemente der Verbindung gilt. Beispielsweise ist die chemische Zusammensetzung des Wassers durch H_2O dargestellt, d. i.

$$\begin{array}{l} 2 \text{ Vbg. H} = 2 \text{ Gwt. Wasserstoff,} \\ + 1 \text{ Vbg. O} = 16 \text{ Gwt. Sauerstoff,} \end{array}$$

geben zusammen 18 als das Verbindungsgewicht des Wassers.

Die Zusammensetzung der als Kupfervitriol bekannten Krystalle ist ausgedrückt durch die chemische Formel $CuSO_4 + 5 H_2O$; d. i.

$$\begin{array}{l} 1 \text{ Vbg. Cu} = 63,5 \text{ Gwt. Kupfer,} \\ + 1 \text{ „ S} = 32 \text{ „ Schwefel,} \\ + 4 \text{ „ O} = 64 \text{ „ Sauerstoff} \end{array}$$

und 5 Vbg. Wasser, d. i.

$$\begin{array}{l} 10 \text{ „ H} = 10 \text{ „ Wasserstoff,} \\ + 5 \text{ „ O} = 80 \text{ „ Sauerstoff;} \end{array}$$

im ganzen also wird 249,5 das Verbindungsgewicht des kristallisierten Kupfervitriols.

Man pflegt bei Verbindungen das Zeichen des Metalls voranzusetzen, schreibt also CuS Schwefelkupfer, PbO Bleioxyd, $NaCl$ Chlornatrium u. s. f.

Man teilt die Verbindungen gewöhnlich ein in unorganische, welche aus dem Mineralreich stammen oder mineralischen Verbindungen ähnlich sind, und in organische, welche ihren Ursprung im Tier- oder Pflanzenreiche haben oder mit derartigen Verbindungen übereinstimmen.

§ 18. Dichtigkeiten und Molekulargewichte gasförmiger Verbindungen. Die Dichtigkeiten der Grundstoffe im gasförmigen Aggregatzustand, z. B. des Wasserstoffgases, Stickstoffgases, Sauerstoffgases, Chlorgases (§ 14), stehen in demselben Verhältnis wie ihre chemischen Verbindungsgewichte, so daß sie, wenn man die Dichtigkeit des Wasserstoffgases als Einheit wählt, durch dieselben Zahlen (1:14:16:35,5) ausgedrückt werden. Es folgt daraus, daß in gleichen Raumteilen gleich viele Atome jedes dieser Gase enthalten sind, oder daß diese (sowie die meisten anderen) chemisch einfachen Gase, gleiches Atomvolumen besitzen.

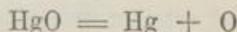
Die chemische Vereinigung gasförmiger Grundstoffe findet stets nach einfachen Volumenverhältnissen statt. So verbindet sich 1 Vol. Wasserstoffgas H mit 1 Vol. Chlorgas Cl zu 2 Vol. Chlorwasserstoffgas HCl ; ferner 2 Vol. Wasserstoffgas H_2 mit 1 Vol. Sauerstoffgas O zu 2 Vol. Wasserdampf H_2O ; 3 Vol. Wasserstoffgas H_3 mit 1 Vol. Stickstoffgas N zu 2 Vol. Ammoniakgas NH_3 u. s. f., so daß das Molekulargewicht der Verbindung jedesmal 2 Raumteilen im Gaszustande entspricht. Es folgt daraus, daß in gleichen Raumteilen gleich viele Moleküle gasförmiger Verbindungen enthalten sind, oder daß chemisch zusammengesetzte Gase gleiches Molekularvolumen besitzen. (Gesetz von Avogadro, 1811.) Die Dichtigkeiten der zusammengesetzten Gase und Dämpfe sind daher ihren Molekulargewichten proportional, wie aus der folgenden Tabelle ersichtlich ist, in welcher die Dichtigkeit des Wasserstoffgases = 2 gesetzt ist:

	Dichtigkeit.	Molekulargewicht.		Dichtigkeit.	Molekulargewicht.
Wasserstoff H ₂	2	2.1 = 2	Wasserdampf H ₂ O	18	2.1 + 16 = 18
Stickstoff N ₂	28	2.14 = 28	Ammoniak NH ₃	17	3.1 + 14 = 17
Sauerstoff O ₂	32	2.16 = 32	Grubengas CH ₄	16	4.1 + 12 = 16
Chlor Cl ₂	71	2.35,5 = 71	Ölbildendes		
Chlorwasserstoff			Gas C ₂ H ₄	28	4.1 + 2.12 = 28
HCl	36,5	1+35,5 = 36,5	Cyngas C ₂ N ₂	52	2.14+2.12=52.

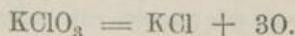
Wie aus dieser Tabelle ersichtlich ist, muß man, um das Gesetz von Avogadro auch auf die einfachen Gase auszudehnen, die Annahme machen, daß das Molekulargewicht der einfachen Grundstoffe gleich ihrem doppelten Atomgewicht ist, oder daß sich im unverbundenen Zustande je 2 (beim Phosphor und Arsen je 4) Atome zu einem Molekül vereinigen, eine Annahme, die übrigens auch durch andere Gründe rein chemischer Natur unterstützt wird. Vergleiche auch das Verhalten der Gase gegen die Wärme (§ 230). — Nach dem angegebenen Gesetz ist es möglich, die Dichtigkeit gasförmiger Verbindungen von bekannter Zusammensetzung aus ihrem Atomgewicht vor auszuberechnen.

§ 19. Sauerstoff, Säuren, Basen, Oxyde. Der Sauerstoff, O=16, ein farbloses und geruchloses Gas, vom spec. Gew. 1,1082, bildet einen Hauptbestandteil der Erdatmosphäre. Diese ist im wesentlichen ein Gemenge von 21 Raumteilen Sauerstoffgas und 79 Raumteilen Stickstoffgas, nebst einem geringen, veränderlichen, im Mittel etwa 0,5 Prozent betragenden Gehalt an Kohlensäure und einem ebenfalls wechselnden Gehalt an Wasserdampf (§ 218). Außerdem findet sich der Sauerstoff im chemisch gebundenen Zustande im Wasser (89 Prozent), in fast allen Gebirgs- und Bodenarten, in allen Tier- und Pflanzenkörpern, so daß gewiß $\frac{1}{3}$ vom Gewicht der Erde Sauerstoff ist.

Die Darstellung des Sauerstoffs aus Quecksilberoxyd ist bereits im § 15 ausgeführt worden; dieselbe läßt sich durch die chemische Gleichung:



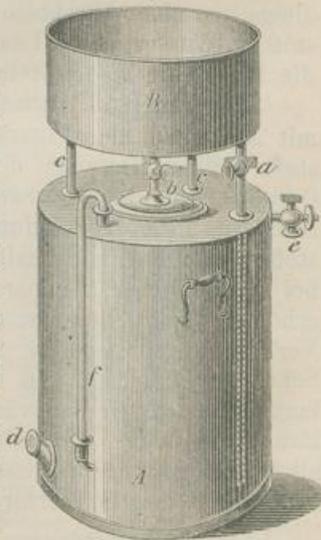
veranschaulichen. Ebenso ist der Sauerstoff durch vorsichtiges Erwärmen von Kaliumchlorat (chlorsaurem Kali) in einer Glasretorte zu erhalten; Sauerstoff entweicht, Chlorkalium bleibt zurück, wie sich aus der Formel ergibt:



Bei dieser Darstellung empfiehlt es sich, das Kaliumchlorat vorsichtig mit ungefähr $\frac{1}{3}$ seines Gewichtes gepulverten Braunsteins zu vermischen. Das Gas entwickelt sich alsdann sehr rasch und wird zweckmäßig, zu späterem Gebrauch, in einem Gasbehälter aufgesammelt, wie ihn Fig. 3 zeigt. Derselbe besteht aus zwei cylindrischen Gefäßen, dem geschlossenen A, dem eigentlichen Behälter für das Gas, und dem oben offenen Gefäß B, dem Wasserbehälter, das wie ein Trichter durch die beiden mit Hähnen verschließbaren Röhren a und b mit A in Verbindung gesetzt werden kann. Das Rohr a reicht bis fast auf den Boden von A hinab, während b nur die Deckfläche von A mit B verbindet; c, c sind Stützen für B. Dicht über dem Boden von A befindet sich ein durch eine Schraube mit Lederscheibe verschließbares Ansatzrohr d, und oben das mit einem Hahn und Schraubengewinde versehene Ansatzrohr e. Das Glasrohr f an der Seite dient zur Erkennung des inneren Wasserstandes.

Will man den Behälter mit Wasser füllen, so öffnet man zunächst die

Fig. 3.



Hähne *a*, *b* und *e* und gießt so lange Wasser in *B*, bis dasselbe aus *e* abzulaufen anfängt; dann schließt man den Hahn *e*; die noch in *A* befindliche Luft entweicht jetzt, bei fernem Eingießen von Wasser, durch das Rohr *b*. Ist *A* mit Wasser gefüllt, so verschließt man *a* und *b*, stellt den Behälter über eine Wanne, die das abfließende Wasser aufnehmen soll, und führt das mit der Retorte verbundene Glasrohr durch *d* in *A* ein. Durch das eintretende Gas wird das Wasser aus *A* verdrängt und fließt durch *d* aus. Ist *A* mit Gas gefüllt, so verschließt man *d* und öffnet den Hahn *a*, wodurch Wasser aus *B* in *A* einzudringen vermag und das Gas unter dem Druck einer Wassersäule von ziemlicher Höhe steht. Um nunmehr das Gas aus dem Behälter zu verwenden, läßt man dasselbe entweder aus *e* durch ein angeschraubtes Rohr ausströmen, oder benützt das Gefäß *B* als pneumatische Wanne, indem man das Rohr *b* öffnet und das ausströmende Gas, wie in der Figur zu § 15 angedeutet ist, auffängt.

Der Sauerstoff zeichnet sich vor anderen Gasen dadurch aus, daß brennbare Körper in demselben mit lebhafterem Glanz und größerer Wärmetwicklung als in der Luft verbrennen (§ 15). Entzündeter Schwefel verbrennt mit schönem blauen Licht, Phosphor mit blendender, hell leuchtender Flamme, ebenso Natrium, das man etwa brennend in einem eisernen Löffel in Sauerstoff bringt, mit intensiv gelbem Licht. Taucht man eine schraubenförmig aufgewickelte Uhrfeder mit einem unten befestigten, entzündeten Stückchen Feuerschwamm in ein mit Sauerstoff gefülltes Gefäß, so entzündet sich durch den brennenden Schwamm auch das Eisen und verbrennt mit lebhaftem Funkensprühen. Die Produkte der Verbrennung sind Sauerstoffverbindungen.

