

DRITTER THEIL.
UNTERSUCHUNG DER ALLGEMEINSTEN
AUSDEHNUNGSPHÄNOMENE.

DRITTER THEIL
LEHRBÜCHER DER ALLGEMEINEN
ARITHMETIK

DRITTER THEIL.

IX. CAPITEL.

VON DEM SCHALLE.

A) Von der sinnlichen Wahrnehmung des Schalles.

§. 158.

XXXXII. Vers. An einer schallenden gläsernen Glocke, die frei schwebend nur in ihrem Gipfel befestigt ist, lasse man mittelst eines dünnen Fadens, ein Siegellakkügelchen so herabhängen, daß es die Glocke berührt, so lange die Glocke tönt wird das Kügelchen pendelartig hin und her schwingen, und berührt man die Glocke leise mit einem Finger, so wird man die schwingende Bewegung der Glasmasse sehr deutlich fühlen.

1) Es zeigt dieser Versuch, daß die Bewegung schallender Körper nicht bloß dem Gehöre, sondern auch dem Gesichte und Gefühle bemerkbar gemacht werden kann; dasselbe wird theils im gemeinen Leben an klirrenden Fenstern, zitternden Wänden und Häusern etc. sehr häufig wahrgenommen,

theils kann es auch auf sehr mannichfaltige Weise, durch Versuche die im Wesentlichen mit dem obigen übereinstimmen beobachtet werden. Zu den auffallendsten Erscheinungen dieser Art gehören folgende: a) fühlbare Erschütterung der Luft am Ende einer grossen Orgelpfeife, wenn man die flache Hand über die Oeffnung der Pfeife hält; b) sichtbare Erschütterung des in einem Kelchglase oder in einer Glasglocke befindlichen Wassers, Weines etc., wenn der Glasrand gestrichen wird; sichtbare Bebung der in der Luft schwimmenden, vorzüglich beleuchteten Rauch- oder Staubtheilchen, in Zimmern worin Musik gemacht wird etc. Tröpfelt man etwas reines Wasser auf eine Glasscheibe, die mit den Fingern, oder noch besser mittelst eines eigenen Stativs durch eine Schraube gehalten wird (vergl. Taf. III. Fig. 16.), und streicht dann den Rand derselben mit einem Violinbogen, so geräth das Wasser nach entgegengesetzten Richtungen in deutliche wellenförmige Bewegungen, bestäubt man zuvor das Wasser mit Bärlappsaamen, so werden die kleinen Staubtheilchen auf dem schwingenden Wasser in ähnlichen Richtungen auseinander geworfen, sich theils netzförmig durchkreuzend, theils verschiedenen krummlinigten Richtungen folgend, die sie auch nach dem Aufhören des Klanges beibehalten. Bei einer langen gespannten schwingenden Saite, kann man die Schwingungen sehen und wenn sie so langsam von Statten gehen, daß man nichts hört, auch zählen. Läßt man (nach YOUNG vergl. Transact. philos. 1800. S. 135) auf eine von den tiefsten Saiten eines viereckigten Pianoforte, um welche ein feiner Silberdrath spiralförmig gewunden ist, einen concentr. Lichtstrahl durch ein Fenster

so darauf fallen, daß wenn die Saite aus dem gehörigen Gesichtspuncte betrachtet wird, der Strahl klein oder schmal, glänzend und vollkommen alle Gewinde des Drathes bescheine, so werden die erleuchteten Punkte der zuvor in Schwingung gesetzten Saite (welche dabei der Saite eine Aehnlichkeit mit einer in die Runde gedrehten glühenden Kohle geben), die Richtungen der Schwingungen bezeichnen, und dem Auge eine Lichtlinie darstellen, die mit Hülfe eines Microscops sehr genau beobachtet werden kann.

2) Erst wenn eine schwingende Saite 30—32 Schwingungen in einer Secunde macht, fängt der Ton an, für das menschliche Ohr hörbar zu werden; es ist dieses der tiefste hörbare Ton, so wie der höchste hörbare derjenige ist, der durch 7552 Schwingungen in einer Secunde entsteht. Da wir der Erfahrung gemäß in einer Secunde ohngefähr nur 8—9 zu zählen vermögen, so folgt, daß wir auch selbst bei dem tiefsten hörbaren Töne, die Schwingungen nicht abzählen und uns nicht durch die Bestimmung der Zahl der einzelnen Zeiträume jeder Schwingung der Tiefe oder Höhe des Tones bewußt werden, und mithin über die absoluten Geschwindigkeiten der Schwingungen, durch das Gehör nicht unmittelbar zum Bewußtseyn gelangen. Uebrigens gilt die Hörbarkeit jener langsamen und schnellen Schwingungen nur für das gesunde Gehörorgan der meisten Menschen, und wohl ist es möglich, daß andere hörende Wesen noch weit langsamere oder weit schnellere Schallschwingungen mit Wohlgefallen zu vernehmen vermögen.

3) Das Werkzeug des Gehörs (Auditus) ist das sehr mannichfach zusammengesetzte Ohr (Auris),

welche in jeder Hälfte unseres Körpers mit dem Gehörnerven (Nervus acusticus) verbunden ist. Das äussere Ohr besteht aus einer gekrümmten hohlen (mit einer stark und fettlos aufliegenden Fortsetzung des Fells überzogenen) Knorpelscheibe, die vorzüglich dazu dient, mehr Schallstrahlen in das innere Ohr zu leiten, als durch eine blosser Oeffnung hineinfallen würden. Das mittlere Ohr liegt in einem sehr dichten harten Knochen (dem sogen. felsigten Theile Os petrosum des Schläfenbeins): ein cylindrischer Kanal der Gehörgang (Meatus auditorius), führt auf ein dünnes straff gespanntes Häutchen das Trommelfell (Membrana tympani), welches ihn von der weiten und ungleichen knöchernen Trommelhöhle oder Pauke (Cavitas tympani s. Tympanum) scheidet. Diese ist mit Luft gefüllt, welche mit der im Munde befindlichen Luft durch die Eustachische Röhre (Tuba Eustachii) Gemeinschaft hat. In der Pauke liegen die vier Gehörknöchelchen (Ossicula auditus): der Hammer (Malleus) steckt mit seinem Handgriffe (Manubium) am Paukenfelle; an seinem Kopfe ist der des Ambosses (Incus) und an dessen langen Schenkel das Knöpfchen des Steigbügels (Stapes) eingelenkt, welches mit dem linsenförmigen Knöchelchen (Ossicul. lenticulare) verbunden ist. Die innere Wand der Trommelhöhle ist mit zwei Oeffnungen versehen, wovon die eine obere, das eiförmige Fenster (Fenestra ovalis), die andere untere, das runde Fenster (Fenestra rotunda) genannt wird; jenes bedeckt der Grund (Basis) des Steigbügels, dieses eine eigne Haut. Das eiförmige Fenster führt aus der Pauke in das innere Ohr, und zwar in denjenigen Theil,

den man den Vorhof (Vestibulum) des Labyrinthes nennt. Dieser mittlere Theil des Labyrinthes besteht aus einer rundlichen knöchernen Höhle (wornin zwei häutige Säckchen eingeschlossen sind) und hat hinter sich die drei Bogengänge (Canales semicirculares, cylindrische gekrümmten knöchernen Kanäle, deren jeder einen häutigen Kanal in sich schließt) und vor sich die Schnecke (Cochlea, ein einem Schneckenhause ähnelndes, knöchernes Behältniß) die einen zweifachen, durch ein gewundenes Blatt (Lamina spiralis) getheilten, Kanal von dritthalb Windungen enthält, und auf jenem Blatte mit einem zarten Häutchen überzogen ist. Die Windung der Schnecke des rechten Ohrs geht rechts, die des linken links. Der Gehörnerv tritt durch ein eigenes Loch (Sinus acusticus) zum Labyrinthe, sein Mark in den häutigen Säckchen des Vorhofs, den häutigen Kanälen und dem Häutchen des gewundenen Blattes verbreitend. Diese sämtlichen Häutchen (so wie ihr zugehöriges Nervenmark) sind auf beiden Flächen mit einer wässrigen Feuchtigkeit (Aquila Cotunnii) umgeben, die durch zwei zum Theil knöcherne Gänge, wovon einer im unteren Schnecken gange, der andere im Vorhof anfängt, durch die Wasserleitungen des Cotunni abgeleitet wird. Die wässrige Feuchtigkeit dient vielleicht dazu, theils zu heftige Erschütterungen des Nervenmarks zu verhüten, theils bestimmte Grade electricischer Spannungen in demselben einzuleiten und zu erhalten; indem jede Schallschwingung mit Electricitätsentwicklung verbunden zu seyn scheint; vergl. RITTER in den Fragmenten aus dem Nachlaß etc. im Anhang dasebst, und OERSTED in GEHLENS Journ. f. Chemie,

Phys. u. Miner. VIII. 247 ff. u. S. 548 dies. Grundr. Unter den Thieren (wenn man die Windungen der Schnecke bei den Säugthieren abrechnet) scheinen die Vögel den ausgebildetsten Hörsinn zu besitzen, und ihr Gehörorgan gleichsam durch die gewöhnlich hohlen Knochen fortzusetzen. Die Vögel wie die Säugthiere haben offne äussere Ohren, welche den Amphibien und den Fischen fehlen. In den Thieren ohne Rückgrat hat man nur in den Krebsen, Afterspinnen, und einigen Sepien, z. B. in dem Dintenfisch (*Sepia offic.*), in der Seekatze (*Sepia loligo*) und dem Polypus (*Sepia octopus*) unvollkommene Gehörorgane aufgefunden. — Thiere mit grösseren elastischen und beweglichen Ohren übertreffen an Schärfe des Gehörs den Menschen, welches im Allgemeinen bei geringerer Vollkommenheit und Zusammengesetztheit des inneren Organs abnimmt.

4) Zur Verstärkung des einem schwach hörenden Ohre nahe seyenden Schalles, dient das Hörrohr (*Tuba acustica*): eine hohle, kegelförmige (besser an den Enden gebogene) Röhre, von etwa 1—2 Fufs Länge. Die engere Mündung, die nicht über $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser hat, wird in den äusseren Gehörgang gebracht, die weitere 2—4 Zoll und darüber im Durchmesser haltende, zum Auffangen der Schallstrahlen bestimmte Mündung, gegen den schallenden Körper oder gegen die sprechende Person gerichtet. Man hört den Schall stärker, aber weniger deutlich. Verdichtung der eingeschlossenen Luft (durch das Hineinsprechen des Redenden in die weite Mündung) und Zurückwerfung der Schallstrahlen (146—147) von den Seitenwänden des Instruments, scheinen vorzüglich die Verstärkung des Schal-

ies zu begründen. Da das Ohr mit seinen Haupttheilen nach den Regeln der Parabel entwickelt ist, so dürfte vielleicht die Construction der Hörröhre nach der Form der Parabel die zweckmässigste seyn.

5) Verstopft man das eine Ohr, und bleibt bei verbundenen Augen stets in einerlei Stellung, so scheint der Schall, er werde erregt, wo man wolle, immer von der Seite des offenen Ohrs herzukommen, und zwar von dem Orte, welcher dem Ohre gerade gegenüber liegt, d. i. in der acustischen Achse des Ohrs. Behält der fortdaurende Schall dieselbe Stärke, und dreht man nach und nach den Kopf gegen alle Punkte des Horizontes, so wird der Schall bald stärker bald schwächer vernommen, je nachdem die acustische Achse des offenen Ohrs sich der Richtung des Schalles nähert, oder sich von derselben entfernt, und die Empfindung ist am stärksten, wenn die acustische Achse mit der Richtung der Schwingungen zusammen trifft. Man kann also auf diese Art durch ein einziges Ohr die wahre Richtung des Schalles entdecken, die bei beiden geöffneten Ohren, aus der Ungleichheit der durch ein Ohr mehr als durch das andere gegebenen Empfindung erkannt wird. (VENTURI in VOIGTS Magaz. II. 18 St.) Zur Bestimmung der Richtung entfernter Schalle, ist die willkürliche Beweglichkeit des äusseren Ohrs (welche man bei den Thieren und auch bei denen im Naturzustande lebenden Menschen antrifft) wahrscheinlich von bedeutendem Nutzen.

6) Vergl. Dr. E. F. F. CHLADNI'S Acustik. Mit Kupfern. Leipzig 1802. 4.; wo man zugleich die vollständige Literatur dieses Theils der Physik findet. Die Wissenschaft die vom Schalle handelt, wird über-

haupt Acustik (von ακουειν hören) oder Phonik (von Φωνη Stimme, Laut, Ton) genannt, und die meisten übrigen in der Lehre vom Schall angenommenen Kunstausdrücke, sind von diesen Wörtern hergenommen; z. B. Diacustik d. i. die Lehre vom gebrochenen Schalle, Katacustik die Lehre vom gebogenen Schalle, Otacustik die Lehre von den verschiedenen Arten den Gehörsinn zu verstärken oder ihm zu Hülfe zu kommen.

B) *Von der Erregung, Verstärkung und Fortpflanzung des Schalles.*

§. 139.

Jede Schallschwingung eines elastischen Körpers wird zuvörderst durch eine von aussen kommende Bewegung veranlaßt, — indem er die zunächst an der berührten Stelle in seiner Gestalt und Raumerfüllung hervorgebrachte Veränderung wieder herstellt, und dadurch in seinen übrigen Massentheilen bewegend fortwirkt, gelangt er zur Schallschwingung; deren Energie von der Grösse der schwingenden Masse und deren specifischen Elasticität, und von der Geschwindigkeit des schallenden Körpers abhängt.

1) Ueber Entstehung und Fortpflanzung des Schalles im Allgemeinen vergl. S. 144—148 u. Ch. F. WÜNSCH Nachricht von einem Versuch, welcher lehrt, daß der Schall durch feste elastische Körper unendlich geschwind, oder doch eben so geschwind als das Licht, sich bewegt; in der Samml. der deutschen Abhandl.,

welche in d. kön. Academ. d. Wissensch. zu Berlin vorgelesen worden. Berlin 1793. 4. S. 187 ff. — Die Fortpflanzung des Schalles durch contractile feste Körper, geschieht zwar sehr geschwinde, wenigstens weit geschwinder als durch die Luft (vergl. S. 144 d. Grundr.), aber wahrscheinlich doch nicht so schnell, als die des Lichtes durch durchsichtige Medien. Die Stärke (Intensio) des Schalles nimmt bei der Verbreitung desselben ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt; vergl. S. 145—146.

2) Gewöhnlich ist es die atmosphär. Luft, welche den Schall aufnimmt und fortpflanzt (Schallwellen, Undae sonorae), und schon früher (S. 335) fanden wir, daß dünnere Luft den Schall mit geringerer Stärke verbreitet, als dichtere, und dasselbe gilt auch von der eingeschlossenen kalten Luft verglichen mit der eingeschlossenen wärmeren; denn in beiden Fällen ist die Elasticität der Luft grösser. Dahin gehört auch die Bemerkung, daß bei übrigens gleichen Umständen ein Schall, z. B. der einer Glocke, dort weiter gehört wird, wo die Luft dichter ist (z. B. in Thälern), als dort wo sie dünner ist (z. B. auf Bergen). Feuchter Dunst, Regen, Schnee etc. vermindern die Intensität eines Schalles, während sie durch Trockniß erhöht wird. Nach PRIESTLEY nimmt die Stärke des Schalles in Gasen von verschiedener Dichtigkeit, wie diese zu; der Schall einer im Wasserstoffgase eingeschlossnen Glocke, war fast so wenig hörbar, als in der GUERIKESCHEN Leere (335): im Sauerstoffgase und im kohlen-sauren Gase mehr als in gemeiner Luft. CHLADNI a. a. O. §. 206. — ROERBUCKS Beob. im Windgewölbe der Devonier Oefen; in GILBERTS Ann. IX. 50. ff.

3) PEROLLE'S Vers. (GILBERT III. 168—178) haben gezeigt, daß die Stärke des Schalles mit zunehmen der Dichtigkeit wachse, und daß, wenn mit dieser Dichtigkeit auch die Elasticität zunimmt, zugleich die Fähigkeit des schallenden Körpers den Schall fortzupflanzen ebenmässig erhöht werde. Den Schlag einer in der Luft an einem Faden aufgehängten Taschenuhr hörte P. auf 8, im Weingeiste auf 12, im Terpentinöl auf 14, im Olivenöl auf 16, im ausgekochten Wasser auf 20 Fuß Ferne. Aehnliche Versuche haben auch HAWKSKEE und ALDERON angestellt.

4) Zugleich beweisen diese Versuche die Fähigkeit tropfbarer Flüssigkeiten den Schall fortzupflanzen; die wahrscheinlich von jener besonderen Art contractiler Elasticität abgeleitet werden muß, welche durch die Cohäsion (in der Tropfenbildung) begründet wird; vergl. S. 273. Fernere Beweise dieser Fähigkeit gewährt der Gebrauch den Fische und Amphibien von ihren Gehörorganen im Wasser machen; das Lockenzahner Fische durch Glocken; die Hörbarkeit des Schalles der unter Wasser zusammenschlagenden elfenbeinernen Kugeln; das Hören der Taucher unter Wasser etc. — Nach NOLLET und MUSCHENBROEK ist ein Schall hörbarer und verbreitet sich weiter, wenn er sich erst einer tropfbaren Flüssigkeit und dann der Luft mittheilt, als umgekehrt.

5) Mit der grösseren Geschwindigkeit der Schallbewegung in festen Körpern (s. oben) nimmt auch die Stärke zu; vergl. PEROLLE a. a. O. 168. Je dichter und gleichartiger die Masse des schallenden festen Körpers ist, um so heftiger ist auch der Schall desselben; vorzüglich wenn man das Ohr unmittelbar

mit einem solchen Körper in Verbindung setzt; vergl. Jo. JORISSEN diss. in qua explicatur nova methodus, surdos reddendi audientes. Halae 1757. — Verstopft man eines der Ohren mit einem Finger, während man das andre fest an das eine Ende eines langen Stabes andrückt, und an das entgegengesetzte Ende desselben eine Taschenuhr hält, so wird man das Schlagen der Uhr — auch bei der größtmöglichen Länge des Stabes — deutlich hören. Dasselbe wird erfolgen, wenn man beide Ohren zuhält, und die Zähne, oder die Schläfe, an das Ende des Stabes hält. Statt des Stabes kann auch ein Stück Zimmerholz, ein Marmorpfeiler etc. dienen; so wie auch statt der Uhr, nur am entgegengesetzten Ende geschabt zu werden braucht. Schwer hörende Personen hören die Töne eines Klaviers besser, wenn sie ihre Zähne mit irgend einem festen Theile desselben in Berührung setzen. Zieht man bei zugehaltenen Ohren die Schlinge einer Schnur, an deren anderes Ende man einen silbernen Löffel gebunden hat, über den Kopf und die Hände, bückt sich dann ein wenig, so daß das mit dem Löffel verbundene Schnurende vorn herab hängt, und schlägt nun mit dem Löffel an irgend etwas, so hört man einen Schall, der dem einer grossen Glocke ähnelt. Legt man eines der Ohren auf die Erde, so hört man entfernte Schalle besser; HUBE will auf diese Art Kanonenschüsse in einer Entfernung von 20 deutschen Meilen gehört haben. Nach CHLADNI gehen auch artikulierte Schalle (Laute) durch feste Körper, ohne unverständlich zu werden.

6) Ohnerachtet im Allgemeinen angenommen werden kann, daß sich die Schallschwingungen sphärisch fortpflanzen (146), so lehrt doch die Erfahrung, daß

der Schall nicht in jeder Richtung gleich deutlich und stark vernommen wird. Befindet man sich in der Richtung des Schusses einer abgeschossenen Kanone, so hört man den Knall stärker; als wenn man sich in der entgegengesetzten Richtung befand. — Die Einrichtung der gewöhnlichen redenden Figuren, Cicerosköpfe etc. — Das unsichtbare Mädchen des Prof. SCHAUER, wobei vielleicht (ausser der Schalleitung durch Luft und durch feste Körper) Bauchrednerkünste mit im Spiele sind. — Winde verändern die Geschwindigkeit und Stärke des Schalles beträchtlich; weht der Wind in der Richtung des Schalles einer Person zu, so hört sie den Schall früher und in grösserer Ferne als bei ruhiger Luft, und noch besser als bei abwehender Richtung des Windes. Befindet sich zwischen dem schallenden Körper und der Person eine ebene Fläche, besonders ruhiges Wasser, so kann man sehr entfernte Laute (z. B. das Sprechen anderer Menschen) deutlich vernehmen; vorzüglich in windstillen Winternächten. Bäume, Häuser, Hügel etc. wogende Strömungen des Wassers etc. legen dagegen der Schallverbreitung nach Hauptrichtungen mehr oder weniger bedeutende Hindernisse in den Weg. — Starke und anhaltende Schalle, z. B. das Schlagen der Hämmer, Abfeuern der Kanonen etc. ermüden das Ohr, und können öfters (wenigstens eine Zeit dauernde) Taubheit hervorbringen. Merkwürdig ist es, daß Personen welche dergleichen anhaltende Schalle gewohnt sind, das, was man ihnen sagt besser unter dem gewohnten Geräusche, als entfernt von demselben hören.

7) Bekanntlich sieht man den Blitz beim Gewitter oder an einem in beträchtlicher Ferne abge-

(104)

schossenen Feuergewehr eher als der Donner oder Knall vernommen wird, woraus folgt dafs sich der Schall langsamer durch die Luft bewegt als das Licht, indem unter obigen Umständen beide zu gleicher Zeit entwickelt werden. Diese Zeit nun welche zur Fortpflanzung des Schalles durch die Luft erfordert wird, ist von mehreren Physikern gemessen worden; wobei sich zuvörderst zeigte, dafs die Bewegung des Schalles gleichförmig ist (106), und mithin in gleichen Zeiten, gleiche Weiten durchlaufen werden. Ist nun die Entfernung z. B. zwischen der Kanone und dem Beobachter nach Fussen berechnet, so darf man nur diese durch die Zahl der (zwischen dem Sehen des Blitzes und dem Hören des Knalles) verstrichenen Secunden dividiren; der Quotient zeigt dann die Grösse der Geschwindigkeit des wahrgenommenen Schalles, oder wieviel Fufs er in der Secunde durchläuft. Die Geschwindigkeit des Schalles beträgt in einer Secunde nach denen von

| | | |
|--------------------------------------|--------|------------|
| GASSENDI in Frankreich angest. Beob. | 1473 | par. Fufs. |
| MERSENNE - - - - - | 1380 | — — |
| CASSINI, HUYGENS u. a. - - - | 1172 | — — |
| CASSININI, de THURY, - - - | 1038 |) — — |
| MORALDI, la CAILLE - - - | 1041 | |
| d. Florent. n. Acad. in Italien | 1185 | — — |
| FLAMSTEAD, DER- | | |
| HAM u. HALLEY - England - - | 1070 | — — |
| de la CONDAMINE - Cayenne - - | 1101 | — — |
| Derselbe - Peru - - - - - | 1050 | — — |
| JOH. TOB. MAYER - Deutschland - | 1037 | — — |
| G. C. MÜLLER - - - - - | 1040,3 | — — |

8) Jene Beobacht. eines CASSINI, MORALDI, LA CAILLE, J. T. MAYER, und G. E. MÜLLER scheinen

die vorzüglichsten zu seyn; vergl. *Mém. de l'Acad. de Paris* 1738 u. 1739. *VOIGTS Mag.* VIII. 170. Diesen Beob. zufolge nimmt man etwa 1040 Par. Fufs, als die Weite an, welche der Schall in einer Secunde durchläuft; und man kann daher die Entfernung eines Ortes, z. B. beim Lösen des Geschützes, beim Donner, beim Zerspringen einer Feuerkugel ungefähr schätzen, wenn man die Zeit zwischen Licherscheinung und Schallhörnung nach einer Secunden- oder Tertienuhr abzählt; vergl. oben. — Ueber *ROBERTS*, *BOYLE*, *WALKER*, *MERSENNE*, *DERHAM*, *FLAMSTEAD*, *HALLEY*, *BIANCONI*, *CONDAMINE* u. a. Beob. vergl. *Philosoph. Transact.* N. 209. 247. — *NEUTON* (*Arithmet. universal. Probl.* 50.) und *KÄSTNER* (dessen *mathem. Abhdl.* IV. Erfurt 1794.) lehren, wie aus der Zeit, welche zwischen dem Augenblicke da man einen Stein in einen Brunnen wirft, und dem, wo man den Schall hört, die Tiefe des Brunnens bestimmt werden könne. — Nach *HALLEY* verhält sich die Wellenbewegung des Wassers zu der Bewegung des Schalles wie 1 zu 865. Aenderung der Geschwindigkeit durch verschiedene Temperatur der Luft; vergl. *KRAMPS* *Geschichte d. Aerostatik*, Strasburg 1784. Anhang 1786. — Eine Stimmgabel bis 80° R. erhitzt, giebt eine Note an, die fast um einen halben Ton tiefer ist, als die welche sie angiebt, wenn sie in Eis abgekühlt worden. Möglicher Einfluss auf die Geschwindigkeit durch die Lage des Beob. Ortes rücksichtlich der geogr. Breite. — *CHLADNI* a. a. O. III. Thl. §. 191 etc.

g) Wahrscheinlich ist das Fortpflanzungsvermögen für den Schall, in den verschiedenen Atmosphären der Planeten verschieden, wir können dieses aus

der verschiedenen Heftigkeit und Schnelligkeit der atmosphärischen Bewegungen schliessen; es sind nämlich die heftigsten Bewegungen in der jetzigen Erdatmosphäre 12—15 mal langsamer als die des Schalls, während die atmosphärischen Bewegungen auf mehreren von der Sonne entfernten Planeten, die Schallgeschwindigkeit in unserer Luftkreise um 7—11 mal übertreffen.

10) Da es unmöglich ist, sich eine solche Strecke anderer elastischer Flüssigkeiten zu verschaffen, als nöthig ist, um über die Schallgeschwindigkeit in ihnen durch Versuche etwas bestimmtes auszumitteln, so bediente sich CHLADNI zu dieser Absicht folgender sinnreicher Methode; er untersuchte um wieviel der Ton einer Pfeiffe, die mit einem und demselben Gase gefüllt und umgeben ist, und davon angeblasen wird, bei einerlei Schwingungsart höher oder tiefer ist, als der Ton, welchen die atmosphär. Luft unter denselben Umständen giebt. Aus seinen Versuchen (vergl. VOIGTS Mag. III. Bd. 1 St. u. CHLADNI a. a. O. S. 226 etc.) ergab sich, dafs bei einerlei Druck und bei ohngefähr 10—11° R. der Wärme, der Schall in einer Secunde durch folgende Weiten gehen würde.

In reiner atmosphär. Luft, wie auch in einer ihr ähnlichen künstlichen Mischung aus Sauerstoffgas und Stickgas ohngefähr durch 1038 Par. Fufs.

| | | | | | | |
|--------------------|---|---|---|-----------|---|---|
| In Sauerstoffgas | - | - | - | 950—960 | — | — |
| - Stickgas | - | - | - | 990 | — | — |
| - Wasserstoffgas | - | - | - | 2400—2500 | — | — |
| - kohlensaurer Gas | - | - | - | 840 | — | — |
| - Salpetergas | - | - | - | 980 | — | — |

Da diese Resultate sehr beträchtlich von denjenigen abweichen, zu denen die Theorie der Schallbewegung

führt, so scheint daraus hervorzugehen, daß die Schallgeschwindigkeit in einer elastischen Flüssigkeit nicht bloß von der specifischen Elasticität, sondern auch von dem chemischen Werthe des Mediums und von seiner eigenthümlichen electricischen Spannung abhängt; die, wenn sie auch durch die räumlichen (Zusammendrückungs und Ausdehnungs-) Aenderungen während der Schalleitung modificirt werden sollten (vergl. S. 701 unten) sich doch nach jeder vollbrachten Schwingung wiederum herstellen, und also der folgenden Schwingung dieselbe (die Schalleitung hemmende oder beschleunigende) Kraft entgegenstellen, die sie der ersten darboten. — MAUNOIRS und PAULS Vers. über die Veränderung der Stimme durch Athmung des Wasserstoffgases; in GILBERTS Annal. II. 205. v. ARNIMS Vorschlag, die Güte des Wasserstoffgases durch die Höhe des angegebenen Tones, mittelst eines dazu eingerichteten Apparats (Hydrogenometer) zu messen; ebendas. III. Bd. 200.

11) Nach v. ARNIM (GILBERTS Annal. IV. 1 St.) steht die Stärke der Fortpflanzung des Schalles durch verschiedene homogene feste Stoffe, im Verhältniß ihrer Unverschiebbarkeit, womit noch A. KIRCHER (Musurgia I. I. sect. 7. cap. 7.) WINKLER (de ratione audiendi per dentes. Lips. 1759), HERHOLD (REILS Archiv III. 178) HOOK (in der Vorrede zu seiner Micrographia), und WÜNSCH a. a. O. zu vergl. ist. VIDRONS in Paris angestellte Versuche, um Tauben durch Ansetzung eines Stabes an die Zähne Worte und Töne vernehmlich zu machen, vergl. Musikal. Zeit. 1801. N. 4. u. VOIGTS Mag. III. 3 St. — EULER Eclaircissement sur la génération et sur la propagation du son §. 13. in d. Mém. de l'Acad. de Berlin 1765.

§. 140.

Dem vorhergehenden §. zufolge, unterscheiden wir den (durch irgend eine nicht Schall seyende Bewegung erregten) Urschall (Sonus primitivus) von dem mitgetheilten Schalle (S. derivatus v. secundarius), jedoch ohne einen Körper nachweisen zu können, der nur durch Mittheilung schallend würde, sondern es ist vielmehr jede Schall leitende Materie auch des Urschalls fähig, und umgekehrt jede ursprünglich schallende auch des mitgetheilten Schalles. Merkwürdig ist es aber, daß alle Schwingungen die ein elastischer Körper einzeln nach und nach darzustellen vermag, von ihm auch zugleich angegeben werden können, ohne daß eine die andere hindere. Daher können sich mehrere Arten des Schalles zugleich durch einerlei Luftschicht fortpflanzen, ohne daß eine dieser Schwingungen die andere störe; so wie wir auch mehrere Schalle zu gleicher Zeit gesondert zu hören vermögen.

1) Etwas dieser gleichzeitigen Verbreitung unvollkommen ähnelndes, bemerken wir auch an Wasserwellen, die an zwei oder mehreren Stellen der Oberfläche zugleich hervorgebracht wurden: die Kreise beider Wellenarten durchschneiden sich, ohne sich zu stören. — MAIRANS Hypothese zur Erklärung jener gleichzeitigen Schallverbreitung (z. B. daß man mehrere Töne zugleich hört), der zufolge er für je-

den Schall eine eigene Art von Lufttheilchen annahm, die eine diesem Schalle gemässe eigenthümliche Elasticität besitzen sollte, hat EULER (Theoria lucis et colorum §. 60.) wiederlegt. — Dafs jede Schallschwingung zugleich mit drehenden, oder fortschreitenden Bewegungen des Körpers, ohne beträchtliche Störung verbunden seyn könne, haben BERNOULLI und EULER (im 15 u. 19 Bd. der Nov. Comment Acad. Petrop.) erwiesen, und durch Erfahrungen bestätigt.

2) Hieher gehört auch das Mitklingen höherer Töne bei dem Grundtone einer gespannten Saite; welches seltener an Orgelpfeifen und anderen Blasinstrumenten bemerkt wird, hingegen an einem gabelförmig gebogenen klingenden Stabe gar nicht verhütet werden kann. Etwas ähnliches hat man auch bei klingenden Glocken wahrgenommen, es läfst sich aber durch Dämpfungen gewisser Stellen beseitigen. — Das Mitklingen findet jedoch nicht bei allen klingenden Körpern statt, und die mitklingenden Töne sind nie andere als solche die der Körper einzeln zu geben im Stande ist; bei Verschiedenheit der Tonfolge eines solchen Körpers, sind auch die mitklingenden Töne verschieden, von denen eines anderen des Mitklingsens fähigen Körpers.

3) Verschieden rücksichtlich der Ursachen von diesem Mitklingen, ist dasjenige welches man beim Angeben zweier höheren Töne, an allen klingenden Körpern bemerkt; es wird nämlich unter diesen Umständen zugleich ein tieferer Ton vom musikalischen Gehöre wahrgenommen, indem dieses nicht nur das Verhältnifs der Schwingungen bei den zwei gesondert angegebenen Tönen, sondern auch gleichzeitig das Zusammentreffen der Schläge auf die

selbe Art empfindet, wie es einen einzelnen Ton empfinden würde, bei welchem die Schwingungen in den Zeiträumen des Zusammentreffens erfolgten. Vergl. CHLADNI a. a. O. 207. Können z. B. die beiden wirklich angegebenen Töne durch die kleinsten Zahlen ausgedrückt werden, so hört man zugleich einen tieferen Ton der mit der Zahl 1 übereinkommt. ROMIEU bemerkte dieses Mitklingen (1753) zuerst; vergl. TARTINI trattato di Musica secondo la vera scienza dell' Armonia. Padova 1754. LA GRANGE Recherches sur le son, in den Miscellan. Taurinens. tom. I. §. 64. SARTI's Anwendung dieser Erscheinung zur Bestimmung der Schwingungszahl eines Tones; in VOIGT's Mag. I. 102. Abt VOGLERS Benutzung dieses Mitklings bei der Orgel, indem er 2 kleinere Pfeifen, deren Töne zu dem Dreiklange eines Grundtons gehören, einer sehr grossen, die einen tieferen Ton giebt, substituirt.