Wird die Verbrennung von Phosphor, Schwefel und Natrium in einem Glasgefäß vorgenommen, in dem sich noch etwas Wasser befindet, so erfüllt sich das Gefäß mit weißen Nebeln, die sich bald zu Boden setzen. Diese Nebel sind Sauerstoffverbindungen der genannten Elemente. Sie lösen sich im Wasser auf und erteilen demselben — die Verbrennungsprodukte von Phosphor und Schwefel einen sauren Geschmack, die Natriumverbindung einen laugenhaften, alkalischen Geschmack. Man nennt darum die ersteren Säuren (§ 20b), die letztere eine Basis. Zur Unterscheidung von Säuren und Basen dient auch eine Auflösung von Lackmus, einem aus einer Flechtenart (*roccella tinctoria*) dargestellten blauen Farbstoff, in Wasser; diese Lösung wird durch die Säuren rot gefärbt, während die Basen die so gerötete Flüssigkeit wieder blau färben (Lackmuspapier).

Der Sauerstoff vermag sich mit allen übrigen bekannten Grundstoffen, mit Ausnahme des Fluors, zu vereinigen. Die Verbindungen des Sauerstoffs heißen Oxyde; der Prozeß der Vereinigung mit Sauerstoff heißt Oxydation, der entgegengesetzte Prozeß der Abscheidung der Grundstoffe aus ihren Verbindungen mit Sauerstoff Reduktion. Manche Grundstoffe vereinigen sich mit dem Sauerstoff schon durch bloße Berührung bei gewöhnlicher Temperatur. Bei anderen erfolgt die Vereinigung bei erhöhter Temperatur unter lebhafter Wärme- und Lichtentwicklung im Verbrennungsprozeß (§ 243), wie, vergleiche oben, beim Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor. In anderen Fällen endlich findet die Oxydation nur langsam statt, wie bei vielen Metallen, auch beim Phosphor, oder nur auf indirektem Wege, wie beim Stickstoff. Der Sauerstoff ist zur Unterhaltung aller Verbrennungsprozesse, sowie des menschlichen und tierischen Lebens (Atmung), wesentlich erforderlich.

Über die Verbindungen des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff vergleiche § 20. Die übrigen nichtmetallischen Grundstoffe bilden im allgemeinen zahlreichere, verschiedene Verbindungen mit Sauerstoff. So kann sich z. B., wie

bereits
Verhält
oder h
mit W
säur
z. B. d
Du
welches
Eigens
wasse
ähnlich
ist Na
Da
wicht d
Wage
Eisensp
durch
eine F
mit de
De
stein r
Quecks
§
ein far
gering
Sauerst
standt
brenn
gas m
Abkühl
Zustan
L
teile z
mit W
stoffs
Wasse
Bei
der en
dem ch
Um d
man i
füllen
Stücke
Wass
dem d
ser auf
mit W
Um
zustell
Woul
und 6
das Zi
und na
Joc

bereits oben (§ 17) erwähnt, der Stickstoff auf indirektem Wege in fünf verschiedenen Verhältnissen mit Sauerstoff vereinigen. Die sauerstoffreicheren Verbindungen oder höheren Oxydationsstufen haben in der Regel die Eigenschaft, sich mit Wasser zu Säuren (s. unten § 20b) zu vereinigen und werden deshalb säurebildende Oxyde oder wasserfreie Säuren (Anhydride) genannt, wie z. B. die wasserfreie Schwefelsäure, Phosphorsäure, Salpetersäure.

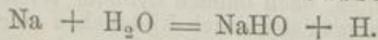
Durch Verbrennung des Schwefels entsteht schwefligsaures Gas SO_2 , welches durch seinen intensiv stechenden Geruch und durch seine bleichenden Eigenschaften kenntlich ist (§ 19c); durch Verbrennung des Phosphors entsteht wasserfreie Phosphorsäure P_2O_5 , ein fester Körper, welcher weißse, schneeähnliche Flocken bildet (§ 19d); endlich das Verbrennungsprodukt des Natriums ist Natriumoxyd oder Natron (vergl. § 20).

Dafs bei der Verbrennung, d. i. einer Vereinigung mit Sauerstoff, das Gewicht der Körper zunimmt, läfst sich durch folgenden Versuch darthun. An einer Wage wird ein Hufeisenmagnet aufgehängt und durch Eintauchen seiner Pole in Eisenpulver mit einem Eisenbart versehen. Nach Herstellung des Gleichgewichtes durch Auflegen von Gewichten auf die andere Wagschale wird das Eisen durch eine Flamme entzündet. Dasselbe verbrennt unter Glimmen langsam, und die mit dem Magnet belastete Wagschale senkt sich allmählich.

Der Sauerstoff wurde zuerst 1774 von Scheele durch Kochen von Braunstein mit Schwefelsäure und gleichzeitig von Priestley durch Erhitzen von Quecksilberoxyd dargestellt.

§ 19a. Wasserstoff, Knallgas, Wasser. Der Wasserstoff, $\text{H} = 1$, ein farb- und geruchloses Gas, welches unter allen bekannten Gasen die geringste Dichtigkeit besitzt, kommt nur in Verbindung, besonders mit Sauerstoff als Wasser, vor; auch ist der Wasserstoff ein wesentlicher Bestandteil fast aller Tier- und Pflanzenstoffe. Das Wasserstoffgas ist brennbar, indem sich bei seiner Verbrennung zwei Raumteile Wasserstoffgas mit einem Raumteil Sauerstoffgas zu Wasser verbinden, welches durch Abkühlung des bei der Verbrennung gebildeten Wasserdampfes im flüssigen Zustand niedergeschlagen werden kann.

Durch den galvanischen Strom wird das Wasser in seine Bestandteile zerlegt (§ 339). Oder bringt man die Metalle Kalium oder Natrium mit Wasser zusammen, so verdrängt das Metall einen Teil des Wasserstoffs aus seiner Verbindung mit Sauerstoff und tritt an die Stelle des Wasserstoffs. Es findet eine Substitution statt (§ 15a):

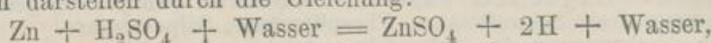


Bei Anwendung von Kalium entzündet sich der entweichende Wasserstoff infolge der bei dem chemischen Prozeß eintretenden Wärme. Um den Wasserstoff aufzusammeln, bringt man in einen umgekehrten, mit Wasser gefüllten Cylinder mittelst einer Pincette ein Stückchen Natrium. Das Metall steigt im Wasser auf, verschwindet nach und nach, indem das entstehende Natronhydrat vom Wasser aufgelöst wird, und der Cylinder füllt sich mit Wasserstoff an.

Um Wasserstoff in gröfserer Menge darzustellen, übergießt man Abfälle von Zinkblech in einer sogenannten Woulfschen Flasche (Fig. 4) mit verdünnter Schwefelsäure (1 Vol. Säure und 6 Vol. Wasser), am zweckmäßigsten in der Weise, dafs man zuerst das Zink mit Wasser übergießt und dann durch das Trichterrohr *b* nach und nach die erforderliche Schwefelsäure, beim weiteren Nachfüllen aber



die verdünnte Schwefelsäure, zugießt. Es entsteht sogleich unter Aufschäumen Wasserstoffgas, welches durch *c* zu einer pneumatischen Wanne geführt werden kann (vergl. Fig. 2). Der stattfindende chemische Prozess läßt sich darstellen durch die Gleichung:



d. h. das Zink tritt durch Substitution an die Stelle des Wasserstoffs, und es entsteht Zinksulfat, welches nach dem Filtrieren und Eindampfen in Nadeln auskrystallisiert.

Die verdünnte Schwefelsäure dient zur Auflösung des entstehenden Zinkoxyds unter Bildung von Zinksulfat. Um dasselbe zu entfernen, drückt man die Schlauchverbindung *c* nach dem Leitungsrohr zu; alsdann treibt das entwickelte Gas durch seinen Druck die Flüssigkeit durch das im dritten Hals der Flasche angebrachte Heberrohr *d* in ein untergestelltes, wegen der Hitze dünnwandiges, Becherglas.

Wasserstoffgas läßt sich leicht entzünden und brennt mit bläulicher, nicht leuchtender Flamme; man darf es jedoch, um eine Explosion zu vermeiden, nicht eher anzünden, als bis alle Luft ausgetrieben ist. Zieht man von einem auf der pneumatischen Brücke mit Wasserstoff gefüllten Cylinder die Glasplatte ab und nähert der nach oben gekehrten Öffnung eine Flamme, so verbrennt das Gas unter schwachem Verpuffen und zwar allmählich von oben nach unten durch Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft, und man beschleunigt die Verbrennung durch schnelles Zugießen von Wasser. Hält man aber die Öffnung des Cylinders nach unten, so bleibt das Gas wegen seiner Leichtigkeit in dem Cylinder, und wenn man einen brennenden Wachsstock hineinführt, so entzündet derselbe das Gas an der Mündung, erlischt aber im Inneren des Gases, brennt beim Herausziehen wieder an, und so läßt sich das Erlöschen und Wiederanzünden wiederholen. Der Wasserstoff ist also brennbar, vermag aber nicht das Verbrennen zu unterhalten.

Die schwache Flamme des brennenden Wasserstoffgases zeigt sich am besten, wenn man in die Kautschukverbindung *c* ein zu einer Spitze ausgezogenes Glasrohr einführt und das ausströmende Gas anzündet.

Der Wasserstoff ist 14,5 mal leichter als atmosphärische Luft und eignet sich darum vorzugsweise zum Füllen kleiner Luftballons (vergl. § 104), wobei anzuraten ist, das Gas erst durch ein Gefäß mit Wasser gehen zu lassen, um es zu reinigen und durch ein U-förmiges, mit Chlorcalcium (CaCl_2) gefülltes Glasrohr, um es zu trocknen. Mit Wasserstoff gefüllte Seifenblasen steigen rasch empor. Aus einem mit Wasserstoff gefüllten, oben offenen Cylinder verschwindet das Gas in wenigen Sekunden spurlos, wie man sich durch Eintauchen eines brennenden Holzspans leicht überzeugen kann, wird dagegen die Öffnung des Cylinders nach unten gehalten, so findet sich das Gas noch nach einigen Minuten vor.

Wird ein Gemisch von 2 Vol. Wasserstoff mit 5 Vol. Luft, oder besser mit 1 Vol. Sauerstoff, also in demselben Volumenverhältnis, als beide Gase chemisch verbunden im Wasser vorkommen, entzündet, so erfolgt eine augenblickliche Verbrennung zu Wassergas unter heftiger Explosion. Ein derartiges Gemisch, Knallgas genannt, in eine Schweinsblase gefüllt, kann dazu dienen, auf Seifenwasser Blasen zu erzeugen, an denen sich die explosive Wirkung leicht zeigen läßt. Derartige Blasen kann man auch in Seifenwasser, welches sich in der hohlen Hand befindet, darstellen und ohne Gefahr entzünden. Bei der Verbrennung des Knallgases entsteht die höchste Temperatur, die man zu erzeugen imstande ist (über 3000°).

Wegen der großen Gefahr einer Explosion darf man das Gemisch nicht vorher in einem Gasbehälter bereiten, sondern beide Gase erst im Augenblick ihrer Vereinigung zusammentreten lassen, was entweder dadurch geschieht, daß man Sauerstoff aus einem Gasbehälter in eine Wasserstofflampe bläst, oder daß man beide Gase aus einem Daniellschen Hahn ausströmen läßt. In einem solchen (Fig. 5) strömen durch die concentrischen Röhren *a* und *b*, der Sauerstoff aus

einem C
beide G
Weise,
In der
des K
andere
zen, ve
lebhaft
spitzes
(Drum
setzung
Strom
lich au

I
stoff
bei de
Wasse
kurzer
sind,
im Kn
2 Vol
gung
erst i
rührun
verein
sches

Gerue
blauen
211
desti
flücht
gehen
Amme
E
Sauer

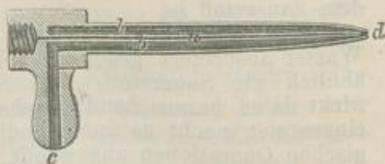
und
in de
außer
einig
enthä

schen
abges
(am
mitte
mit K
wobe
bind

der

einem Gasbehälter und der Wasserstoff vermittelt eines seitlichen Rohres *c*, und beide Gase vereinigen sich beim Austreten aus der Mündung *d* und zwar in der Weise, daß der Sauerstoff in das Innere der Wasserstoffflamme geleitet wird.

Fig. 5.



In der dadurch zu erhaltenden spitzen Flamme des Knallgasgebläses lassen sich Platin und andere schwer schmelzbare Substanzen schmelzen, verbrennt ein Eisendraht (Uhrfeder) unter lebhaftem Funkensprühen und glüht ein zugespitztes Stück Kreide mit sonnenähnlichem Glanze (Drummondsches Kalklicht). Wenn bei der Zersetzung des Wassers durch den galvanischen Strom Sauerstoff und Wasserstoff gemeinschaftlich aufgefangen werden, so erhält man Knallgas (§ 339).

Die wichtigste Verbindung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff ist das Wasser; $2H + O = H_2O$. Diese Verbindung tritt ein bei der Verbrennung des Wasserstoffs in der Luft; hält man über eine Wasserstoffflamme ein trockenes Glas, so beschlägt dasselbe und nach kurzer Zeit bilden sich Tropfen, welche als Wassertropfen zu erkennen sind. Auch bei der Verbrennung des Wasserstoffs in reinem Sauerstoff, im Knallgasgebläse, entsteht Wasser und zwar stets unter Vereinigung von 2 Vol. Wasserstoff mit 1 Vol. Sauerstoff (§ 18). Die chemische Vereinigung beider Elemente tritt nicht bei gewöhnlicher Temperatur ein, sondern erst in der Glühhitze oder durch den elektrischen Funken; aber in Berührung mit reinem Platinblech oder besser mit Platinschwamm (§ 107) vereinigen sich dieselben schon bei gewöhnlicher Temperatur (Döbereinersches Feuerzeug).

Das Wasser in reinem Zustande ist von fadem Geschmack, ohne Geruch, in dünnen Schichten farblos durchsichtig, in dickeren von grünblauer Farbe. Über seine physikalischen Eigenschaften vergl. §§ 201, 204, 211 u. s. w. Um chemisch reines Wasser zu erhalten, wird dasselbe destilliert (§ 211), bei welchem Verfahren die in Wasser gelösten, nicht flüchtigen Substanzen zurückbleiben. Das bei der Destillation zuerst übergehende Wasser ist noch abzugießen, weil es Kohlensäure und Spuren von Ammoniak enthält.

Eine zweite, höhere Oxydationsstufe des Wasserstoffs, welche doppelt so viel Sauerstoff enthält als das Wasser, ist das Wasserstoffsuroxyd, H_2O_2 .

§ 19b. Stickstoff. Der Stickstoff, $N = 14$, ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, vom spec. Gew. 0,9736, ist im freien Zustande in der atmosphärischen Luft (dem Vol. nach 0,79) enthalten und kommt außerdem chemisch verbunden in vielen Tier- und Pflanzenstoffen und in einigen Fossilien, wie Steinkohlen und Salpeter, vor. (Trockenes Eiweiß enthält 15,5, Salpeter 13 Prozent Stickstoff.)

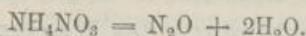
Zur Darstellung des Stickstoffs entzieht man der atmosphärischen Luft den Sauerstoff, indem man entweder unter einer mit Wasser abgesperrten Glocke, oder einer weiten Flasche mit abgesprengtem Boden (am besten) Phosphor verbrennt, den man durch die obere Öffnung vermittelt eines heißen Drahtes entzündet, — oder indem man durch ein mit Kupferdrehspänen gefülltes, glühendes Porzellanrohr trockene Luft leitet, wobei sich der Sauerstoff derselben mit dem Kupfer zu Kupferoxyd verbindet.

Der Stickstoff ist nicht brennbar, auch unterhält er das Verbrennen der Körper nicht, sondern erstickt eine Flamme augenblicklich, auch läßt

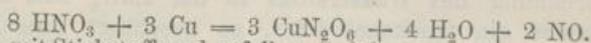
er sich nicht einatmen. Er geht nur schwer mit anderen Elementen Verbindungen ein.

Von den bereits in § 17 erwähnten fünf Verbindungen des Stickstoffs mit dem Sauerstoff ist

N_2O , Stickstoffoxydul, ein farbloses Gas vom Gew. 1,5. Ein Vol. Wasser absorbiert gegen 0,75 Vol. des Gases. Es unterhält die Verbrennung ähnlich wie Sauerstoff. Mit Sauerstoff gemischt läßt es sich einatmen und wirkt dabei berauschend, weshalb es auch Lustgas genannt wird. Unvermischt eingeatmet macht es unempfindlich gegen Schmerz und wird deshalb bei chirurgischen Operationen angewandt. Es entsteht durch Erhitzen von Ammoniumnitrat in einer Glasretorte, wobei dasselbe schmilzt und in Stickstoffoxydul und Wasser zerfällt:

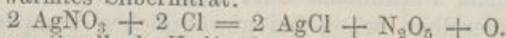


N_2O_2 oder NO , Stickstoffoxyd, ein farbloses Gas vom Gew. 1,04, wird erhalten, wenn man Kupfer mit Salpetersäure übergießt (in einem Apparat wie Fig. 4):

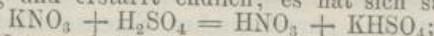


Öffnet man ein mit Stickstoffoxyd gefülltes Gefäß, so entstehen rote Dämpfe, indem sich der Sauerstoff der Luft mit Stickstoffoxyd zu Stickstoffdioxid (NO_2) verbindet. Ein bis auf den Boden des Gefäßes reichender Streifen Lackmuspapier wird in diesen Dämpfen gerötet, im Stickstoffoxyd aber nicht verändert. Läßt man einige Tropfen Schwefelkohlenstoff in einem mit Stickstoffoxyd gefüllten Cylinder verdampfen, so läßt sich die Mischung entzünden und verbrennt mit einer prachtvoll blauen Flamme.

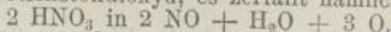
N_2O_5 , das Anhydrid der Salpetersäure, erhält man durch Überleiten von Chlor über erwärmtes Silbernitrat:



Wenn man in einem Sandbade Kalisalpeter (Kaliumnitrat) mit Schwefelsäure gelinde erhitzt, so wird das Kalium durch ein Atom Wasserstoff ersetzt; es entwickeln sich Dämpfe von Salpetersäure. Der Inhalt der Retorte schmilzt anfangs, wird dann dickflüssig und erstarrt endlich; es hat sich saures Kaliumsulfat gebildet:



bei Anwendung von Natronsalpeter ist der Prozeß derselbe. Die überdestillierende Salpetersäure, HNO_3 , ist eine farblose, stechend riechende, an der Luft rauchende Flüssigkeit mit dem Gew. 1,52. Sie färbt die Haut gelb, zerstört organische Stoffe und bleicht gewisse Farbstoffe, wie Indigolösung. Erwärmt man einige Tropfen Salpetersäure und fügt Kupferspäne hinzu, so entwickeln sich die roten Dämpfe von Stickstoffdioxid, es zerfällt nämlich:



Verdünnte Salpetersäure vom Gew. 1,30 ist unter dem Namen Scheidewasser bekannt, weil dieselbe Silber und Kupfer, nicht aber Gold löst, dieses also von jenen scheidet. — Die Verbindung des Stickstoffs mit Wasserstoff, Ammoniak NH_3 , siehe § 20a.

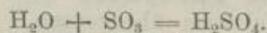
§ 19c. Schwefel. Der Schwefel, $S = 32$, ein spröder, fester Körper, von gelber Farbe, undurchsichtig oder durchscheinend, geschmacklos und geruchlos, Nichtleiter der Wärme und der Elektrizität, der aber gerieben elektrisch wird (§ 272), vom spec. Gew. 2,045, kommt im freien Zustande (gediegen) vor, besonders in Sicilien, außerdem in Verbindung mit Metallen im Schwefelkies, Kupferkies, Bleiglanz, Zinnober (§ 15a) u. s. f., mit Sauerstoff und Metallen verbunden in Gips und Schwerspat.

Beim Erhitzen schmilzt er bei 111° zu einer gelben, dünnen Flüssigkeit, die sich bei höherer Temperatur dunkler färbt und bei 200° dunkelbraun und zähflüssig wird. Gießt man alsdann den dickflüssigen Schwefel in kaltes Wasser, so erstarrt derselbe zu einer durchscheinenden, elastischen braunen Masse, vom Gew. 1,93; er ist amorph; nach einigen Tagen jedoch wird er wieder gelb, spröde und undurchsichtig. Über den Dimorphismus der Schwefelkrystalle vergl. § 26. Der Schwefel siedet bei 420°

und bildet ein gelbbraunes Gas, vom Gew. 2,2 (bei 800°). Mischt sich der Schwefeldampf mit kalter Luft, so geht er sofort in den festen Zustand über in Form eines zarten, gelben Pulvers, das unter dem Namen Schwefelblumen bekannt ist.

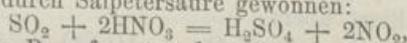
Der Schwefel ist brennbar; seine blaue Flamme ist wenig leuchtend, weil das Verbrennungsprodukt schweflige Säure (SO₂) gasförmig ist. Er besitzt, aufser zu Sauerstoff, auch zu anderen Elementen starke Affinität, namentlich zu den Metallen, mit denen er sich oft unter Licht- und Wärmeentwicklung zu Schwefelmetallen vereinigt. (Vergl. § 15.) Ein Kupferdraht, in die braunroten Dämpfe des Schwefels gebracht, verbindet sich unter Erglühen mit dem Schwefel zu Schwefelkupfer.

Durch Verbrennung des Schwefels entsteht schwefligsaures Gas, SO₂, Schwefeldioxyd, welches durch seinen intensiv stechenden Geruch und bleichende Eigenschaften kenntlich ist; dasselbe wird von Wasser absorbiert und zwar nimmt 1 Vol. Wasser bei 15° über 40 Vol. des Gases auf, so dafs man das Gas nicht über Wasser auffangen kann. Die Lösung des Gases in Wasser reagiert sauer und wird zum Bleichen der Wolle, Seide u. s. f. verwandt. Das schwefligsaure Gas verbindet sich unter geeigneten Umständen mit einer neuen Quantität Sauerstoff zu wasserfreier Schwefelsäure, SO₃. Diese ist ein fester Körper und bildet weifse, faserige, seidenglänzende Krystalle. Sie besitzt grofse Affinität zum Wasser, mit welchem sie sich unter lebhafter Wärmeentwicklung zu flüssiger Schwefelsäure vereinigt:



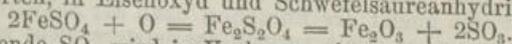
Mehrere andere Oxydationsstufen des Schwefels können nur in der Vereinigung mit Wasser als Säuren bestehen.