4) Durch jeden Schall werden alle anderen umher befindlichen Körper, welche in derselben Geschwindigkeit (des angegebenen Schalls) zu oscilliren vermögen, mitbewegt. Sehr häufig entsteht dadurch Mitklingen dieser Körper; so giebt z. B. ein Clavier öfters ungespielt einen Ton an, wenn dieser Ton anderweitig in demselben Zimmer entwickelt wurde. Eine vortheilhafte Anwendung macht man von diesem Mitklingen zur künstlichen Verstärkung des Schalles; dahin gehört die Einrichtung und Wirkung des Resonanzbodens (Fundus resonans) der hinlänglich groß, nicht zu dick und gehörig elastisch seyn muß, um alle Schwingungen mit Leichtigkeit aufzunehmen und wiederzugeben. Auch der Resonanzboden kann mehrere Töne zugleich angeben und somit verstärken.

Ein ähnliches Mitklingen bemerkt man auch an Fenstern, Wänden, Pfeilern etc. solcher Gebäude, worin sehr tiefe Töne einer Orgel angegeben werden. Ein Schuß knallt im Zimmer stärker als im Freien. Anwendung bei der Einrichtung der Schauspielhäuser etc.

c) *Von der Zurückwerfung des Schalles.*

§. 141.

Stößt der in der Luft entwickelte oder verbreitete Schall an die Oberfläche eines harten Körpers, so wird er nach den Gesetzen der Reflexion elastischer Körper (§. 43 u. 44.) zurückgeworfen; d. h. die Schwingungen werden von der Oberfläche des harten Körpers erneuert, und so nach einer von der ursprünglichen abweichenden Richtung fortgepflanzt. Hierauf gründet sich die Entstehung des Nachhalls, das Echo, die Einrichtung des Sprachrohrs und der Schallgewölbe oder Sprachsäle.

1) Der Schall wird von harten Oberflächen so zurückgeworfen, daß der Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich ist. — Es kommt dabei mehr auf die Gestalt der Oberfläche, als auf die chemische Beschaffenheit des Körpers an. Glatte Oberflächen reflectiren den Schall besser als rauhe; ebene oder etwas concave besser als convexe. Nur wenn der Schallstrahl senkrecht auf die reflectirende Ebene stößt, wird er von ihr mit derselben Stärke und Geschwindigkeit zurückgeworfen, mit welcher er zu ihr gelangte.

2) Der Erfahrung gemäß, sind für uns zwei Schalle noch deutlich unterscheidbar, wenn sie in dem neunten Theile einer Secunde auf einander folgen (699); soll daher ein und derselbe Schall, nicht bloß als Urschall sondern auch als zurückgeworfener Schall, wieder wahrgenommen werden, so muß die reflectirende Oberfläche wenigstens so weit entfernt seyn, daß durch die Bewegung des Urschalls zu ihr, und von da zurück bis zu dem Ohre desjenigen, der den Urschall zuvor hörte, wenigstens $\frac{1}{3}$ Secunde vergeht, oder was dasselbe ist, daß zur Bewegung des Urschalls bis zur reflectirenden Oberfläche wenigstens $\frac{1}{18}$ Sec. verstreicht. Durchbebt nun der Schall in $\frac{1}{18}$ Sec. $57\frac{1}{2}$ paris. Fufs (vergl. 709.), so wird die reflectirende Oberfläche wenigstens eben so weit von dem Entstehungsorte des Urschalls entfernt seyn müssen, wenn hier ein Widerschall oder Echo (Echo) gehört werden soll. Bei einer solchen Ferne kann aber nur ein einsylbiges Echo (E. monosyllaba) entstehen; beim Aussprechen eines mehrsylbigen Wortes, hört man nur die letzte Sylbe deutlich wieder-schallen, indem der Schall der ersten Sylben vor volendetem Aussprechen des ganzen Wortes zurück-kommt. Zur Entstehung eines vielsylbigen Echo (E. polysyllaba), wird erfordert, daß die reflectirende Oberfläche um 520 paris. Fufs vom Urschalle entfernt ist, indem nun bis zum Wiederhören des Urschalls eine Secunde verstreicht. Finden sich mehrere reflectirende Oberflächen in einiger Entfernung neben einander, so wird der Schall von der einen zur anderen, und von jeder wieder (wenigstens zum Theil) nach dem Ausgangsorte des Urschalls zurückgeworfen; es entsteht dann ein vielfaches Echo (E. multi-

plex). Verschiedene merkwürdige Echo findet man in KIRCHERS neue Hall- und Tonkunst a. d. L. Nördlingen 1684. Fol. und in GEHLERS Wörterb. Thl. I. Art. Echo beschrieben. — Genauere Bestimmung des Echo in CHLADNIS Acustik. §. 212 etc. Ob auch das Wasser als Schall reflectirende Oberfläche dienen könne, vergl. BRANDES in VOIGTS Mag. V. 65. ECKARTSHAUSENS u. a. Benutzung der Hohlspiegel als reflectirende Oberfl.; vergl. dessen natürl. Magie I. Bd. — Sind die Entfernungen geringer als zur Entstehung eines Echo erforderlich ist, so entsteht entweder ein blosser Nachhall (Resonanz), oder es werden beide: Urschall und reflectirter Schall zu gleicher Zeit vernommen, mithin von uns nicht unterschieden. Hieher gehört die gewöhnliche Einrichtung der Wohnzimmer. CHLADNI a. a. O. §. 211.

3) Hält man eine gleichweite (z. B. cylindrische oder prismatische) Röhre, mit der einen Mündung an den Mund eines sprechenden Menschen, während man die andere Mündung dem eigenen Ohre nähert; so hört man mit Hülfe dieses Communicationsrohrs leise gesprochene Worte ziemlich deutlich und stärker als andere mit dem Rohre nicht in Verbindung stehende Personen, indem die Schallstralen bis zur entgegengesetzten Mündung des Rohrs, durch die Seitenwände zusammengehalten werden. KIRCHER bemerkte diese Eigenschaft gleich weiter Röhren unter anderen an einer alten römischen Wasserleitung, in welcher er den Schall 600 Fuhs weit mit gleicher Stärke hörte; und die Wasserleitung des CLAUDIUS soll den Schall auf ähnliche Weise mehrere italienische Meilen weit verbreiten. Soll aber der Schall, ausserhalb der Röhre in beträchtlicher Entfer-

nung verstärkt verbreitet werden, so wird erfordert, daß das Rohr nach dem vom Munde abgekehrten Ende zu Trichterförmig erweitert sey; eine Vorrichtung die unter der Benennung Sprachrohr (Tuba stentoria v. locutoria) häufig, vorzüglich auf den Schiffen etc. in Gebrauche ist; und dessen vortheilhafteste Gestalt nach LAMBERT ein abgekürzter Kegel ist. Während nämlich im Communicationsrohre, die Schallstrahlen zwar auch mehrmals gebrochen werden, aber dennoch aus der entgegengesetzten Mündung, wie gewöhnlich divergirend fortgehen, werden sie von den innern Seitenwänden des Sprachrohrs so zurückgeworfen, daß sie nach einer oder mehreren Brechungen mit der Achse parallel laufen, oder doch nicht bedeutend davon abweichen. Nur das in der Richtung der Achse des Rohrs sich befindende entfernte Ohr, hört die ausgesprochene Worte am deutlichsten und stärksten. — Vergl. LAMBERT sur quelques instrumens acoustiques in den Mém. de l'acad. de Berlin 1763. p. 87 übers. v. HUTH. Berl. 1796. 8. — Der Ritter SAM. MORLAND wird für den Erfinder des Sprachrohrs (1670) gehalten, sein erstes Sprachrohr ähnelte einer Trompete und war von Glas, ein späteres von Kupfer. Ob die Rohrwände wenig oder sehr elastisch sind, scheint nicht gleichgültig zu seyn; am zweckmässigsten besteht die innere Rohrwand aus einer glatten elastischen, die äussere aus einer weichen Masse. HUTHs Bemerkungen zufolge thut ein elliptisches Rohr keine vortheilhafte Wirkung; auch beim parabolischen Sprachrohre ist die Wirkung geringer als beim kegelförmigen von gleicher Länge, so wie auch die nach den Vorschlägen eines CASSEGRAIN (Journ. de scav. 1672; die Seiten

des Sprachrohrs hyperbolisch zu krümmen, so daß die Achse des Rohrs die Asymptome der Hyperbel würde) und des J. M. HASE (de tubis stentoreis. Lips. 1719. 4.: das Rohr aus einem elliptischen und einem parabolischen Stücke zusammensetzen, so daß während der Mund in dem einen Brennpuncte der Ellipse angesetzt wird, der andere Brennpunct zugleich derjenige der Parabel wäre) gestalteten Sprachrohre den LAMBERTSchen nachstehen. Auch wird zum Theil hierdurch HASENFRATS Meinung (GILBERTS Ann. XIX. 145.) widerlegt, der zufolge die Wirkung bloß in (durch Luftverdichtung) verstärkter Luftschwingung bestehen soll. Ueber das sogen. HORN ALEXANDER des GROSSEN; vergl. HUTH a. a. O. Verstärkung des Kanonendonners durch Sprachröhre, Benutzung dieser Vorrichtung zu Signalen. — Abbildungen verschieden gestalter Sprachröhre finden sich in den Transact. philos. N. 141 oder in LOWTHORPS Auszug Bd. I. 505. — Vergl. CHLADNI a. a. O. §. 208.

4) Aus der Zurückwerfung der Schallstrahlen erklärt sich auch die Wirkung des Sprachgewölbes (Fornix acusticus) oder der Sprachsäle. Indem die Decke und wo möglich auch die Seitenwände eine elliptische Gestalt haben, werden sie als Ellipsoid die aus einem Brennpuncte divergierend ausgehenden Schallstrahlen, in dem anderen Brennpuncte vereinigen; und daher die in der Gegend jenes Brennpunctes (leise) ausgesprochenen Worte, nur in diesem Brennpuncte von einer zweiten sich hier befindenden Person deutlich vernehmen lassen. Tab. III. F. 17. stellt eine solche Wölbung dar; F ist der erste und f der zweite Brennpunct, und die in F entwickelten

Schallstralen, werden auch bei der größten Divergenz so zurückgeworfen, daß sie in f zusammentreffen; weil den Eigenschaften der Ellipse zufolge, der Winkel m in jedem Punkte der Ellipse, dem Winkel n gleich ist. — Merkwürdige Schallzurückwerfungen der Art in der Kuppel der Paulskirche zu London; im Pantheon zu Rom, in einer Gallerie zu Gloucester, in der Cathedralkirche zu Girgente in Sicilien, das sog. Ohr des DIONYSIUS (Grotta della favella) in den Steinbrüchen zu Syracus etc.; vergl. CHLADNI a. a. O. §. 210. Berücksichtigung der Zurückwerfungsgesetze des Schalles, bei Erbauung der Sprachsäle; der Theater, Concertsäle etc. a. a. O. §. 217 ff. und RHODE: Theorie der Verbreitung des Schalles für Baukünstler. Berlin 1806. 8 L. CATEL: Vorschläge zur Verbesserung der Schauspielhäuser. Berlin 1802. 4. EULER a. a. O. u. ejusd. de motu aëris in tubis, in Nov. Comment. Acad. Petrop. tom. XVI.

D) Von den Schwingungsknoten.

§. 142.

XXXXIII. Vers. Eine an ihren Ende befestigte angespannte Saite (des Monochords) wie AD (Taf. II. F. 18.), theile man durch die Punkte B und C in drei gleiche Theile, unterstütze sie mittelst eines Stegs in B, und behänge sie vorzüglich in C mit kleinen winkelförmig gebogenen Papierstreifen; bringt man nun den mit AB bezeichneten Theil der Saite auf irgend

eine Weise in Schwingung, z. B. durch Streichen mit einem Violinbogen, so werden alle Papierstreife, der einzige in C (und wenn in B einer lag auch dieser) ausgenommen, von der Saite herabgeworfen werden; zum Beweise, daß die Stelle C, gleich der durch Unterstützung gedämpften B, ruhet, während die anderen Saitentheile sämmtlich schwingen. Aendert man diesen Versuch dahin ab, daß man die Saite in mehr als drei z. B. in sechs gleiche Theile abtheilt, und wird dann unter übrigens gleichen Umständen der nächst A gegebene Theilungspunct, also in der obigen Fig. der Punct α unterstützt, und Aa in Schwingung gesetzt, so wird die Seite in aBbC und c ruhen, während die übrigen Theile, gleich den zwischen Aa ursprünglich schwingenden oscilliren. Untersucht man aber die Ausdehnungsrichtungen der zwischen den Ruhepuncten vorhandenen schwingenden Theile genauer (z. B. auf S. 698 angegebene Weise), so findet man daß sie wechselseitig entgegengesetzt sind, wie dieses die krumme Linie der gen. Fig. anzeigt. Setzt man nämlich durch Streichen den erwähnten Theil der Seite nach α zu in Bewegung, so wird der Theil βa nach α und dadurch nothwendig der Theil $a\epsilon$ nach $a\delta$ gezogen, und der ruhende Theil a verhält sich zu denen ihm zur

Seite entgegengesetzt bewegten Theilen, ähnlich dem Ruhepunkte eines Hebels erster Art (vergl. §. 54). Alle schwingende Theile bewegen sich hiebei mit gleicher Geschwindigkeit (weil sonst die Schwingungen des einen Theils die des andern verhindern würde), erstreckt sich daher die Oscillation weiter nach D oder A, so folgt, daß in gleichen Entfernungen wie a von A, sich ähnliche Ruhepunkte bilden werden. Sowohl diese folgenden Ruhepunkte, als auch den ursprünglich durch Unterstützung (Dämpfung) gegebenen, nennt man Schwingungsknoten (Nodi oscillationum).

1) Fährt die Saite fort zu schwingen, so erhellt aus dem Obigen, daß die Bewegungsrichtungen der folgenden Schwingung, denen der vorhergehenden entgegengesetzt seyn, und die Schwingungsknoten nach wie vor in Ruhe bleiben werden. Statt der Saite kann auch Metalldrath, als ein klingender Stab etc. gewählt werden. Vergl. CHLADNI a. a. O. §. 48. — Um absolut gleichzeitig zu seyn, müßten die Schwingungen klingender Körper, wie die eines Pendels (S. 192) unendlich klein seyn. Indefs ist die Abweichung von der strengsten Genauigkeit bei sehr kleinen Schwingungen unmerklich. Bei einem Bogen von 1 Grade, dürfte die Dauer jeder Schwingung ohngefähr $\frac{1}{50000}$ weniger betragen a. a. O. §. 46.

2) Ausser jenen gleichzeitigen Hauptschwingungen und den zugehörigen Schwingungsknoten, scheinen auch noch untergeordnete Bebgungen in der klingenden Saite statt zu finden, aus deren Vereini-

(46²)

gung mit den Hauptschwingungen (nicht bloß durch Saiten sondern durch alle klingende Körper) wahrscheinlich das Entstehen eines Klanges (der sich überhaupt vom Geräusche durch die Gleichartigkeit und Bestimmbarkeit der Schwingungen unterscheidet) erst möglich wird. Bestreut man einen in seinen Endpunkten unterstützt liegenden, ziemlich dicken Metalldrath (oder Pfeiffenstyl) mit Bärlappaamen, und schlägt dann geschwind aber nicht zu heftig daran, so bilden sich eine Menge kleiner Stauberhöhungen, die so beschaffen sind, daß man die Abwechselungen der mehr und weniger bewegten Theile darin bemerken kann. Indem sich nämlich der dem einem Draththeile versetzte Stofs, nicht zu gleicher Zeit sondern in einer gewissen Folge den übrigen Theilen mitzuthellen vermag, so folgt daß man den Theil der den Stoff empfangen, als unterstützt von den umgebenden Theilen betrachten muß, und daß mithin eben so viele Schwingungsknoten hervorgebracht werden, als die ganze Saite von solchen schwingenden Theilen enthält. OERSTEDS Vers. über die Klangfiguren; in GEHLENS Journ. f. Chem. Phys. u. Mineralogie. VIII. 241. An klingenden Scheiben kann man ebenfalls etwas der Art bemerken, wenn man mit ihnen auf die S. 698 dies. Grundr. beschriebene Weise experimentirt. Auch vergl. man noch S. 147 dies. Grundr.

3) Die Theile, worin sich der klingende Körper theilt, haben stets gegeneinander ein solches Grössenverhältniß, als erforderlich ist, um in gleicher Geschwindigkeit schwingen zu können. Je grösser die Zahl der schwingenden Theile, mithin je kleiner jeder einzelne Theil ist, um so geschwinder sind

auch die Schwingungen, mithin um so höher die Töne; vergl. 146. Das was bei jedem Klange ausser der bestimmten Höhe oder Tiefe, und der bestimmten Schwäche oder Stärke noch als Modification desselben erscheint, und im Französischen durch *timbre* bezeichnet wird, hängt theils (wie schon bemerkt a. a. O.) von der eigenthümlichen Qualität des klingenden und zugleich fortpflanzenden Körpers und des fortpflanzenden Mediums ab, theils rührt es von beigemischten Geräusche her, wovon der Grund ebenfalls sowohl im klingenden Körper, als auch in dem das Klingen hervorrufenden reibenden oder stossenden Körper zu suchen ist. CHLADNI §. 44. Hieher gehören die sogen. harttönenden Instrumente, z. B. die meisten Metallinstrumente, vorzüglich die Trompete, das Clavier, die Geige u. m. ähnliche, im Vergleich mit der Flöte, Clarinette etc. überhaupt vorzüglich mit hölzernen Blasinstrumenten. Vergl. KESSLER: Ueber die Natur der Sinne. Jena u. Leipzig 1805. 8. S. 192—197.

4) Auf die Art des Schalles oder Klanges haben überhaupt verschiedene Verhältnisse Einfluss. Ob rücksichtlich der Gestalt, und zwar in Betreff der Dimensionen, die klingenden Körper der Länge nach, oder als Fläche, oder in der Dicke (z. B. bei den Saiten — dünnen Blechen, Scheiben und Trommelfellen — Glocken, Stäben, Ringen) vorzüglich ausgedehnt sind, ob in Betreff der Richtung die Hauptdimensionen gerade Linien (wie bei den Saiten, Scheiben etc.) oder krumme Linien (Glocken etc.) bilden; ob rücksichtlich der Befestigung, zur nöthigen Spannung die Körper an beiden Enden (wie bei

den Saiten) oder nur an einem Ende (Stäbe), oder durch Aufhängen (Glocken, Ringe) schwebend gehalten werden; ist für die Art des Klanges nichts weniger als gleichgültig. — Die größte Verschiedenheit der schwingenden Bewegungen zeigt sich in ihrer Richtung, die entweder quer, länglicht oder drehend seyn kann; wornach sich dann auch die Richtung der jedesmaligen Anregung der Schwingungen richten muß.

5) Die Transversalschwingungen bestehen aus Beugungen des klingenden Körpers (oder jedes seiner Theile) seitwärts der Axse (in deren Richtung die Schwingungsknoten liegen), vor und hinter jedem Schwingungsknoten nach abwechselnden Richtungen, vergl. Tab. III. Fig. 14, $\alpha\delta$; so daß die Durchmesser der Schwingungen mit der Axse einen rechten Winkel machen. Hieher gehören die Schwingungen der Saiten, Membranen, und die der meisten festen Körper. — Die Longitudinalschwingungen erfolgen in abwechselnden Zusammenziehungen und Ausdehnungen des klingenden Körpers oder seiner aliquoten Theile, nach der Richtung der Länge; so daß diese sich abwechselnd gegen einen Schwingungsknoten stemmen, und von demselben entfernen. Zum Theil sind auch Saiten und andere nach einer geraden Richtung ausgedehnte Körper dieser Schwingungsart fähig; vorzüglich findet sie aber Statt, an der in einer Röhre eingeschlossenen Luft, z. B. bei allen Arten von Blasinstrumenten. Bei den drehenden Schwingungen (die CHLADNI nur an Stäben bemerkte) bewegen sich die aliquoten Theile des Staben abwechselnd rechts und links in einer schraubenförmigen Richtung, so als ob sie sich

um ihre Axse drehen wollten. CHLADNI a. a. O. §. 47. ff.

6) Zur Hervorbringung der Longitudinalschwingungen an einer Saite, muß dieselbe innerhalb eines schwingenden Theiles mit dem Violinbogen (unter einem so spitzen Winkel wie möglich) der Länge nach gestrichen, oder nachdem sie mit Geigenharz bestrichen, mit einem weichen Körper (z. B. mit einem Stückchen Tuch, mit dem Finger etc.) der Länge nach gerieben werden. Holz- und Metallstäbe werden auf ähnliche Weise mit Tuch gerieben, nachdem sie zuvor mit Geigenharz bestäubt waren. Glasstäbe (wozu sich am besten Thermometer- oder Barometerröhren schicken) befeuchtet man zuvor mit etwas Wasser, und bestäubt sie dann mit feinem aber scharfen Sande oder Bimssteinpulver. (CHLADNI's Euphon.) Vergl. a. a. O. §. 89 etc. 96. Zu den drehenden Schwingungen werden die glatten Oberflächen der Stäbe auf ähnliche Weise wie bei den Longitudinalschwingungen behandelt, nur mit dem Unterschiede, daß das Reiben nicht der Länge nach, sondern links oder rechts in einer drehenden Richtung geschieht. — Eine andere Art von Longitudinalschwingungen wie die obigen, wo eine Saite, an welche ein Gewicht gehängt ist, sich nach einer geschehenen Aufhebung des Gleichgewichts so ausdehnt und zusammenzieht, daß das Gewicht selbst dadurch abwechselnd auf- und niederwärts bewegt wird, hat der Graf GIORDANO RICCATI (a. a. O. §. 62.) beobachtet.

7) Die Verbreitung des Schalles in der Luft und in festen Körpern scheint vorzüglich durch Longitudinalschwingungen zu geschehen. Würde diese Vermu-

thung (vergl. CHLADNI'S Acustik §. 226. u. HERHOLDS Beob. in REILS Archiv III. 166.) bestätigt, so würde man dadurch ein Mittel haben, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles durch feste Körper zu bestimmen. In derselben Zeit, in welche der gegebene feste Körper frei schwingend eine Longitudinalschwingung macht, würde er auch den Schall in sich fortsetzen; und diesem nach würde sich der Schall z. B. durch Kupfer fast 12 mal geschwinder verbreiten als durch die Luft. Vergl. S. 705—707 dies. Grundr. — Einfluß des Schalles auf den Barometerstand. ENGLEFIELD in GILBERTS Ann. XIV. 214.

8) Rücksichtlich der Zahl der Schwingungsknoten einer gespannten klingenden, in irgend einem Punkte (z. B. durchs Steg) unterstützten Saite, ist zu bemerken, daß wenn sich der kleinere (durch Streichen etc. zuerst in Schwingung gebrachte) Saitenthail zu dem grösseren verhält, wie 1:3, zwei Schwingungsknoten hervorgebracht werden; verhält er sich wie 1:4 so erscheinen drei, wie 1:5, vier Schwingungsknoten etc.

§. 143.

XXXXIV. Versuch. Zur Nachweisung der Schwingungsknoten an klingenden Flächen, die irgendwo unterstützt sind, z. B. an Blechen, Glas- oder Metallscheiben etc., bedient man sich entweder des S. 698 angegebenen Stativs, oder in Ermangelung desselben folgendes Verfahrens: man nimmt z. B. eine kreisrunde Scheibe von

gleichdicken, reinem, blasenlosen Fensterglase, die an den Rändern gehörig abgeschliffen ist, und ohngefähr 3—12 Zoll im Durchmesser hat; man bestreut sie mittelst eines kleinen Siebes mit feinkörnigem Sande (Marmor, Eisenfeile oder *Lycopodium*), legt sie in ihrem Mittelpunkte auf einen etwas zugespitzten Kork, drückt sie oberhalb mit dem Finger an den Kork an, unterstützt sie ausserdem noch am Rande (Taf. III. Fig. 19) in a, oder b, oder c, oder d, und streicht nun den Rand 45 Grad von der berührten Stelle, also in e, oder h, oder in f, oder in g, rechtwinklicht mit einem mit Colophonium bestrichenen Violinbogen. Der Sand wird von allen schwingenden Stellen (welche die Gestalt krummer Flächen erhalten) der klingenden Scheibe, in die Höhe geworfen; nur auf den Schwingungsknoten bleibt er liegen, bezeichnet dadurch die Reihe der zusammenhängenden Schwingungsknoten, und bildet so die in Fig. 19 gezeichnete Klangfigur; die sich ändert; wie die Gestalt der Scheibe (ob sie rund oder viereckigt etc. ist), die Unterstützungspunkte und die ursprünglichen Bewegungsstellen abgeändert werden.

1) Vergl. CHLADNI a. a. O. §. 102. ff. Jede auf einer Scheibe hervorzubringende Klangfigur, steht mit den anderen auf derselben Scheibe zu erzeugenden Figur in einem bestimmten Tonverhältnisse; irrig ist

es aber, zu glauben jeder bestimmte Ton habe seine ihm entsprechende Figur. — Eisenfeile verdient nach OERSTEDS Beob. (GEHLENS Journ. a. a. O.) den Vorzug vor Sand, so wie Metallscheiben vor Glasscheiben zu genauen Versuchen. Die Metallscheiben tönen länger nach, und geben die Figuren auch dann, wenn man den Sand etc. erst auf die bereits tönende Scheibe streut, womit meine eigenen Beob. übereinstimmen. Ueber die Benutzung des Wassers und Lycopodiums zu diesen Versuchen, vergl. S. 698 dies. Grundr.

2) Taf. III. Fig. 20, 21, 22, 23 und 24 stellen noch fünf der merkwürdigsten Klangfiguren vor. Fig. 20 wird erhalten, wenn man die kreisrunde Scheibe etwa 30 Grad von der gedämpften Stelle des Randes streicht. Fig. 21, wenn man die Quadratscheibe in a oder b hält und in c oder d streicht; Fig. 22, wenn dieselbe Scheibe an einer der Ecken in e oder f anstreicht; Fig. 23, wenn man eine elliptische Scheibe in der Mitte g auf den Kork andrückt, die beiden Randpuncte i und k dämpft, und in r streicht; Fig. 24, wenn die kreisrunde Scheibe in m gehalten und in l angestrichen wird. Darstellung dieser und mehrerer anderer Klangfiguren, durch Versuche mit kreisrunden, elliptischen, und Rectangelscheiben von verschiedener Art, von Glas, Metall und Holz.

3) Zur genauen Ausmessung der Klangfiguren, bedient man sich nach OERSTED (a. a. O.) vortheilhaft quadratische Messingscheiben, die fast eine Linie dick sind, und deren Seitenlinie 4 Zoll beträgt. Die Oberfläche einer solchen Scheibe wird zu dem Ende durch Linien, die mit den Seiten parallel ge-

hen, in 1600 Quadrate eingetheilt, und nun entweder selbst bestreut zur Schwingung gebracht, oder es wird die mit der Klangfigur versehene Glastafel über die eingetheilte Metalltafel gelegt. Durch mehrere Vers. mit dergleichen Scheiben, gelangte O. zu dem wichtigen Resultate: daß die Klangfiguren in Fig. 19, 20, 21 und alle ähnlichen nicht (wie man nach CHLADNI bisher glaubte) aus geraden, durchschneidenden Linien, sondern aus Hyperbeln entstehen, die sich begegnen; und daß die scheinbaren Winkel ebenfalls Hyperben sind, welche entgegengesetzte Scheitelpuncte haben. a. a. O. S. 226 u. 233.

4) Wäre eine Scheibe darstellbar die vollkommen elastisch und zugleich so biegsam ist, daß gar kein Widerstand da wäre, so würden Staublinien darauf mit den absolut ruhenden zusammenfallen und mithin Dreiecke bilden. In der Wirklichkeit sind aber nur Annäherungen dieses denkbaren Falles möglich; und die Hyperbel ist der gewöhnlich hervorzubringende Kegelschnitt. Es könnte dieser Schnitt aber eben so gut mit der entgegengesetzten Seite des Kegel parallel gehen und dadurch eine Parabel bilden, oder die Axse perpendicular oder schräg durchschneiden und so einen Kreis oder eine Ellipse bilden; Fälle die wahrscheinlich auf sehr grossen Scheiben eintreten, und so die Möglichkeit gewähren, alle Kegelschnitte in verschiedener Entfernung vom Mittelpuncte dargestellt zu finden. a. a. O. S. 235. — Durch wiederholte Striche (mit dem Violinbogen) rücken die Scheitelpuncte der Hyperbeln in den unter N 3 angegebenen Fällen immer näher, jedoch ohne das völlige Verschwinden der Bögen zuzulas-

sen — Ueber die besondere Gegenwirkung in klingenden Scheiben, wodurch an gewissen Stellen Staubmassen angehäuft werden, und die Form der Hyperbel etwas unregelmässig wird; a. a. O. S. 233 u. 235. — Operirt man in den vorhergehenden Vers. zur Darstellung der Klangfiguren, statt des Sandes etc. mit Bärlappsamen, so wird mandadurch in den Stand gesetzt, jene untergeordneten Schwingungen und Schwingungsknoten der Scheibe zu bemerken, die denen der mit Bärlappsamen bestäubten klingenden Saite (S. 724) ähneln; und hyperbelförmige Stauberhöhungen bilden a. a. O. 236.

5) Nach O's. Beob. hängt der Staub in den Klangfiguren fester an der Tafel, als in den übrigen Stellen; ein Ankleben welches mit der electr. Anziehung leichter Körperchen Aehnlichkeit zu haben scheint; vergl. S. 701 u. 712. O. vermuthet das die Knotenstellen negativ electricisch geworden sind, während die schwingenden (leeren) Stellen positiv electricisch wurden. a. a. O. S. 248.

6) Die Schwingungen der Glocken und überhaupt gekrümmter Flächen, ähneln denen einer runden Scheibe, bei welchen sich sternförmige Figuren zeigen. Die Glocke etc. theilt sich nämlich in 4, 6, 8, oder nachdem sie groß und dünn genug ist, überhaupt in eine grade Zahl von schwingenden Sektoren, welche durch Knotenlinien von einander getrennt sind, die sich sämmtlich oben im Gipfel der Glocke durchschneiden. Vergl. CHLADNI a. a. O. §. 166—175 u. S. 698 dies. Grundr.

E) Von den Tönen.

§. 144.

In jedem Klange empfinden wir ein gewisses Gepräge von Ordnung und Harmonie, welches die einzelnen den Klang hervorbringenden Schwingungen vereint als Schallganzes wahrnehmen läßt, und Ton (so wie die Verschiedenheit desselben: Höhe und Tiefe) genannt wird. Vergl. S. 724 u. 725. Den Unterschied eines Tones von dem andern, oder die Verschiedenheit der in einerlei Zeit erfolgenden Zahlen der Schwingungen, nennt man ein Intervall oder Tonverhältniß.

1) Zur Entwicklung der verschiedenen hörbaren Töne von vorzüglicher Reinheit und Vollendung, ist die menschliche Stimme am geschicktesten; und die musikalischen Instrumente stehen ihr hierin nach. Bei den letzteren, sofern es Blasinstrumente sind, ist es die Luft, welche tönt. — Etwas denen auf solche Weise der Luft entlockten articulirten Tönen Aehnliches, bemerkt man hin und wieder auch an der freien bewegten Luft. Hieher gehört die von mehreren Reisenden bestätigte Luftmusik oder Teufelsstimme auf Ceylon und in benachbarten Ländern, die in stillen heiteren Nächten vor Witterungsänderung einzutreten pflegt, und die meiste Aehnlichkeit mit der tiefen klagenden Menschenstimme haben soll. Zum Theil gehört hieher auch das gewöhnliche Heulen des Windes. — Dem Klange der Blasinstrumente rücksichtlich seiner Entstehung ähnlich, ist auch derjenige der sogen. chemischen

Harmonica; die erhalten wird, indem man in einem engmündigen Gefässe Wasserstoffgas entbindet, das zur Mündung herausströmende Gas in atmosphärischer oder Lebensluft anzündet, und über diese kleine und ruhige Flamme, eine oben offene oder verschlossene, gläserne oder metallene, nicht allzuweite Röhre hält, so daß die Flamme sich etwas innerhalb der Röhre befindet. Durch das Verbrennen des Wasserstoffgases zu Wasser (S. 653) entsteht fortwährend ein leerer Raum, den die umgebende Luft hinzuströmend hinwiederum erfüllt, diese Strömung vereint mit der des verbrennenden Wasserstoffgases aus dem Gefässe, erregt in der obern Luftsäule der Röhre Longitudinalschwingungen, die sich dem unter der Röhrenöffnung gehaltenen Finger durchs Gefühl und dem Ohre durch heulende, öfters beschwerlich fallende Töne verrathen. Während des Klanges spitzt sich die Flamme zu. Vergl. DE LUC in dessen neuen Ideen über die Meteorologie I. §. 200. der dieses Phänomen zuerst erwähnte; ferner GÖTTLINGS Taschenbuch für Scheidekünstler und Apotheker. 1795. S. 16. SCHERER in GRENS neuen Journ. d. Phys. II. 4. S. 509. CHLADNI a. a. O. S. 91—93 u. S. 673 dies. Grundr. — Ueber von KEMPELENS Sprachmaschine, über das menschliche Stimmorgan; mündlich.