Die Schwefelsäure, H₂SO₄, findet sich in geringer Menge in einigen vulkanischen Mineralquellen der Cordilleren, häufiger in schwefelsauren Salzen (§ 20b), von denen der Gips CaSO₄ (Calciumsulfat), der Schwerspat BaSO₄ und das Bittersalz MgSO₄ sehr verbreitet sind. Sie wird fabrikmäfsig durch Oxydation des Schwefeldioxydes durch Salpetersäure gewonnen:



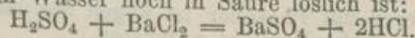
und zwar durch diesen Prozeß unter dem Namen englische Schwefelsäure. Diese ist eine farblose, dickflüssige, ölarartige (Vitriolöl), nicht rauchende Flüssigkeit vom Gew. 1,84, welche bei 330° siedet. Sie zerstört die meisten Pflanzen- und Tierstoffe, indem sie dieselben schwärzt oder auflöst. Aus der Luft zieht sie lebhaft Wasser an; beim Vermischen mit Wasser erhitzt sie sich bis zum Sieden, was von der chemischen Vereinigung mit neuen Anteilen Wasser herrührt: man gießt darum zum Vermischen der Schwefelsäure mit Wasser die erstere unter Umrühren vorsichtig in das letztere, aber nicht umgekehrt.

Die rauchende Schwefelsäure, Nordhäuser Vitriolöl, eine gelbliche, ölarartige Flüssigkeit vom Gew. 1,9, welche an der Luft raucht und sich unter Zischen mit Wasser mischt. Man kann sie als eine Auflösung von SO₃ in H₂SO₄ ansehen, welche erstere aus der Luft Feuchtigkeit anzieht und sich mit dieser zu H₂SO₄ verbindet. Dargestellt wird sie aus Eisenvitriol (FeSO₄ + 7H₂O). Bei mäfsiger Erhitzung verliert dieses Salz zuerst das Wasser, dann wird daraus unter Aufnahme von Sauerstoff Ferrisulfat und dieses zersetzt sich, durch Glühen in thönernen Retorten, in Eisenoxyd und Schwefelsäureanhydrid:



Das entweichende SO₃ wird in Vorlagen mit etwas Wasser oder H₂SO₄ aufgefangen. Beim Erhitzen der rauchenden Schwefelsäure in einer Retorte geht die wasserfreie Schwefelsäure über und läfst sich in einer gut abgekühlten Vorlage verdichten.

Ein empfindliches Reagens auf Schwefelsäure ist Bariumchlorid, eine wasserhelle Flüssigkeit, die beim Eintropfen in Wasser, welches Spuren von Schwefelsäure enthält, einen weifsen, wolkigen Niederschlag von Bariumsulfat giebt, welches weder in Wasser noch in Säure löslich ist:

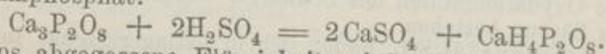


§ 19d. Phosphor, P = 31, kommt in der Natur sehr verbreitet vor, jedoch nur in Verbindung mit Sauerstoff in Form von Salzen der

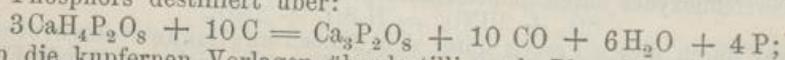
Phosphorsäure (§ 20b), Phosphaten. Kleine Mengen solcher Salze finden sich in der Ackererde und werden aus dieser von den Pflanzen, besonders zur Samenbildung, aufgenommen. Durch die Nahrung gelangen dann die Phosphorsalze in den Tierkörper und so findet sich zuletzt Calciumphosphat $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$ als ein wesentlicher Bestandteil der Knochen der Wirbeltiere vor. Die Knochen enthalten 58 Prozent Calciumphosphat, d. h. nahezu 12 Gwt. Phosphor, und in dem Knochengewebe eines erwachsenen Mannes (6—7,5 kg) finden sich 0,65—0,75 kg Phosphor vor.

Der Phosphor, ein fester, gelblicher Körper von wachsähnlicher Konsistenz, besitzt sehr giftige Eigenschaften und wird seiner leichten Entzündlichkeit wegen zum Reibfeuerzeug benutzt (§ 241). Spec. Gew. 1,83. Er schmilzt bei 44° zu einer schwach gelblichen Flüssigkeit, die bei 290° siedet und ein farbloses Gas bildet. An der Luft oxydiert er schon bei gewöhnlicher Temperatur, indem er weißer Nebel bildet, die im Dunkeln leuchten und einen knoblauchartigen Geruch haben. Er entzündet sich bei 60° , also schon durch Reibung. Um den Phosphor gegen die Einwirkung der Luft zu schützen, wird er unter Wasser aufbewahrt, in welchem er unlöslich ist. Er löst sich leicht in Schwefelkohlenstoff. Über die Allotropie des Phosphors, den roten Phosphor, s. § 26.

Zur Darstellung des Phosphors wird Knochenasche gepulvert und mit verdünnter Schwefelsäure übergossen. Es bildet sich Gips und saures Calciumphosphat:

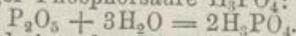


Die vom Gips abgegossene Flüssigkeit wird mit Kohlenpulver vermengt; bei starker Glühhitze entzieht die Kohle der Phosphorsäure den Sauerstoff, es bildet sich Kohlenoxydgas und ungefähr $\frac{2}{3}$ des in der Masse enthaltenen Phosphors destilliert über:



der in die kupfernen Vorlagen überdestillierende Phosphor wird dann zur Reinigung nochmals destilliert und, unter Wasser geschmolzen, in Glasröhren geformt.

Durch Verbrennung des Phosphors entsteht wasserfreie Phosphorsäure P_2O_5 , ein fester Körper, welcher weißer, schneeähnliche Flocken bildet. Derselbe vereinigt sich, wie die wasserfreie Schwefelsäure, unter lebhafter Wärmeentwicklung mit Wasser zu flüssiger Phosphorsäure H_3PO_4 :



Durch unvollständige Oxydation des Phosphors entstehen phosphorige und unterphosphorige Säure.

Um die Streichhölzer leicht und sicher zum Brennen zu bringen, taucht man dieselben bei der Anfertigung zuerst in geschmolzenen Schwefel, ehe man sie mit der Zündmasse versieht, die ursprünglich in einem Brei aus 1 Gwt. Phosphor, 3 Gwt. Dextrin, 40 Gwt. Mennige und 5 Gwt. Salpetersäure besteht. Beim Anstreichen entzündet sich zuerst der Phosphor, dann der Schwefel und endlich das Holz. Brennender Phosphor allein vermag das letztere nicht zu entzünden, weil die bei der Verbrennung entstehende Phosphorsäure, ein festes Produkt, das Holz überzieht und vor dem Zutritt der Luft schützt. Die schwefelfreien Streichhölzer werden zur Entzündung des Holzes vorher an dem einen Ende durch Auflegen auf eine glühende Platte etwas angebraunt. Die Zündmasse der sogenannten schwedischen Streichhölzer besteht aus Kaliumchlorat und Schwefel, während die Reibfläche mit einem Gemenge von rotem Phosphor und Schwefelantimon versehen ist.

Beim Experimentieren mit Phosphor ist wegen der leichten Entzündlichkeit und Giftigkeit desselben große Vorsicht anzuraten.

§ 19e. Der Kohlenstoff, $\text{C} = 12$, ist sehr verbreitet in der Natur; er ist in allotropen Zuständen als Holzkohle, Steinkohle, tierische Kohle,

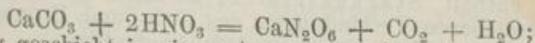
krystallisiert als Graphit und Diamant bekannt (§ 26). Im gebundenen Zustande kommt er in der Kohlensäure vor und als wesentlicher Bestandteil aller Tier- und Pflanzenstoffe und der fossilen Reste derselben.

Der Diamant ist Kohlenstoff in vollkommen reinem, krystallisiertem Zustande, der härteste aller Körper, vom spec. Gew. 3,5, unschmelzbar, in Sauerstoff verbrennbar zu Kohlensäure. — Der Graphit, Reifsblei, ebenfalls reiner, krystallinischer Kohlenstoff, grauschwarz, metallisch glänzend, vom spec. Gew. 2,5, wird mit Thon vermischt zu feuerfesten Schmelztiiegeln verwandt.

Die organischen Stoffe werden in der Glühhitze zerstört und der größte Teil ihres Kohlenstoffgehaltes bleibt, bei Ausschluß der Luft, als organische Kohle zurück, als Holzkohle durch Verkohlung des Holzes in Meilern, als Coaks durch Destillation der Steinkohle, als tierische Kohle durch Verkohlung von Tierstoffen. Diese Arten von Kohle sind sehr porös und zeichnen sich durch ihr Absorptionsvermögen für Gase aus: 1 Vol. dichter Holzkohle absorbiert bei 0° und gewöhnlichem Luftdruck 171 Vol. Ammoniak, 68 Vol. Kohlensäure und 18 Vol. Sauerstoff (§ 107). Aus Flüssigkeiten nimmt die poröse Kohle, besonders die Knochenkohle, manche Farbstoffe, sowie riechende und faulende Substanzen auf; pulverisierte Knochenkohle mit Rotwein oder einer Farbholzbrühe gekocht und filtriert giebt eine farblose Flüssigkeit, daher ihre Anwendung zur Entfärbung des Zuckersirups, zum Trinkbarmachen verdorbenen Wassers (Kohlenfilter) u. s. f.

Kohlenstoff verbrennt an der Luft zu Kohlensäure CO_2 , Kohlendioxyd, einem farblosen Gase, welches schwerer ist als atmosphärische Luft, — spec. Gew. 1,53, — und zur Unterhaltung der Atmung und Verbrennung untauglich ist. Von Wasser wird dasselbe bei niedriger Temperatur, und namentlich unter erhöhtem Druck, ziemlich leicht absorbiert und erteilt demselben einen angenehmen, schwach säuerlichen Geschmack. 1 Vol. Wasser nimmt bei 15° 1 Vol. des Gases auf; bringt man dasselbe unter höherem Druck mit Wasser in Verbindung, so absorbiert das Wasser stets nur 1 Vol. des zusammengepreßten Gases, aber dem Druck entsprechend eine größere Gewichtsmenge; hört der Druck auf, so entweicht die Kohlensäure mit Heftigkeit. Lackmuspapier wird in kohlensäurehaltigem Wasser schwach rot gefärbt, erhält aber beim Stehen an der Luft wieder die blaue Farbe, weil sich die Kohlensäure verflüchtigt. —

In vulkanischen Gegenden strömt die Kohlensäure in großer Menge aus der Erde (Hundsgrotte bei Neapel), auch findet sie sich in Bergwerken unter dem Namen der bösen Wetter, ferner in geringer Menge in der atmosphärischen Luft (§ 19). Der Sauerstoff der Luft wird beim Atmen in der tierischen Lunge durch Oxydation verbraucht und Kohlensäure ausgeatmet. Ein Mensch atmet in 24 Stunden gegen 1 kg oder 500 Liter Kohlensäure aus; dagegen atmen die Pflanzen Kohlensäure ein und Sauerstoff aus. — Um die Kohlensäure ganz rein zu erhalten, übergießt man Calciumkarbonat (Kreide oder Marmor) mit Salpetersäure (oder Salzsäure):



die Entwicklung geschieht in einem Apparat wie Figur 4.