2) Bei Bestimmung der Tonhöhe einer Transversalschwingungen machender Saite, kommt vorzüglich die Länge, Dicke und Spannung derselben in Betracht; sind diese bekannt, so läßt sich daraus auf die jedesmalige Geschwindigkeit in der Nacheinanderfolge der zum Tone gehörigen Schwingungen, d. i. auf die jedesmalige Tonhöhe schliessen, und

diese durch Berechnung ausmitteln. Der Ton ist um so höher, je grösser jene Geschwindigkeit ist, und umgekehrt um so tiefer, je geringer sie ist. Vergl. S. 724. Sind zwei Saiten nur rücksichtlich der Länge verschieden, so verhält sich ihre Schwingungsanzahl (in gleichen Zeiten) umgekehrt wie ihre Längen; sind sie es nur rücksichtlich der Dicke, so verhält sich ihre Schwingungsanzahl umgekehrt wie ihre Durchmesser, und sind zwei Saiten mit ungleicher Stärke (durch ungleiche Gewichte) gespannt, rücksichtlich der Länge und Dicke aber gleich, so verhält sich die Anzahl ihrer Schwingungen (mithin ihre Tonhöhe) wie die Quadratwurzeln der spannenden Kräfte oder Gewichte. Bezeichnen wir also die Anzahl der Schwingungen oder die Tonhöhe (der qualitativ gleichartigen) Saiten mit N, n , die spannenden Kräfte oder Gewichte durch P, p , die Längen durch L, l , und die Durchmesser durch D, d , so ist $N : n$

$$= \frac{\sqrt{P}}{LD} : \frac{\sqrt{p}}{ld}. \quad \text{Bei einerlei longitudinalen}$$

Schwingungsart, verhalten sich die Töne mehrerer aus einerlei Materie bestehenden Stäbe umgekehrt wie die Längen. Auf die Dicke eines Stabes kommt gar nichts an, aber wohl auf die Verschiedenheit der Materie; CHLAENI a. a. O. §. 95. Alle feste Körper geben bei dieser Schwingungsart unter übrigens gleichen Umständen weit höhere Töne, als gleich lange Luftsäulen z. B. einer Pfeiffe. Bei gleichartigen und gleichförmigen Scheiben, verhalten sich die Töne umgekehrt wie die Quadrate der Durchmesser ($N = \frac{1}{D^2}$).

3) Zur Ausmittlung obiger Tonverhältnisse schwingender Saiten, dient ein Sonometer oder Tono-

meter, d. i. ein einfaches mit einer oder mehreren Saiten (Monochord, Dichord, Tetrachord etc.) bezogenes Instrument; wo die Längen durch verschiebbare Stege gegeben, und durch parallel mit den Saiten angebrachten Längenscalen, so wie die Dicken durch Micrometer (LÜDICKE'S Micrometer zur Messung der Durchmesser dünner Saiten, in GILBERTS Ann. I. 137.) und die Spannungen durch Gewichte gemessen werden. Durch ähnliche Versuche hat man auch das Verhältniß der Schwingungszahlen der verschiedenen Töne d. i. die Temperatur (Temperamentum) ausgemittelt. Ungleichschwebende KIRNBERGERSche und gleichschwebende oder mathematische Temperatur; Unterschied derselben. KIRNBERGERS Kunst des reinen Satzes in der Musik. Berlin 1771. 4.

4) Machen zwei Saiten in gleichen Zeiten gleichviel Schwingungen, so haben sie den Einklang; macht hingegen die eine Saite noch einmal soviel Schwingungen als die andere, so giebt sie die Oberoctave des Grundtons (Tonica) der anderen Saite; ein Fall der z. B. eintritt, wenn die Saite bei übrigens gleichen Umständen halb so lang ist, als die andere. Hat die kürzere $\frac{2}{3}$ der Länge der anderen Saite (macht sie also in derselben Zeit 3 Schwingungen, in welcher diese andere 2 macht), so giebt sie die Quinte des Grundtons (Dominante) der längeren an. Hat sie $\frac{3}{4}$ der Länge, so giebt sie die Quarte des Grundtons (Unterdominante) jener Saite. Die grosse Terze wird an der kürzeren Saite angegeben, wenn ihre Länge $\frac{4}{5}$; die kleine Terze wenn sie $\frac{5}{6}$; die grosse Sexte, wenn sie $\frac{3}{2}$; die kleine Sexte, wenn sie $\frac{5}{3}$; die Oberduodecime, oder die

Oberoctave der Quinte, wenn sie $\frac{1}{3}$; die Oberdecime-Septime, oder die doppelte Octave der grossen Terze, wenn sie $\frac{1}{5}$ von der Länge der Grundton angehenden Saite beträgt. Die gewöhnlichen Töne der Musik beschränken sich auf die 4 Octaven; Bass: C bis H, Tenor: c bis h, Alt: c' bis h', Diskant: c'' bis h'. — Ueber die Höhe der Töne in verschiedenen Gasen, vgl. PEROLLE in GILBERTS Ann. III. 195. Eine zwischen zwei Wirbeln gespannte Saite wird durch Wärme ausgedehnt und dadurch schlaffer; während eine Luftsäule erwärmt elastischer (gespannter) wird; und mithin während die Saite einen mehr niederen, diese einen höheren Ton giebt.

5) Gewöhnlich bedient man sich bei Saiteninstrumenten nur derjenigen Schwingungsart, wo die Saite ganz schwingt; seltener macht man auf der Geige und dem Violoncell bei dem Solospielen Gebrauch von den höheren Tönen, wo sich die Saite in aliquote Theile eintheilt. Man nennt sie Flageolett-Töne; CHLADNI a. a. O. §. 53. Die Töne der Aeolsharfe, und der Riesen- oder Wetterharfe, wo die Saiten oder Dräthe durch Luftzug in Bewegung gesetzt werden, beruhen ebenfalls auf solche Transversalschwingungen der Saiten, die sich, je nachdem sie verschiedentlich vom Winde getroffen werden, in eine grössere oder kleinere Anzahl aliquoter Theile abtheilen. Daher die grosse Mannichfaltigkeit ihrer Töne. GEHLERS phys. Wörterb. Art. Aeolsharfe und Wetterharfe. — Ueber Tonleiter; harte und weiche Tonart; Accorde; Consonanzen und Dissonanzen; Melodie; Combinationstöne; den Gesang der Vögel etc. mündlich. — GEHLER a. a. O. Art. Ton; SULZERS Theorie der schönen Künste; CHLADNI a. a. O.

X. CAPITEL.

VON DEM LICHT E.

A) *Von der sinnlichen Wahrnehmung des Lichtes.*

§. 145.

Die Empfindung des Sehens, durch die wir Lage, Gestalt, Grösse, Bewegung und Farbe der Körper zu beurtheilen vermögen, wird in unserem Gesichtorgane, durch die Wirkung eines eigenthümlichen Phänomens der Gegenstände, welches wir Licht (Lux, lumen) nennen, begründet. Helligkeit, Durchsichtigkeit, Weisse und Farbe sind für unser mit Bewußtseyn thätiges Sehorgan, die allgemeinsten Wirkungen des Lichtes, die eben so von einander abweichen als die Bedingungen verschieden sind, unter denen das Licht hervorgeht, sich fortpflanzt und verschwindet. Mit der Wegnahme des Lichtes schwindet auch die Fähigkeit des Sehorgans die Gegen-

stände zu sehen, und diesen Zustand nennen wir als Gegensatz der Helligkeit (Claritas) Finsternifs (Obscuritas).

1) Das zwiefache Sehorgan des Menschen, besteht (in jeder Hälfte des Körpers) aus einem von Nervenmark gebildeten zarten Häutchen, welches mit dem aus sehr mannichfaltig gebildeten Körpern bestehenden Auge (Oculus) organisch verbunden ist. Das Auge (von den übrigen ihm zugehörenden Theilen gesondert gedacht: auch Augapfel *Bulbulus oculi* genannt) liegt in der pyramidalischen Augenhöle (Orbita), deren Oeffnung die Augenlieder (*Palpebrae*) als häutige Falten bedecken, die vermöge gewisser Muskeln geöffnet und geschlossen werden können, und deren äussere Hautfläche von dem mit Wimpern (*Cilia*) besetzten Rande, in die zartere innere und diese in die höchst feine durchsichtige Verbindungshaut (*Tunica conjunctiva s. adnota*, welche die Vorderfläche des Augapfels überzieht) übergeht. Der Augapfel kommt rücksichtlich seiner Gestalt einer Kugel sehr nahe, nur ragt der vordere durchsichtige Theil etwas hervor. Er wird durch vier gerade Muskeln nach allen Richtungen, und durch zwey schiefe um seine Axe bewegt, und besteht aus mehreren Häuten, deren drei concentrisch in dem hinteren kleineren Theile liegen: 1) die harte oder weisse Haut (*Tunica sclerotica s. albuginea*, aus dichtem weissem Zellgewebe gebildet, keine Nerven und wenige Adern habend, dick und stark, den inneren Theilen zur Anhaltung und dem ganzen Augapfel zur Befestigung dienend); 2) die Aderhaut (*T. chorioidea*, dünn und zart, ohne Nerven aus nahe

an einander laufenden Adern und einem zarten Zellgewebe bestehend, welches mit einem schwarzen dickflüssigen Stoffe — vergl. 687 — durchdrungen und besonders auf der inneren Fläche überzogen ist); sie zieht sich nach vorn in den Faltenkranz (Corpus ciliare) zusammen, dessen Falten (Processus ciliares) auf dem vorderen Rande der Linse liegen. 3) Die Netz-, Nerven- oder Muskelhaut (Retina s. T. nervea, weich sehr dünn und zart, aus nicht netzförmigen durchaus gleichmässig zusammenhängenden Nervenmarke bestehend, auf der inneren Fläche mit einem feinen Adernetze überzogen, und nach der von dem Jesuiten SCHEINER — ejusd. oculus. p. 176 — zuerst erwiesenen Vermuthung, den eigentlichen Sitz des Sehens darstellend). Der vordere kleinere Theil enthält die durchsichtige Hornhaut (T. cornea, dick, der Gestalt eines Abschnittes von einer hohlen Kugel ähnelnd, auf die für sie vorhandene fast kreisrunde Lücke der Sclerotica aufgesetzt, und in der genannten Haut durch ein sehr derbes Zellgewebe befestigt). Hinter ihr ist die Regenbogenhaut (Iris) eben ausgespannt, welche insbesondere auf ihrer hinteren Fläche, auch die Traubenhaut (Uvea) oder die Blendung genannt wird. Sie hat zum Eingange der Lichtstralen in der Mitte ein rundes Loch, das Lichtloch, die Sehe (Pupilla, welches sich bei schwachem Lichte erweitert, bei starkem verengt) und besteht aus Adern und Nerven, welche von ihrem Umfange zum Lichtloche hinlaufen. Die Häute des Auges hängen theils unter sich zusammen, theils enthalten sie Höhlungen, welche mit drei durchsichtigen Medien, die gewöhnlich die Feuchtigkeiten (Humores) genannt werden, erfüllt sind: 1) Dieje-

(51)

nige Höhle (im grösseren hinteren Theile des Auges) welche von der umgebenden Sclerotica und Choroida und zunächst von der Nervenhaut gebildet wird, enthält den kugligen, nach vorne etwas abgeplatteten Glaskörper (*Corpus vitreus*), der aus dem zarten, durchsichtigen, Glashäutchen (*Membrana hyaloida*) und der darin liegenden durchsichtigen Glasfeuchtigkeit (*Humor vitreus*) besteht. 2) An der vorderen Fläche des Glaskörpers liegt die convex-convexe Krystalllinse (*Lens crystallina*), deren hintere Fläche erhabener ist als die vordere, und die mit ausserordentlicher Durchsichtigkeit, grosse Festigkeit verbindet. Sie ist von einer durchsichtigen häutigen Kapsel (*Capsula lentis crystallinae*) eingeschlossenen (deren hinterer Theil an der Glashaut haftet) und zunächst von einer durchsichtigen tropfbaren Flüssigkeit, die Morgagnische Feuchtigkeit (*Liquor Morgagni*) genannt umgeben. REILS Beob. über die fasrige Structur der Krystalllinse, in GRENS Journ. d. Phys. VIII. 325. 3) Den noch übrigen kleinen Theil der Höhle des Augapfels, vor der Linse, theilt die Iris in zwei Theile — die vordere und hintere Kammer (*Camera anterior et posterior*) genannt —, welche mit der durchsichtigen wässrigen Feuchtigkeit (*H. aqueus*) angefüllt sind. Der Längendurchmesser des Augapfels erwachsener Menschen beträgt ohngefähr $11\frac{1}{3}$ par. Linien. Denkt man sich eine gerade Linie, senkrecht auf der Mitte der Ebene der Pupille stehend, von vorn nach hinten durchs Auge laufend, so heisst diese die Axse des Auges. In dem hinteren Theile des Augapfels, zur Seite der Axe, etwas nach der Nase zu, treten die dicken Augennerven (*Nervi optici*) von einem eigenen

Gehirnhügel (Talamus nervi optici) kommend, so bald sie über den Hirnschädel fortgegangen, sich kreuzend, so daß der rechte zum linken und der linke zum rechten Auge gelangt, durch ein Loch (Foramen opticum) in der aus sieben Knochen der Hirnschale und des Oberkiefers gebildeten Augenhöhle (vergl. oben) in dieselbe ein; schon beim Eingange die äussere Platte der ihn begleitenden harten Hirnhaut (die zur Beinhaut der Augenhöhle wird), und (indem er durch die Sclerotica und Chorioidea geht), die innere Platte derselben Haut (welche sich mit der Sclerotica durch Zellgewebe verbindet) ablegend, und nun sein Nervenmark in die Nervenhaut ausbreitend. Neben den Eintritt des Sehnerven, nach aussen zu, gerade in der Axse des Auges, hat die Retina (nach SÖM-MERINGS Beobacht.) einen eirunden, gelblichen, in der Mitte stärkeren, nach dem Umkreise zu schwächer gefärbten Fleck, an dessen Stelle die Nervenhaut eine geschlängelte Falte bildet, vertieft ist und ein kleines Loch zu haben scheint. Dr. MICHAELIS: über einen gelben Fleck und ein Loch in der Nervenhaut des menschl. Auges; im Journ. d. Erfind. Theorien und Widersprüche in der Natur- u. Arzneiw. St. XV. 5. ff. ALB. v. HALLER Grundrifs d. Physiologie, aus d. Lat. m. Anm. v. SÖHMERING u. MECKEL. Berl. 1788. Cap. XV. HILDEBRANDT a. a. O. 502—507. G. ADAMS Anweisung zur Erhalt. d. Gesichts und zur Kenntnifs der Natur des Sehens, aus d. Engl. von FR. KRIES. Gotha 1794. 8. — Ueber das allgemeine Verhältnifs des Sehorganes zum Lichte S. 14 ff. dies. Grundr. — Beschreibung der Art wie die einzelnen Theile des Auges beim Sehen thätig sind, weiter unten.

2) Die Augen der Säugethiere kommen mit dem menschlichen Auge mehr oder weniger überein. Einige z. B. die der Affen, Bären, Pferde;) haben noch eine halbmondförmige muskulöse Haut als innere Augendecke (Membrana nictitans). Der Augapfel der wiederkäuenden Thiere ist mehr breiter als lang; und beim Hirsche scheint die Sclerotica schwarz zu seyn, so wie überhaupt die Farbe der Häute bei den Säugethiere mehr oder minder abweicht; z. B. spielt die Hinterfläche der bräunlichen Aderhaut bei den Thieren, welchen das schwarze Pigment fehlt, in vielen Farben, bald silberfarben, grün, blau, gelb, und nur bei kurzsichtigen reissenden Thieren, welche des Nachts ihren Raub suchen, findet sich das schwarze Pigment vollständig. Bei einigen ist die Krystalllinse sphärisch, und die Strahlenbänder bilden grosse im Wasser schwimmende Flocken; z. B. bei den Kühen, bei den fleischfressenden etc. mehr oder weniger flach. Beim Kaninchen, Mäusen etc. ist die Iris roth, bei Katzen, Wölfen etc. gelb. Die Pupille ist bei den weispaltigen, wiederkäuenden, grasfressenden Thieren queerlänglich; bei den Hirschen wie ein Parallelogram, beim Schaaf; bei der Katze am Tage länglich schmal, Nachts rund und weit; beim Rochen mond- und kammförmig; und bei einigen (z. B. junge Hunde) mit einer eigenen Haut (Membrana pupillaris) bedeckt. Die Affen haben in der Netzhaut einen gelben Fleck, und die meisten Säugthiere besitzen noch einen siebenten — den zurückziehenden Muskel (Suspensor oculi s. choanoideus), der bei Pferden, Hunden und Katzen in 4 besondere Portionen getheilt ist, so das sie acht Muskeln haben. — Die meisten Vögel sehen an

Tage, nur wenige in der Dämmerung, dann aber ausserordentlich scharf. Ihr Augapfel ist nach hinten zu sphärisch, nach vorne zu flach. Die Krystalllinse liegt in einem schwarzen kegelförmigen Beutel und ist sphärisch; und auf alle Entfernungen der Gegenstände richtungsfähig. Daher vorzüglich die Raubvögel in der weitesten Ferne die kleinsten Objecte bemerken. Einige Vögel z. B. die Papageien können in leidenschaftlicher Stimmung ihre Pupille bei schwachem Lichte abwechselnd öffnen und schliessen. Das schwarze Pigment, wird durch im gläsernen Körper befindliche schwarze Fächer vertreten. Vom Anfange der Netzhaut geht aus dem Sehnerven zur hintern Fläche der Krystalllinse ein häutiges, gefäßreiches, schwarzbraunes, fächerartiges gefaltetes Parallelogramm, der Kamm (Pecten), und nach aussen ist die Netzhaut mit schwarzem Schleim überzogen. Die Augen aller Vögel stehen seitwärts, und ihre Blinzhaut hat einen eigenen Muskel; gewöhnlich ist von aussen nichts als die Iris sichtbar, jedoch weichen hierin einige, z. B. der Lämgeier (*Falco barbatus*) ab. Die Sclerotica des Auges dieses stets in Schneeregionen lebenden Vogels, bildet einen weiten orangegelben Wulst um die Cornea, so daß man beim ersten Anblick die Iris (welche blasgelb ist und sich hinter die Sclerotica zurückziehen kann, wenn sich der Augenstern erweitert) für so gefärbt halten sollte. Der Corp. ciliare ist groß, um die Krystalllinse anliegend ein Netz bildend; die Netzhaut ist tief orange und scheint durch das Pigmentum nigrum durch. — Der Augapfel der Amphibien ist groß, fast kugelförmig und mit einer fast durchsichtigen Augendecke versehen, die

jedoch nur beim Chamäleon am Augapfel befestigt, chagrinartig und vor der Pupille durch eine horizontale Spalte getheilt ist. Die meisten Amphibien (vorzüglich das genannte) können ihre Augen ohne Augenmuskeln, bloß durch Zusammenziehung der Augendecke nach verschiedenen Richtungen bewegen. Nur wenige Amphibien lieben das Tageslicht sehr, z. B., die grüne Eidexse und der grüne Wasserfrosch; der Laubfrosch hingegen nur das Lampenlicht. — Die Augen der Fische sind meist nakt; nur bei den Weich- und Schleimfischen mit einer knorpelartigen (Blinz-) Haut versehen. Ausser den gewöhnlichen Häuten haben sie noch die Gefälshaut und die Ruyschische Membran. Die Hornhaut ist getheilt; die Aderhaut silberfarbig und häufig mit der Glashaut verwachsen. Die Netzhaut ist mit Schleim überzogen. Aus dem Sehnerven kommt eine Arterie mit zwei Aesten, von denen der eine sich auf der harten Fläche des Glaskörpers vertheilt, der andere um die Netzhaut herum, zu einem dem schwarzen Fächer der Vögel ähnlichem Organe (die Campanula gen.) geht. Die Krystalllinse ist kuglich und ihr schuppiger Kern ist äusserst hart. Die Ciliarkörper fehlen. Nur bei den Knorpelfischen (die hierin den vorhin aufgeführten Thieren ähneln) durchkreuzen sich die Sehnerven. Die Augen der Fische sind nach allen Seiten drehbar; sie sehen genau und schnell. Sie liegen gewöhnlich in der Mitte des Kopfs sehr tief in ihren Augenhöhlen; beim Drachenbarsen stehen sie hervor; beim Pfaffenfisch liegen sie im Scheitel; bei den Seebrassen und Bären oben an der Seite des Kopfes, und bei den Schollen nur auf einer Seite. — Bei den Insecten geht gleichsam die ganze

Gestaltung des Thiers auf vielfache Anlage zur Augenbildung hinaus. Man bemerkt bei ihnen zweierlei Arten von Augen: zusammengesetzte (*Oculi polyedrici, compositi, majores*, unbeweglich an beiden Seiten des Kopfes liegend) und einfache (oder Nebenaugen *Oculi simplices, minores, Ocelli, Stemmata*, gewöhnlich drei auf der Stirn in einem Dreieck stehende kleine, durchsichtige, von einem Rande umgebene Punkte). Den Augen fehlen die Bedeckungen, und die Hornhaut der ersteren Art, ist sehr hart, nach Innen mit Pigment überzogen und besteht aus zahllosen (Sechsecken) in der Mitte erhabenen Flecken, die man als eben so viele Hornhäute betrachten kann; deren Anzahl und Figur bei den verschiedenen Arten der Insecten sehr abweicht. Z. B. auf dem Auge jeder Seite beträgt die Anzahl bei der Ameise 50, bei der Stubenfliege 4000, beim Seidenspinner (*Phalaena Bombyx mori*) 6000, bei den Libellen 12544, bei den Tagfaltern 17555 und bei den Blumenkäfern 25088. Bei den Tagfliegen stehen die Nebenaugen an den Fühlhörnern, bei anderen auf der Schulter. Larven und Puppen haben nur Nebenaugen; einigen Käferarten fehlen sie ganz. Die zusammengesetzten Augen dienen den Insecten zum Sehen entfernter, die einfachen zum Sehen näher Gegenstände. — Bei den Polypen und Eingeweidwürmern findet man keine, bei den Mollusken hingegen und vorzüglich bei den Dintenfischen vollkommene Augen. Die Iris ist sehr groß, und mit einem mondformigen Deckel zur Bedeckung des oberen Randes der Krystalllinse versehen, der vorzüglich bei der Seekatze (*Sepia loligo*) deutlich ist. Die Krystalllinse ist äusserlich weich, innerlich hart und con-

centrisch lamellos. Bei den Schalthieren hält man z. B. bei den Austern die zwei Flecke des grössern Seitenhorns, bei der Landschnecke den schwarzen Punct an der Spitze der Fühlfäden für Gesichtorgane.

3) Nicht immer bedarf es ausser dem Auge gegebenes Licht, um das Auge zum Sehen zu bringen. Hierher gehört die Lichterscheinung, welche bei starkem Stosse gegen das Auge, bei heftigem Niesen, beim hypochondrischen Schwindel, beim Reiben der Augenlieder einzutreten pflegt; so wie auch das galvanische Leuchten im Auge; vergl. S. 510. LICHTENBERG (dessen Magaz. II. 3. S. 155) bemerkte einst des Nachts bei heftigem Schreck, ein einige Secunden anhaltendes Leuchten, welches die ganze Umgebung deutlich unterscheiden liess; etwas ähnliches bemerkte einer meiner ehemaligen Zuhörer, Herr Dr. EISENLOHR, jetzt Arzt in Russischen Diensten; vergl. m. Grundr. d. Chemie. I. S. 183. — Ueber den Nervenzustand der Sonnenbälen, und mehrerer zur Nachtzeit sehenden Thiere, beiläufig mündlich.

4) Zur Erklärung des Sehens sind von jeher sehr verschiedene Hypothesen aufgestellt worden; abgesehen davon, ob man einen eigenen Lichtstoff (S. 598) statuirt, oder die Lichtphänomene für besondere Zustände der Körper hält, scheint doch aus allen Beob. hervorzugehen, dafs 'das sehende Auge in den Zustand des (graduell sehr verschiedenen) Selbstleuchtens versetzt wird, und dafs dieser Zustand auf den Sehnerven erregend fortwirkt. Vergl. KASTNER in den Studien herausgeg. von DAUB u. CREUZER II. 74. ff. u. s. Grundr. d. Chem. I. 178—184. Ob sich diese Erregung zunächst auf Erzeugung eines blofs electri-

schen Gegensatzes beschränke (S. 701 und RITTERS Beitr. letztes Stück. Jena 1805.), oder ob diese Wirkung vielmehr begleitendes Phänomen des ursprünglich im Augennerven thätigen organischen Processes sey (S. 686 u. 687) ist unentschieden, und Gegenstand der Physiologie. Vergl. OKENS Biologie, KESSLER üb. die Natur der Sinne; WALTHERS Physiologie etc. — Nur leuchtende oder erleuchtete Gegenstände sehen wir; die dunkeln unterscheiden wir nur in sofern, als sie nicht Licht entwickeln, und die Umgebung trüben.

5) Die Meinungen der Alten über die Art wie das Sehen bewirkt wird, waren sehr verschieden; die der griechischen Philosophen führt vorzüglich PLUTARCH (de Placitis philosophor. IV. C. 13. 14.) auf DEMOCRIT, EPIKUR und PYTHAGORA's näherten sich derjenigen Ansicht, zu der wir durch PORTA und KEPLER in neuern Zeiten gelangt sind, der zufolge das Licht der Gegenstände ins Auge gelangend auf der Netzhaut die Bilder der Gegenstände darstellt; sie nahmen an, daß etwas von den gesehenen Gegenständen ins Auge komme, jedoch ohne das Wie dieser Fortpflanzung deutlich zu bestimmen. EMPEDOKLES und HIPPARCHUS gestatten Vermischungen der angeblich aus dem Auge kommenden Lichtstralen mit den Bildern oder Stralen der Gegenstände; PLATO nimmt eine ähnliche Zusammenstrahlung an; und setzt als nothwendige Bedingung zum Sehen, ausser der Action des leuchtenden Gegenstandes, die Reaction des lebendigen Organs. Den Stoikern war das Sehen ein Fühlen des Auges mittelst des zwischen Auge und Gegenstand beweglich angenommenen Lichtkegels. HELIODORUS von LARISSA glaubte, daß kein

Licht ins Auge, sondern von dem Auge zu den Gegenständen gelange, und im Momente der Berührung durch eine besondere Art von Rückwirkung die Empfindung des Sehens gebe. ARISTOTELES (de anima) meint, daß das Licht das ursprünglich Durchsichtige sey, welches durch die Farbe der Dinge in Bewegung gesetzt werde, und nun den fühlenden Gesichtssinn bewege. Das Licht sey kein Feuer, kein Körper, kein materieller Ausfluß, sondern nur Gegenwart eines solchen Mittels im Durchsichtigen. Hierüber, so wie über neuere Ansichten vergl. PRIESTLER'S Geschichte der Optik; übers. v. KLÜGEL S. 114. ff. ARISTOTELES Durchsichtige kehrt gewissermassen in EULERS Aether wieder.

6) Nicht weniger verschieden waren von jeher die Meinungen über das Wesen des Lichtes, die hauptsächlich darin abweichen, daß der eine Theil das Licht als etwas Immaterielles, als eine nur unter gewissen Verhältnissen eintretende (der Schwere zum Theil entgegengesetzte) Beschaffenheit betrachtet, während der andere Theil sich berechtigt hält, als letzten Grund aller Lichtphänomene eine elastisch-flüssige und unwägbare Materie (den Lichtstoff, vergl. S. 598) anzunehmen, welche einige für einfach und ursprünglich homogen, andere für (in Farben) zersetzbar halten. Zur ersteren Meinung gehören BACONS propagines spirituales (ejusd. de augmentis scientiar. p. 119. u. 810. — in der Frankfurter lat. Ausgabe v. 1655. Föl.); und gewissermassen auch DECARTES Kugelchen, deren durch den Druck eines leuchtenden Körpers bewirkte Bewegung das Licht hervorbringe. (Princip. philos. p. III. p. 55.) Nach HUYGENS besteht diese Bewegung in wellenförmigen

Schwingungen (Opera Vol. III. 46.), ISAAC VOSSIUS, DU HAMEL u. a. betrachteten das Licht als eine Qualität der Körper, LEONHARD EULER (nova theoria lucis et colorum; in s. Opusc. varii argumenti. Berlin. 1746.) hingegen, trat mit der Annahme des Aethers als einer flüssigen überall verbreiteten Materie (welche durch leuchtende Körper in zitternde Bewegung gesetzt wird, und so das Lichtphänomen gewährt) den frühern Hypothesen eines DESCARTES, HUYGENS und HOOKE in seinem sogen. Vibrationssysteme bei, nachdem er NEWTONS Emanationssystem mit vielem Scharfsinne bestritten hatte; vergl. Memoires de l'acad. de Prusse 1752. p. 271 etc. Lettres à une princesse d'Allemagne. Miettau u. Leipz. I. Livr. 17—31. Nach E. sind leuchtende Körper solche, welche durch eigene Kraft in Schwingung gerathen und diese Bewegung dem Aether mittheilen; dunkle Körper hingegen solche, welche zwar (der ursprünglichen Schwingung unfähig nur) von dem zitternden Aether geschlagen werden, diese Schläge jedoch wiederum von ihrer Oberfläche aus zurückgeben (spiegeln), während durchsichtige Körper, die Schläge theils in der empfangenen Richtung, theils mehr oder minder modificirt durch ihre ganze Masse fortsetzen. Ein Lichtstral ist nach dieser Hypothese eine geradlinigte Reihe von Schlägen (pulsus) gegen die Aethertheilchen und Farbe, der Unterschied der verschiedenen Geschwindigkeit dieser aufeinander folgenden Schläge. — Entfernt ähnlich dieser Hypothese ist die alte Meinung, daß das Licht nicht von der Sonne komme, sondern daß sich ein Aether-artiges Wesen vor Sonnenauf- und nach Sonnenuntergang in der Luft verbreite, welches von

der Sonne (und jedem leuchtenden Körper) ohngefähr so abgestossen werde, wie sich die feindlichen Pole des Magnets von einander entfernen. Vergl. VOLTAIRE Raison par Alphabet. Art, Genése, et questions sur l'Encyclopedie. In neueren Zeiten hat sich vorzüglich A. N. SCHERER für die Immaterialität des Lichtes erklärt (dessen Nachträge zu den Grundzügen der neueren chemischen Theorie, Jena 1796 S. 18—185), indem er es für ein Phänomen an den in Activität befindlichen Körpern hält; eine Meinung der ich mich zum Theil angeschlossen habe (KASTNERS Grundr. d. Chemie. I. Thl. 272 ff.) Allgemeiner sowohl bei früheren als auch bei jetztlebenden Physikern ist die Annahme der Materialität des Lichtes, welche das Licht als etwas Selbstständiges, Gesondertes oder Sonderungsfähiges betrachtet. Alle Naturforscher, welche sich Körperlichkeit und Geistigkeit nicht als relativ entgegengesetzte Zustände eines und desselben Seyenden, sondern als absolute Gegensätze des Seyns dachten, haben dieser letzteren Ansicht des Lichtes gehuldigt. Dahin gehören vorzüglich GALILEI, KEPLER, NEUTON, BOYLE. Ohnerachtet, NEUTON (dessen Optiks. Lond. 1701. 4. Optice sive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus et coloribus lucis libri III. Lat. redd. SAM. CLARKE. London 1706. — Laus. et Genev. 1740. 4.) sich nicht sowohl auf Hypothesen über die Natur des Lichtes einliefs, als sich vielmehr nur bemühte durch schon vorhandene Erfahrungen und neue Vers., das Daseyn der Eigenschaften des Lichtes zu erforschen und so die Gesetze der Fortpflanzung und etwaigen Veränderung desselben auszumitteln, so hat man dennoch das sog. Emanations- oder Emissionssystem ihn

zugeschrieben, und aus einigen dem gedachten Werke angehängten Fragen (vorzüglich aus questio XIX.) abgeleitet. Dieser Hypothese zufolge ist das Licht eine reine höchst elastische Flüssigkeit, welche von durchsichtigen Körpern durchgelassen, von weissen unverändert, von farbigen Körpern zerlegt (und nur zum Theil) zurückgeworfen wird. Dunkle undurchsichtige Körper werfen das Licht (von ihren glatten Oberflächen) entweder zurück, oder absorbiren es vollständig, und erscheinen in diesem letzteren Falle schwarz. Phosphore (642) nehmen einen Theil des sie erleuchtenden Lichtes in sich auf, und lassen ihn (nach dem Gesetze des Gleichgewichts) nach einiger Zeit wieder fahren. Bei Verbrennungen und ähnlichen Processen wird das Licht als frei bewegliches Licht entbunden, ohne von der nächsten Umgebung bedeutend absorbirt zu werden, und gelangt so, wie das Licht jedes leuchtenden Körpers ins Auge etc. HOMBERG, T. BARTHOLINUS, MACQUER, de MORVEAU, SCHEELE, WEIGEL, BAUME, GIRTANNER, HAGEN und LINK, DIZÉ und BERTHOLLET halten theils Wärme und Licht für Modificationen einer und derselben Materie, theils betrachten sie das eine Phänomen als den durch Verschiedenheit in der Bewegung veränderten Ausdruck der Wirkung des andern. Nach SCHELLING ist Lichtstoff freier Wärmestoff, und Wärme gebundener Lichtstoff. WINTERL läßt das Licht auf Materien durch zwei relative Kräfte wirken, eignet ihm aber alle entgegengesetzten Eigenschaften der Materie zu; vergl. 616 u. Heidelbergische Jahrb. d. Liter. f. Mathem. Phys. u. Kameralwissenschaft. III. Jahrg. 2s H. S. 79 ff. 1810. 8. u. S. 638 dies. Grundr. Die Dynamiker betrachten das Licht als die Wirkung der

Dehnkraft; vergl. ebend. I. Jahrg. 28 Hft. Anzeige von HILDEBRANDS dynam. Naturlehre. SCHEELE, (Abhandl. von Luft u. Feuer. Leipz. 1782. 73.) BERGMANN (a. a. O. S. 30), LEONHARDI (Anmerk. zu MACQUERS Wörterb.), WEIGEL (Grundr. d. reinen u. angew. Chemie. Greifsw. 1777. §. 1. ff.), MARGAN (Philos. Transact. of the royal society of London; Vol. L. XXV. 1785. I.) u. a. halten das Licht für chemisch zusammengesetzt. Ein Ungenannter hält Licht und Sauerstoff für identisch (Journ. d. Erfind. Theorien u. Widersprüche, Gotha 1797. St. 23. 25. Widerleg. durch JUCH ebend. St. 26.), eine Meinung die neuerlich wieder verschiedentlich in Schutz genommen worden; BARTELS (Grundlinien einer neuen Theorie der Chemie und der Physik. Hannover 1804. 25. ff.) hingegen glaubt sich berechtigt: Kohlenstoff für gebundenes Licht, und Licht für freien Kohlenstoff halten zu dürfen. HERBSTÄDT läßt das Licht aus Wärmestoff und einem eigenen durch Anziehung damit gepaarten Stoffe (N. Allg. Journ. d. Chem. II. 13.), und TISSIER (Essai sur la Theorie des trois élemens, comparée aux élemens de la Chimie pneumatique. Lyon An. 12. 1804. u. a. a. O. IV. 347.) aus einem „Acide élémentaire primitif solaire“ dem Ursauerstoff und dem Phlogiston bestehen. de LUC (Idées sur la Meteorologie. Berl. 1787. I. §. 115—264.) und MARAT (Decouvertes sur le feu, l'électricité et la lumière) halten das Licht nicht für ein an sich warmes, sondern die (angeblich in den Körpern enthaltene) elastische Wärmematerie (Fluide igné) bewegendes, und dadurch fühlbare Wärme bewirkendes Fluidum. Einige neuere Naturforscher schliessen sich der schon vom Verfasser

der Genese (indem dieser die Erschaffung der Sonne und des Mondes vier Tage nach der Erschaffung des Lichtes setzt) berührten Meinung an, der zufolge in dem Lichte die ursprünglich cosmische Materie gegeben seyn soll, aus der durch eintretende Anziehungen nach und nach sich Körper und Welten bildeten, und in deren mehr ursprünglichen Zustand jeder Körper zurückzugehen strebt, in sofern er leuchtet; die Beurtheilung der verschiedenen Ansichten über die Natur des Lichtes, weiter unten; einstweilen vergl. man noch die S. 10—11, 21, 529—530 und die bereits in dies. Cap. erwähnten Schriften; ferner ATHAN. KIRCHER, *Ars magna luminis et umbrae*. Edit. alter. Amstelod. 1671. LINKS Beitr. zur Chem. u. Phys. II. Rostock u. Leipz. 1796. J. WAGNER Theorie des Lichtes u. der Wärme. Leipz. 1802. 8. BLACKBURNS Theorie des Lichtes etc. in TILLOCHS Philos. Mag. Vol. VI. N. 24. Mai 1800; übers. in BRADLEY u. WILLICHS phys. med. Journ. für Deutschl. bearb. v. KÜHN S. 944. 1801. — Ueber d. Identität des Lichtes u. der Wärme, in RICHTERS: Ueber d. neuern Gegenst. St. 7. S. 65. A philosophical concerning light. By B. HIGGIUS. Lond. 1776. 8. An essay on fire. By C. R. HOPSON. Lond. 1781. 8. Commentatio de lucis in corpus humanum vivum praeter visum efficacia — auct. J. G. EBERMAIER. Götting. 1794. 4. Vers. einer Geschichte des Lichtes in Rücksicht seines Einflusses auf die gesammte Natur und auf den menschlichen Körper, ausser dem Gesichte, von J. C. EBERMAIER. Osnabrück 1799. 8. RODIGS Theorie d. Lichts f. Chemie u. Physik. FISCHERS phys. Wörterb. III. 253. J. J. ENGEL: Vers. üb. d. Licht. Berlin 1800. 8. PLACIDUS HEINRICH Preisschrift: kommt

das NEUTONSche oder EULERSche Syst. v. Lichte mit d. neuesten Erfahrungen d. Phys. überein. In d. neuen philos. Abhdl. d. Baierischen Akad. d. Wissensch. V. Bd.