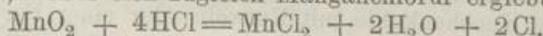
Durch unvollständige Verbrennung der Kohle, bei mangelhaftem Luftzutritt, entsteht das brennbare, bei der Einatmung äußerst giftig wirkende Kohlenoxydgas CO . Dasselbe verbrennt mit blauer Flamme zu Kohlendioxyd.

Das Oxyd des Siliciums, die Kieselsäure SiO_2 , bildet einen Hauptbestandteil der meisten krystallinischen Gesteine (Silikate), aus welchen die feste Erdrinde zusammengesetzt ist. Es gehören hierher Feldspat, Glimmer, Granit, Gneis, Thon u. a. Im reinen Zustand kommt die Kieselsäure als Quarz, krystallisiert als Bergkrystall vor.

§ 19f. Chlor, Brom, Jod, Fluor. Diese vier Grundstoffe zeigen in ihrem chemischen Verhalten eine große Ähnlichkeit und bilden die be-

sondere Gruppe der Halogene oder Salzbildner, weil sie sich mit den Metallen unmittelbar zu salzartigen Verbindungen vereinigen, welche zum Unterschied von den Sauerstoffsalzen (§ 20b) als Haloidsalze bezeichnet werden (§ 20a).

A. Das Chlor, $\text{Cl} = 35,5$, ist ein grünlichgelbes Gas von eigentümlichem, erstickendem Geruch, beim Einatmen in geringer Menge stark zum Husten reizend. Wegen seiner zerstörenden Einwirkung auf organische Farbstoffe und miasmatische Ausdünstungen ist dasselbe vielfach als Bleich- und Desinfektionsmittel in Gebrauch (Eau de Javelle). Seine zerstörende Wirkung auf organische Stoffe ist darauf zurückzuführen, daß es diesen den Wasserstoff entzieht und sich mit demselben zu Salzsäure HCl (§ 20a) verbindet. Chlor dient zum Bleichen von Baumwolle; tierische Wolle, Seide u. a. werden durch Chlor gelb gefärbt; das Bleichmittel für diese ist schweflige Säure (§ 19c). — Das Chlor ist in der Natur sehr verbreitet, kommt jedoch niemals in freiem Zustande, sondern in Verbindung mit Metallen, hauptsächlich mit Natrium als Chlornatrium oder Kochsalz (Steinsalz, Seesalz) vor. Zu seiner Darstellung wird grob gepulverter Braunstein (Mangansuperoxyd) mit Salzsäure (Chlorwasserstoff) in einer Kochflasche erwärmt, wobei sich zugleich Manganchlorür ergibt:



Das Chlorgas ist in Wasser löslich; diese Löslichkeit aber verringert sich mit zunehmender Wärme: darum fängt man das Chlorgas über lauwarmem Wasser auf. Auch empfiehlt es sich, zwischen Entwicklungskolben und Entbindungsrohr eine teilweise mit Wasser gefüllte mehrhalsige Flasche (Fig. 4) einzuschieben, in welcher die etwa mit dem Chlor fortgerissene Salzsäure im Wasser gelöst und festgehalten wird.

B. Das ebenfalls im Meerwasser und in manchen Solquellen (Kreuznach) in geringer Menge enthaltene Brom, $\text{Br} = 80$, bildet eine leicht flüchtige, dunkel rotbraune Flüssigkeit, deren rotbrauner Dampf bei sehr unangenehmem Geruch ähnliche Wirkungen besitzt wie Chlor, und welche schon bei 58° unter Entwicklung tiefbraunroter Dämpfe siedet.

C. Das ebenfalls im Meerwasser enthaltene Jod, $\text{J} = 127$, ist bei gewöhnlicher Temperatur ein fester, dunkelgrauer, krystallinischer, metallglänzender Körper, welcher sich bei gewöhnlicher Temperatur allmählich mit eigentümlichem Geruch verflüchtigt, bei 107° schmilzt und bei 175° unter Entwicklung eines prachtvoll violett-blauen Dampfes siedet. Es färbt die Haut braun und ist giftig.

In Wasser löst sich Jod sehr wenig, reichlicher in Alkohol, vollkommen in Schwefelkohlenstoff und zwar mit roter Farbe. Setzt man zu einer Lösung, welche freies Jod enthält, Stärkekleister, so färbt sich derselbe dunkelblau. — Die leicht zersetzbaren Verbindungen des Jods und Broms mit dem Silber finden namentlich in der Photographie (§ 152) Anwendung.

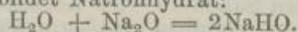
D. Das Fluor, $\text{Fl} = 19$, ist der einzige Grundstoff, der bisher in freiem Zustande mit Sicherheit nicht dargestellt werden können. Es findet sich im Flussspat (CaFl_2) und einigen anderen Mineralien, auch im Schmelz der Zähne.

§ 20. Metalloxyde, basische Oxyde. Die Metalle besitzen einen sehr verschiedenen Grad der Verwandtschaft zum Sauerstoff. Während sich die meisten Leichtmetalle schon bei gewöhnlicher Temperatur mit demselben vereinigen und deshalb zum Schutz gegen Oxydation unter

Steinöl, einer Verbindung von Wasserstoff und Kohlenstoff, in welcher also der Sauerstoff ganz fehlt, aufbewahrt werden müssen, erfolgt die Oxydation der Schwermetalle erst bei erhöhter Temperatur, oder nur langsam und auf indirektem Wege, z. B. durch Berührung mit Wasser (Rosten des Eisens) und mit Säuren. Die Edelmetalle besitzen die geringste Verwandtschaft zum Sauerstoff. Ihre Oxyde zerfallen schon durch erhöhte Temperatur in Metall und Sauerstoff (§ 19).

Sind mehrere Oxydationsstufen eines Metalls bekannt, so werden die niedrigste in der Regel als Oxydul oder Suboxyd, die zweite als Oxyd, die höheren als Superoxyde bezeichnet; manche Metalle besitzen auch säurebildende Oxyde (§ 19), z. B. Manganoxydul MnO , Manganoxyd (-sesquioxid) Mn_2O_3 , Mangansuperoxyd (-dioxid, Braunstein) MnO_2 , Mangansäure MnO_3 , Übermangansäure Mn_2O_7 . Die meisten Metalloxyde besitzen die Eigenschaft, in Berührung mit Säuren Salze zu bilden (§ 20b) und heißen dann basische Oxyde oder Basen.

Zu den basischen Oxyden gehören insbesondere die Oxyde der Alkalimetalle (K, Na, Rb, Cs, Li). Diese Metalle besitzen eine sehr große Verwandtschaft zum Sauerstoff und zersetzen das Wasser bei gewöhnlicher Temperatur (§ 19a), ihre Oxyde sind die stärksten Basen und im Wasser sehr leicht löslich, indem sie sich mit demselben zu Hydraten (Hydrooxyden) oder sogenannten Alkalien verbinden, so bildet z. B. Kaliumoxyd oder Kali (K_2O) Kalihydrat, Natriumoxyd oder Natron (Na_2O) bildet Natronhydrat:

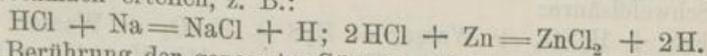


Ihre kohlen-sauren Salze sind ebenfalls leicht löslich. Die wässrigen Lösungen der Alkalien haben einen laugenhaft ätzenden (alkalischen) Geschmack und alkalische Reaktion, d. h. die Eigenschaft, durch Säuren gerötetes Lackmuspapier wieder blau zu färben (§ 19).

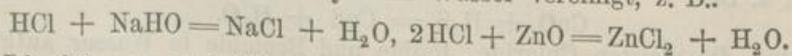
Die Metalle der alkalischen Erden (Ca, Sr, Ba, Mg) bilden basische Oxyde, welche in Wasser nur sehr wenig löslich sind und mit Kohlensäure unlösliche Verbindungen bilden, unter denen die wichtigste das Calciumkarbonat, die kohlen-saure Kalkerde (Kalkstein, Kalkspat, Marmor) $CaCO_3$ ist.

Die Metalle der Erden (vorzugsweise Aluminium) haben geringe Verwandtschaft zum Sauerstoff; ihre Oxyde sind farblos, schwache Basen und im Wasser unlöslich.

§ 20a. Wasserstoffverbindungen. A. Der Wasserstoff bildet mit Chlor, Jod, Brom und Fluor (§ 20) gasförmige Verbindungen (HCl , HJ , HBr , HF), welche vom Wasser leicht und in großer Menge aufgenommen werden und demselben einen intensiv sauren Geschmack und saure Reaktion, d. h. die Eigenschaft erteilen, blaues Lackmuspapier zu röten (s. oben § 19). Die Lösungen dieser Gase in Wasser sind unter dem Namen Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure), Jodwasserstoffsäure u. s. w. bekannt. Viele Metalle vermögen aus diesen Säuren den Wasserstoff abzuscheiden, indem sie an seine Stelle treten und sich mit dem Chlor, Jod, . . . zu Chloriden, Jodiden, . . . oder Haloidsalzen vereinigen, die meist in Wasser auflöslich sind und demselben einen salzigen Geschmack erteilen, z. B.:



Bei Berührung der genannten Säuren mit basischen Metalloxyden findet ein gegenseitiger Austausch der Bestandteile statt, indem das Metall an die Stelle des Wasserstoffs der Säure tritt, und dieser sich mit dem Sauerstoff des Oxyds zu Wasser vereinigt, z. B.:



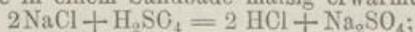
Die Säuren und Alkalien neutralisieren bei dieser Vereinigung ihre Eigenschaften gegenseitig. Der saure Geschmack der Chlorwasser-

stoffsäure und der alkalische Geschmack der Natronlösung ($\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHO}$) ist verschwunden und an seine Stelle ein rein salziger getreten, der von dem gebildeten Chlornatrium oder Kochsalz herrührt. Ebenso ist die saure und alkalische Reaktion verschwunden, Lackmuspapier wird durch die entstandene Salzlösung weder gerötet noch gebläut.

Bei dieser Wechselwirkung der Säuren und basischen Metalloxyde treten die Atome mancher Metalle, wie z. B. Na, anstelle je eines Wasserstoffatoms, andere, wie Zn, vermögen zwei, ja selbst drei und vier Wasserstoffatome zu ersetzen, oder sich mit 2, 3, 4 Chloratomen zu vereinigen (NaCl , ZnCl_2 , AuCl_3 , SnCl_4). Man unterscheidet demnach 1-, 2-, 3-, 4-wertige Metalle. Die Bildung der Chloride, Jodide, . . kann auch durch direkte Vereinigung der Metalle mit Chlor, Jod, . . erfolgen.