7) Körper die Licht entwickeln nennen wir leuchtende Körper (*Corpora lucida*), die übrigen hingegen, in sofern sie nur mittelst des von jenen entwickelten Lichtes sichtbar werden, erhellte oder erleuchtete Körper (*C. illuminata*), Körper welche bei erhellter Umgebung zwischen dem sehenden Auge und einem Gegenstande gebracht, das Sehen dieses Gegenstandes hindern, heissen undurchsichtige Körper (*C. opaca*); solche hingegen welche unter gleichen Umständen das Sehen nicht hindern, durchsichtige oder transparente Körper (*C. pellucida, diaphana, transparentia*).

8) Derjenige Theil der Physik, welcher sich mit der Untersuchung des Lichtes beschäftigt, heisst Photologie; derjenige Zweig dieser Wissenschaft, welcher das Licht nur als in geraden Linien sich verbreitendes zum Gegenstande hat, heisst die eigentliche Optik, der welcher die Zurückstrahlung des Lichtes untersucht, die Katoptrik, und der welcher die Phänomene der sog. Brechung desselben angiebt, die Dioptrik. Sonst bezeichnet man auch den mathematischen Theil der ges. Lehre durch Photometrie. — J. H. LAMBERT *Photometria etc.* Aug. Vindelic. 1760. 8. Vollständ. Lehrbegriff d. Optik n. d. Engl. d. ROB. SMITH m. Anm. u. Zus. v. A. G. KÄSTNER. Altenb. 1755. 4. W. J. G. KARSTEN *Lehrbegriff d. ges. Mathemat. VII. u. VIII. Th.* Greifsw. 1775. 777. 8. *Grundlehren d. Photometrie v. K. C. LANGSDORF. I. u. II. Abthl.* Erlangen 1803. 1805. 8.

B) *Von der Erregung und Fortpflanzung des Lichtes.*

§. 146.

Alle des Selbstleuchtens fähige Materien entwickeln ihr Licht nur dann, wenn sie von aussen auf irgend eine Weise dazu bestimmt werden, und der Erfahrung gemäß lassen sich diese bestimmenden Verhältnisse auf folgende Hauptbedingungen zurückführen: 1) Erhitzung, 2) heftige Reibung, Druck oder Stofs, 3) Entwicklung und Ausgleichung der Electricitäten, 4) heftige chemische Durchdringung, 5) schon vorhandenes Licht, in sofern es auf mehr oder weniger ungefärbte Körper fällt: 6) organische Thätigkeit besonders des Auges, Selten oder nie ist in leuchtenden Körpern nur eine dieser Bedingungen für sich gegeben, sondern es kommen vielmehr deren stets mehrere zugleich vor, und greiffen oftmals so in einander ein, daß es schwer hält sie von einander zu unterscheiden, oder den Antheil der einen oder anderen ohnfehlbar festzusetzen.

1) Jeder bis zu einem bestimmten Temperaturgrade erhitzte Körper wird leuchtend; man nennt dieses Leuchten das Glühen desselben, und unterscheidet das anfänglich nur im Dunkeln bemerkbare, verschiedene Nüancen durchlaufende Rothglühen, als den geringsten Grad, und das Weißglühen (647) als den höchsten Grad. WEDGWOODS Beob. zufolge (Phi-

los. Transact. 1792. P. I. 28. ff. übers. in GRENS Journ. d. Phys. VII. 55. ff.) verbreiten sehr verschiedene Körper ein mehr oder minder gleiches (gewöhnlich rothes) Licht, wenn sie fein zertheilt, an einem dunklen Orte, auf eine dicke eiserne oder erdene (aus der gebrannten Mischung von Thon und Sand gefertigte), bis unterhalb dem Rothglühen erhitzte Platte, gestreut werden. Die Erdarten und die Metalle entwickelten unter diesen Umständen, ein mehr weisses, Granit, reiner Kalk und Flussspath ein blaues oder blaulichweisses Licht. Die Apatite und die Flussspathe, unter den letzteren vorzüglich die grünen und violetten leuchten mässig erhitzt sehr stark, theils mit grünlichen, theils mit blaulichweissem Lichte, jedoch dürfen die letzteren nicht vollkommen geglüht werden, wenn sie dieses Phänomen öfters gewähren sollen. Wahrscheinlich ist das Leuchten der Flussspathe zugleich durch Oxydation begründet; DELAMETHERIE sah erhitzte Neutralsalze; KEYSER erhitztes Marienglas und RAZOUMOWSKY erhitzten Quarz leuchten. — Werden nach W. (a. a. O. VIII. 97--100.) u. a. geschmolzenes Fett und ähnliche Substanzen, so wie auch Schwefelsäure bis zum Sieden erhitzt, und dann entweder für sich oder mit harten Körpern, Sand, Kiesel etc. heftig geschüttelt (also gerieben), so leuchten sie ebenfalls, wobei wahrscheinlich gleichzeitige Electricitätsentwickelungen stattfinden. Werden Demante, Zirkone, Bergkrystalle, Quarze, Amethyste, Feuersteine und Cocholonge (nach LICHTENBERG), verschiedene Kalkarten (nach SEWERGIN), Picnitte, rothe (SCHARFENBERGER) Blende, (nach HOFFMANN) Feldspathe, u. m. andere harte Fossilien aneinander gerieben, so

leuchten sie, und zwar sowohl in der atmosphär. Luft, als auch unter dem Recipienten der Luftpumpe, unter Wasser, Weingeist, Oel u. a. Flüssigkeiten im Dunkeln sehr lebhaft. Die Kieselfossilien verbreiten dabei einen eigenthümlichen, dem brennenden Horne oder den electricischen Flüssigkeiten ähnelnden Geruch, und zeigen in der Luft kleine schwarze Stellen (zeretzte Kieselerde?). Das Phänomen ist zum Theil electricisch. Auch gehört hieher das unter gleichen Umständen eintretende Leuchten des Glases nach HAWKSBEEL und RAZOUMOWSKY, des Porzellans nach POTT, des krystallis. schwefelsauren Kali nach GROBERT, des sublim. ätzenden salzsauren Merkurs nach MACQUER, des milden salzs. Merkurs nach SCHEELE u. TROMMSDORFF, des Boraxes und der frisch geglühten reinen Talkerde nach TINGRY, des Zuckers etc. Vergl. CRELLS neueste Entdeck. I. 79. Dessen Ann. 1799. II. 291. v. MOLLS Jahrbücher der Berg- und Hüttenkunde. III. 317. TROMMSDORFFS Journ. d. Pharmac. II. I. S. 61—64. Journ. de Phys. T. XXXVI. (Avr. 1790.) S. 256 u. GREN a. a. O. II. 437—445. KASTNERS Beiträge II. 227. Schlägt man (nach KIRWAN) Stahl und Stein unter Wasser zusammen, so schmelzen die entstehenden Funken, die kleinen Stahltheilchen zwar auch (648), aber ohne sie zu verbrennen. Mehr electricischen Ursprungs als durch Wärme hervorgebracht scheint das Licht zu seyn, welches FLETCHER (NICHOLSONS Journ. of Chemistr. etc. 1803. IV. 280) u. REMER (GILBERTS Annal. VIII. 336 u. XVII. 23.), und früher schon POLHEM (KASTNERS Beitr. II. 225) an einigen Windbüchsen sahen, wenn sie stark geladen abgeschossen wurden; vergl. auch WEBER in GILBERTS Annal. XI. 544. WOLF ebendas. XII. 608.

MOLLET ebendas. XVIII. u. WOLF in VOIGTS Magaz. IV. 826. An grossen schwingenden Glas- und Metallscheiben konnte ich bis jetzt, mehrerer Vers. ohnerachtet, auch in der stärksten Dunkelheit, kein Leuchten wahrnehmen.

2) Ueber das electricische Licht vergl. S. 358—359, u. Cap. V, VI S. 419 ff.; über das die chemische Durchdringung begleitende Licht Cap. VII. vorzüglich S. 592, 597, 634 u. ff. Ausser den a. a. O. erwähnten Beob. über die durch chemische Thätigkeit begründeten Lichtentwickelungen sind noch folgende besonders merkwürdig. Schwaches Leuchten bemerkt man am reinen frischgebrannten Kalke, wenn er im Dunkeln mit etwas Wasser befeuchtet wird, vollkommenes Glühen, an der frisch gebrannten reinen Talkerde, wenn sie in einer kleinen Porcellanschale mit etwas rauchender Nordhäuser Schwefelsäure begossen wird; etwas unvollkommen Aehnliches beim betröpfeln des Aetzkalks mit rauchender Salpetersäure, bei der Erhitzung von Schwefel mit Kupfer und einigen andern Metallen, vergl. 645 ff.; bei der starken Erhitzung leicht entzündlicher durch Kochen mit Kräutern oder Schwefel entbundener Oeldämpfe etc.

3) Zu dem durch organische und organisch-chemische Thätigkeiten begründeten Leuchten zählen wir das Leuchten verschiedener Thieraugen und das faulender Substanzen; vergl. 640—642, daß das letztere kein bloß chemisches Lichtentwickeln, und noch weniger ein blosses Verbrennen phosphorartiger Massen ist, beweisen die theils schon a. a. O. bemerkten Beob. über leuchtende Thiere (z. B. d. Zündwürmer etc. denen nach meinem im

Frühsummer 1809 gemachten und vor einigen Wochen von einem meiner Zuhörer, dem Hrn. v. METTINGH aus Frankfurt am Mayn bestätigten Beobacht., noch der gemeine Vielfufs als sehr stark phosphorescirend beigezählt werden mufs), vorzüglich aber die Beob. eines BOYLE, CARRADORI, SPALANZANI, TYCHSEN, GÄRTNER u. BÖCKMANN über das Leuchten des faulen Holzes, welches im kalten ausgekochten (am besten mit Kochsalz oder Salpeter geschwängerten) und nicht ausgekochtem aber nicht in heissem Wasser, schwächer in respirablen und irrespirablen Gasen, im Aether, Weingeiste und Oelen, aber nicht im oxyd. salzsaurem Gase fortleuchtet. An den faulenden leuchtenden Kartoffeln (deren Leuchten zufällig von Soldaten in einer Caserne zu Strassburg bemerkt wurde) sah man die phosphorescirenden Theilchen metallisch glänzen; war hier vielleicht eine metallloid ähnliche Masse gebildet? — Ueber das Leuchten des gasartigen Ausflusses der Blumen des *Diptamus albus* und der *Phytolacca decandra*, vergl. TROMMSDORFFS J. d. Pharm. VII.

4) Ueber die Leuchsteine oder sogen. Lichtmagnete, deren Leuchten zum Theil dem Verbrennen der Phosphore und Metalloide (a. a. O.) zu ähneln scheint, vergl. KASTNERS Chemie I. 261 — 262. Schon du FAY (1724) bemerkte, dafs einige Demante Smaragde u. a. Edelsteine, so wie die weissen erdigten, zuvor calcinirten Substanzen, im Dunkeln leuchten, wenn sie zuvor einige Minuten hindurch dem Sonnenlichte ausgesetzt gewesen waren. Früher noch bemerkte BENVENUTO CELLINI dasselbe am Karfunkel; vergl. GÖTHER'S Biographie des CELLINI. Dasselbe beobachtete man späterhin an den meisten

weissen Substanzen, besonders am Zucker, weissem Papiere und fast an allen weissen Fossilien. BECCARIA (in den Comment. Bonon. T. II. p. 2. S. 136 u. p. 3. S. 498) bediente sich zu dahin gehörenden Versuchen, einer Art von doppeltem in einander gestecktem Cylinder, in welchem Licht fiel, wenn man ihn aufdrehte, so dafs der darin befindliche Körper dem Sonnenlichte ausgesetzt ward: Wurde er jetzt wieder zugekehrt, so sah das, die ganze Zeit hindurch im Dunkeln gebliebene Auge, den sogen. Lichtmagnet leuchten. BECCARIA'S Vorgeben, dafs jene Substanzen unter gefärbtem Glase der Sonne ausgesetzt, nachher im Dunkeln mit der Farbe des Glases leuchteten, hat sich nicht bestätigt. Auch vergl. man noch: CAROL. BENVENUTI Diss. physic de lumine. Vindebon. 1761. SPALANZANI in LICHTENBERG'S Magaz. II. 48. IV. 42. V. 46. — Die Folge wird zeigen, dafs das Weisse, dem farbenlosen Durchsichtigen rücksichtlich des Lichtwerthes nahe kömmt, und in sofern nannte ich das Leuchten weisser Körper, unter angeführten Umständen, ein Mitleuchten und betrachtete es als eine weitere Entwicklung dessen, was im Weisseyen schon gegeben ist; vergl. KASTNER'S Chemie. I. 268.

5) MUSCHENBROEK'S Beob. dafs schwarzes Tuch, wenn es geschlagen werde leuchte, und ROBERTS ähnliche Bemerk. an stark gerüttelten Kohlen, bedürfen noch der Wiederholung; das unter diesen Umständen entwickelte Licht, dürfte wahrscheinlich electricischen Ursprungs seyn. — Es ist sehr wahrscheinlich, dafs das Licht der Fixsterne und der Sonnenatmosphäre, theils electricisch, theils wirklich chemisch bedingt ist; vergl. 227. 229, 259 ff.

6) Jedes sehende Auge besitzt ein bestimmtes Maas von Licht (oder hat einen bestimmten Lichtwerth); nur in sofern in seiner Umgebung (am Tage) dieses durch irgend einen leuchtenden Körper überschritten wird, wird derselbe überhaupt vom Auge als selbstleuchtender Körper wahrgenommen. Daher können leuchtende Gegenstände, die verhältnißmässig geringeres Lichtmaas dem Auge zu kommen lassen, als das der gewöhnlichen — zum deutlichen Sehen hinreichenden — Tages- oder sonstigen Helle ist, nur im Dunkeln als Licht verbreitende Objecte bemerkt werden. Daher werden auch schwach leuchtende Körper durch stark leuchtende für das Auge zu bloß erleuchteten gemacht: am Tage entschwinden die Gestirne unserem Auge, und der Phosphor etc. leuchtet in der Tageshelle nicht. Ferner, da es keinen absolut lichtlosen oder durchaus finsternen Körper giebt, sondern vielmehr von denen äussert wenig Licht entwickelnden schwarzen Körpern, hinauf bis zu den gefärbten, weissen, durchsichtigen und leuchtenden, nur eine Stufenfolge zunehmender Lichtentwicklung nachweisungs-fähig ist; so folgt, daß in einer vollkommen finsternen Umgebung, wir unseren eignen Körper als den einzig, wiewohl sehr geringe leuchtenden Gegenstand erkennen und dadurch von der Umgebung sichtbarlich unterscheiden würden, falls übrigens unser Auge fähig wäre, seine Capacität für Licht zu ändern, ohne dadurch des Sehens gänzlich beraubt zu werden. — Die Augen unvollkommener Thiere scheinen eine sehr geringe Lichtcapacität zu besitzen, und daher schon bei äusserst unbedeutenden Lichtentwickelungen der in ihrer Umgebung vorhandenen Gegenstände, voll-

kommen zu sehen. Uebermaas von Licht blendet; die meisten Insecten werden schon durch Flammenlicht, andere durch starkes Tageslicht geblendet, durch sichtiges Glas erscheint ihren Augen so erhellt und Licht entlassend, wie uns die Luft; sie unterscheiden es nicht mehr von anderen durchsichtigen Medien, so wie wir die Luft nicht sehen. Vergl. KASTNER: Ueber das Leben d. Dinge; in den Studien II. u. dessen Chemie I. Bd. 178 u. ff.

§. 147.

Da wir jeden isolirten leuchtenden oder erleuchteten Punct, von allen Seiten her sehen können, und da die ununterbrochene Erhellung, welche das durch eine kleine Oeffnung in ein finsternes Zimmer fallende Licht in den hinter einander liegenden Luftmengen bewirkt, eine gerade Linie darstellt, so folgt, das sich das Licht (so wohl selbstleuchtender als erleuchteter Körperoberflächen), so lange es durch einerlei gleichförmige Substanz oder durch einen leeren Raum geht, von jedem sichtbaren Puncte nach allen Richtungen in geraden Linien ununterbrochen fortpflanzt. Wir können uns daher um jeden leuchtenden oder erleuchteten Punct eine leuchtende Sphäre von unbestimmter Grösse vorstellen, worin die Stärke (Intensität) der Lichtstrahlen (Radii lucis), oder die Erleuchtung in dem Verhältniss abnimmt, in welchem

das Quadrat der Entfernung vom leuchtenden Punkte zunimmt.

1) Nicht der ganze leuchtende oder beleuchtete Körper ist uns sichtbar, sondern nur der uns zugewendete Theil seiner Oberfläche, welcher Lichtstrahlen (gedachte dünne Lichtcylinder) in unser Auge gelangen läßt, und hier die unmittelbare Erscheinung des Sehgegenstandes (Objectum visionis) gewährt, aus deren Beschaffenheit und Grösse wir auf die wirkliche Beschaffenheit und Grösse des Körpers schliessen. Jene unmittelbare Erscheinung als Gesamteindruck der verschiedenen Lichtpunkte in dem Auge, nennen wir ein Bild, und sprechen von dem Bilde eines Gegenstandes, wenn Lichtstrahlen in gleicher Ordnung ins Auge gelangen, als ob sie vom Gegenstande selbst kämen. Alle Bilder werden von der Netzhaut dargestellt, und liegen in einer Fläche, woraus folgt, daß unsere Fähigkeit, die Nähe oder Ferne und die übrige Lage der Objecte gleich beim Sehen zu bestimmen, erst durch Erfahrung (mit Hülfe des Tastens und unserer eigenen Bewegung zu den gesehenen Gegenständen) erworben wird. Daher erscheint plötzlich sehend gewordenen und Kindern anfänglich alles in gleicher Nähe oder Ferne.

2) Die von einem sichtbaren Punkte ausgehenden Lichtstrahlen, müssen auf eine Ebene oder in die Sehe unseres Auges fallend, dem obigen zufolge einen Strahlenkegel bilden, dessen Spitze der sichtbare Punkt und dessen Grundfläche die Ebene oder Sehe ist. Ohnerachtet nun das Bild sichtbarer Gegenstände im Auge gemacht wird, setzen wir dennoch die Gegenstände selbst ausser uns, empfinden

also nicht blofs den augenblicklichen Eindruck der angekommenen Stralen, sondern zugleich die Richtung und Folge in welcher die Stralentheilchen ausser unserem Auge existiren, woraus sich schon ergibt, daß das Licht nicht etwas isolirtes, nicht eine discrete Substanz, sondern nur allgemeiner Ausdruck desjenigen geistigeren Verhältnisses der Aussendinge seyn kann, welches in der Erregbarkeit und Empfindungsfähigkeit unseres Augennerven individuell dargestellt ist; und Bewegung ist wie bei jeder Veränderung auch bei jenem allgem. Ausdrucke, bei dem Lichte nothwendige Bedingung.

2) Dorthin wo die (vom Auge mit Bewußtseyn aufgefaßten) Lichtstralen der sichtbaren Gegenstände rückwärts verfolgt in einem Punkte zusammen zu laufen scheinen, setzen wir den Gegenstand selbst; die Folge wird aber zeigen, daß die Lichtstralen des Gegenstandes (durch Zurückstrahlung von ebenen und erhaben gekrümmten Spiegeln, und durch Brechung), ohne sich in einer anderen Stelle zu vereinigen, so ins Auge gelangen können, als ob sie aus einer von der Lage des Gegenstandes verschiedenen anderen Stelle kämen, und dann entsteht ein scheinbares (oder geometrisches) Bild des Gegenstandes. Werden hingegen (durch Zurückstrahlung von Hohlspiegeln oder durch Brechung in convexen Gläsern) die von der Oberfläche des Gegenstandes ausgehenden Stralen wirklich, ehe sie ins Auge gelangen, in einer von der Lage des Gegenstandes verschiedenen Stelle vereinigt, so entsteht dadurch ein wirkliches (oder physisches) Bild des Gegenstandes. Aus beiderlei Veränderungen der Ordnung und des Verhältnisses der Lichtstralen eines Gegen-

standes, entspringen die äusserst häufigen und mannichfaltigen optischen Erscheinungen, d. i. eine besondere Art von Vorspiegelung nicht vorhandener Gegenstände (optische Täuschung), deren Grund objectiv ist. Es giebt aber auch Gesichtsbetrüge (die eigentlich sog. optischen Täuschungen Fallaciae opticae) deren Grund lediglich in uns selbst liegt oder subjectiv ist; dahin gehören gewisse Vorstellungen von gesehenen Gegenständen, welche uns diese anders erscheinen lassen, als sie wirklich sind, weil wir aus Erfahrung und Gewohnheit gerade zu diesen Vorstellungen gebracht wurden. Z. B. in Gemälden erscheinen uns die einzelnen Theile und Gegenstände in verschiedener Ferne und Tiefe, ohnerachtet sie sämmtlich als gleiche Flächen in einer Ebene liegen.

4) Bei jedem sichtbaren Gegenstände können wir uns ein Paar, von dem äussersten Ende desselben nach der Sehe des Auges gehende, gerade Linie denken; der von diesen eingeschlossenen Winkel, heisst der Sehwinkel (Angulus opticus), und so wie ein mathematischer Winkel um so grösser ist, je näher die Linie, nach deren Endpunkten seine Schenkel gehen, der Spitze liegt, und um so kleiner, je weiter diese Linie von der Spitze entfernt ist; so erscheinen uns auch die Gegenstände um so grösser, je näher sie unseren Augen liegen, und um so kleiner, je weiter sie davon entfernt sind (so dass dunkle Körper unkenntlich werden, wenn der Sehwinkel unter dem sie erscheinen, kleiner als eine Minute ist). Jedes Auge hat für die Grösse des Sehwinkels gewisse, durch Versuche auszumittelnde Grenzen; zu kleine oder zu entfernte Gegenstände entschwinden dem Gesichte; jedoch werden leuchtende Gegenstände auch

noch unter so kleinen Schwinkeln wahrgenommen, unter denen opake unsichtbar werden. Die Fixsterne erscheinen durch Fernröhre als leuchtende Punkte ohne scheinbaren Durchmesser. Nach TOB. MAYER (experimenta circa visus aciem in den Comment. Götting. IV. 97.) ist der kleinste Schwinkel eines dunklen Fleckes auf weisser Grundfläche, im Durchschnitte = 54. Nach THOM. BUGGE (Anleit. zum Feldmessen. Altona 1728.) ist er bei sehr hellem Wetter und gutem Auge = 41" bis 52"; hingegen bei trübem Wetter und schlechtem Gesichte öfters auf 2'.

5) Von der Grösse des Schwinkels hängt also die scheinbare Grösse (Magnitudo apparens) der Gegenstände ab. Die Linie Oo (in Taf. III. Fig. 25) sey die Länge oder Breite einer gesehenen Fläche, der Punkt D der Mittelpunkt des Ortes (der Krystalllinse) im Auge, wo die Stralen zusammentreffen; so erscheint jene Linie unter dem Schwinkel ODo, welcher von zwei geraden Linien eingeschlossen wird, die von den Endpunkten Oo nach D gezogen werden. Gesetzt nun die Linie Oo sey rechtwinklich gegen die Augenaxe AD gerichtet, so erscheint die Linie OA unter dem Schwinkel x, und ihre scheinbare Grösse bestimmt sich nach der wahren Grösse OA und nach ihrer Entfernung AD vom Auge, und ist mithin das Verhältniß der wahren Grösse einer Linie zu ihrer Entfernung vom Auge $\frac{OA}{AD}$, und nennen wir die wahre Grösse G und die Entfernung vom Auge E, so ist $\frac{OA}{AD} = \frac{G}{E}$. Setzen wir die Entfernung AD als Sinus totus, so ist jene scheinbare

Grösse Tangente des Seh winkels und die scheinbaren Grössen verhalten sich, wie die Tangenten der Seh winkel. Sind mithin die Entfernungen zweier rechtwinklicht gegen die Augenaxe gerichteten Linien vom Auge gleich, so verhalten sich ihre scheinbaren Grössen, wie ihre wahren; und sind die wahren Grössen gleich, so verhalten sich ihre scheinbaren umgekehrt, wie ihre Entfernungen vom Auge (die Linie erscheint um so länger, je näher sie dem Auge ist; vergl. oben), und die scheinbaren Grössen sind gleich, wenn die wahren Grössen sich verhalten, wie die Entfernungen. — Die Sehne eines Kreises, erscheint jedem im Umkreise sich befindenden Auge, unter gleich grossen Seh winkel. Was übrigens oben von OA als Linie über der Augenaxe gilt, läßt sich auch von dem Theile Ao unter der Augenaxe, und wenn die Linie wagerecht stände, auch von denen der Seite zu liegenden Theilen OA und Ao erweisen. Vergl. LANGSDORFF a. a. O. u. HILDEBRANDT a. a. O. §. 521—526. u. 531. bei sehr kleinen Schwinkeln (die sich fast wie ihre Tangenten verhalten) setzt man bei optischen Berechnungen die Winkel für die Tangenten.

6) Durch Uebung im Ausmitteln der Grösse und Entfernung der Gegenstände, erlangt man nach und nach ein gewisses Augenmaas, d. i. die Fähigkeit bloß durchs Sehen die Entfernung und Grösse der Gegenstände anzugeben, wobei jedoch sehr leicht Täuschungen möglich sind. Da die Netzhaut nicht weit hinter der Krystalllinse des Auges liegt (vergl. 741), so folgt von selbst, das jedes Bild im Auge sehr klein seyn muß und daß unser Urtheil

über die Grösse des Gegenstandes nicht unmittelbar von der Grösse des Bildes bestimmt wird.

7) Um zu sehen richten wir stets beide Augenaxsen nach dem einen Gegenstande, und empfinden so, beim Zusammentreffen der Augenaxsen in beiden Augen ein und dasselbe Bild, an ein und derselben Stelle, welches erklärt warum wir mit zwei Augen die Gegenstände nicht doppelt sondern nur einfach sehen. Das Doppeltsehen tritt jedoch sehr leicht ein, wenn wir die Augen seitwärts oder auf und niederwärts verschieben. Richtet man beim Sehen beide Augenaxsen nicht genau auf den Gegenstand, so schießt man. Uebrigens läßt sich auch schon aus dem Winkel den beide Augenaxsen mit einander machen, einigermaßen auf die Entfernung des Gegenstandes schliessen. Häufig schliessen wir auf die Entfernung eines Körpers vom Auge, aus seiner scheinbaren Grösse, wenn uns seine wahre bekannt ist; oder auch aus der Stärke seiner Erleuchtung und vorzüglich aus der Deutlichkeit seiner einzelnen Theile. Erscheinen uns Flächen eines Körpers verschiedentlich beleuchtet, während andere mehr beschattet sind, so schliessen wir daraus, daß die sämtlichen Flächen nicht in einer Ebene, sondern unter grösseren und kleineren Winkeln von einander abweichend liegen. Benutzung dieser und der obigen Schlüsse in der Malerei. Optische Anamorphosen (in ungewöhnlicher Stellung anzuschauende Zeichnungen). — Scheinbares Zusammenlaufen von zwei parallelen Baumreihen. Zusammenhängendes Ansehen fern entlegener Wälder, Kornfelder etc. Scheinbare Grösse des aufgehenden und des schon

hoch über dem Horizonte stehenden Mondes, etc.

8) Länge, Breite und (bei schiefer Stellung des Körpers) auch die Dicke, sehen wir unter verschiedenen Sehswinkeln, und schliessen hieraus, vereint mit dem aus der verschiedenen Deutlichkeit und Beleuchtung der Theile hergenommenen Urtheile, auf die Gestalt des Körpers. Eben so schliessen wir auch auf den Ort der sichtbaren Punkte des Körpers (und so mit auf den des Körpers selbst) indem wir die Entfernung des Körpers von anderen Körpern oder von uns selbst, unter gewissen Sehswinkeln sehen; erhalten dadurch aber nur den scheinbaren Ort, und sind sowohl hiebei als bei Bestimmung der Gestalt des Körpers, häufig optischen Täuschungen unterworfen. Ist z. B. die gerade Linie zwischen zwei sehr weit von einander entfernten Gegenständen, schief gegen die Augenaxe gerichtet, so scheinen die Gegenstände sehr nahe bei einander zu stehen. Die scheinbar nebeneinander gelagerten Fixsterne der einzelnen Sternbilder, der Milchstrasse etc. vergl. 227. 230 ff. Ueber Parallelaxe vergl. 237-

9) Gesetzt es sehen mehrere Personen durch eine kleine Oeffnung auf verschiedene Gegenstände, so ist klar, das die Lichtstralen der grossen Menge von Gegenständen, ohne sich zu stören, durch die kleine Oeffnung passiren müssen, indem jedes Auge jene Gegenstände deutlich sieht. Eben so erhält das Auge gleichzeitig gefärbte und farbenlose Stralen aller Art, ohne das diese sich gegenseitig beim Eintritt ins Auge modificirten. Es verhält sich hiemit, fast wie mit dem gleichzeitigen Hören verschiedener Töne und Schalle. Das Licht verbreitet sich im Raume, ohne ihn zu erfüllen; vergl. S. 85.