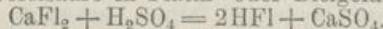
Chlorwasserstoff HCl , ein farbloses, sauer riechendes Gas vom Gew. 1,26, raucht stark an der Luft, indem es sich mit dem Wasserdampf derselben zu einer Flüssigkeit verbindet. Das Gas wird vom Wasser absorbiert, und zwar nimmt 1 Vol. Wasser bei 15° 448 Vol. des Gases auf, damit die sogenannte flüssige Salzsäure bildend. Die reine und mit Gas völlig gesättigte Salzsäure raucht etwas an der Luft und entläßt beim Erwärmen salzsaures Gas, bis sie bei 110° siedet. Die dann erhaltene Flüssigkeit raucht nicht an der Luft und enthält 20 Prozent Chlorwasserstoff.

Zur Darstellung der reinen Salzsäure wird Kochsalz unter allmählichem Zusatz von Schwefelsäure in einem Sandbade mälsig erwärmt:



das entweichende Chlorwasserstoffgas wird in einer Woulfschen Flasche (Fig. 4) von Wasser absorbiert; das Rohr *b* dient bei zu schneller Absorption des Gases als Sicherheitsrohr. Chlorwasserstoffgas wird über Quecksilber aufgefangen. — Das Königswasser, ein Gemenge von 3 Vol. Salzsäure und 1 Vol. Salpetersäure, dient zur Auflösung von Gold und Platin: es verdankt seine auflösende Eigenschaft dem freiwerdenden Chlor.

Fluorwasserstoffsäure, Flußsäure HF , wird erhalten durch Erwärmen von Flußspat mit Schwefelsäure in Platin- oder Bleigefäßen:

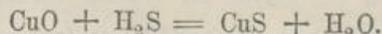


Es entwickelt sich ein farbloses, an der Luft weiße Nebel bildendes Gas, welches sich durch starke Abkühlung zu einer farblosen, an der Luft rauchenden Flüssigkeit verdichtet. Durch die Flußsäure, sowohl als Gas wie als Flüssigkeit, werden die Atmungsorgane angegriffen, darum ist bei ihrer Entwicklung Vorsicht zu empfehlen. Flußsäure dient zur Auflösung der Kieselsäure (§ 19e) und wird darum zum Einätzen von Schrift und Zeichnungen in Glas angewandt. Zu ihrer Aufbewahrung dienen Gefäße von Kautschuk.

B. Mit Schwefel vereinigt sich der Wasserstoff zu Schwefelwasserstoffgas H_2S , welches höchst unangenehm, wie faule Eier riecht, farblos und brennbar ist, giftige Eigenschaften besitzt, sich ziemlich leicht in Wasser auflöst und demselben seinen Geruch und Geschmack mitteilt. Die Lösung hat eine schwach saure Reaktion. Zur Darstellung übergießt man in einer Gasentwicklungsflasche Schwefeleisen (§ 15) mit verdünnter Schwefelsäure:



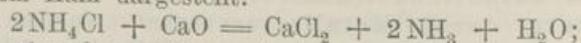
es bildet sich dabei Ferrosulfat, Eisenvitriol. Mit Metalloxyden zersetzt sich der Schwefelwasserstoff in ähnlicher Weise, wie die unter A genannten Säuren, indem er Schwefelmetalle (Sulfide) und Wasser bildet, z. B.:



Während die meisten Chloride, Jodide und Bromide in Wasser auflöslich sind, sind die Sulfide der Schwermetalle unlöslich in Wasser, der Schwefelwasserstoff erzeugt daher in den Lösungen vieler Metallsalze unlösliche

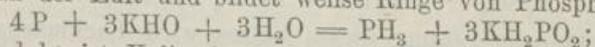
Niederschläge von Schwefelmetall, welche ihn zur Auffindung gewisser Metalle in ihren Lösungen besonders geeignet machen; so erhält man durch Schwefelwasserstoff in einer Auflösung von Kupfervitriol einen dunkelbraunen, von Zinkvitriol einen weissen, von weissem Arsenik einen gelben Niederschlag. — Die Sulfide können auch durch direkte Vereinigung der Metalle mit Schwefel dargestellt werden. (§ 15.)

C. Mit Stickstoff bildet der Wasserstoff das Ammoniak NH_3 , eine gasförmige Verbindung von charakteristischem, stechendem Geruch, welches von kaltem Wasser in grosser Menge absorbiert wird, bei 0° nimmt 1 Vol. Wasser 1050, bei 15° 727 Vol. Ammoniak auf (vergl. §§ 107, 212). Das Ammoniak wird durch Erhitzen von Salmiak (s. u.) mit gebranntem Kalk dargestellt:



das Gas wird über Quecksilber aufgefangen. Die wässrige Lösung, Salmiakgeist, zeigt eine stark alkalische Reaktion und bildet mit Säuren salzartige Verbindungen, als ob sie ein basisches Oxyd ($2\text{NH}_4 + \text{O}$) enthielte, in welchem die Atomgruppe NH_4 , Ammonium, die Stelle eines einwertigen Metalls vertritt, z. B. Ammoniumchlorid oder Salmiak $\text{NH}_4\text{Cl} = \text{NH}_3 + \text{HCl}$. Man nennt eine solche Atomgruppe, welche in ihren Verbindungen ein einfaches Metall zu ersetzen vermag, ein zusammengesetztes Radikal.

D. Phosphorwasserstoff PH_3 . Von den Verbindungen des Phosphors mit Wasserstoff ist PH_3 ein farbloses, unangenehm riechendes Gas, welches sich an der Luft von selbst entzündet, indem es mit helleuchtender Flamme zu Phosphorsäure (§ 19d) und Wasser verbrennt. Zur Darstellung des Gases erhitzt man vorsichtig (in einem Sandbade) in einem weithalsigen Kochfläschchen Phosphor mit Kalilauge und leitet das sich entwickelnde Gas in warmes Wasser: jede aufsteigende Gasblase entzündet sich an der Luft und bildet weisse Ringe von Phosphorsäure:

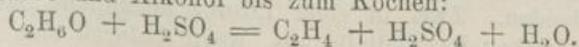


das Nebenprodukt ist Kaliumhypophosphit. Um eine Explosion zu verhüten, ist es ratsam, aus der Entwicklungsflasche erst die Luft zu entfernen, etwa dadurch, dass man ein indifferentes Gas (Wasserstoff- oder Leuchtgas) durchleitet und dann erst die Kalilauge erhitzt.

E. Verbindungen des Wasserstoffs mit Kohlenstoff sind sehr zahlreich; die meisten derselben gehören in das Gebiet der organischen Chemie. Hier werden nur betrachtet:

1. Das Sumpfgas, Grubengas CH_4 , farblos und geruchlos, vom Gew. 0,55, mit schwach leuchtender Flamme brennend. Es entsteht bei Verwesung organischer Stoffe unter Wasser, in Sümpfen, und findet sich fertig gebildet in Steinkohlengruben, wo es mit Luft (10 Vol.) gemischt zu heftigen Explosionen führt (schlagende Wetter).

2. Das ölbildende Gas C_2H_4 , farblos, unangenehm riechend, brennbar mit helleuchtender Flamme, vom Gew. 0,97, in Wasser unlöslich. Es ist ein wichtiger Gemengteil des Leuchtgases und bedingt zum Teil die Leuchtkraft desselben. Um es rein zu erhalten, erhitzt man ein Gemenge von Schwefelsäure und Alkohol bis zum Kochen:



§ 20b. Sauerstoffsäuren und Sauerstoffsalze. Wie der Wasserstoff mit Chlor, Jod, Brom u. s. w. Säuren bildet, welche durch

ihren sauren Geschmack, durch die Eigenschaft, Pflanzenfarbstoffe zu röten und mit Metalloxyden salzartige Verbindungen zu erzeugen, charakterisiert sind, so tritt derselbe auch mit gewissen zusammengesetzten sauerstoffhaltigen Atomgruppen zu Verbindungen zusammen, welche ganz ähnliche Eigenschaften besitzen und Sauerstoffsäuren genannt werden. Man kann sich dieselben durch die Vereinigung säurebildender Oxyde (sogenannter wasserfreier Säuren) mit Wasser entstanden denken. So entsteht, wie oben gezeigt, die Schwefelsäure H_2SO_4 (§ 19c) durch Vereinigung der Verbindung SO_3 , die Salpetersäure HNO_3 (§ 19b) durch Vereinigung der Verbindung N_2O_5 , die Phosphorsäure H_3PO_4 (§ 19d) durch Vereinigung der Verbindung P_2O_5 mit Wasser. Der in diesen Säuren enthaltene Wasserstoff kann wie in der Chlorwasserstoffsäure durch Metalle vertreten werden, wodurch Sauerstoffsalze dieser Metalle entstehen. So löst sich z. B. Zink in verdünnter Schwefelsäure unter Entwicklung von Wasserstoff auf (§ 19a), und die Lösung enthält Zinksulfat ($H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + 2H$), wobei wieder ein Zinkatom anstelle von zwei Wasserstoffatomen getreten ist. Bei Berührung von Sauerstoffsäuren mit Metalloxyden werden durch gegenseitigen Austausch der Bestandteile Metallsalze und Wasser gebildet:



Die so entstandenen Metallsalze erhalten ihre Namen von den Säuren und Metalloxyden, durch deren Wechselwirkung sie entstanden sind, z. B. Zinksulfat (schwefelsaures Zinkoxyd), Kaliumnitrat (salpetersaures Kali).

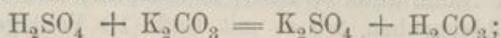
Die Sauerstoffsäuren und Alkalien neutralisieren durch ihre Vereinigung zu Salzen ihre Eigenschaften gegenseitig. So entsteht durch Vermischung von Schwefelsäure und Kalihydrat neutrales schwefelsaures Kali:



Durch die entstandene Lösung dieses Salzes wird Lackmuspapier weder gerötet noch gebläut, der saure und alkalische Geschmack ist verschwunden und ein salziger Geschmack an seine Stelle getreten. (Ist die vorhandene Kalimenge zur Neutralisation der Schwefelsäure nicht hinreichend, so entsteht saures schwefelsaures Kali, in welchem nur ein Wasserstoffatom der Säure durch Kalium ersetzt ist:



Eine stärkere Säure vermag die schwächere aus ihren Verbindungen zu verdrängen; so entsteht durch Einwirkung von Schwefelsäure auf kohlen-saures Kali schwefelsaures Kali und Kohlensäure:



letztere Verbindung zerfällt aber sogleich in Wasser H_2O und Kohlensäuregas CO_2 , welches entweicht. — Durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Chlornatrium (Kochsalz) entsteht schwefelsaures Natron und Chlorwasserstoffsäure (§ 20a). Ebenso vermag ein basisches Oxyd, welches stärkere basische Eigenschaften besitzt, ein schwächeres aus seiner Verbindung abzuscheiden. Zwei in einer Lösung befindliche Salze tauschen häufig ihre metallischen Bestandteile aus, wenn dadurch eine unlösliche Verbindung gebildet wird, z. B. Silbernitrat und Chlornatrium:



das gebildete Chlorsilber ist im Wasser unlöslich und fällt als weißer Niederschlag zu Boden, während die Lösung Natriumnitrat enthält.

§ 21. Legierung, Lösung, Löslichkeit. Von den eigentlichen chemischen Verbindungen sind die Mischungen verschiedener Substanzen zu unterscheiden, welche nicht nach bestimmten Gewichtsverhältnissen stattfinden, wie z. B. die durch Zusammenschmelzen verschiedener Metalle entstehenden Metalllegierungen und Amalgame. (Legierungen des Quecksilbers mit anderen Metallen.) Doch sind auch in Metalllegierungen häufig bestimmte chemische Verbindungen enthalten, welche sich beim langsamen Erkalten der geschmolzenen Legierung im krystallinischen Zustand abscheiden (vergl. § 203). Ebenso sind viele Flüssigkeiten in beliebigen Verhältnissen mischbar, ohne bestimmte chemische Verbindungen einzugehen, z. B. Wasser und Weingeist, Weingeist und Äther, fette Öle unter einander u. s. w., während z. B. Wasser und Öl nicht mischbar sind.

Zu diesen unbestimmten Verbindungen sind ferner die Lösungen fester Körper in Flüssigkeiten zu rechnen. Die Metallsalze z. B. sind teils in Wasser auflöslich, wie Chlornatrium, teils unauflöslich, wie schwefelsaures Bleioxyd. Viele Salze werden von heißem Wasser in größerer Menge aufgenommen als von kaltem, wie salpetersaures Kali (Kalisalpeter), schwefelsaures Natron, bei anderen variiert die Löslichkeit nur wenig mit der Temperatur, wie beim Kochsalz. Die Lösung heißt gesättigt, wenn sie so viel von dem aufgelösten Körper enthält, als sie bei der stattfindenden Temperatur aufzunehmen imstande ist. Aus einer heiß gesättigten Salpeterlösung muß sich also beim Erkalten ein Teil des gelösten Salzes in festem Zustand abscheiden. Dasselbe findet statt, wenn die Lösung durch Eindampfen, oder durch allmähliches Verdunsten an der Luft sich zur Sättigung concentrirt hat, und die Verdampfung fortdauert.

In 100 Gewichtsteilen Wasser werden bei 0° 36 Teile, bei 100° dagegen 39 Teile Kochsalz gelöst; die Löslichkeit des Glaubersalzes im Wasser erreicht bei 33° C. ein Maximum, so daß die bei dieser Temperatur gesättigte Lösung sich beim Erhitzen trübt, weil alsdann ein Teil des gelösten Salzes in wasserfreiem Zustande ausscheidet.

§ 22. Krystallisation. Geht die Abscheidung eines festen Körpers aus seiner Lösung oder das Erstarren eines geschmolzenen Körpers langsam und ruhig vor sich, so ordnen sich die Moleküle des festen Körpers in regelmäßiger Weise, so daß derselbe eine bestimmte regelmäßige, von ebenen Flächen begrenzte Form annimmt oder einen Krystall bildet. Der Krystall besitzt nicht nur eine äußerlich bestimmte Form, sondern auch eine innerliche regelmäßige Struktur, die sich in einer mehr oder minder leichten und vollkommenen Spaltbarkeit nach bestimmten Richtungen zu erkennen giebt, welche mit der äußerlichen Form des Krystalls in genauer Beziehung stehen und in der Regel gewissen Krystallflächen parallel sind (Glimmer, Gips, Kalkspat). Feste Körper, welche keine äußerlich regelmäßig ausgebildete Krystallform, aber doch eine regelmäßige innere Struktur besitzen, heißen krystallinisch (Marmor), feste Körper ohne krystallinische Struktur heißen amorph (Glas).

Jeder Krystall ist von ebenen Flächen begrenzt. Die Durchschnittslinien zweier Flächen heißen Kanten, die Endpunkte der Kanten, in welchen drei oder mehrere Krystallflächen zusammenstoßen, Ecken.

Wenn ein Krystall, wie es häufig vorkommt, durch äußere Hindernisse in seiner regelmäßigen Ausbildung gehemmt wird, können sich einige Flächen stärker entwickeln als die anderen, wodurch die Regelmäßigkeit der Krystallform gestört wird; dabei gilt aber das Gesetz, daß die Flächen auch bei ungleichmäßiger Entwicklung immer sich selbst parallel bleiben, mithin auch die Neigungswinkel, unter denen zwei benachbarte Flächen sich durchschneiden, und demnach auch die Kantenwinkel immer genau dieselbe unveränderliche Größe behalten.

§ 23. Die Krystallform ist je nach der chemischen Natur der Stoffe verschieden. Jeder Substanz kommt in der Regel auch eine bestimmte Krystallform zu. Dieselbe ist eine einfache oder zusammengesetzte, je nachdem alle Flächen des Krystalls einander gleichwertig sind, oder verschiedenartige Flächen an demselben Krystall vorkommen. Jede zusammengesetzte Krystallform läßt sich auf eine Kombination mehrerer einfachen Krystallformen zurückführen. Alle einfachen Krystallformen, deren Kombinationen an demselben Krystall vorkommen, lassen sich auf geometrischem Wege von einer gemeinsamen Grundform ableiten, oder gehören demselben Krystallsystem an. Man unterscheidet sechs Krystallsysteme, deren Hauptformen im folgenden zusammengestellt sind. Um die Eigentümlichkeiten der verschiedenen Krystallsysteme deutlich hervortreten zu lassen und die Zurückführung der verschiedenen Formen desselben Systems auf eine Grundform zu erleichtern, denkt man sich im Innern der Krystalle gewisse gerade Linien oder Axen gezogen, welche zwei gleiche gegenüberliegende Ecken, oder die Mitten gegenüberliegender Flächen oder Kanten verbinden. Die Krystallsysteme werden am besten nach den Axensystemen unterschieden, auf welche ihre Formen bezogen werden können.

1. Das reguläre oder gleichaxige System. Drei gleiche, einander rechtwinklig schneidende Axen.

2. Das quadratische oder zwei- und einaxige System. Drei rechtwinklige Axen, von denen zwei einander gleichwertig, die dritte oder Hauptaxe kürzer oder länger ist.

3. Das hexagonale oder drei- und einaxige System. Drei gleiche Axen liegen in einer Ebene und durchschneiden einander unter Winkeln von 60° , die vierte oder Hauptaxe steht auf dieser Ebene senkrecht und ist von der Länge der Nebenaxe unabhängig.

4. Das rhombische oder ein- und einaxige System. Drei rechtwinklige, ungleiche Axen.

5. Das klinorhombische oder zwei- und eingliedrige System. Drei ungleiche Axen, von denen zwei einander unter schiefen Winkeln durchschneiden, die dritte auf ihrer Ebene senkrecht steht.

6. Das klinorhomboidische oder ein- und eingliedrige System. Drei ungleiche, einander schiefwinklig schneidende Axen.

§ 24. 1. Reguläres System. Als Grundform dieses Systems kann das reguläre Oktaeder (Fig. 6) betrachtet werden, welches von acht gleichseitigen

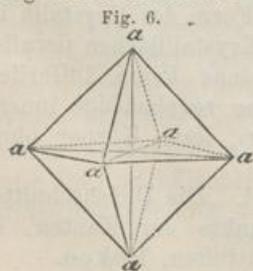
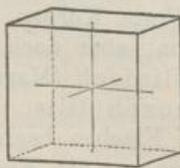


Fig. 6a.



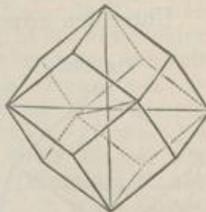
Dreiecken begrenzt wird. Die drei gleichen rechtwinkligen Axen verbinden je zwei gegenüberliegende Ecken des Krystalls. Alle Kanten und alle Ecken sind unter einander gleichwertig (Alaun).

Eine zweite Form des regulären Systems ist das reguläre Hexaeder oder der Würfel (Fig. 6a), welcher von 6 gleichen quadratischen Flächen begrenzt wird, und in welchem die

Axen die Mittelpunkte je zweier gegenüberliegenden Flächen verbinden. Die Würfelflächen entsprechen in ihrer Lage den Ecken des Oktaeders, die Würfellecken den Flächen des Oktaeders. In der Kombination beider Formen werden daher die Oktaederecken durch die Würfelflächen oder die Würfellecken durch die Oktaederflächen abgestumpft (Steinsalz).

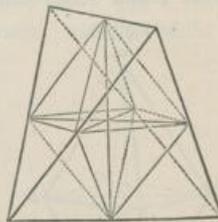
Das Rhombendodekaeder od. Granatoeder (Fig. 7) wird von 12 Rhombenflächen begrenzt, welche in ihrer Lage sowohl den 12 Kanten des Oktaeders als denen des Würfels entsprechen. Alle 24 Kanten sind einander gleich, dagegen sind zwei verschiedene Arten von Ecken vorhanden, von denen die 6 spitzeren, vierkantigen in ihrer Lage den Oktaederecken, die 8 stumpferen, dreikantigen den Würfellecken entsprechen. Um den Zusammenhang der drei Formen noch deutlicher zu übersehen, bemerke man, daß, wenn man sich in den 12 Rhombenflächen des Dodekaeders die längeren Diagonalen gezogen denkt, dieselben den Oktaederkanten, die 12 kürzeren Diagonalen dagegen den Würfelkanten in ihrer Lage entsprechen. Das Rhombendodekaeder tritt daher in seiner Kombination mit dem Würfel oder Oktaeder als Abstumpfung der Kanten dieser Formen auf (Granat).

Fig. 7.



Hemiëdrische Formen des regulären Systems. Unter hemiëdrischen Krystallformen versteht man solche Formen, die aus einem vollflächigen oder holooëdrischen Krystall dadurch entstehen, daß die abwechselnden Flächen desselben sich bis zum Verschwinden der anderen Hälfte der Flächen ausdehnen. So entsteht das Tetraeder (Fig. 8) durch hemiëdrische Ausbildung der abwechselnden Flächen des (in der Figur hineingezeichneten) Oktaeders. Während bei holooëdrischen Krystallen jeder Fläche eine gegenüberliegende parallele Fläche entspricht, sind beim Tetraeder, welches von vier gleichseitigen Dreiecken begrenzt wird, keine parallelen Flächen vorhanden. Das Tetraeder gehört also zu der nicht paralleleflächigen hemiëdrischen Abteilung des regulären Krystallsystems, während eine andere Gruppe von Krystallformen paralleleflächige Hemiëdrie zeigt. In Verbindung mit dem Würfel erscheint das Tetraeder als Abstumpfung von 4 abwechselnden Würfellecken (Boracit § 286).

Fig. 8.