§. 148.

Die Geschwindigkeit mit der sich das Licht fortpflanzt, übertrifft diejenige aller übrigen Bewegungen, ist jedoch nicht unmessbar, wie man ehemals wähnte, sondern wie die neuere Astronomie lehrt, für sehr grosse Räume messungsfähig. Denen hieher gehörenden Beobachtungen gemäß, bewegt sich das Licht durch den Raum der die Sonne von der Erde trennt (der dem mittleren Halbmesser der Erdbahn oder 23430 Erdhalbmessern gleich ist) in 8 Minuten $7\frac{1}{2}$ Secunden; mithin in jeder Minute ungefähr durch 3000 Erdhalbmesser, und in jeder Secunde fast durch 50 Erdhalbmesser (d. i. durch mehr als 40000 geogr. Meilen). Seine Geschwindigkeit übertrifft demnach die des Schalles beinahe 976000 mal, die einer Kanonenkugel mehr als anderthalb Millionenmal (vergl. S. 102), und verhält sich zu der, mit welcher die Erde um die Sonne läuft, wie 10313:1; zu der mit welcher ein Punct des Erdäquators bei der Axendrehung der Erde bewegt wird, wie 653539:1. Diese grosse Geschwindigkeit vereint mit dem Umstande, daß der Eindruck des Lichtes im Auge eine Zeit hindurch (fast $\frac{1}{16}$ Secunde) dauert, erklärt es, warum auch eine nicht continuirliche Lichtfortpflanzung, dennoch unserem Auge als ununterbrochen erscheinen kann.

1) Diese Geschwindigkeit des Lichtes gilt jedoch

(49²)

nur für gleiche Medien; in ungleichartigen Medien hingegen, dürften wahrscheinlich bedeutende Abänderungen stattfinden. WINTERL glaubte, jedoch ohne hinreichenden Grund, daß die beobachtete Zeit der Lichtbewegung, auf Rechnung des Aufenthalts in der Erdatmosphäre zu schieben sey, und das sich das Licht im Aether ohne Zeitaufwand fortpflanze.

2) RÖMER, ein dänischer Astronom, beobachtete mit CASSINI in den Jahren 1671—1675 fleissig die Verfinsterungen der Jupitersmonde, und fand, daß wenn Jupiter uns näher ist, jene Finsternisse früher, und wenn er von uns entfernter ist, später erfolgen, als es der Berechnung nach seyn sollte. R. folgerte hieraus, daß sich das Licht mit Zeitaufwand fortbewege; eine Folgerung die der Einwürfe CASSINI'S und MORALDI'S ohnerachtet, späterhin durch HUYGENS, NEUTON und BRADLEY bestätigt wurde und zu den obigen Resultaten führte (BAILLY *histoire d'astronomie moderne*, II. 674); wozu besonders BRADLEY'S Entdeckung der Aberration des Lichtes (*Aber-ratio lucis*, den 17. Decbr. 1724 und bestätigt im J. 1727—Decbr. 1728), zu der er gelangte, indem er die Bewegung des Lichtes mit der Bewegung der Erde, nach der Theorie von der Zusammensetzung der Kräfte, verband, das meiste beitrug.

3) Das Licht wird bey seinem Fortgange sowohl durch Aufenthalt von Seiten undurchsichtiger Körper, als vorzüglich auch dadurch geschwächt, daß es sich durch einen stets grösseren Raum nach allen Seiten verbreitet; vergl. vorig. §. Denken wir uns nämlich in der Spitze eines geometr. Kegels einen leuchtenden Punct, so ist die Basis des Kegels die erleuchtete Fläche; da nun diese Grundfläche, wenn sie noch

einmal so weit von jener Spitze absteht, nothwendig viermal mehr Flächenraum hat, so folgt, dafs jeder Punct des auf diese viermal grössere Grundfläche verbreiteten Lichtes, nur den vierten Theil soviel Lichtmasse haben mufs, als bei der vorigen kleineren Basis, oder dafs diese entferntere Fläche viermal schwächer erleuchtet wird. Gr. RUMFORD (in den philosoph. Transact. übers. in GRENS N. Journ. d. Phys. II. 15. ff.) hat dieses a priori abgeleitete Gesetz, mit Hülfe seines a. a. O. beschriebenen Photometers, durch Versuche bestätigt. Schätzt man indess die Erleuchtung nach der Stärke des Glanzes, den der Beob. auf der erleuchteten Fläche wahrnimmt, so müssen die dabei zu nutzenden Flächen durchaus von gleicher Beschaffenheit seyn, weil verschiedene Körper das Licht auch verschieden und in ungleicher Menge zurückwerfen. So wirft z. B. Mars das Sonnenlicht minder vollkommen zurück als Jupiter und Venus; und wäre der Mond eine gleichartige feinpolirte Kugel, so würden wir ihn nach KÄSTNERS Berechnung im Vollmonde nur als einen blitzenden Punct von 4 Secunden Durchmesser sehen. Mercur ist etwa 6mal stärker, Venus noch einmal so stark als die Erde beleuchtet; beim Mars ist die Beleuchtung halb so stark als bei der Erde; beim Jupiter $\frac{1}{27}$; beim Saturn $\frac{1}{50}$; und beim Uran $\frac{1}{204}$. Die Beleuchtung des Vollmonds gegen die Erde ist nach BOUGUER 300000mal, nach anderen 90000, und n. a. EULER 474000 mal schwächer als das directe Sonnenlicht. Vergl. S. 218. Nach HUYGENS müßten Nachts über 764 Millionen Fixsterne von der Grösse und dem Glanze des Sirius über dem Horizonte stehen, wenn es so hell als am Tage werden sollte.

4) Stellt man einen mit einem kleinen Loche versehenen Schirm, ungefähr 5—6 Schuh vor das Auge, während man hinter dem Schirme eine glühende Kohle vor dem Loche hin und her bewegen läßt, so wird man wähen die Kohle ununterbrochen zu sehen; eben so sieht man einen feurigen Kreis, wenn man eine glühende Kohle schnell im Kreise herumdreht, während die Kohle die verschiedenen Stellen des scheinbaren Kreises doch nicht zugleich, sondern nur nach und nach einnimmt. Aus ähnlichen Beob. folgerte v. SEGNER (Progr. de raritate luminis, Götting. 1740. 4.), daß der Eindruck des Lichtes auf der Netzhaut $\frac{1}{2}$ Secunde dauert; das oben angegebene Verhältniß scheint das richtigere zu seyn. In feurigen (ursprünglich lichtreicheren) Augen ist der Eindruck, vielleicht nur scheinbar, daurender als in matten; übrigens richtet sich seine Dauer nach der Stärke des Lichtglanzes; stark leuchtende Gegenstände bewirken anhaltenderen Eindruck als schwach leuchtende. Vergl. auch CANTON im 58 Bd. d. philos. Transact. S. 344.

5) MICHELL und andere haben (sehr unvollkommene) Vers. angestellt, um die Frage zu beantworten, ob das Licht (als bewegte Flüssigkeit gedacht) eine merkliche Stärke habe? Er will nämlich mit dem in dem Brennpuncte eines Hohlspiegels gesammelten Lichte, ein Kupferblättchen bewegt haben, das an einer Klaviersaite, die mit einem Achathütchen auf einem Stifte im Gleichgewichte ruhet, befestigt war!! Aus diesem Stosse und aus der bekannten Geschwindigkeit des Lichtes, berechnete nun M. daß die innerhalb einer Secunde im Brennpuncte der 4 Quadratfuß haltenden Spiegelfläche gesammelte Lichtmasse ein Zwölfhundertmilliontheilchen eines Grans

betrage. PRIESTLEY's Geschichte d. Optik I. Abschn. 3. Cap. Nach TOMSON (dessen Syst. d. Chemie. I. Thl.) würde bei der ausserordentlichen Geschwindigkeit des Lichtes, ein Lichttheilchen von $\frac{1}{1000}$ Gran am Gewichte in seiner Gewaltsäusserung grösser seyn, als die Kraft einer abgeschossenen Flintenkugel, und ein Milliontheilchen eines Grans, würde noch alles zerschmettern wo es anschlüge, und hievon ein Milliontheilchen genommen noch einen merklichen Stofs ausüben, von dem das Auge nichts spührt. Nach PRIESTLEY ist das Licht in der Sonnenatmosphäre nur 45000 mal dichter als wenn es zur Erde angelangt ist, und vorausgesetzt dafs in einer Secunde $\frac{1}{400000}$ eines Grans, also in einem Tage etwas über 2 Gran Licht von der Sonne ausströmte, verlöre die Sonne innerhalb 6000 Jahren ohngefähr 4752000 Gran oder 670 Pfund.

6) Ausser RUMFORD haben auch BOUGUER und LAMBERT Vers. über die Schwächung des Lichtes beim Durchgange durch transparente Mittel angestellt, und sich dabei Photometer bedient, die jedoch dem angeführten RUMFORDSchen nachstehen. R. fand, dafs das Licht einer Argandschen Lampe, während seines Durchganges durch eine Tafel von gut polirtem, hellen und möglichst durchsichtigen Spiegelglase, im Verhältnifs von 0,1864 zu 1,0000 geschwächt wurde, oder dafs nur 0,8136 der auf der Glasfläche angekommenen Lichtmenge, durch das Glas hindurch gieng. Nach einem Mittel mehrerer Versuche fand er den Lichtverlust = 0,1973. Beim Durchgange des Lichtes durch eine Luftschicht von einigen Schuhen Tiefe, bemerkte er keine Verminderung; die jedoch bei grösseren Lufträumen bemerkbar wird. -- Ueber

LESLIES Photometer in der Folge. Photometer oder Photoscope (Werkzeuge die Mengen des Lichts zu messen) aus dünnen gefärbten Glas- oder geölten Papierstreifen bestehend. v. SAUSSURES Kyanometer (GRENS J. d. Phys. VI. 93. u. GILBERTS Ann. V. 513.) und dessen Diaphanometer (zur Ausmittlung der Durchsichtigkeit der Atmosphäre, GRENS N. Journ. d. Phys. IV. 101 ff.)

7) Die Lichtstralen welche von leuchtenden (sichtbaren) Gegenständen ausgehen, und auf die Oberflächen anderer Körper fallen, werden, die Körper mögen dunkel oder durchsichtig, fest oder flüssig seyn, mehr oder minder, jedoch nie ganz zurückgeworfen. Das reine Merkur (Quecksilber), wirft nächst dem Ammoniak- und Kalimetallloid wahrscheinlich unter allen Substanzen, den größten Theil des aufgefangenen Lichtes, aber dennoch nicht drei Viertheile desselben zurück. Unter den übrigen Substanzen kommen die anderen Metalle, (und namentlich das Platin, der Stahl, und verschiedene Metallgemische), so wie auch der Demant, dem Merkur hierin am nächsten. Je mehr Licht ein Körper, und je regelmässiger er es zurückwirft, um so stärker glänzt er.

c) *Von der Zurückwerfung und Beugung des Lichtes.*

§. 149.

XXXXV. Vers. Leitet man einen Sonnenstral durch eine kleine Oeffnung in ein vollkommen verfinstertes Zimmer, so wird er bei seinem Fortgange einen Theil der Zimmerluft in Form

eines dünnen Cylinders, und die gegenüberstehende Wand in Form einer Kreisebene erleuchten; dasselbe wird erfolgen wenn man diesen Lichtstral, bevor er die Wand erreichte, mittelst eines Planspiegels, unter einem rechten Winkel auffängt, er wird in sich selbst zurückgehen. Giebt man dagegen dem Spiegel eine schiefe Richtung, so daß der Stral unter einem schiefen Winkel auffällt, so wird der Lichtstral, von dem Puncte der Spiegelfläche aus wo er einfiel, unter dem gleichen Winkel geradlinigt zurückgeworfen werden, welchen der auffallende Stral mit dem Spiegel machte. Der Punct an des Spiegels Fläche, in welchem der Stral einfiel, heist der Einfallspunct (*Punctum incidentiae*), eine senkrecht darauf gezogene Linie Einfallslot (*Cathetus incidentiae*), der einfallende Stral selbst, der Einfallstral (*Radius incidens*), der von ihm mit dem Einfallslothe gemachte Winkel, der Einfallswinkel (*Angulus incidentiae*); dagegen wird der von der zurückwerfenden Fläche (*Planum reflectens*) zurückgehende Lichtstral der zurückgeworfene Stral (*Rad. reflectus*) und der von diesem mit dem Einfallslothe gemachte Winkel, der Zurückstrahlungswinkel (*Ang. reflexionis*) genannt. Die obige Phänomene begründende Eigenschaft des Lichtes, von undurchsichtigen glat-

ten Flächen (zum Theil) abgestossen und dadurch zurückgeworfen zu werden, nennt man die Zurückwerfung oder Zurückstrahlung des Lichtes (Reflexio lucis); und das allgemeine Gesetz derselben ist: dafs der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel gleich ist. Der zurückgeworfene Stral liegt mit dem einfallende Strale und dem Einfallslothe in einer Ebene, die Zurückstrahlungsebene (Plan. reflexionis) genannt.

1) Nach NEUTONS (Opt. L. II. P. 3. prop. 9.) genauen Untersuchungen, wird der schief auffallende Stral eigentlich nicht unter einem scharfen Winkel zurückgeworfen, sondern vor der Berührung erst gekrümmt und so in die Gestalt einer mit der erhabenen Seite der Spiegelfläche zugekehrten Curve gebracht; welche jedoch als Weg der Reflexion in der äussersten Nähe der reflectirenden Fläche nicht gesehen werden kann. Die Linie AB Taf. III. Fig. 25 bezeichne eine reflectirende ebene Fläche, z. B. eines gemeinen Spiegels (Speculum) und CD den unter einem rechten Winkel senkrecht einfallenden Stral; so wird dieser in sich selbst zurückgeworfen; gesetzt es komme aber statt des senkrechten Stral, ein schief einfallender in der Richtung von OD auf der reflectirenden Ebene an, so wird dieser vor der Berührung erst gekrümmt und dann, wenn er aus dem Wirkungskreise der Fläche getreten ist, nach der Tangente der Curve geradlinigt, nach p zurückgeworfen. Das Einfallslot CD bestimmt mit dem einfallenden Strale OD durch die drei Punkte O, D, C die Zurückstra-

lungsebene, in welcher OD mit CD den Einfallswinkel x , und pD mit CD den Zurückstrahlungswinkel y bestimmt. Die Kraft welche den Stral OD zur Fläche AB treibt, läßt sich rücksichtlich ihrer Richtung zerlegen, in die der Fläche parallel gehende Kraft OC, und in die dem Einfallslothe parallel gehende Kraft OA. Da nun DC parallel ist mit OA und OC mit AD, so ist das Einfallslot $CD = OA$; da OCDA ein Parallelogramm ist, so ist $AD = OC$. Die Repulsion der Fläche AB wirkt von D aus nur dem senkrecht wirkenden Krafttheile des Lichtstrals entgegen, treibt ihn also in der Richtung $DC = OA$ zurück; dieser Richtung zuwider bleibt aber der der Ebene AD parallel wirkende Krafttheil des Lichtstrals, als solcher gegeben, und bestimmt dadurch jene mittlere Richtung Dp , welche als Diagonale des (aus den Linien DC und DB und dem Winkel CDB zu construierenden) Parallelogramms CDBp, den Weg des reflectirten Strals anzeigt. Da nun beide Parallelogramme einander gleich sind, so sind es auch die Dreiecke OCD und pCD , und mithin der Winkel y dem Winkel x ; und wie auf gleiche Weise erhellt, auch der Winkel z dem Winkel v , welche Winkel von den Stralen mit der reflectirenden Ebene gemacht werden.

2) Die Linie AB bezeichne ferner einen senkrechtstehenden ebenen Spiegel, so wird dieser dem vorhergehenden zufolge, alle von dem Gegenstande O kommenden Stralen so zurückwerfen, daß es dem vor dem Spiegel sich befindendem Auge scheint (S. 765 N. 2), als ob sie von einem Punkte o (der scheinbar soweit hinter dem Spiegel liegt, als O davor liegt) hinter dem Spiegel kämen. Statt mehrerer Stralen

des Gegenstandes O , ist hier nur der Gang eines Strales durch die Linie OD und eines anderen durch die Linie OA angezeigt; der zurückgeworfene Stral Dp scheint von o zu kommen, und der scheinbare Ort des Punctes o liegt dort, wo der hinter dem Spiegel verlängert gedachte Stral Dp den senkrechten verlängert gedachten Oo in o schneidet. Es sind dem Obigen gemäß die Winkel $z = v$, und als Verticalwinkel $u = z$, mithin auch $u = v$. In beiden Dreiecken (OvA und ouA) sind die rechten Winkel gleich, und auch $u = v$, und beiden Dreiecken ist die Seite AD gemein, mithin sind beide gleich und $AO = Ao$. Das hierdurch entstehende scheinbare Bild (765) in o ist ein katoptrisches Bild, und erscheint dem wirklichen Gegenstande gleich, indem die der ebenen Spiegelfläche auffallenden Stralen, denselben Parallelismus, dieselbe Convergenz oder Divergenz bei der Zurückstrahlung behalten, welche sie zuvor als einfallende hatten.

3) Im verticalen Planspiegel haben die scheinbaren Bilder eine der Lage der Gegenstände selbst ähnliche Lage gegen die Horizontalebene (auf die wir alle Lagen der Körper zu beziehen gewohnt sind); im horizontalen Spiegel erscheinen aufrecht stehende Gegenstände verkehrt (der Wasserspiegel), in einem unter einem Winkel von 45° gegen die Horizontalebene geneigten Spiegel sieht man liegende Gegenstände aufrecht (Stellung des Planspiegels im Perspektivkasten oder der sog. Optik, scheinbares Hinaufrollen einer horizontal fortgerollten Kugel) und stehende liegend (Stellung des Spiegels in der Camera clara). Je näher das Auge dem Spiegel rückt, um so kleiner kann der Spiegel seyn, um das Bild

des Gegenstandes zu entwerfen; ein Planspiegel in welchem der Mensch sich ganz sehen soll, braucht nur halb so lang und breit zu seyn, als der Mensch selbst ist.

4) Fängt man die von einem Spiegel zurückgeworfenen Stralen, mit einem andern Spiegel auf, so wirft dieser sie aufs Neue zurück; wodurch die Bilder vervielfältigt werden. Hieher gehört das Erscheinen einer Kreislinie im Winkelspiegel, während man nur einen Theil derselben dazwischen gelegt hat; die ins Unendliche gehende Vervielfältigung parallel gegeneinander gestellter Spiegel. Die Spiegelkästen und Spiegelzimmer; der Operngucker; das Zauberperspectiv etc.

5) Die gewöhnlichen Spiegel sind zu wissenschaftlichen Untersuchungen untauglich, da sie doppelte Bilder machen; nämlich eines vermöge der Oberfläche des Amalgams (626), und eines durch die Vorderfläche des durch das Amalgam undurchsichtig gemachten (übrigens reinen, klaren, gleich dicken und möglichst glatt geschliffenen) Spiegelglases. Ueber die Composition der zu optischen und astronomischen Untersuchungen einzig brauchbaren Metallspiegel, vergl. 627 und EDWARDS Anweisung, wie die beste Composition zu den Metallspiegeln der Telescope zu machen etc., in GILBERTS Annal. XII. 167. ROCHON setzt der zu Spiegeln vorzüglich empfehlungswerthen Platina, zur leichteren Schmelzung und Giessung derselben, $\frac{1}{8}$ der gewöhnlichen aus 32 Theilen Kupfer, 15 bis 16 Theilen Zinn, 1 Theil Mössing und 1 Theil Arsenik bestehenden Metallspiegelmasse zu, vergl. HILDEBRANDTS Encyclopädie der Chemie. 13s Hft. §. 118.; vielleicht lassen sich verplatinte

wohlfeilere Metalle zu gleichem Zwecke anwenden? Grosse Hohlspiegel verfertigt man häufig aus gebrannten Gypse, dessen hohle möglichst geglättete Oberfläche mit Blattsilber oder Blattgold überzogen wird; gewöhnliche Hohlspiegel werden auch wohl aus Mössing oder Mössingblech verfertigt; die sogen. Lampenscheine. — Die Erfindung der Metallspiegel ist sehr alt; die der gewöhnlichen Stubenspiegel neuerer Zeit. Nothwendigkeit einer guten Politur der Spiegel.

§. 150.

Sofern man die Elemente einer krummen Fläche, als aus unendlich kleinen einen Winkel einschliessenden geraden Flächen bestehend ansieht, und ein Lichtstral nur auf einen Punct fällt, lassen sich auch, aus dem allgemeinen Gesetze der Zurückstrahlung des Lichtes diejenigen Fälle bestimmen, wo die Lichtstrahlen von gekrümmten, hohlen oder erhabenen kuglichten, parabolischen, elliptischen, hyperbolischen Spiegeln reflectirt werden.

1) Der Kugelschnitt ADB (Taf. III. Fig. 26) sey der Durchschnitt eines (mit seiner inneren Fläche spiegelnden) kugelichten Hohlspiegels (Speculum concavum sphaericum); der Halbmesser CD der denkbaren Kugel, von welcher der Durchschnitt des Spiegels ein Segment ist, ist zugleich der Halbmesser des Hohlspiegels, und die Sehne AB seine (fälschlich auch wohl der Durchmesser des Spiegels genannt) Breite. Der Einfallswinkel wird durch den

den einfallenden Stral und den Halbmesser bestimmt, indem das Einfallslloth an jeder Spiegelstelle durch den dazu gehörenden Halbmesser (der wie jeder Halbmesser einer Kugel senkrecht auf der Kugelfläche steht) gegeben ist. Die durch die Mitte des Spiegels D und durch den Mittelpunct der Kugel C gehende gerade Linie DC, heist die Axse des Spiegels. Die mit der Axse parallel (in möglichster Nähe derselben) auffallenden Stralen ei und gk, werden so zurückgeworfen, daß sie die Axse und sich selbst in einem Puncte F vor dem Spiegel schneiden, den man den Hauptbrennpunct (Focus principalis), und dessen Entfernung DF vom Spiegel, welche die Hälfte des Halbmessers DC beträgt, die Brennweite (Distantia focalis) nennt. Stralen Fi und Fk, welche aus dem Brennpuncte F auffallen, werden so zurückgeworfen, daß sie mit der Axse parallel ie, kg gehen; mithin das zurückgeworfene Licht dadurch in sehr beträchtlicher Ferne ungeschwächt fortpflanzen. Stralen mh und nl welche nicht parallel der Axse, sondern aus einem jenseits C in endlicher Entfernung liegenden Puncte divergirend einfallen, werden so zurückgeworfen, daß sie die Axse in einem Puncte f zwischen C und F schneiden; und kommen die Stralen aus C selbst, als divergirende auf der Spiegelfläche an, so werden sie wieder nach C zurückgeworfen. Sind die parallel einfallenden Stralen um mehrere Grade (eines größten Kreises der Kugel, wovon der Spiegel ein Abschnitt ist) von der Axse entfernt, so werden sie bei der Zurückwerfung näher nach D zu (und zwar je grösser jene Entfernung war, um so näher) vereint. Aber auch schon bei einem Hohlspiegel des-

sen Bogen ADB weniger Grade falste, als derjenige der angezogenen Fig., würden parallel auffallende Strahlen bei ihrer Zurückwerfung nicht genau in F , sondern in einem Längenraum die Axse schneiden, der sich von F bis zu irgend einem zwischen F und D denkbaren Punkte erstreckt; da nun dieser Fall bei jedem kuglichen Hohlspiegel eintritt, so sieht man leicht ein, daß man bei Versuchen es nicht mit einem Brennpuncte, sondern mit einem Brennraume zu thun hat; gewöhnlich werden die am Hohlspiegel reflectirten Stralen eines wirklichen Gegenstandes, so zurückgeworfen, daß die entstehenden Brennpuncte eine (oder einige) krumme Brennnlinie bilden. Die Stralen der Sonne, der Sterne und des Mondes, so wie überhaupt alle aus einem sehr weit entlegenen Punkte kommenden Lichtstralen, werden als parallel laufende betrachtet; alle Stralen hingegen die von leuchtenden Körpern in der Erdnähe oder auf der Erde selbst ausgehen, sind stets als mehr oder weniger divergirende anzusehen. Fallen parallele Stralen in schiefer Richtung auf den Hohlspiegel, so daß sie nicht der Axse parallel gehen, so werden sie bei der Reflexion in einem Punkte vereinigt, welcher in der Gegend des Brennpunctes, aber auf der ihrem Ausgangspuncte entgegengesetzten Seite der Axse liegt. Kommen die einfallenden Stralen aus einem Punkte y (Taf. III. Fig. 27), welcher zwischen dem Brennpuncte F und der Spiegelfläche d des Spiegels adb liegt, so gehen sie divergirend (aus einander fahrend) zurück. Gelangen die Stralen aus x zur Spiegelfläche, so schneiden sie bei der Zurückstrahlung die Axse jenseits des Mittelpunctes C in z . Bei Berechnung der Stralen setzt man voraus daß die

Winkel nur klein sind, und nimmt daher statt ihrer Sinusse oder Tangenten, die Verhältnisse der Winkel selbst. Convergirend auffallende Stralen werden als mehr convergirend zurückgeworfen. Nennt man die Entfernung des strahlenden Puncts von der reflectirenden Fläche des kuglichen Hohlspiegels d , den Radius der Krümmung dieser Fläche r , so ist stets die Entfernung des Vereinigungspunctes der darauf fallenden Stralen nach der Zurückstrahlung von der

Fläche $x = \frac{dr}{2d - r}$. Vergl. GRENS Naturl. 5te Ausg.

§. 673. Stellt die hohle Fläche einen Abschnitt der Oberfläche eines Ellipsoids dar, und steht der strahlende Punct in dem einen Brennpuncte dieser elliptischen Krümmung, so werden die divergirenden Stralen sämmtlich nach dem anderen Brennpuncte der Ellipse zurückgeworfen; vergl. S. 720. Nr. 4. Fig. 17. Ein parabolischer Hohlspiegel wirft die parallel in seiner Axse auffallenden Stralen so zurück, daß sie genau im Brennpuncte der Parabel gesammelt werden. Die aus diesem Brennpuncte auf die Fläche gehenden divergirenden Stralen, werden durch Reflexion zu parallelen. Vorzüge der (sehr schwierig genau zu schleifenden) parabolischen Hohlspiegel vor den sphärischen; HERSCHELS und SCHRÖTERS Telescope mit dergl. Spiegeln. VOIGTS Mag. V. 72.

2) Sofern die vom Hohlspiegel reflectirten Stralen sich vor ihm vereinigen (siehe oben), erfolgt auch die Darstellung eines physischen oder sog. Luftbildes. Fängt man die Sonnenstralen mittelst eines kuglichten Hohlspiegels auf, so erscheint das Bild der Sonne im Brennpuncte des Spiegels. Wird das Bild eines Gegenstandes nicht genau im Brennpuncte, son-

dem hinter demselben abwärts vom Spiegel, also nach dem sich die reflectirten Stralen bereits durchkreuzt haben, aufzufangen, so erscheint das Bild verkehrt, und um so grösser, je weiter es vom Brennpuncte entfernt ist; wie dieses die punctirten Linien iFg und kFe Fig. 26 andeuten. Rückt der Gegenstand dem Hohlspiegel so nahe, daß er diesseits des Brennpuncts, zwischen d und F (Fig. 27) divergirende Stralen auf die Spiegelfläche fallen läßt; so entsteht nur ein geometrisches Bild, das jedoch stets etwas weiter hinter (oder in) dem Spiegel liegt, als der Gegenstand von ihm entfernt ist. Benutzung der Hohlspiegel bei sog. Geistercitationen. ECKARTSHAUSENS Vers. und SCHRÖPFERS Täuschungen.

5) ADB Taf. III. Fig. 28 sey der Durchschnitt eines kuglichen erhabenen Spiegels (*Speculum convexum sphaericum*); die mit der Axse CD parallel auffallenden Stralen ao und bo , werden so nach ap und bq reflectirt, als ob sie aus einem Puncte F der Axse kämen, welches um die Hälfte des Halbmessers CD entfernt ist, und rückwärts verlängert, die Axse in diesem Puncte F schneiden würden. Man nennt diesen Punct den negativen oder eingebildeten Brennpunct oder den Zerstreungspunct, und sein scheinbarer Abstand vom Spiegel, die negative Brennweite oder die Zerstreungswerte. Ziehen wir vom Mittelpuncte C eine gerade Linie nach a , so haben wir in diesem Halbmesser das Einfallslloth für den Punct a , und können nun den Einfalls- und Reflexionswinkel, und mithin den Gang des reflectirten Strals (ap) bestimmen. — Divergirend auffallende Stralen, haben ihren Brennpunct näher an der zurückwerfenden Oberfläche, als um

den halben Halbmesser, und gehen mit vermehrter Divergenz zurück. Convergirend auffallende Stralen, gehen als parallele zurück, wenn die Entfernung vom leuchtenden Punkte mehr als die Hälfte des Halbmessers beträgt; hingegen nur mit etwas verminderter Convergenz, wenn jene Entfernung weniger als die Hälfte des Halbmessers der Krümmung beträgt; und in diesem letzteren Fall, haben die reflectirenden Stralen einen wahren Brennpunct vor der Oberfläche des Spiegels. Dem Vorhergehenden zufolge wissen wir, daß der Gegenstand kleiner erscheint, wenn der Winkel, welchen die von den Endpuncten eines Gegenstandes ausgehenden Stralen an dem Auge machen, durch etwas verkleinert wird; daher erscheinen Gegenstände, die durch Reflexion von einer convexen Spiegelfläche gesehen werden, kleiner als wenn ihre Stralen von einem Planspiegel reflectirt worden wären. Nennen wir den Abstand des stralenden Punctes von der reflectirenden kuglichten erhabenen Oberfläche d , den Radius ihrer Krümmung r , so ist die Distanz des Vereinigungspunctes hinter der Kugelflä-

che $x = \frac{dr}{2d + r}$. Vergl. GREN a. a. O. §. 676. Die

Bilder der convexen Spiegel sind geometrische, aufrechte, von der wahren Gestalt der Gegenstände stets mehr oder weniger abweichend. Katoptrische Anamorphosen mit Hülfe cylindrischer und mittelst conischer convexer Spiegel. JAC. LEUFOLD *anamorphosis mechanicae nova*. Lips. 1714. 4.

4) Aus oben (S. 784.) angeführten Gründen, giebt jeder sphärische Spiegel mehrere hinter einander liegende Bilder; hieraus entsteht eine Undeutlichkeit des Gesamtbildes, welche man die Abweichung

(50²)

der katoptrischen Bilder wegen der Gestalt des Spiegels nennt. Dadurch daß man den Spiegel nur wenige Grade fassen läßt, oder seinen Rand verdeckt (Blendung) begegnet man dieser Undeutlichkeit mehr oder weniger. Bei parabolischen Hohlspiegeln fällt sie von selbst weg; vergl. oben. — Alle durchsichtige tropfbare oder feste Körper spiegeln, wenn sie Hintergrund haben, oder wenn sie nur zum Theil, und unvollkommen durchleuchtet sind.