§ 25. 2. Quadratisches System. Die Grundform ist das Quadratoktaeder oder die doppelt vierseitige Pyramide mit quadratischer Basis (Fig. 9). Dasselbe wird von 8 gleichschenkligen Dreiecken begrenzt, deren Spitzen zu je vier in einem Endpunkt der Hauptaxe zusammenreffen und die beiden Endecken *aa* bilden, welche von den vier Seitenecken *bb*, den Endpunkten der Nebenaxen, verschieden sind. Die Kanten sind ebenfalls zweierlei, nämlich 8 gleiche Endkanten und 4 unter sich gleiche, aber von jenen verschiedene Seitenkanten. Eine zweite Form dieses Systems ist die quadratische Säule (Fig. 9a), welche an den Enden entweder jederseits durch eine zur Hauptaxe senkrechte Endfläche, oder durch eine vierseitige Pyramide (als Kombination mit dem Quadratoktaeder) begrenzt sein kann.

Fig. 9.

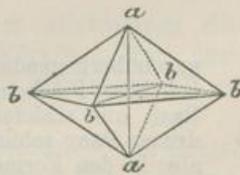
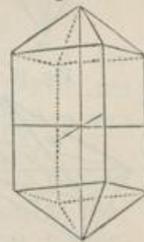


Fig. 9a.



3. Hexagonales System. Die Grundform ist das Dihexaeder oder die doppelt sechsseitige Pyramide (Fig. 10). Dasselbe wird von 12 gleichschenkligen Dreiecken begrenzt, deren Spitzen zu je 6 in den beiden Endpunkten der Hauptaxe zusammenstoßen und die sechskantigen Endecken bilden. Die 6 Seitenkanten begrenzen als Basis ein regelmäßiges

Fig. 10.

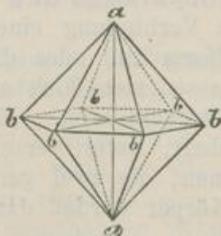
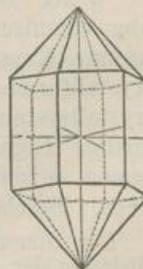


Fig. 10a.



Sechseck. Eine zweite Form ist die sechsseitige Säule, die an den Enden entweder jederseits durch eine zur Säulenaxe senkrechte Endfläche oder, in Kombination mit dem Dihexaeder, durch sechsseitige Pyramiden begrenzt sein kann (Bergkrystall Fig. 10a).

Unter den hemiédrischen Formen des hexagonalen Systems ist die wichtigste

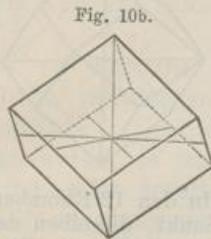


Fig. 10b.

das Rhomboeder (Fig. 10b). Dasselbe entsteht durch hemiédrische Ausbildung der abwechselnden Flächen des Dihexaeders und wird von 6 Rhombenflächen begrenzt, welche zu zwei einander parallel sind. Die Kanten sind zweierlei, nämlich 6 Endkanten, welche zu je drei in den Ecken, den Endpunkten der Hauptaxe, zusammen treffen, und 6 im Zickzack laufende Seitenkanten. Die drei unter Winkeln von 60° sich schneidenden Nebenaxen verbinden die Mitten je zweier gegenüberliegenden Seitenkanten des Rhomboeders. Das Rhomboeder ist die Hauptkrystallform des Kalkspats, bei welchem die beiden End-

ecken die stumpferen, die Seitenecken die spitzeren sind (vergl. § 184). Eine hemiédrische Form der sechsseitigen Säule ist die dreiseitige Säule. (Vergl. ferner §§ 194 und 286.)

Die Krystalle des quadratischen und hexagonalen Systems stimmen in dem gemeinsamen Merkmal einer Hauptaxe und in ihren optischen Eigenschaften überein (§ 185).

4. Rhombisches System. Die Grundform ist ein Oktaeder mit rhombischer Basis (Fig. 11), welches von 8 ungleichseitigen Dreiecken begrenzt wird. Da alle 3 Axen ungleich sind, so sind dreierlei verschiedene Ecken und auch drei Arten von Kanten vorhanden. Außerdem kommen in diesem System drei Gruppen von Säulen mit rhombischer Basis und dreierlei Endflächen vor, welche auf den drei Axen senkrecht stehen (Schwefel, Salpeter).

Fig. 11.

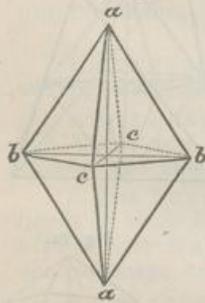


Fig. 13.

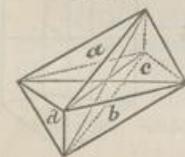
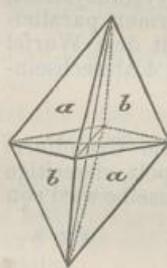


Fig. 12.



5. Klinorhombisches System.

Als Grundform kann ein Oktaeder mit rhombischer Basis (Fig. 12) betrachtet werden, dessen Pyramidenaxe gegen die Basis unter schieferm Winkel geneigt ist. Die Flächen desselben sind aber nicht gleichwertig, und dasselbe muß in der That als eine Kombination zweier schiefer rhombischer Säulen ($a a$, $b b$) aufgefaßt werden. Überhaupt kommen in diesem Krystallsystem keine für sich geschlossenen Formen mehr vor, sondern nur rhombische Säulen und einzelne Endflächen (Gips).

6. Im klinorhomboidischen System endlich sind immernur zwei parallele

gegenüberliegende Flächen gleichwertig. Man kann sich zwei beliebige Flächenpaare zu einer Säule mit rhomboidischer Basis und schiefer Axe kombiniert denken, welche durch ein drittes Paar schiefer Endflächen begrenzt wird. Es herrscht also in den Formen dieses Krystallsystems die geringste Symmetrie (Kupfervitriol). Das Oktaeder (Fig. 13) wird von vier verschiedenen ungleichwertigen Flächenpaaren gebildet.

§ 26. Dimorphismus und Isomorphismus. In der Regel kommt jeder chemischen Verbindung eine bestimmte, einfache oder zusammengesetzte Krystallform zu, oder die verschiedenen an ihr vorkommenden Krystallformen lassen sich doch auf eine und dieselbe Grundform eines Krystallsystems zurückführen. Manche Stoffe besitzen aber die merkwürdige Eigenschaft, unter verschiedenen Umständen zweierlei Krystallformen anzunehmen, die zwei ganz verschiedenen Krystallsystemen angehören. Solche Körper werden dimorph genannt.

Der Dimorphismus steht in engem Zusammenhang mit der chemischen Erscheinung der Allotropie, welche darin besteht, daß ein und derselbe Körper

§ 68. Erhaltung der lebendigen Kräfte beim Stoß elastischer Körper. Aus den obigen Ausdrücken

$$\begin{cases} c_1 = 2c - v_1 \\ c_2 = 2c - v_2 \end{cases} \text{ folgt } \begin{cases} c_1^2 = 4c^2 - 4cv_1 + v_1^2 \\ c_2^2 = 4c^2 - 4cv_2 + v_2^2 \end{cases}$$

mithin

$m_1 c_1^2 + m_2 c_2^2 = 4c^2 (m_1 + m_2) - 4c (m_1 v_1 + m_2 v_2) + m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2$.
Aus dem oben (§ 66) gefundenen Wert für c folgt aber, daß die beiden ersten Glieder auf der rechten Seite dieser Gleichung sich gegenseitig aufheben, oder es ist

$$m_1 c_1^2 + m_2 c_2^2 = m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2,$$

d. h. die Summe der lebendigen Kräfte (§ 43) beider Massen ist nach dem Stoß ebenso groß wie vorher, oder es hat beim Stoß kein Gewinn oder Verbrauch von Arbeit stattgefunden.

Dagegen ergibt sich beim Stoß unelastischer Körper die Summe der lebendigen Kräfte nach dem Stoß

$$(m_1 + m_2) c^2 = \frac{(m_2 v_2 + m_1 v_1)^2}{m_1 + m_2} = m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 - \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (v_2 - v_1)^2.$$

Es hat also beim Stoß ein Verlust an lebendiger Kraft oder ein Verbrauch von Arbeit stattgefunden. Trifft ein unelastischer Körper senkrecht gegen eine unelastische Wand, so geht seine ganze lebendige Kraft verloren. Dieser Arbeitsverbrauch erklärt sich dadurch, daß die unelastischen Körper durch den Stoß eine bleibende Formänderung erlitten haben, bei welcher der Widerstand der Kohäsion ihrer Teile überwunden werden mußte. In der Wärmelehre wird gezeigt werden, daß dabei gleichzeitig eine Umwandlung der sichtbaren Bewegung in eine andere Bewegungsform der Moleküle, nämlich in Wärme, stattgefunden hat (§ 241).

Die Gesetze des excentrischen Stoßes kugelförmiger Körper lassen sich aus denen des centralen Stoßes ableiten, indem man sich die Geschwindigkeit jedes Körpers im Augenblick des Stoßes in eine centrale und eine tangential Komponente zerlegt denkt. Erstere bewirkt eine Änderung der Bewegung in der Richtung der Verbindungslinie der Mittelpunkte, wie beim centralen Stoß. Gleichzeitig werden aber infolge der beim Stoß stattfindenden Reibung durch die Tangentialkomponenten Umdrehungsbewegungen beider Körper erzeugt.

B. Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung tropfbar flüssiger Körper (Hydromechanik).

Gleichgewicht flüssiger Körper, insbesondere unter dem Einfluß der Schwerkraft.

§ 69. Verschiebbarkeit der Teile; horizontale Oberfläche. Die wesentliche Grundeigenschaft der Flüssigkeiten ist die leichte Verschiebbarkeit ihrer Teile (§ 6). Jede noch so geringe Kraft reicht hin, ihre gegenseitige Lage zu ändern, so daß die Flüssigkeiten keine selbständige, bleibende Gestalt besitzen, sondern ihre Form durch die der umgebenden, festen Körper und die jedesmalige Richtung der auf sie wirkenden Kräfte bestimmt wird. Die Wirkung der Schwerkraft ist hinreichend, um die Teile einer Flüssigkeitsmasse auf einer horizontalen Unterlage auseinander fließen zu lassen. In einem Gefäß kann eine Flüssigkeit unter dem Einfluß der Schwerkraft nur im Gleichgewicht sein, wenn ihre freie Oberfläche horizontal, d. h. zur Richtung der Schwerkraft senkrecht ist, indem bei jeder anderen Gestalt der Flüssigkeitsoberfläche ein Herabfließen eines Teils der Flüssigkeit von der höheren nach der tieferen Stelle erfolgen müßte.

Im allgemeinen ist eine von einer freien Oberfläche begrenzte Flüssigkeit unter der Einwirkung beliebig gerichteter Kräfte im Gleichgewicht, wenn die Richtung der Resultierenden dieser Kräfte in jedem Punkte zur Flüssigkeitsoberfläche (oder zu der an dieselbe gelegten Tangentialebene) senkrecht ist. — Abweichungen vom vollkommenen Flüssigkeitszustande. Verschiedener Grad der Zähigkeit oder Viscosität der Flüssigkeiten (Äther, Weingeist, Wasser, Öl, Sirup, Teer).