5) Diese letztere Bemerkung, daß jeder durchsichtige Körper unter gewissen Umständen das Licht zu reflectiren vermöge, führt uns zu einer dem jetzigen Zustande unserer Erfahrungen entsprechenden Erklärung der Zurückstrahlung selbst. Dabei müssen wir zuvörderst bemerken, daß die Durchsichtigkeit (Durchleuchtungsfähigkeit) der Körper in dem Maasse zunimmt, als die Massenanhäufung und die Cohärenz abnimmt; daß es weder einen absolut durchsichtigen (d. i. Licht leitenden), noch einen absolut undurchsichtigen (Licht isolirenden) Körper gebe; und daß die Durchsichtigkeit mit der Continuität der Masse im geraden Verhältnisse stehe. Es sind diese Sätze aus den Erfahrungen über die Durchsichtigkeit abgeleitet, von denen wir hier nur einige anführen wollen. Höchst ausgedehntes Blattgold erscheint vors Auge gehalten als ein unvollkommen durchsichtiges Medium, von röthlicher Farbe. RITTER sah eine sog. Bleivegetation, die, ohngefähr drei Gran wiegend, eine Glasröhre von 28 Zoll Länge und beträchtlicher Weite füllte, und in dieser ausserordentlichen Dünigkeit der einzelnen Blätter, das Gesehen werden hinten liegender Gegenstände nicht hinderte. Metallgläser, Wachs etc. sind im flüssigen Zustande (wo also

die Massentheile ein mehr oder minder reines Continuum bilden) durchsichtig; eben so mit Oel getränktes Papier, der Pyrophan, der Hydrophan etc. Flüssigkeiten werden undurchsichtig, wenn sie mehr oder weniger in gesonderte Flächen oder in nebeneinander liegende Sphäroiden, durch Schütteln etc. umgewandelt werden; z. B. perlender Weingeist, Eiweißschaum, Wasserschaum an Meeresküsten etc. Nach BOUGUER wird reinstes Seewasser bei einer Dicke von 679 Par. Fuß undurchsichtig, und die reinste Luft, wenn sie überall so dicht wäre, wie in der Erdnähe, würde bei einer Höhe von 518585 Toisen alle Durchsichtigkeit verlieren. Ein Stück Glas ist, durch den Bruch gesehen, sehr undurchsichtig; eben so auch sehr grosse Glasmassen, wenn sie auf gewöhnliche Weise durchsehen werden. — Die äussersten Schichten oder Theilchen auch der undurchsichtigsten Körper besitzen dem zufolge einen gewissen Grad von Durchsichtigkeit, der in dem Maasse erhöht wird, als durch Glätte oder Politur, die Continuität dieser Grenzschichtchen wächst. Bei den Metallen und Metalloiden ist der Durchmesser dieser Grenzschichtchen, im Vergleich mit dem der übrigen Körper ausserordentlich geringe, sie sind daher auch noch im möglichst zertheilten und selbst im geflossenen Zustande ziemlich undurchsichtig. Die spiegelnden Körper sind also mehr oder weniger dunkel, mit einem durchsichtigen Ueberzuge versehene Massen, und bieten daher zwei verschiedene Oberflächen dar; eine (mit blossem Auge sichtbare, d. i. als dunkler Körper von der erhellen Umgebung unterscheidungs-fähige) scheinbare, und eine (etwa durch Mikroscope erkennbare) wirkliche. — Es ist hier gleichgültig, ob wir uns das Licht als ein bewegtes elasti-

sches Fluidum, oder als die für unser Auge erkennbare Darstellung einer Bewegung denken, welche zugleich für die räumlichen Verhältnisse durch Expansion, für die qualitativen Beziehungen durch Homogenität (als Gegensatz körperlicher Verschiedenartigkeit überhaupt) oder Aufhebung qualitativer Differenz, und für die organisch-geistigen Verhältnisse durch Steigerung individueller Kraft und Freiheit bezeichnet ist, oder ob wir noch andere Vorstellungen (S. 752 ff.) damit verbinden; in allen Fällen müssen wir zugestehen, daß die gerade Linie des Lichtes vollkommen mit der des ruhenden Pendels übereinkommt, nur mit dem Unterschiede, daß dem Pendel diese Richtung durch Anziehung von aussen, dem Lichte aber durch die Natur seiner eigenen Kraft gegeben ist. Solange also dem geradlinigten Lichte kein Hinderniß erwächst, wird es sich unverändert fortpflanzen; im Gegentheil nach aufgehobenen Hindernisse, mit beschleunigter Bewegung seine erste Richtungslinie überschreiten. Gelangt daher ein Lichtstral in der durchsichtigen wirklichen ebenen Oberfläche eines Spiegels an, so wird er als senkrecht einfallend, d. i. in seiner größten Wirksamkeit gegebener Stral, auch den größten, kein Ausweichen nach den Seiten zu gestattenden Widerstand finden, der ihn nöthigt vermöge seiner Elasticität in sich selbst zurück zuwirken. Das Hinderniß seiner weiteren Fortpflanzung war aber zum Theil schon in der wahren Oberfläche gegeben, und wächst je weiter er diese durchdringt; er wird daher senkrecht reflectirt, scheinbar ohne den Spiegel selbst zu berühren, d. h. ehe er zur scheinbaren Oberfläche desselben gelangt. Schief auffallende Stralen, finden

in der wahren Oberfläche des Spiegels ein dichter und cohärenteres Medium als das war, aus welchem sie zum Spiegel gelangten, werden dadurch von der geraden (aber nicht senkrechten) Richtung in der sie zur Oberfläche gelangten nach und nach wiederholt abgelenkt, und so in die Gestalt einer Curve gebracht (S. 778), der zufolge sie das durchsichtige Medium der wahren Oberfläche wieder verlassen, und nun nach aufgehobenem Hindernisse, mit verstärkter Kraft (gleich dem Pendel) über die letzt erhaltene Richtungslinie hinaustreten. Sie werden daher noch vor der Berührung der scheinbaren Oberfläche gekrümmt (gebrochen) und dann reflectirt.

6. Etwas ganz ähnliches begegnet den Lichtstrahlen wenn sie in der Luft an den Kanten undurchsichtiger Körper vorbeigehen; sie weichen dann mit einer gegen den Körper convexen Krümmung, von ihrer ursprünglichen Richtung ab. Man nennt dieses Phänomen die Beugung des Lichtes (*Inflexio lucis*), die schon von F. M. GRIMALDI (*physico-mathesis de lumine, coloribus et iride, aliisque adnexis. Bonon. 1665. 4.*) beobachtet, aber von NEUTON (*Optice. III. Obs. 272 ff.*) zuerst genauer untersucht wurde. Nach NEUTON beträgt jene Entfernung des gekrümmten Strals von der scheinbaren Oberfläche $\frac{1}{400}$ bis $\frac{1}{200}$ Zoll was jedoch wohl gar sehr von der verschiedenen Glätte (siehe oben) der Kante oder Fläche des undurchsichtigen Körpers abhängig seyn dürfte. Dieser Beugung zu Folge, wirft ein Faden (feiner Drath, Haar etc.) auf welchen durch eine sehr kleine Oeffnung eines finstern Zimmers einige Sonnenstralen fallen, NEUTONS Beob. gemäß, auf weisses Papier einen Schatten, welcher breiter ist, als er bei ungeänderten ge-

raden Fortgange des Strals hätte seyn können, und zugleich neben und innerhalb dieses Schattens (farbigte) leuchtende Säume und Streifen; wahrscheinlich in dem einige Stralen von der Körperoberfläche wegen ihres Einfallswinkel noch reflectirt werden, während die anderen, als parallele, noch gebrochen werden. Nach N. werden die ersteren Stralen von der Oberfläche abgestossen und die anderen, welche das Licht in den Schatten bringen, angezogen. — Vergl. W. NICHOLSONS Bemerk. über die Beugung in GILBERTS ANN. XVIII. 197. u. J. J. WAGNERS Theorie d. Wärme u. des Lichtes. Leipz. 1802. 54. ff. 8.

7) Noch deutlicher wird uns das ganze Phänomen der Richtungsänderung des Lichtes in der wirklichen Oberfläche der Körper werden, wenn wir das Licht in seinen verschiedenen schiefen Uebergängen aus einem durchsichtigen Medio in ein anderes, von abweichender Dichtigkeit, Cohärenz und chemischer Qualität beobachten. Vergl. WAGNER a. a. O. 43, 57 u. ff.

D) Von der Brechung des Lichtes.

§. 151.

XXXXVI. Vers. Zwischen mehreren auf einander gelegten und dadurch minder durchsichtig gewordenen Glasplatten, bringe man etwas reines klares Wasser, so dafs jede zwei Platten durch das Wasser verbunden werden; ihre Undurchsichtigkeit wird jetzt aufgehoben seyn, so dafs unterliegende Gegenstände deutlich gesehen werden können. Auf gleiche Weise macht etwas

Oel auf das Meer gegossen, das Seewasser an dieser Stelle weit hinab durchsichtig. Ferner in ein zur Hälfte mit Wasser gefülltes Trinkglas, tauche man, schräg gegen den Wasserspiegel, einen geraden Stab, er wird gebrochen scheinen; und hat man eine Münze oder anderen unterscheidbaren Körper ins Wasser geworfen, so wird sie dem aus der Luft auf den Wasserspiegel schauenden Auge höher zu liegen, und von der Seite mit etwas aus der gewöhnlichen Stellung abweichenden Augen betrachtet, doppelt zu seyn scheinen; noch deutlicher wird dieses beobachtet werden, wenn man eine Münze in eine undurchsichtige Schaaale legt, so das sie bei einer gewissen Stellung des Auges nicht gesehen wird; sie wird sichtbar werden, wenn man die Schaaale mit Wasser füllt. Eben so scheinen die Fische im Wasser um $\frac{1}{4}$ höher zu schwimmen, als es wirklich der Fall ist, und ein Gegenstand erscheint dem Auge, unter oder hinter einem ebenen Glase, fast um $\frac{1}{3}$ von der Dicke des Glases der Glasoberfläche näher, als er wirklich liegt etc. Diese und eine zahllose Menge ähnlicher Beob. und Vers. zeigen, das wenn die Lichtstralen aus einem Medium in ein anderes von verschiedener Dichtigkeit und Cohärenz oder von verschiedener Brennbarkeit, unter einem schiefen Winkel

übergehen, sie von ihrer vorigen Richtung abgelenkt werden. Man nennt diese Ablenkung des Lichtes von seiner geradlinigten Richtung die Brechung desselben (*Refractio lucis*)

1) Rücksichtlich der Brechung durch die verschiedene Dichtigkeit und Cohärenz der Medien, gilt folgendes aus der Erfahrung geschöpfte Gesetz: Geht der schieflinigte Lichtstral aus einem dünneren und minder cohärenten Medium in ein dichteres und cohärenteres über, so wird er an der Oberfläche dem Einfallslothe zugekehrt; kommt er aus einem dichteren und cohärenteren Mittel, um in ein dünneres und minder cohärentes überzugehen, so wird er vom Einfallslothe abgelenkt. Zwischen beiden Brechungen giebt die ursprüngliche schiefe Richtung des Strals, die mittlere Linie. Senkrecht einfallende Strahlen gehen ungebrochen durch; und je weniger der schiefe Stral von der senkrechten Richtung abweicht, um so weniger wird er gebrochen.

2) Es sey c (Taf III. Fig. 29) der Mittelpunkt der Erde; o ein Beobachter auf ihrer Oberfläche; HZR ein Theil unserer Erdatmosphäre, und S ein Stern, ausser der Atmosphäre, der einen Stral nach v wirft. Der Stral passirt zuörderst das dünnere Medium des Aethers, kommt aber späterhin zur Grenze der dichteren Erdatmosphäre, und wird nun hier so gebrochen, daß er anstatt nach v , nach o fortgepflanzt wird, und hier ins Auge des Beobachters gelangt, welches daher (S. 227 ff.) den Stern in t zu erblicken

wähnt. — Man nennt diese Strahlenbrechung, zum Unterschiede derjenigen terrestrischer Gegenstände, die astronomische Strahlenbrechung (*Refractione astronomica*), und leitet von ihr und von der Reflexion mit Grunde die Dämmerung (*Crepusculum*) ab. Ziehen wir in Gedanken eine senkrechte Linie durch denjenigen Punkt des Strals, wo beide Medien aneinander grenzen, so ist der (Einfall-) Winkel, den der Stral mit dieser Linie in dem dünneren Mittel macht, grösser als der (Brechungs-) Winkel, den er mit ihr in dem dichteren macht. Hieher gehören noch verschiedene Erscheinungen; z. B. wir sehen die Stralen der aufgehenden Sonne schon, wenn die Sonne noch nicht über dem Horizonte ist. Dagegen gehen die Stralen der im Zenith stehenden Gestirne senkrecht und mithin ungebrochen durch die zwischen liegenden Medien; und lassen daher die Gestirne in der Richtung erblicken, in welcher sie wirklich stehen. Findet die Brechung in der Luft, von Gegenständen der Erde statt, so nennt man sie die irdische Strahlenbrechung (*Refractione terrestris*); z. B. die sogen. Erhebung (Seege- sicht oder Kimmung öfters ein Vorbote des Regens), wo Berge, Küsten, Inseln etc. höher und näher scheinen als gewöhnlich.

3) AB (Taf. III. Fig. 37) bezeichne als Oberfläche des unteren Mediums die brechende Ebene (*Planum refrangens*) und CD den einfallenden Stral (*Radius incidens*), welcher aus dem dichteren oberen Mittel in das dünnere untere Mittel übergeht. Statt nach F fortzugehen, wird er in dem Einfallspuncte (*Punctum incidentiae*), D von dem Einfallslothe (*Cathetus incidentiae*), GH abge-

lenkt, und gelangt demnach bei seiner Fortpflanzung als gebrochener Stral (Radius refractus) in E an. Der Einfallswinkel (Angulus incidentiae) CDG, welchen der einfallende Stral CD mit dem Neigungslithe GH macht, ist kleiner als der Brechungswinkel (Ang. refractionis) EDH, welchen der gebrochene Stral DE mit dem Perpendikel GH macht. Der gebrochene Stral liegt mit dem einfallenden und mit dem Perpendikel stets in einerlei Ebene; die Brechungsebene (Planum refractionis) genannt, und der Winkel FDE den der verlängerte einfallende Stral DF mit dem gebrochenen Strale DE macht, wird der gebrochene Winkel (Angul. refractus) genannt. Der Sinus des Einfallswinkels oder der Einfallssinus CG auf GH senkrecht gezogen, steht mit dem Sinus des Brechungswinkels oder dem Brechungssinus, EH auf DH gezogen und $DE = CD$ gesetzt stets im bestimmten Verhältnisse (Ratio refractionis), welches wenn das Licht aus der Luft ins Glas übergeht, fast wie 3:2, wenn es sich hingegen aus der Luft ins Wasser fortpflanzt, fast wie 4:3 gesetzt werden kann. Mithin verhält sich die brechende Kraft des Glases zu der des Wassers wie $\frac{9-4}{4} : \frac{16-9}{9}$, d. i. wie $\frac{5}{4} : \frac{7}{9}$ oder 45:28.

4) Die Kenntniß der astronomischen Stralenbrechung, die der Araber ALHAZEN zu erst angegeben zu haben scheint, und die erst im 16 Jahrhundert durch BERNHARD WALTER, MAESTLIN, TYCHO DE BRAHE, und KEPLER späterhin vorzüglich aber durch die Entdeckungen eines TORRICELLI, PASCAL, BOYLE und MARIOTTE über die Beschaffenheit der Erdatmosphäre richtiger bestimmt wurde, gab zunächst

Veranlassung die verschiedene Brechbarkeit des Lichtes in verschiedenen Mitteln nachzuweisen. WILHELRORD SNELLIUS entdeckte das oben ausgesprochene Gesetz der Brechung, jedoch eigentlich nicht für Sinusse sondern für die Consecanten, und DESCARTES, die Entdeckung des SNELLIUS benutzend, für die Sinusse selbst. NEUTON, MUSCHENBROEK, EULER, ZEICHNER, HAWSKEE, MARTIN, ROCHON und in neueren Zeiten vorzüglich BIOT und ARAGO (B. und A. über die Verwandtschaften der Körper zum Lichte und das Brechungsvermögen der verschiedenen Gasarten; in GILBERTS Ann. XXV. 345. XXVI. 38. etc.), haben sich bemüht das verschiedene Brechungsvermögen der durchsichtigen Stoffe und Gemische auszumitteln. Die Hauptschwierigkeit welche sich den älteren Experimentatoren bei gedachten Versuchen entgegen stellte, bestand in der Aufgabe: bei denen, ins Ganze immer nur wenige Minuten betragenden Ablenkungswinkeln die Unterschiede so scharf zu beobachten, als es die daraus herzuleitenden Folgerungen nöthig machten. B. und A. begegneten dieser Schwierigkeit, indem sie sich des sonst nur bei astronomischen Beobachtungen angewendeten LE NOIRSchen Vervielfältigungskreises bedienten, und so gelangten sie, bei ihren genauen Versuchen von LAPLACE und BERTHOLLET unterstützt, zu dem wichtigen Resultate, daß das Brechungsvermögen der verschiedenen Mittel, nicht bloß von der verschiedenen Cohärenz und Dichtigkeit, sondern vorzüglich auch von der chemischen Beschaffenheit derselben abhängt, wodurch sich den Physikern ein neuer Weg eröffnete; die Resultate der chemischen Versuche über die

Bestandtheile der Körper, rücksichtlich ihrer Richtigkeit genauer zu prüfen, als dieses bisher möglich war. Schon NEUTON schloß aus dem grossen Brechungsvermögen des Demant auf seine Brennbarkeit, und spätere Versuche zeigten bereits, daß das Brechungsvermögen der Körper mit ihrer Brennbarkeit im genauen Verhältnisse stehe; B. und A. Versuche zeigten endlich, daß der Wasserstoff die stärkste der Sauerstoff die schwächste refrangirende Kraft besitze. Zugleich ergab sich aus diesen Vers., wieviel bei der Brechung auf Rechnung der grösseren oder geringeren Verdichtung und Cohärenz zu schieben sey; die genannten Experimentatoren fanden nämlich, daß den Brechungsverhältnissen des Sauerstoff- und Wasserstoffgases zufolge, das Brechungsvermögen des Wassers (das der Luft = 1 gesetzt) = 1,51 seyn sollte, während NEUTONS Vers. 1,75, also $\frac{1}{8}$ mehr gaben, als durch die Berechnung bestimmt worden war. Bei ähnlichen Berechnungen fand sich überall das berechnete Resultat geringer als die Versuche; z. B. Olivenöl (eine Substanz von grösserer Unverschiebarkeit als das Wasser) nach NEUTON = 2,73, nach dem Calcul 2,50 (Unterschied = $\frac{1}{4}$); Alkohol nach N. = 2,23, nach dem Calcul 1,94 (Untersch. = $\frac{1}{8}$). NEUTONS Vers. bestimmen die Refraction des Demants auf 3,2119; nach B. und A. Vers. ist nun das Refractionsvermögen des kohlen-sauren Gases (wozu der Demant mit Hülfe des Sauerstoffgases verbrennt) etwas schwächer als das der gemeinen Luft, und nach LAVOISIER soll die Kohlensäure aus 0,24 Kohlenstoff und 0,76 Sauerstoff zusammengesetzt seyn; demnach finden B. und A. das Brechungsvermögen des Kohlenstoffs = 1,44, und schliessen

hieraus (falls die Condensation und Erstarrung der luftförmigen Stoffe zu Demant keinen Unterschied machte), daß der Demant 0,35 seines Gewichts Wasserstoff enthält; vergl. S. 655 dies. Grundr. und KASTNERS Beitr. II. S. 215 ff.

5) Geht das Licht aus der durchsichtigen Masse in die Luft über, so verhält sich Versuchen zufolge der Brechungssinus zum Einfallssinus, den man gleich 1,000 setzt

| | | | |
|-----------|--------------------------------|-----------|-------|
| n. ROCHON | bei destill. Wasser von 14° R. | - wie | 1,333 |
| | — flüssigem Aetzammoniak | - — | 1,319 |
| | — rectificirtem Weingeiste | - - — | 1,578 |
| | — Kochsalzlösung | - - - - - | 1,375 |
| | — Salmiaklösung | - - - - - | 1,382 |
| NEUTON | — Olivenöl | - - - - - | 1,466 |
| | — Terpentinöl | - - - - - | 1,470 |
| | — Sassafrasöl | - - - - - | 1,544 |
| | — Zuckerlösung (Wasser 27, | | |
| | Zucker 1) | - - - - - | 1,346 |
| | — wässriger Lös. d. kohlen- | | |
| | saur. Kali | - - - - - | 1,390 |
| | — wässriger Lös. d. kohlen- | | |
| | saur. Natron | - - - - - | 1,352 |
| | — wässriger Lös. d. kohlen- | | |
| | saur. Ammoniak | - - - - - | 1,382 |
| | — Kalkwasser | - - - - - | 1,334 |
| | — Vitriolöle | - - - - - | 1,428 |
| | — Salpetersäure | - - - - - | 1,412 |
| EULER | — destill. Essig | - - - - - | 1,344 |
| | — flüss. Eiweiß | - - - - - | 1,368 |
| NEUTON | — trockenem Steinsalze | - - - - - | 1,545 |
| | — Alaun | - - - - - | 1,458 |
| | — Frauenglase | - - - - - | 1,487 |

| | | | |
|-----------|----------------------------|-----------|-------|
| n. ROCHON | bei Isländischem Krystall. | - - wie | 1,625 |
| — | Bergkrystall | - - - - - | 1,575 |
| — | Demant | - - - - - | 2,755 |
| — | gemein. Glase | - - - - - | 1,543 |
| — | Flintglase | - - - - - | 1,613 |
| NEUTON | — Crownglase | - - - - - | 1,532 |
| — | arab. Gummi | - - - - - | 1,477 |
| — | Ambra | - - - - - | 1,556 |
| — | Kampher | - - - - - | 1,500 |
| — | verglastem Spießglasoxyde | - - - - - | 1,889 |
| — | Borax | - - - - - | 1,467 |
| — | Salpeter | - - - - - | 1,524 |
| — | d. sog. leeren Raume | - - - - - | 0,999 |

6) Nach BIOT und ARRAGO ist das Brechungsvermögen der atmosphär. Luft 6,5mal schwächer als das des Wasserstoffgases, und da nach v. HUMBOLDTS und GAY-LUSSACS Beob. die atmosphär. Luft bis zu 3600 Toisen Höhe, wenigstens nicht über 0,003 Wasserstoffgas enthält, und überhaupt in allen andern Regionen ein fast gleiches Bestandtheilverhältniß darbietet, so folgt daß das Brechungsvermögen überall dasselbe sey, mithin die Astronomen nichts von der Veränderung der chemischen Beschaffenheit der Luft zu fürchten haben, und die berechneten Refractionstabeln für alle Orte der Erde gelten. — Merkwürdig ist es übrigens, daß sich das Brechungsvermögen des Sauer- und Wasserstoffgases zu einander, ähnlich verhält, dem Schalleitungsvermögen gedachter Gase zu einander, vergl. S. 711 dies. Grundr. und daß Kohlenstoffgehalt, Brechungsvermögen und Cohärenz in den verschiedenen Bildungsmomenten der Materie so sehr correspondiren; vergl. 659, wo

in dem von STEFFENS entworfenem Schema, der Kohlenstoff als contrahirter Pol erscheint.

7) Zur Erläuterung eines noch übrigen dritten Falles, wo die Lichtstralen zuvörderst ein gleichmässig dünnes, dann ein dichteres von verschiedener Cohäsion und Brennbarkeit, und endlich wieder ein dünneres Medium in schiefer Richtung durchlaufen, diene Taf. III. Fig. 36, aa bezeichne den schief einfallenden Stral, dessen Bewegung sich in eine senkrecht wirkende, und eine parallel der Fläche ik wirkende zerlegen läßt; nur auf die Geschwindigkeit des senkrechten Richtungstheiles, kann die Cohäsionskraft des dichteren zwischen x und y gelagerten Mediums Einfluß haben, und die Geschwindigkeit dieses senkrechten Theils wird, je näher der Stral dem brechenden Medium xy kommt zunehmen, und dadurch den Lichtstral bestimmen, eine Curve zu beschreiben, die sich der senkrechten Richtung nähernd endlich in diese bei xy übergehen würde, wenn die Cohäsion und die chemische Beschaffenheit des Mittels xy überall von gleichem Werthe wäre. Sofern dieses aber nicht der Fall ist, bewegt sich der Lichtstral durch xy in einer krummen Linie, und da nach y zu die beschleunigende Wirkung des dichteren Mediums allmählig abnimmt, so geht der Stral aus dieser krummlinigten Richtung nach und nach in die ursprünglich geradlinigte wiederum über, in welcher er sich hinter lm (als äusserste Grenze des dünneren und eines dünnen Mediums, welches dem oberen hinter ik gleich ist) fortpflanzt.

8) Weichen zwei Medien rücksichtlich ihrer Brennbarkeit bedeutend von einander ab, und sind sie zugleich in ihrer Dichtigkeit und Cohärenz sehr von

einander verschieden, so wird der aus dem nicht brennbaren dichteren Mittel (z. B. Wasser) in das mehr brennbare dünnere Mittel (z. B. Terpentinöl, Leinöl) gehende Stral, nach dem Perpendikel zu gebrochen; während er davon abgelenkt worden wäre, wenn beide Medien gleichen Brennbarkeitswerth gehabt hätten; vergl. oben.

9) Taf. III. Fig. 38 stelle im finsternen Zimmer ein gläsernes Prisma FDH dar, auf dessen Seite FH, durch ein in E sich befindendes Loch, ein Stralencylinder fast senkrecht einfällt, so werden die parallelen Stralen in das Glas ungebrochen aber sehr schief auf die Grenzfläche DH fortgehen. Hier sollten nun die Stralen beim bevorstehenden Uebergange in die dünnere Luft vom Einfallslothe abgelenkt werden; da aber der Sinus des Brechungswinkels grösser werden müßte, als der Sinus totus ist (ein unmöglicher Fall), so erfolgt gar keine Brechung, sondern diese verwandelt sich in Zurückstrahlung, und die aus E nach C gehenden Stralen, werden den Gesetzen der Reflexion gemäß gegen F nach A zurückgeworfen, wo sie fast ungebrochen in die Luft zurückgehen. — Hieher gehört die Luftspiegelung, wo sich nebst einem entfernten Gegenstande zugleich ein Bild desselben in der Luft zeigt. Der Hauptgrund dieses Phänomens ist in der manchmal sehr verschiedenen Dichtigkeit der einzelnen Luftschichten zu suchen. Ist die Luft in der Nähe der Erdoberfläche durch Localursachen, z. B. örtliche Wärme sehr verdünnt, während in einiger Entfernung darüber oder zur Seite dichtere Luftschichten schweben, so erscheint das Luftbild des Gegenstandes unter oder zur Seite des Gegenstandes;

ist hingegen die verhältnißmässig sehr dichte Luftschicht (innerhalb welcher Gegenstand und Zuschauer sich befinden) in der Erdnähe und darüber die dünnere Schicht, so erscheint das Bild über dem Gegenstande. Die sog. Fata Morgana; vergl. A. KIRCHER a. a. O. p. 2. C. 1. SCHOTT im vierten Buche seiner *Magia optica* p. 10 ff. u. P. IGNAT. ANGELUK's Brief an A. KIRCHER über die MORGANA zu Rhegio im mamertischen Sunde; KIRCHER a. a. O.; BÜSCH tract. duo optici argumenti. Hamburgi 1783. 4. T. GRUCERS phys. Abhdl. über die Stralenbrechung und Aprallung von erwärmten Flächen. Dresden 1787. Goth. Mag. V. 144. VI. 165. HELLWAAG im *Genius der Zeit*. Jul. 1797. REINIKE Abhdl. über die Fata Morg. in den allgem. geograph. Ephemeriden. März. 1800. BÜSCH u. MONGE ebendas. Jul. 1800. WOLLOSTON in den *Phil. Transact.* 1800. P. II. p. 40 u. in GILBERTS *Annal.* XIII. 394. GRUBER in GILBERTS *Ann.* III. 439. R. WOLTMANN ebend. III. 397. P. MINASI ebend. XII. 20. GIOWENNE's Beob. ebend. 1. BRANDES ebend. XVII. 129. CASTBERG ebend. 183. KRIES a. a. O. XXIII. 365. u. BRANDES ebend. 380.

10) Aus den allg. Refractions-gesetzen folgt ferner noch, daß beim Brechen in durchsichtigen ebenen Flächen, parallele Stralen ihren Parallelismus beibehalten, wie sehr auch die einzelnen Medien durch welche sie gehen, rücksichtlich der Dichtigkeit, Cohärenz und Brennbarkeit von einander abweichen. Divergirende Stralen, werden beim Uebergange aus dem dünneren in das dichtere Mittel von ebener Oberfläche, in ihrer Divergenz, und convergirende in ihrer Convergenz vermindert; umgekehrt werden divergirende in ihrer Divergenz und con-

(51²)

vergirende in ihrer Convergenz vermehrt, wenn sie aus dem dichteren in das dünnere Mittel übergehen. — Zu denen auf den Refractionsgesetzen beruhenden merkwürdigen Phänomenen gehören noch: die scheinbare Ortsveränderung der durch ein gläsernes Prisma betrachteten Gegenstände; die dioptrischen Anamorphosen, d. i. Zeichnungen zerstreuter Theile, die durch ein Rautenglas gesehen als zusammenhängendes Ganze erscheinen; die Vervielfältigung der durch ein Rautenglas (Polyedrum) betrachteten Gegenstände, und die scheinbare Verdoppelung eines Gegenstandes (z. B. einer Nadel) welcher durch den durchsichtigen Kalkspath oder Isländischen Krystall oder Doppelspath gesehen wird; vergl. HAUY über die doppelte Brechung des durchs. Kalkspaths, in GRENS N. Journ. d. Phys. II. 405. Des Abbe ROCHONS künstlicher Doppelspath: Gothaisches Mag. I. 184. Am erwähnten Fossile zeigt sich das Phänomen der doppelten und oft mehrfachen Strahlenbrechung am deutlichsten; ausserdem aber auch an mehreren anderen durchsichtigen krystallinischen Körpern; vergl. LEONHARDS Miner. Tabellen, und über das Phänomen selbst: LAPLACE'S Bericht über verschiedene Phänomene der doppelten Brechung des Lichtes, beob. von MALUS; in GERLENS J. f. Chem. Phys. u. Miner. VIII. 200. ff.

§. 152.

Das allgemeine Gesetz der Brechung im Auge behaltend, und das was zuvor von der Reflexion der Stralen durch gekrümmte Flächen gezeigt wurde, auf das Brechen durch

krummlinigt begrenzte Medien anwendend, wird es leicht durch Zeichnung und Rechnung den Weg zu bestimmen, den die Lichtstrahlen nehmen, wenn sie in dichteren oder dünneren Mitteln, deren Oberflächen gekrümmt sind, gebrochen werden. Uns genügt es hier nur diejenige Strahlenbrechung zu bestimmen, welche in Gläsern stattfindet, die auf einer oder beiden Seiten nach der Gestalt eines Stücks von einer Kugelfläche geschliffen sind, und sphärische Gläser, Linsengläser, Lupen oder Linsen (*Lentes*) genannt werden.

1) Man theilt die Linsen in Sammelgläser, convexe oder erhabene Linsen (*Lentes convexae*), und in Zerstreuungsgläser, Hohlgläser concave oder hohle Linsen (*L. concavae*). Die ersteren sind in der Mitte dicker als nach dem Rande zu, und zwar entweder auf beiden Seiten durch auswärts gehende Kugelflächen begrenzt (*convexconvex* oder *biconvex*, vergl. Taf. III. Fig. 32, A B), oder auf der einen Seite eben und auf der anderen erhaben (*planconvex*, Taf. III. Fig. 31, a b), oder auf der einen Seite vertieft und auf der anderen erhaben, so daß der Halbmesser der vertieften Seite grösser ist, als der der erhabenen (*concavconvex*, das mondformige Glas oder *Meniscus*); die letzteren entweder auf beiden Seiten hohl (*concavconcav*, *biconcav*, T. III. Fig. 53, G H), oder auf der einen eben und auf der anderen vertieft (*planconcav*, T. III. Fig. 39, I K), oder auf der einen Seite hohl und auf der anderen erhaben, so daß der

Halbmesser der hohlen Seite kleiner ist als der der erhabenen (*convexconcav*). Sind bei einem auf der einen Seite *convexen* und auf der anderen *concaven* Glase, die Halbmesser gleich, z. B. bei einem Uhrglase, so werden die Stralen wie von einem ebenen Glase gebrochen.

2) Eine gerade Linie (*CD* Taf. III. Fig. 30) in der Richtung des Halbmessers, durch die Mitte der Linse (*AB*) gehend, heist die *Axe* des Glases, und ein solches Glas wird recht *centrirt* genannt, wenn es so geschliffen ist, daß jene gerade Linie durch die Mittelpunkte seiner beiden Oberflächen senkrecht geht. Die Punkte *dc*, wo die *Axe* die Oberflächen schneidet, werden die *Scheitelpuncte* der Linse genannt. Bei jedem Glase der Art, ist der Halbmesser für jeden Einfallspunct (dessen Stelle als eine unendlich kleine ebene Fläche genommen wird) das *Einfallslot*.

3) *AB* T. III. Fig. 32, bezeichne eine *biconvexe* Linse, und die Linien *d, c, e* parallel einfallende Stralen; der in der Richtung der *Axe* einfallende *Axen-* oder *Hauptstral c* geht ungebrochen durch, während die ihm parallelen aber schief einfallenden Stralen *d, e*, auf der Vorder- und in der Rückfläche des Glases so gebrochen werden, daß sie den *Axenstral* und sich selbst in einem Punkte *F* hinter dem Glase schneiden (und nach dieser Durchkreuzung *divergirend* fortgehen), den man den *Brennpunct*, so wie dessen Entfernung von der vorderen Krümmung des als nicht dick betrachteten Glases die *Brennweite* nennt. In diesem Punkte *F* erscheint daher ein *dioptrisches* wirkliches Bild desjenigen leuchtenden Körpers, von welchem die Stralen aus-

gingen, und ist dieser die Sonne selbst, so entzündet die in dem Brennpuncte verdichteten Strahlen brennbare Materien. Daher werden die erhabenen Linsen auch Brenngläser (*Vitra ustoria, caustica*) genannt.

4) ab, Taf. III. Fig. 31 stelle eine planconvexe Linse dar; die parallel einfallenden Strahlen $\alpha\delta$ gehen gegen die ebene Vorderfläche des Glases senkrecht, und werden daher hier nicht gebrochen (während die Strahlen d, e der vorhin beschriebenen Figur, in der krummen Vorderfläche nach dem Einfallslothe, im Verhältnisse 3:2 des Einfalls- und Brechungssinus, zu, und beim Austritt aus der Rückfläche im Verhältnisse 2:3 der Sinusse, vom Einfallslothe abgelenkt werden; wodurch aber die Annäherung zum Axenstrahl noch vermehrt wird, in dem die Rückflächenkrümmung der Vorderflächenkrümmung entgegengesetzt ist), erleiden hingegen beim Ausgange aus der Rückfläche eine Brechung, welche sie dem Axenstrahl zulenkt, und diesen in F, dem Brennpuncte der Linse, durchschneiden läßt, dessen Entfernung vom Glase, bei übrigens gleicher Rückflächenkrümmung nothwendig grösser ist, als die des Brennpunctes der biconvexen Linse. Beim Meniscus werden die auf der convexen Vorderfläche ankommenden Strahlen der Axe stärker zugelenkt, als sie beim Austritte aus der concaven Fläche davon abgelenkt werden; sie treffen daher hinter dem Glase ebenfalls in einem Brennpuncte zusammen, der von dem Glase noch weiter entfernt ist, als derjenige der planconvexen Linse. — Die Brennpuncte dieser Linsen, bilden in der wirklichen Darstellung Brennlinien und Brennräume, vergl. 784; daher jene nach der verschiedenen Dicke und Gestalt der Linse sich richtende Verrückung der

Vereinigungspuncte, die unter der Benennung Abweichung der Stralen wegen der Gestalt des Glases (*Aberratio ex figura*) bekannt ist. — Die Brennweite wird übrigens gefunden (das Brechungsverhältniß des Glases 3:2) wenn man das Product der Halbmesser beider Krümmungsflächen, mit der halben Summe dieser Halbmesser (beim Meniscus das Product der Halbmesser mit ihrer halben Differenz) dividirt. Beim biconvexen Glase, dessen gekrümmte Flächen zu einerlei Halbmesser gehören, ist folglich die Brennweite dem Halbmesser gleich, und beim planconvexen Glase dem Durchmesser der Kugel wovon das Glas ein Abschnitt ist. Beim Meniscus liegt der Brennpunct weiter vom Glase ab, als der Durchmesser, und bei einer massiven Glaskugel um den vierten Theil ihres Durchmessers hinter derselben. Durch eine leere Glaskugel wird kein Brennpunct gebildet; bei einer mit Wasser gefüllten Glaskugel ist der Brennpunct um die Hälfte ihres Durchmessers, und bei einer mit Terpentioöl gefüllten Glaskugel weniger als um die Hälfte des Durchmessers von der Kugel entfernt. Genauere Bestimmungen der Brennweiten sind ein Gegenstand der angewandten Mathematik; vergl. GRENS *Naturl.* 5te Ausg. S. 586 u. ff. Brenngläser hat man auch aus zwei muschelförmigen, den Uhrgläsern ähnlichen, mit ihren Rändern zusammengekütteten, mit Wasser oder Weingeist gefüllten, und dann gefasteten Gläsern gefertigt, und sowohl diese Linsen, als auch hohle mit verschiedenen Flüssigkeiten füllungsfähige Glasprismen, hin und wieder zur Bestimmung des Brechungsvermögens der Flüssigkeiten benutzt. TRUDAINE'S Brennglas hatte 4 Fufs Durchmes-

ser und schmolz innerhalb einer Minute metallische Substanzen aller Art, Fossilien, Asche etc. und Pech unter Wasser. PARKERS grosses Brennglas bestand aus einer biconvexen Linse von Flintglas, welche in der Mitte drei Zoll dick war, drei Fufs im Durchmesser hatte und 212 Pfund (engl.) wog. Seine Brennweite betrug 6 Fufs 8 Zoll par.; bei Vers. wurde sie aber gewöhnlich durch Einsetzung einer zweiten viel kleineren Linse verkürzt. Während sich diese Linse in London befand, wurden damit von verschiedenen Physikern mehrere Versuche angestellt; 10 Gran Platina flossen in 3 Secunden, 10 Gr. Stabeisen in 12 Sec., und 10 Gr. orientalischer Kiesel in 30 Sec.

5) Divergirende Stralen, deren Ausgangspunct weiter als der Brennpunct des convexen Glases liegt, werden in den Oberflächen des convexen Glases so gebrochen, daß sie den Axenstrahl hinter dem Glase in einem Puncte schneiden, der weiter als der Brennpunct vom Glase entfernt ist, und der Vereinigungspunct, so wie sein Abstand vom Glase die Vereinigungs- oder Bildweite genannt wird. Kommen die divergirenden Stralen aus dem Brennpuncte selbst, so gehen sie hinter dem Glase als parallele fort, vergl. Taf. III. Fig. 32; und rückt der leuchtende Punct der convexen Linse noch näher, so gehen die Stralen hinter dem Glase mit verminderter Divergenz fort. Convergirend einfallende Stralen werden hinter dem Glase in einem Puncte vereint, der zwischen dem Brennpuncte und der Glasoberfläche fällt.

6) Zur näheren Erläuterung der Art, wie die convexen Linsen wirkliche dioptrische Bilder machen, diene Taf. III. Fig. 34. Es sey AB eine bi-

convexe Linse, ab ein beleuchteter Gegenstand vor der Linse, dessen Stralen in einer grösseren Entfernung wie die Brennweite auf die Vorderfläche des Glases fallen, und hier so wie bei ihrem weiteren Fortgange auf der Rückfläche auf bereits erörterte Weise gebrochen werden. Der mittlere von denen aus C kommenden Stralen, fällt in der Richtung der Axe ein, geht also ungebrochen durch; der mittlere von denen aus b unterhalb der Axe einfallenden Stralen, schneidet die Axe im Mittelpuncte x, und wird, da er nur einen kleinen Winkel mit der Axe macht, und beide Stellen des Glases welche er durchfährt, einander fast parallel liegen, beinahe gar nicht gebrochen, geht daher seine vorige Richtung beibehaltend, hinter dem Glase nach dem über der Axe liegenden Puncte β . Auf gleiche Weise würde ein mittlerer aus a kommender Stral, unterhalb der Axe in α ankommen, woraus folgt, daß das Bild $\beta c \alpha$ des Gegenstandes aCb verkehrt erscheinen muß. Die beiden aus C kommenden Grenzstralen, so wie die aus b kommenden, werden in der Linse so gebrochen, daß sie sich mit den mittleren Stralen in c und β vereinigen. Man sieht hieraus, daß das Bild eines sehr entfernten Gegenstandes fast in den Brennpunct des Glases fallen wird, und daß es sich um so weiter hinter dem Brennpuncte entfernt, je mehr sich der Gegenstand dem ihm zugekehrten Brennpuncte nähert. Je weiter das Bild hinausfällt um so grösser wird es, in dem sein Umfang durch die Spitzen $\beta \alpha$ der zu den Grenzpunkten ab gehörenden Stralenkegel bestimmt wird, und diese Spitzen sich um so weiter von einander entfernen, je länger die Stralen hinter dem Glase vor ihrer Vereinigung fortgehen. Je

kleiner die Brennweite eines Glases ist, um so kleiner müssen auch die Bilder von einem und demselben (vor dem Glase in einerlei Weite seyenden) Gegenstände ausfallen. Liegt der Gegenstand vor dem Glase näher als der vordere Brennpunct, so entsteht gar kein wirkliches Bild, sondern die hinter dem Glase divergirend fortgehenden Stralen, haben eine solche Lage, als ob sie aus einem Punkte vor dem Glase kämen (den man den Zerstreungspunct der divergirenden Stralen nennt). Betrachtet man daher einen Gegenstand durch eine convexe Linse, der entfernter als die Brennweite liegt, so wird er nur undeutlich gesehen werden; rückt der Gegenstand in den Brennpunct, so wird er nur sehr weitsichtigen Augen deutlich erscheinen; steht er endlich innerhalb der Brennweite, so wird er aufrecht und vergrößert und für eine gewisse fast bei jedem Auge verschiedene Stelle sehr deutlich gesehen. Befindet sich hingegen das Auge beträchtlich weit vom vorderen Brennpuncte, und der Gegenstand gleichfalls in bedeutender Entfernung abwärts vom hinteren Brennpuncte, so sieht man das wirkliche verkehrte Bild des Gegenstandes (scheinbar im eigentlich) vor dem Glase. Versuche mit einer Kerzenflamme, deren Bild verschwindet wenn sie in den hinteren Brennpunct des Glases steht etc. Der Ort wo das wirkliche Bild erscheint ist der Vereinigungspunct, und die Vereinigungsweite ist dem Abstände des Bildes hinter dem Glase gleich, welcher gefunden wird, wenn man das Product aus der Brennweite des Glases in die Entfernung des Gegenstandes vom Glase durch die Differenz der Entfernung des Gegenstandes von der Brennweite des Glases dividirt. Der Quotient giebt

die Entfernung des Bildes. Der Abstand des Gegenstandes vom Glase verhält sich zur Entfernung des Bildes von demselben, wie der Halbmesser des Objects zum Halbmesser des Bildes. Vergl. GREN a. a. O. 392.

7) Die Hohlgläser sind in der Mitte dünner als nach dem Rande zu, und machen die von jedem Punkte eines Gegenstandes auf sie fallenden Lichtstrahlen divergirend. Taf. III. Fig. 53 GH sey eine biconcave Linse, a und b seyden Stralen eines sehr weit entlegenen Gegenstandes, die dem ungebrochen durchgehenden Axenstral cC parallel einfallen; durch die Brechung gehen sie nach d und e divergirend fort, ohne hinter dem Glase jemals eine Vereinigung zu gestatten, also ohne einen wirklichen Brennpunct, und ein wirkliches Bild darzustellen. Verfolgen wir aber die Stralen d und e in Gedanken rückwärts, so werden sie aus einem Punkte F zu kommen scheinen, der vor der vorderen Seite des Glases liegt, und der eingebildete Brennpunct oder der Zerstreuungspunct des Hohlglases, so wie die Weite desselben von dem Glase die negative Brennweite oder Zerstreuungsweite (die bei einerlei Halbmesser der Flächen dem Halbmesser gleich ist) genannt wird. Fallen die Stralen convergirend ein, so wird entweder ihre Convergenz gemindert (z. B. es fielen neben a und b sehr convergirende Stralen ein, so würden diese mit verminderter Convergenz hinter dem Glase fortgehen, und hier den Axenstral in C wirklich schneiden), oder sie werden hinter dem Glase parallel oder divergirend; je nachdem die Convergenz der Stralen vor dem Glase stark oder geringe war. Taf. III. Fig. 59 IK stellt eine planconvexe Linse vor; die (aus einem

dichteren Medium in das dünnere der Linse) einfallenden convergirenden Stralen ab würden ohne Brechung sich in F vereinigen, werden aber durch die Brechung entweder parallel, oder auseinanderfahrend. Die Stralen α , β bezeichnen den letzteren Fall. Die Zerstreungsweite der planconvexen Linse ist dem Halbmesser gleich. Bei dem convexconcaven Glase ist die Divergenz der Stralen nach dem Durchgange noch geringer als bei dem planconvexen, und die Zerstreungsweite ist mithin noch grösser, als bei diesem. — Während convexe Gläser (wie die Hohlspiegel) unter den oben angeführten Umständen vergrössern, verkleinern die Hohlgläser (gleich den erhabenen Spiegeln). Die Brennweite der Hohlgläser wird wie die der convexen Linsen berechnet, nur müssen die Halbmesser als negative Grössen gesetzt werden.

8) Die Einrichtung und Wirkung der optischen und dioptrischen Camera obscura; der RHEINTHALERSCHEN und WOLLOSTONSCHEM Camera clara; der KIRCHERSCHEN Zauberlaterne (Laterna magica); des LIEBERKÜHNSCHEN und MARTINSCHEN SONNENMIKROSCOPES und des ADAMS'SCHEN LAMPENMIKROSCOPES; die scheinbare Vergrösserung der Gegenstände, welche durch eine sehr kleine Oeffnung gesehen werden etc.

§. 153.

Jetzt sind wir im Stande bestimmter die Art und Weise zu erläutern, wie das Sehen des gesunden Auges möglich wird (vergl. §. 140.). Nur der auf die Pupille treffende Theil des von dem Gegenstande ausgehenden Stralenkegels, bewirkt

die Empfindung des Sehens; indem er zuvörderst beim Durchgange durch die Hornhaut und wässrige Feuchtigkeit vor und hinter der Pupille, und dann beim weiteren Fortgange durch die Krystallinse und durch die gläserne Feuchtigkeit, eine zahllose Menge von Brechungen erleidet, weil die einzelnen Häutchen und Zellen dichtere und brennbarere Medien als die atmosphärische Luft sind. Diesen häufigen Brechungen zu Folge, werden jene Stralen immer dem Perpendikel zu gebrochen, und kommen so ohne Kreuzung in einem Punkte auf der Netzhaut zusammen. Dasselbe findet bei allen übrigen einfallenden Stralen statt; alle haben im gesunden Auge ihre Vereinigungspuncte auf der Netzhaut, wo mithin der Ort des von den Gegenständen gemachten Bildes im Auge ist.

1) Ueber das Sehen der Operirten, denen durch die sog. Extraction die Krystallinse herausgenommen worden; über die Meinung, daß das Bild der Gegenstände auf der Netzhaut verkehrt erscheine, und über die Vergleichung des Auges mit der Camera obscura. Erläuterung durch das künstliche Auge. — Ein nur in die Ferne deutlich sehendes Auge, heißt weitsichtig (*bresbyta*), und ein nur nahe Gegenstände deutlich sehendes, kurzsichtig (*myops*); bei ersterem werden die Stralen nicht stark genug gebrochen, und ihre Vereinigungspuncte fallen daher über die Netzhaut hinaus (dieses Auge erfordert um nahe deutlich zu sehen ein convexes Brillenglas); bei

letzteren werden die Stralen zu stark gebrochen, so daß sie zwischen Krystallinse und Netzhaut vereinigt werden, es wird daher ein concaves Brillenglas erfordert, um mit einem kurzsichtigem Auge in die Ferne deutlich zu sehen. Ueber sogen. Conservationsbrillen.

2) Auf Refraction und Reflexion des Lichtes beruht die Einrichtung und Wirkung der meisten optischen Werkzeuge, wohin ausser den bereits angeführten vorzüglich noch die Mikroskope oder Vergrößerungsgläser (*Microscopia*, *Engyscopia*) und die Teleskope oder Fernröhre (*Telescopia*, *Tubi optici*) gehören. Die Mikroskope theilt man in einfache (das *WILSONSche*, *LIEBERKÜHNSche* und das mit dem Erleuchtungsspiegel) und zusammengesetzte (das *CUFFSche*); die letzteren bestehen aus mehreren Linsen, deren gewöhnlich drei sind: das Objectiv-, Collectiv- und das Ocularglas; und die Gegenstände sind entweder durch einen Hohlspiegel oder durch ein convexes Glas gehörig erleuchtet. Nachweisung dieser und ähnlicher Einrichtungen an verschiedenen Mikroskopen. Wie sich die kleinste Weite in der man deutlich sieht, zur Brennweite eines Vergrößerungsglases verhält, so die Grösse der durch das (einfache) Mikroskop gesehenen Gegenstände, zu der Grösse in welcher man diese Gegenstände noch ohne Vergrößerung deutlich sieht. Da nun das gesunde Auge gewöhnlich in einer Entfernung von 8 Zoll die Gegenstände deutlich sieht; so findet man die Stärke der Vergrößerung, wenn man 8 Zoll durch die Brennweite des Glases dividirt. — Die Teleskope werden in dioptrische und katadioptrische eingetheilt; zu den

ersteren, welche aus mehreren Linsen bestehen (die ebenfalls in Objectiv- und Oculargläser unterschieden werden, von denen die ersteren mit Bedeckungen, die letzteren mit Blendungen vergl. S. 778 versehen und in verschiebbaren inwendig geschwärzten Röhren gehalten sind) gehöret: das (älteste) holländische oder GALILEISCHE Fernrohr (welches häufig als Taschenperspectiv vorkommt), das astronomische oder KEPLERSCHE, und das terrestrische oder das Erdrohr des Pater RHEITA; zu den letzteren gehört: das NEWTONSche neuerlich durch HERSCHEL und SCHRÖTER sehr vervollkommenete Spiegeltelescop, das CASSEGRAINSche und das GREGORYSche.

3) Die Spiegeltelescope haben den Vorzug, daß sie keine fremden Farben zeigen, während die gewöhnlichen Gläsertelescope, durch ein die Brechung häufig begleitendes Phänomen die (weiter unten zu erläuternde) sog. Farbenzerstreuung genannt, die Ränder der Gegenstände mit den Regenbogen-Farben colorirt erblicken lassen. Da NEUTON diesen Fehler für unverbesserlich hielt, so gab er sein erwähntes Spiegeltelescop an; EULER verfiel hingegen im Jahr 1747 (Sur la perfection des verres objectifs des lunettes; in den Mém. de l'academ. roy. des sciences de Prusse, 1747. S. 274) darauf, diesem Uebelstande dadurch zu begegnen, daß man das Objectivglas aus zweierlei durchsichtigen Medien zusammensetze, welche das Licht verschieden brechen, so daß das eine die Farbenzerstreuung wieder aufhebt, welche von dem anderen hervorgebracht wurde. KLINGENSTIERNA, NEWTONS entgegengesetzte Meinung näher prüfend (in den schwed. Ahhdl. v. J. 1754. 300.) veranlaßte durch seine Bemerkungen JOH. DOLLAND das irrige

der NEUTONSchen Meinung einzusehen, und die Richtigkeit der EULERSchen Vorstellung dadurch aufs vollkommenste zu bestätigen, daß er zu erst ein farbenloses oder achromatisches Fernrohr darstellte. Späterhin verbesserte er und sein Sohn PETER DOLLAND, so wie auch GILBERT (in London) diese Art von Fernröhren bedeutend, und die neuesten von J. und P. DOLLAND gefertigten Objectivgläser bestehen aus zwey convexen (aus Crownglas) und einer concaven (aus Flintglas) Linse; philos. transact. Vol. L. 733.

4) Vergl. Theorie und Beschreibung des von ADAMS verbesserten Lampenmikroskops, von SCHMIDT; in GRENS N. Journ. I. 297. ff. FISCHERS mechanische Naturlehre, Berlin 1805. 8. GEHLERS phys. Wörterbuch III. 221. Beiträge zum Gebrauch und Verbesserung des Mikroskops, aus d. Engl. Augsburg 1754. 8. PRIESTLEY's Geschichte der Optik. 339. ff. ABRAH. G. KÄSTNER von Mikrometern in Fernröhren, in seinen astronomischen Abhandl. II. 263.

E) Von den Farben.

§. 154.

XXXXVII. Vers Man lasse in einem finsternen Zimmer durch eine kleine runde Oeffnung F (Taf. III. Fig. 35) Sonnenstralen auf ein gläsernes dreieckiges Prisma PD fallen, sie werden nach geschehener Brechung hinter dem Prisma divergirend fortgehen, und von der weissen Wand ab aufgefangen, in S kein rundes und weisses Bild der Sonne machen (wie geschehen

müßte, wenn die Stralen nach der Brechung in ebenen Flächen ihren vorigen Parallelismus beibehalten hätten), sondern ein länglicht vierecktes, oben und unten krummlinicht begrenztes Bild entwerfen, welches viele in einander sich verlaufende Farben zu erkennen giebt, von denen man von unten nach oben hauptsächlich folgende deutlich unterscheiden kann: roth, orange, gelb, grün, himmelblau, indigoblau, und violet, die mit ihren Rändern mehr oder weniger in einander fließen. Man nennt diese Farbensichtung das Farbenbild (Spectrum), die daran wahrzunehmenden Farben prismatische, einfache oder Grundfarben (Colores simplices, primitivi) dieselben von den Farbennüancen und gemischten Farben (C. secundarii, mixtae) unterscheidend, und das Phänomen selbst, seit NEUTON, die verschiedene Brechbarkeit des Lichtes (Diversa refrangibilitas staminum lucis).

1) Läßt man nämlich in einem durchaus finsternen Zimmer, einen einzelnen Farbenstreifen, des sehr reinen Prisma, in hinreichender Entfernung durch eine kleine Oeffnung eines vertical gestellten schwarzen Schirmes (und zur besseren Sonderung von anders gefärbten Streifen, nochmals durch eine zweite ebenfalls sehr kleine Oeffnung eines zweiten schwarzen Schirmes) in ein zweites sehr reines Prisma fallen, so wird der einfach gefärbte Stral auf der hinterste-

henden weissen Wand nach dieser zweiten Brechung aufgefangen, ein kreisrundes einfach gefärbtes Bild darstellen, von der Farbe welche der Stral durch die erste Brechung erhalten hatte. Bringt man auf diese Weise, durch vorsichtiges Umdrehen des ersten Prisma, nach und nach alle oben genannten Farbenstreifen durch die Oeffnungen unter einerlei Einfallswinkel ins zweite Prisma, und von hier auf die Wand, so bemerkt man dafs der rothe Stral der niedrigste ist, der orange etwas höher, und so fort der violette am höchsten liegt; woraus NEUTON folgerte, dafs der rothe Stral am wenigsten und der violette am stärksten gebrochen werde, und dafs mithin die verschiedenen gefärbten Stralen des Farbenbildes, ein verschiedenes Brechungsverhältnifs in einerlei brechenden Mitteln haben.

2) GRIMALDI entdeckte obiges Phänomen zuerst 1665; NEUTONS Versuche begannen 1666. Denen Resultaten der letzteren zufolge, ist das Brechungsverhältnifs beim Uebergange aus der Luft in Glas:

| | | | | |
|-----------------|-------|-------|----------------------|-------|
| für das rothe | Licht | - - - | bis $77\frac{1}{8}$ | : 50. |
| — — orange | — | - - - | — $77\frac{1}{4}$ | : 50. |
| — — hellgelbe | — | - - - | — $77\frac{1}{3}$ | : 50. |
| — — grüne | — | - - - | — $77\frac{1}{2}$ | : 50. |
| — — himmelbaue | — | - - - | — $77\frac{2}{3}$ | : 50. |
| — — indigoblaue | — | - - - | — $77\frac{5}{6}$ | : 50. |
| — — violette | — | - - - | $77\frac{7}{8}$ — 78 | : 50. |

Daher setzt er das mittlere Brechungsverhältnifs aus der Luft in Glas fürs grüne Licht wie 31 : 20 fest. Setzt man nach N. die Länge des Farbenbildes = 1, so beträgt die Höhe des rothen farbigen Streifens (eines Prisma aus Spiegelglas) $\frac{1}{8}$, des orangen $\frac{3}{16}$, des

(52²)

hellgelben $\frac{2}{15}$, des grünen $\frac{1}{6}$, des himmelblauen $\frac{1}{6}$, des indigoblauen $\frac{1}{9}$, des violetten $\frac{2}{9}$, und wird der Umfang eines Kreises nach Verhältniß dieser Räume eingetheilt, so kommen fürs Rothe 45, fürs Orange 27, fürs Hellgelbe 48, fürs Grüne 60, fürs Hellblaue 60, fürs Indigoblaue 40 und fürs Violette 80 Grade dieser Peripherie.

3) Fängt man die Stralen, bevor sie durchs Prisma gehen, mit einer convexen Linse auf, so erscheint das Farbenbild (welches innerhalb der Vereinigungsweite der Linse von der weissen Ebene aufgefangen wurde) länglicht und schmal, mit sehr deutlichen Farben. Fängt man einzelne Bündel der gefärbten Stralen durch eine convexe Linse auf, so behält das davon entworfenen im Vereinigungspuncte der Linse kreisrunde Bild, dieselbe Farbe bei, welche der Stralenbündel vor dem Durchgange durch die Linse hatte, und die rothen Stralen haben die grösste, die violetten die kleinste Vereinigungsweite. Hieraus folgt zugleich, dafs die durch Linsen gehenden weissen Stralen (so fern sie hier Farbenzerstreuung erleiden) verschiedene Bilder machen müssen; diese decken sich, jedoch nicht vollkommen, und daher der violette und blaue Rand um die durch convexe Linsen in dioptrischen Werkzeugen gemachten Bilder; welche Unvollkommenheit, die Abweichung der Stralen wegen der Farben (*Aberratio ob diversam refrangibilitatem*) genannt, durch achromatische Gläser aufgehoben wird. Vergl. d. vorherg. §. N. 3.

4) Läßt man hingegen im finstern Zimmer die aus dem Prisma kommenden gefärbten Stralen, sämmtlich durch eine convexe Linse gehen, so erscheint im Vereinigungspuncte derselben, das farbenlose

(22)

runde Bild der Sonne, welches mit einem Stück weissen Papier aufgefangen werden kann. Rückt man das Papier jenseits des Vereinigungspunctes nach der Linse zu näher, so erscheint das gewöhnlich gefärbte Bild mehr verengt in der vorigen Farbenordnung; entfernt man hingegen das Papier diesseits des Vereinigungspunctes von der Linse, so liegen die Farben des ebenfalls wieder erscheinenden erweiterten Spectrums, wegen der Durchkreuzung der Stralen in umgekehrter Ordnung. Hinter einem Würfel oder einem Glase mit parallelen Brechungsflächen, entsteht kein Farbenbild, weil die ausfahrenden Stralen mit den einfallenden wieder parallel, also so vereint werden, wie sie beim Einfallen waren. Darstellung des kreisförmigen Farbenbildes mittelst eines gläsernen Kegels.

5) Ehe wir es noch versuchen, das Phänomen der sogen. Farbenzerstreuung und die davon abhängigen Phänomene zu deuten, wollen wir uns mit denjenigen Folgerungen bekannt machen, die vorzüglich NEUTON aus den angeführten Beob. ableitete. Das weisse Sonnenlicht sey kein einfaches, sondern ein aus farbigen Stralen zusammengesetztes Licht, und die Darstellung der prismatischen Farben sey derjenige Proceß, in welchem das weisse Licht, wegen der verschiedenen Brechbarkeit seiner Bestandtheile in diese Hauptfarben zerlegt werde. Die Besonderheit der 7 Hauptfarben, werde dadurch bewiesen, daß keine derselben durch Prisma weiter in ungleichartige Farben zerlegbar sey, während andere gemischte Farben, z. B. die Vereinigung des gelben und blauen Strals zu grün, durch weitere prismatische Brechung wiederum in Gelb und Blau auseinander gehen, was hingegen bei dem ursprünglich grü-

nen Stral des Farbenbildes nicht der Fall ist. Was diese letztere Behauptung über die Zahl der Grundfarben betrifft, so bemerken wir vorerst, daß TOBIAS MAYER nur Roth, Gelb und Blau als Grundfarben ansieht, und die übrigen durch Ineinanderfließung und Mischung zweier Grenzfarben entstehen läßt; z. B. Orange aus Roth und dem angrenzenden Gelb. Der NEUTONSchen Beob., daß das ursprüngliche Orange (Grün, Hellblau und Violet) durch fernere Brechung nicht weiter in die angeblichen Bestandtheile auseinandergehe, glaubt er dadurch zu begegnen, daß er annimmt; die Mischungskraft der Bestandtheile des ursprünglichen Orange etc. sey stärker, als das Zerlegungsvermögen des Prisma; wobei es jedoch immer paradox bleibt, daß dieses nicht der Fall ist, bei einem aus rothen und gelben Stralen des Farbenbildes künstlich erzeugtem Orange. Einen weiteren Grund für seine Behauptung findet T. MAYER in folgendem Phänomene. Theilt man eine um ihre Axe bewegliche kreisförmige Scheibe (Farbenspindel) in sieben Sectoren, die mit Pigmenten überstrichen werden, welche die sieben Hauptfarben zu representiren vermögen, dergestalt daß für die rothe Farbe 45° , für die Orange 27° , für die Gelbe 48° , für die Grüne 60° , für die Himmelblaue 60° , für die Indigoblaue 40° , und für die Violette 80° des Kreisumfanges kommen, und dreht nun die Scheibe um ihre Axe, so erscheint alles weiß. Beobachtet man andere Theilverhältnisse der genannten Farben, so erhält das Auge unter den angeführten Umständen, farbige Eindrücke. Eine Farbenspindel, nur in drei Sectoren, einen rothen, blauen und gelben getheilt,

und schnell herumdreht, giebt aber auch reines Weiß. Das Farbendreieck. TOB. MAYERI commentatio de affinitate colorum, in dessen Operibus ineditis cura G. C. LICHTENBERG. I. Götting. 1775.

4. Dasselbe Weiß erhält man aber auch, wenn man nach WÜNSCH, die Farbenspindel mit Roth, Grün und Violet bestreicht; W. betrachtet daher aus diesem und anderen Gründen, die rothe, grüne und violette Farbe als die eigentlichen Hauptfarben. C. E. WÜNSCH Versuche und Beob. über die Farben des Lichts. Leipz. 1792. 8. Beob. und Vers. über farbiges Licht von J. G. VOIGT in GRENS N. Journ. d. Phys. III. 235. Bei allen Versuchen der Art, muß indefs nicht vergessen werden, zu beachten, daß die zur Bemalung des Farbencirkels gebrauchten Pigmente nichts weniger als reine, sondern gemischte Farben sind; und daß auch selbst die Mischung der Farbenstrahlen mittelst mehrerer Prismen (wohin verschiedene von WÜNSCH angestellte Vers. gehören), bisher nichts weniger als sorgfältig genug unternommen wurde, um reine, die geringere Zahl der Hauptfarben in Schutz nehmende, Resultate zu gewinnen. Vergl. PRIEUR: Mémoire sur la décomposition de la lumière en ses élémens les plus simples und dagegen MOLLWEIDE'S scharfsinnige Bemerkungen über die Reduction der NEUTONISCHEN sieben Hauptfarben auf eine geringere Anzahl in GEHLNNS Journ. f. Chemie u. Phys. I Bd. 651 u. ff.

6) LÜDIKE zeigte bereits in GILBERTS Ann. V. 272, daß nicht immer alle prismatische Farben nöthig sind, um auf einem Schwungrade mittelst geschwinder Umdrehung einen weissen Lichteindruck hervorzubringen, sondern daß schon drei, nach den Verhältnis-

sen musikalischer Accorde gewählte Farben, zum Theil Weifs, zum Theil eine dem Weissen sehr nahe kommende lichte Farbe geben. Hieher gehört auch NEUTONS Bemerk., dafs Farben, die innerhalb einer gewissen Grenze liegen, gemischt die mittlere Farbe hervorbringen, und dafs die ausserhalb dieser Grenze liegenden, gemischt von jenem Mittel sehr abweichen und oft sehr licht werden. Aehnliche Bemerkungen verdanken wir den Bemühungen eines LEONARDO DA VINZI, SCHÄFER, SCHIFFERMÜLLER, LAMBERT, MAYER und LICHTENBERG; das am tiefsten Gedachte haben aber neuerlichst RUNGE und STEFFENS darüber beigebracht, in der so eben erschienenen Farbenkugel oder Construction des Verhältnisses aller Mischungen der Farben zu einander, und ihrer vollständigen Affinität, mit angehängtem Vers. einer Ableitung der Harmonie in den Zusammenstellungen der Farben. Von P. O. RUNGE, Mahler. Nebst einer Abhandl. über die Bedeutung der Farben in der Natur, von H. STEFFENS. Hamburg 1810. 4. Nach R. ist eine harmonische, disharmonische und momentane Zusammenstellung der Farben möglich, und zwei nebeneinander gestellte Farben, wirken, wenn sie vermischt werden, entweder feindseelig auf einander (z. B. roth und grün in grau) oder sich zu einander neigend (roth und orange), oder sich productiv vereinigend und sich so in ihrem Producte verlierend (roth und gelb zu orange). Die Farben verhalten sich überhaupt zu dem Auge als mehr oder weniger entgegengesetzte individuelle Kräfte, welche im Grau, als dem Gegensatze aller Farben-individualität, ihre allgemeine Auflösung finden. Als reine Farben erscheinen blau, gelb und roth, sich

einerseits an das Schwarze andererseits an das Weisse anschliessend. Mahlt man (nach STEFFENS) ein tief schwarzes Quadrat einen halben Zoll lang und breit auf weisses Papier; daneben einen viereckigten schwarzen Rand, $\frac{1}{4}$ Zoll breit und zwei Zoll lang, der eine lange, schmale, 3—4 Linien breite weisse Fläche von allen Seiten umschliesst, und beobachtet beide anhaltend mit fast geschlossenem Augen, so werden sich diese schnell blinzend auf und nieder bewegen, und an den Rändern das prismatische Farbenbild erblicken, nämlich bei der schwarzen Fläche auf weissem Grunde oben blau, unten roth und gelb, bei der weissen Fläche auf schwarzem Grunde, oben roth und gelb, unten blau. Aehnliche Versuche hat früher v. GÖTTE angestellt; vergl. dessen Beiträge zur Optik. Weimar. kl. 8. I. 1791. II. 1792. und GRENS Bemerk. darüber in dessen Journ. d. Phys. VII. 3. ff. Auch gehört hieher die bekannte Bemerk. das sehr schwarze Buchstabenschrift unter oben angegebenen Umständen, dem Auge mit gefärbtem Rande erscheint.

7) Die bedeutendsten der bis jetzt bekannten GÖTTE'schen Vers. sind folgende: vollkommen weisse und vollkommen schwarze Flächen, zeigen durchs Prisma beschaut keine Farben; wohl aber bemerkt man dergleichen an allen Rändern. a) ein weisser Streifen auf schwarzem Grunde, der Länge nach vor dem Prisma liegend, zeigt, wenn der brechende Winkel des Prisma nach unten zugekehrt ist: oben einen rothen und gelben, und unten einen hellblauen und violetten Saum, welche letztere ins Schwarze stralen. Liegt der schmale weisse Streifen der Queere nach vor dem Prisma, so erscheint er mit

Roth, Gelb, Hellblau und Violet ganz bedeckt; und ist er weit genug vom Prisma entfernt, so sieht man auch noch in der Mitte zwischen Gelb und Hellblau einen grünen Streifen, wobei das Gelb öfters vollkommen verschwindet. b) ein schwarzer Streifen auf weissem Grunde, der Länge nach vor dem Prisma liegend, zeigt unter angegebener Bedingung, oben einen hellblauen und violetten, unten einen gelben und rothen Saum, welche letztere ins Weisse strahlen. Liegt der schwarze Streifen parallel mit der Axe des Prisma, so erscheint er mit Hellblau, Violet, Roth und Gelb ganz bedeckt; und bei hinreichender Entfernung wird die hochrothe Farbe phirsichblüthroth. c) Ist der brechende Winkel des Prisma während des Durchsehens nach oben zu gerichtet, so zeigen sich alle zuvor bemerkten Phänomene umgekehrt. Eine grössere Menge von hieher gehörenden Beob. und Vers., so wie eine Kritik der NEUTONSCHEN Farbentheorie, und Entwicklung der GÖTTESCHEN Theorie, worin wie es scheint, der Gegensatz von Licht und Finsterniß (Helle und Schatten, Weisse und Schwärze) als in dem Gegensatze der Hauptfarben wiederkehrend, nachgewiesen werden dürfte, haben wir von dem Verf. der Beiträge zur Optik nächstens zu erwarten. Schon ARISTOTELES liefs die Farben aus Mischung von Licht und Schatten hervorgehen, wogegen sich aber bereits SENECA erklärte; vergl. MOLLWEIDE a. a. O. 700. ff. — Uebrigens ist der Grund der Verschiedenheit der Farben in Rücksicht auf unser Auge subjectiv, und es ist wahrscheinlicher dafs entgegengesetzte Farben durch Entwicklung entgegengesetzter Electricitäten im Augennerven wo nicht begründet doch davon begleitet

werden, als dafs, wie WESTFELD (die Erzeugung der Farben. Götting. 1767. 8.) will, der Unterschied in verschiedener Erwärmung der Nervenheit zu suchen sey. Vergl. die Bemerk. über das farbige electr. Licht, 548. BÜFFONS zufällige Farben. Hamb. Mag. I. 425. DARWINS Zoonomie I. 30.

8) Rücksichtlich der GÖTHESchen Vers. sind noch besonders merkwürdig die sog. gefärbten Schatten, welche entstehen, wenn man von einem und demselben Körper, durch verschiedenes Licht, auf eine gewisse Fläche die Schatten werfen läßt. Z. B. wenn man bei anbrechendem Tage durch den Finger, den Schatten einer brennenden Kerze auf ein weisses Papier fallen läßt, während zu gleicher Zeit von ihm ein Schatten durch das Tageslicht auf das Papier geworfen wird, so findet man den ersteren dem Kerzenlichte zugehörenden und vom Tageslichte erleuchteten Schatten, hellblau, und den vom Kerzenlichte erleuchteten Schatten des Tageslichtes gelblich. Vergl. Gr. v. RUMFORD in GRENS N. Journ. d. Phys. II. 58. — Zum Theil gehören hieher auch die bei der Beugung des Lichtes vorkommenden Farbensäume (JORDAN in GILBERTS Ann. XVIII. St. I. u. S. 791 dies. Grundr.), und die gefärbten Ränder welche man bemerkt, wenn man den Finger nahe vor dem Auge vorüber bewegt, während man nach dem Rahmen eines hellen Fensters sieht; wo der Rahmen auf der Seite, auf welcher der Finger steht, roth und gelb auf der gegenüberstehenden violet und blau begrenzt erscheint.

9) Nach EULER (a. a. O. vergl. S. 750 dies. Grundr.) ist in der verschiedenen Geschwindigkeit, mit welcher die Schläge des Aethers auf einander fol-

gen, die Möglichkeit der Farben zu suchen. Die rothen Stralen haben die grösste, die violetten die geringste Geschwindigkeit, und indem die geschwinden Stralen weniger gebrochen werden, als die langsameren, entsteht prismatische Farbenzerstreuung. Dunkle Körper geben dem Aether entweder Schläge von einerlei Geschwindigkeit, und erscheinen dann farbigt, oder ertheilen dem Aether gar keine Schläge zurück, und sind dann schwarz. Das weisse Licht entsteht durch den Gesamteindruck von Aetherschlägen, die in ungleichen Zeiten, einige langsamer andere schneller, erfolgen. Die Vibrationsverhältnisse der Farben des Farbenbildes, verhalten sich zu einander ohngefähr, wie die Schallgeschwindigkeiten einer Octave; und deshalb glaubt E. das dem ersten Farbenbilde noch ein zweites (wie in der Musik auf eine Octave die nächste) folge, dessen rothe Stralen mit den blauen des ersten vereint, die violetten Stralen desselben bewirke. (Durch chemische Beob. geleitet kam ich vor einigen Jahren auf die Vermuthung, das hinter dem ersten Farbenbilde, noch ein zweites existire, vergl. m. Grundr. d. Chemie I. S. 290; die hieher gehörenden Phänomene lassen sich jedoch befriedigender und naturgemässer dadurch erklären, das jeder farbige Stral einem electricen Magnete ähnlich $448 - 1$, in erregbaren Stoffen, entgegengesetzte electriche Verhältnisse hervorruft. Mehr hierüber weiter unten.) So wie nach EULERS Hypothese die Erklärung des Schattens fast unmöglich wird, so bieten sich bei der Erklärung der Farbenzerstreuung fast noch grössere Schwierigkeiten dar, besonders läst sich nicht einsehen, wie die Farbenzerstreuung nicht mit der mittleren Brechung im Verhältnifs stehe.

Noch vergl. man hierüber THOM. YOUNGS Meinung, daß das Licht Undulation eines elastischen Mediums ist; GILBERTS Ann. 1806. 4 St. 337—396. — OKEN läßt das Licht in einer Polarisirung (Spannung) des Aethers (des durchsichtigen, vergl. ARISTOTELES Mein. 749) bestehen; bewegter Aether dessen Polarität aufgehoben (z. B. durch dunkle Körper) giebt das Phänomen der freien Wärme; der leuchtende Körper hat (gleich der Sonne) das polarisirende, spaltende, der beleuchtete (gleich dem Planeten) das indifferenzirende, verschluckende Princip in sich; ruhender Aether ist (als relativer Gegensatz des Lichts) das Finstere, Unsichtbare etc. Das Farbenbild (eine mehrfache Polarität) ist der abgelenkte, und daher selbstleuchtende Schatten des Prisma, welches mehr als einen Schatten, so mit auch mehrere Farbenbilder auf die Wand wirft etc. Vergl. dessen Erste Ideen zur Theorie des Lichts, der Finsterniß, der Farben und der Wärme. Jena 1808. 4. u. NEUTONS erster Beweis für die verschiedene Brechbarkeit der Lichtstralen, wodurch die Verschiedenheit der Farben erzeugt werden soll: widerlegt (?) von OKEN; in GEHLENS N. Journ. f. Chem. Phys. u. Min. VIII. 269. ff. Dagegen scheinen TH. v. GROTHUSS opt. Vers. die verschiedene Brechbarkeit der Lichtstralen über allen Zweifel zu erheben; vergl. a. a. O. S. 255—268. Mehrere dieser Versuche schliessen sich den oben erwähnten v. GÖTTESCHEN Vers. an, und geben ausserdem noch ein Mittel an die Hand, die Entfernungen leuchtender Gegenstände auszumitteln, welche diese haben müssen, um dem Beobachter eine gleiche Quantität Licht zuzusenden; vergl. S. 773 dies. Grundr.

10) Aus den bisher beigebrachten Beob. über das Farbenbild, scheint nun genau erwogen zu folgen: daß dieses Phänomen das Resultat einer continuirlichen Lichtbrechung ist, die durch continuirliche Vergrößerung des Brechungswinkel im Prisma fortschreitend wächst; daß mithin ein bestimmtes Brechungsverhältniß des Lichts, für das empfindende Auge, mit einer bestimmten Farbe nothwendig eins ist, und die rothe Farbe dort erscheint, wo das Licht (dem Brechungswinkel am nächsten und somit den kürzesten Weg durch das Glas beschreibend) am meisten gebrochen wird, die violette hingegen, wo es (dem Brechungswinkel am fernsten und somit den längsten Weg durch das Glas beschreibend) am meisten gebrochen wird. Hieraus folgt, daß alle durchsichtige Körper das Farbenbild zu erzeugen vermögen, wenn ihr Volum nach irgend einer Seite fortwährend in Abnahme ist, und daß, wenn das Prisma um seine Axe gedreht wird, die Farben in der Ordnung verschwinden oder erscheinen müssen, je nachdem das Prisma dem Lichte den Brechungswinkel mehr oder weniger zuwendet, und die Farben eine geringere oder stärkere Brechbarkeit des Lichtes anzeigen. Vergl. WAGNER a. a. O. 68. ff. Erinnern wir uns nun, daß alle Körper ausser der scheinbaren eine wirkliche durchsichtige Oberfläche darbieten, so wird es jetzt klar, warum dieselben in einer gewissen Richtung gegen das Licht gehalten, mit Regenbogenfarben spielen (WAGNER a. a. O.), indem das Licht (sowohl beim Einfallen als auch) bei der Reflexion jene Farben erzeugende Brechung erleidet. Hieher gehört das Farbenspiel schmelzender oder auch bereits in Oxydation begriffener Metalle; der Blick des Silbers;

der bunt angelaufene Stahl, das phauenschweifig-, regenbogenfarbig-taubenhälsig und stahlfärbig bunt angelaufene, die Farbenverwandlung, das Irisiren und Opalisiren; das Schillern (Schillertaffent, die Flügel der Papillons, die Federn am Halse der Tauben, Papageien etc.); die Farben der Seifenblasen, die Farben alter Fensterscheiben von schlechtem Glase, die vom Abbe MAZEAS (Memoires de l'Academie de Prusse. 1752.) beob. Farbenringe zweier, zuvor gut abgetrockneter und erwärmt, genau mit ihren Oberflächen durch Reiben in Berührung gesetzter Glasplatten etc. Manchmal ist die Brechung des einfallenden Lichtes von der des reflectirten verschieden; so sieht man nach R. BOYLE'S Beob. die frische Tinctur des Griesholzes (Lign. nephriticum) hinter dem Lichte blaugelb, vor dem Lichte rothgelb aus; gefärbte Gläser welche im ersten Falle gelb oder grün, im letzteren roth erscheinen etc. Nach HAVY weißlichgelber Glimmer blau etc.

11) Nach NEUTON entstehen die beständigen Farben der Körper, wenn das einfallende Licht vor der Reflexion in seiner Mischung geändert wird, indem eine oder einige Hauptstralen durch chemische Anziehung des reflectirenden Körpers verschluckt, der übrige oder die übrigen zurückgeworfen (abgestossen) wird. Sofern wir uns nicht berechtigt glauben, die Materialität und individuelle Existenz eines Lichtstoffes annehmen zu dürfen, vermögen wir auch nicht jener Ansicht der chemischen Zersetzung des weissen Lichtes zu huldigen; sondern halten vielmehr mit WAGNER dafür, daß bei solchen beständig mit einer Hauptfarbe (oder gemischten Farbe) erscheinenden Körpern, der Grad der Durchsichtigkeit ihrer Ober-

flächen oder ihrer ganzen Massen, einen bestimmte sich gleich bleibenden Grad der Brechbarkeit (der somit einer bestimmten Farbe correspondirt) voraussetzt. Streng genommen zeigt wohl kein Körper nur eine Farbe, sondern nur eine überwiegend. Da nun die Brechbarkeit nicht bloß von der Dichtigkeit und Cohärenz, sondern vorzüglich auch von der chemischen Qualität abhängt, so erklären sich hieraus die Farbenveränderungen, welche Körper erleiden, wenn ihre Mischungsverhältnisse abgeändert werden. Vergl. Cap. VII. Erläuterung durch Versuche. Rosenblumenblätter eine kurze Zeit mit Weingeist digerirt, geben eine farblose, durch Zusatz von etwas Salpetersäure sogleich roth, durch Alkalien grün werdende Tinctur. TIELEBEINS Anleit. mittelst zweier wasserheller Flüssigkeiten augenblicklich alle Hauptfarben darzustellen; in v. CRELLS Ann. 1785. I. 119.

12) Leitet man in einem finsternen Zimmer den homogenen rothen Lichtstral auf Carmin oder ein anderes rothes Pigment, so wird der Glanz und die Lebhaftigkeit dieser Farbe erhöht. Leitet man hingegen den hellblauen Stral auf rothe Körper, so erscheinen diese fast schwarz. Vergl. die vorläufige Notiz von ähnlichen Vers. des Prof. WEISS in Leipzig; HERBSTÄDTS Grundr. der Färbekunst I. 15. — Ueber Pigmente; Färber- und Zeugdruckerkunst, a. a. O. u. Cap. VII. dies. Grundr.

13) Merkwürdig für die Farbenlehre sind noch folgende Phänomene. Erhitzte feste Körper glühen zuerst mit blauer, dann mit rother und endlich mit weisser Farbe; ein ähnliches Durchlaufen der Hauptfarben, von der dem Schwarzen am nächsten blauen

Farbe, hinauf bis zum Weifs, bemerkt man auch beim Verbrennen (vergl. Cap. VII.), beim Leuchten der Phosphoren (s. oben S. 760 u. ff.) an dem electricischen Funken (Cap. V. VI.) etc. Die Essigsäure erhöht die blaue Farbe der Weingeistflamme; die Boraxsäure, verschiedene salpetersaure Salze, mehre Kupfersalze etc. färben die Flamme des Weingeists (und anderer brennbarer Körper grün), die Alkalien gelb (das Ammoniak nach eignen Beob. röthlichgelb), die erdigen Alkalien gelbroth oder feuerfarben und der Aetzstrontian, so wie die Salzverbindungen des Strontions: carminroth (667). In der organ. Natur sind die weissen oder hellgefärbten Stoffe, gewöhnlich die mehr oxydirten; die dunkeln und schwarzen die mehr hydrogenirten und kohlenstoffreicheren. — Die meisten Säuren sind weifs, die Metalle, die Kohle, der Schwefel und Phosphor mehr oder minder gefärbt; die Alkalien, die Erden u. m. vollkommene Metalloxyde weifs, und letztere gewöhnlich minder gefärbt als die unvollkommenen Oxyde. (Ueber die Schwärze des vollkommenen Braunsteinoxyds u. m. a. mündl.) Häufig entspricht auch der Gegensatz von blau und roth, dem electricischen und chemischen Gegensatze. Wahre Gase sind farbenlos, Halbgase (z. B. oxygenirte Salzsäure) gefärbt, und zwar im Zustande starker Oxydation orange oder roth. Die Metallhydrures sind sämmtlich dunkel braun, schwärzlich oder blau; bei gleichzeitig gegebener Oxydation blaulichgrün oder grün (Prousts Wasserkupfer). Weitere Erläuterung mündlich. Vergl. auch: STEFFENS in RUNGE'S oben angeführt. Schrift.

14) Die durchsichtigen Medien sind entweder farbenlos oder gefärbt; im ersteren Fall lassen sie

das Licht leuchtender Körper mit seiner ursprünglichen Weisse oder Färbung unverändert durch, im letzteren Fall hingegen ändern sie das Licht des durch sie zu sehenden Körpers mehr oder weniger ab. Hieher gehören die gefärbten Gläser (Cap. VII.) und die gefärbten Flüssigkeiten (z. B. Farbeflotten, verschiedene Metallaufösungen etc.). Weisse Gegenstände durch dergleichen Medien gesehen, erscheinen mehr oder weniger mit der Farbe des Mediums; farbige Gegenstände, wenn ihre Farbe mit derjenigen des Mediums übereinstimmt, erscheinen mit einer satteren übrigens unveränderten Farbe, wenn hingegen beide Farben, die des Gegenstandes und die des Mediums verschieden sind, mit einer veränderten (gewöhnlich gemischten) Farbe. Das Sonnenlicht ist in der finsternen Kammer aufgefangen gelblichweiss; Einfluß der Farbe der Planetenatmosphären auf die Weisse der von den Planeten aus zu schauenden Sonnenscheibe. Ueber das Farbenclavier

15) Ist das Lichtbrechungsvermögen der Theile eines zusammengesetzten Prisma's verschieden, so kann dadurch die Farbenzerstreuung total aufgehoben werden; hieher gehören die achromatischen Prismen aus Flintglas und Crownglas, vergl. 816. Dasselbe erfolgt wenn zwei Prismen, das eine aus Crown, das andere aus Flintglas so gegen das einfallende Licht gestellt werden, daß die Zerstreungsgrösse des zweiten Prisma dem Zerstreungswinkel des ersten Prisma gleich ist; oder auch, wenn zwei ganz gleiche Prismen von demselben Glase nahe an einander, aber in entgegengesetzter Stellung gehalten werden; das zweite Prisma sammelt dann die durch das erste zerstreuten Stralen wieder, so daß sie hinter dem zwei-

ten Prism mehr oder weniger parallel (der ursprünglichen Richtung) und farbenlos fortgehen.

16) KRUINES und LANGON haben ein Krystallglas gefertigt, welches das Flintglas an Reinheit und Schwere übertreffen soll. Seine Durchsichtigkeit verhält sich zu der des Flintglases wie 37 zu 33, und seine Zerstreuungskraft zu der des gemeinen Glases wie 5 zu 2. — Ueber die in Paris gefertigten mehrfach zusammengesetzten Prismen, und über die Benutzung des KRUINES'schen Glases zu achromatischen Linsen mündlich. — Verschiedene Erscheinungen derselben Farbe, je nachdem sie in verschiedenen gefärbten Umgebungen betrachtet wird. PRIEUR a. a. O. GILBERTS Ann. XXI. 315. Merkwürdige Unvollkommenheit der Augen eines Menschen, der nie Farben sondern nur Mischungen von Weisse und Schwärze sah, und dem daher jede verschiedene Farbe als ein verschiedenes Grau erschien. Philos. Transact. Vol. LII.

F) *Von dem Schatten und von den Photometeoren.*

§. 155.

Wird die Verbreitung des Lichtes durch einen undurchsichtigen Körper gehemmt, so entsteht hinter demselben der Schatten (Umbra) d. h. ein Raum der im Gegensatz einer durch direct einfallendes Licht erleuchteten Fläche, durch reflectirtes Licht erleuchtet wird, und dessen Lage und Gestalt durch die ihn begrenzenden hellen Räume bestimmt wird. Er erstreckt sich entwe-

(53²)

der in gleichem Umfange ins Unendliche fort, oder er nimmt ab oder zu, je nachdem entweder der undurchsichtige Körper eben so groß, oder grösser oder kleiner als der leuchtende ist, und beide Körper weit oder nahe von einander entfernt sind, und je nachdem die Stralen des leuchtenden Körpers parallel, convergirend oder divergirend die auffangende Fläche erreichen.

1) Ist die Licht entwickelnde Stelle des leuchtenden Körpers kein blosser Punct, so erzeugt sich neben dem eigentlichen Kernschatten (Umb. perfecta) noch der Halbschatten (Penumbra). Beschattete Flächen; Schattenrisse; Ombres chinoises; Schatten welche die Erde und die übrigen Haupt- und Nebenplaneten rücksichtlich der Sonne werfen, vergl. 225. ff. Gerader Schatten (Umb. recta), Messung der Sonnenhöhe und Einrichtung der Sonnenuhren); verkehrter Schatten (Umb. versa); und gefärbter Schatten (vergl. 827).

2) Ein von mehreren Richtungen her zugleich beleuchteter Körper, wirft jedem leuchtenden Körper gegenüber einen besonderen Schatten; und derjenige von diesen Schatten ist der stärkste (dunkelste, am meisten mit der begrenzenden Helle contrastirende), der durch Hemmung des stärksten Lichtes entstand. RUMFORDS Photometer, vergl. Vereinigung zweier oder mehrerer Schatten. Gefärbt erscheinen nicht zu starker Schatten, welche mit heftig gereiztem Auge gesehen werden.

3), Lufterscheinungen bei welchen das Licht eine Hauptrolle spielt, nennt man Photometore; ausser

den bereits früher gelegentlich erwähnten gehören hieher: der Regenbogen, die Höfe um Sonne und Mond, gefärbte Wolken, Morgen- und Abendröthe, Dämmerung (226) und Gegen-
dämmerung, Nebensonnen und Nebenmonde, das Wasserziehen der Sonne, das Zodiacallicht u. m. a. Versuch einer Erklärung dieser Phänomene mündlich.

G) *Von den Veränderungen welche durch den Einfluss des Lichtes in den Körpern hervorgebracht werden.*

§. 156.

Der Wechsel der Jahreszeiten und das Leben der Organismen zeugt von den allgemeinen Einflüsse des Lichtes auf unseren Planeten, und nicht minder deutlich wird dieser in einzelnen Phänomenen wahrgenommen. Bisherigen Beobachtungen und Vers. zufolge erregt das Licht in den Körpern (nach Maasgabe ihrer Dunkelheit) Wärme, electricischen und chemischen Gegensatz, krystallinische und röhrenartige anorganische Gestaltung, vegetabilische und animalische Bildung.

1) Nach HERSCHEL ist in den grünen und gelben Farbenstralen des Spectrums die stärkste Erleuchtung, im rothen Stral und vorzüglich zur Seite $\frac{1}{2}$ Zoll über das Rothe hinaus die stärkste Erwärmung, im und neben dem Violett die schwächste Erwärmung oder relative Wärmevermin-

derung gegeben. Mehr hierüber im nächsten Cap. Vergl. KASTNERS Chem. I 279—285.

2) Eine ähnliche Verschiedenheit wie die der Erleuchtung und Erwärmung in den einzelnen Theilen des Farbenbildes, haben SCHEELE; VASALLI, WOLLOSTON, RITTER und BÖCKMANN rücksichtlich der electricisch-chemischen Wirkung der farbigen Lichtstrahlen nachgewiesen. Setzt man nach BUCHHOLZ eine Quantität frisch gefälltes weisses feuchtes Hornsilber (salzsaures Silber) dem weissen Lichte aus, so wird die oberste Schicht in dem Verhältniß hydrogenisirt (reducirt und dadurch geschwärzt) als die unmittelbar unterliegende Schicht oxydirt (und dadurch weisser) wird. Wahrscheinlich wird hier electricischer Gegensatz erregt, der (wie in der galv. Kette) das Wasser in Hydrogene und Oxygene auseinander treten läßt. Bestreicht man ein weisses Blatt Papier gleichförmig mit frisch gefälligtem weissen Hornsilber, und setzt dieses Präparat in einem inwendig vollkommen geschwärzten Kasten oder Zimmer der alleinigen Beleuchtung der farbigen Strahlen eines Prisma aus, so bemerkt man im und neben dem Roth die stärkste Oxydation und die geringste Reduction, im und neben dem Violet die stärkste Reduction und schwächste Oxydation. Vergl. KASTNER a. a. O. 285. 234—288. SEEBECK in RUNGE's Farbenkugel. S. 82. — Entfärbung der Eisen haltigen Schwefelnaphtha, Bleichung der von den Pflanzen gesonderten Pigmente im Sonnenlicht; Farbenerhöhung der lebenden Vegetabilien im Sonnenlichte, Bleichung derselben im Schatten, Bewegung der Vegetabilien nach der Lichtseite, der Pflanzenschlaf etc. Vergl. STEFFENS bei RUNGE a. a. O. J. SENE-

BIERS Memoires physico-chimiques sur l'influence de la lumière solaire etc. Genev. 1783. 8. Uebers. Leipz. 1785. 8. Dessen Experiences sur l'action de la lumière solaire pour la negation. T. III. Genev. 1788. 8. A. v. HUMBOLDT Aphorismen aus der chemischen Physiologie der Pflanzen. Leipz. 1794. 8. Gr. RUMFORD über die dem Lichte zugeeigneten chem. Eigenschaften; in SCHERERS allgem. Journ. d. Chem. II. 7. SAUSSURE's Beob. üb. die chem. Wirk. d. Lichtes auf einem hohen Berge, in Vergleichung gebracht mit denen, welche es in einer Ebene hat; v. CRELLS Ann. 1796. I. 356—366. RITTERS u. BÖCKMANN'S Vers. üb. den dem farbigen und weissen Lichte ausgesetzten, verschiedentlich leuchtenden und efflorescirenden Phosphor; GILBERTS Ann. X. XII. XIX. RITTERS Bildung der Alkalimetalloide im farbigen Lichte, vergl. 576 ff.; Zersetzung der Salpetersäure, der oxyd. Salzsäure und der hyperoxydirt salzsauren Alkalien durch Sonnenlicht, KASTNERS Chemie a. a. O. 292—295. Entwicklung des Sauerstoffgases aus wässerigen grünen Pflanzentheilen (RUMFORD'S Vers. mit Baumwolle, Glasfäden etc. welche unter Wasser dem Lichte ausgesetzt wurden); WEDGWOOD'S Methode mittelst salpetersaurem Silber Gemälde auf Glas, zu copiren; Reductionen verschiedener aufgelöster Metalle (Versuch der Mad. FULHAM u. a. KASTNERS Beiträge II. 79—90. ff.); DORTHE'S Bemerk. üb. die Krystallisation des Kamphers am Lichte; die Efflorescens verschiedener Salze; die Erzeugung der PRIESTLEY'Schen grünen Materie und die der Infusorien (S. 667).

§. 157.

Die Gegner des Emanations- oder Emissionssystems (750—751) haben mehrere theils gegründete, theils unhaltbare Zweifel, gegen die jenem Systeme zum Grunde liegende Ansicht aufgeworfen; von denen wir theils im Vorhergehenden schon mehrere berührt haben, theils hier die noch übrigen von eigenen Bemerkungen begleitet nachtragen. A) Die Materialität des Lichtes betreffend; a) Erfahrung lehrt uns das auch die durchsichtigsten Körper Continua sind, leere Räume kann Niemand nachweisen, mithin kann die mechanische Fortpflanzung des Lichts durch durchsichtige Flüssigkeiten, Glas etc. nicht geschehen, ohne die Masse dieser Körper nach den Seiten zu verdrängen. b) nimmt man die Masse der Lichtstralen auch noch so fein an, so gesteht man doch ein, daß sie selbst ein Continuum bildet; es bewegt sich daher gegen jede Luftschicht, oder sonstige durchsichtige Masse eine zusammenhängende Lichtmasse, deren Fortpflanzung in dem durchsichtigen Medium überall Poren voraussetzt, oder vielmehr nur dadurch möglich wird, daß das ganze Medium weiter nichts als ein Porenaggregat ist, und da man von allen Seiten ein Medium der Art zu durchleuchten vermag, mithin eine Leere seyn muß, um die Möglichkeit der Lichtfort-

pflanzung zu erklären. c) Betrachtet man dagegen das Licht als eine in gesonderten Stralen sich fortbewegende Masse, so wird Jedermann eingestehen, daß diese Stralen höchst dicht neben einander laufen müssen, da noch Niemand einen einzelnen Stral zu beobachten im Stande war; dicht neben einander laufende Stralen setzen aber dieselbe Art von Porosität der Medien voraus, als die continuirliche Masse. d) Leugnet man die leeren Räume, so sieht man sich genöthigt einzugestehen, daß jede eine Zeit hindurch dauernde Durchstrahlung Bewegung der Luft etc. hervorbringen müßte, die aber nie erfolgt. e) Wollte man behaupten, daß die Fortpflanzung des Lichtes in einer chemischen Durchdringung bestehe, so bitten wir zu bedenken, α) daß jede Durchdringung Mischung, und diese Veränderung der Mischungstheile voraussetzt, β) daß noch kein Fall bekannt und denkbar ist, daß eine chemische Mischung $A + B$ durch Zutritt von B oder Vermehrung des einen Bestandtheiles zersetzt werde, was denn doch bei jeder Lichtfortpflanzung besonders in festen Medien geschehen müßte, wenn diese möglich werden sollte; denn fortschreitende Vermischung läßt sich nur bei mehr oder weniger gleichartigen Flüssigkeiten denken, bei festen Continuum wird sie nur durch höchst weitgetriebene Zer-

theilung möglich. f) Minder treffend scheinen die Einwürfe zu seyn, daß die Sonne durch Ausströmung an Masse verlieren, daß die Nachweisung der auf den Planeten angelangten Lichttheilchen so wie die Geschwindigkeit des Lichtes unbegreiflich sey, daß die Planeten in ihrer Bewegung durch das Licht gestört werden und daß sich die in unzähligen Richtungen durchkreuzenden Stralen in ihrer Bewegung stören müßten. g) Treffender scheint hingegen die Bemerkung zu seyn, daß man im Widerspruche stehe, wenn man behaupte die gegen Planeten etc. gravitirende Sonne stosse ihre Lichttheilchen ab, und dagegen annehme, die gravitirende Planetenmasse ziehe die Lichttheilchen an (saugte als dunkle Masse dieselben ein, oder binde sie chemisch), und daß man für die Gravitation eine schwer machende Materie anzunehmen genöthigt sey, wenn man dem Lichte Materialität zugestehe. h) Der Hauptcharakter der Materie ist ihre Raumerfüllung (70), daß Licht bewegt sich aber im Raume ohne ihn zu erfüllen. i) Soll das Licht materiell seyn, so kann es nicht aus einer Flüssigkeit, sondern muß aus festen elastischen Kügelchen bestehen, wenn die Reflexion desselben einigermaßen begreiflich werden soll. B) Die Farben betreffend. a) Die farbigen Stralen sollen nach NEUTON u. a. durch

eine Art chemische Zerlegung des weissen Lichtes entstehen; noch haben wir kein Beispiel, und der Fall ist unseren jetzigen chemischen Kenntnissen gemäß undenkbar, daß α) eine und dieselbe Mischung (das weisse Licht) von einem und demselben Stoffe (dem brechenden Medium) in mehrere verschiedene Bestandtheile zerlegt werde, während der Stoff selbst mit der Mischung (das brechende Medium mit dem Lichte) in einer Verbindung bleibt, die denen gewöhnlichen erleuchteten, kein farbiges Licht gebenden Medien gleich ist (das Glas des Prisma verhält sich während der Lichtfortpflanzung wie jedes andere bloß weisses Licht durchlassende Medium). β) Wird eine Mischung von verschiedenen gearteten Stoffen zerlegt, so fallen auch die ausgeschiedenen Mischungstheile verschieden aus; das weisse Licht giebt durch Glas (von verschiedener Qualität), Wasser etc. unter den gehörigen Bedingungen geleitet, dieselbe Farbenzerstreuung. b) Eine chemische Mischung kann nicht durch sich selbst zersetzt werden; das im Vereinigungspuncte der convexen Linse zu weissen Strahlen verbundene farbiges Licht, erscheint hinter demselben wieder farbigt. Um dieses einigermaßen zu deuten bliebe nur übrig anzunehmen: die in jenem Puncte sich mischenden Lichttheilchen gerichten

unmittelbar nach der Mischung in eine schwingende Bewegung, welche die Zerlegung der Mischung auf ähnliche Weise bewirkte, wie sie (in den Phänomenen klingender Scheiben etc., vergl. 732) das oE in $+E$ und $-E$, und wahrscheinlich auch selbst chemische Gemische in ihre Bestandtheile zersetzt (701. 712.) etc., eine sehr erzwungene hypothetische Erklärung: Ueber andere hieher gehörende Einwürfe so wie über EULERS Theorie vergl. man die vorhergehenden §§. Den Versuch einer Kritik der Lichttheorien eines KANT, SCHELLING, OKEN, SCHERER, v. GÖTHE, RITTER, VOIGT (Versuch einer neuen Theorie des Feuers etc. Jena 1795. 8.) WAGNER, WEISSE, WEINBRENNER u. m. a., so wie auch meiner eigenen Hypothese mündlich. Vergl. S. 597. ff. REUSS Repertorium etc. III. 6—7. ff. RITTERS Beitr. letztes St. 280 etc. PLACID. HEINRICHS angef. Preisschrift. WEISSE's Anhang zu der Uebers. von HAUY's Physik. II. Bd.

XI. CAPITEL.

VON DER WÄRME.

A) *Von der sinnlichen Wahrnehmung und von der Erregung der Wärme und der Kälte.*

§. 153.

Mittelst der Gemeingefühlsnerven empfinden wir die umgebende Körperwelt auf gedoppelte Weise: einmal als etwas (blofs Gegenwärtiges) in keiner Veränderung Begriffenes, durch Tasting die Verschiedenheit des Widerstandes und der gegebenen Begrenzung erkennend; und zweitens als etwas in Ausdehnungsänderung Begriffenes, durch Föhlung die Verschiedenheit der sich vermindernden oder vermehrenden Ausdehnung (die sich über die Grenze des Beröhrenden hinaus in unsere Haut- und Nervenmasse erstreckt), der Kälte (Frigus) oder Wärme (Calor) beurtheilend.

1) Vergl. S. 16. 598 u. Cap. VII. Jede denen Ner-

ven von aussen mitgetheilte Bewegung ist für die Nervenmasse entweder ausdehnend oder comprimirend (erwärmend oder erkältend), oder beides in unmittelbarer Folge (Schallschwingung). So wie sich das Auge ursprünglich in einem dem Lichte analogen Zustande befindet, und für äusseres Licht ein gewisses Maas hat, unter und über welches hinaus die Empfindung desselben aufhört, so befinden sich auch die lebenden Gefühlsnerven in einem stets beweglichen Zustande, der rücksichtlich der Bewegungsart oscillirend zu seyn scheint, und durch übermässige fortschreitende Ausdehnung die Empfindung schmerzhafter Hitze, durch übermässig wachsende Zusammenziehung die Empfindung schmerzhafter Kälte giebt. Ob überhaupt nicht jedes Schmerzgefühl sich auf Empfindung eines ungewohnten Temperaturwechsels reducirt?

2) Ueber die Annahme eines Wärmestoffes (Caloricum) vergl. a. a. O. u. Cap. X. 749—755. Diejenigen welche den Wärmestoff als Grund der Wärme annehmen, schreiben ihm allgemeine Verbreitung, elastische höchst bewegliche Flüssigkeit, chem. Anziehung zu den übrigen Stoffen, und die damit zusammenhängende Fähigkeit alle Körper zu durchdringen zu. Sie leiten von dem Wärmestoffe die Flüssigkeit, das Schmelzen, die Flüchtigkeit und einige auch die permanente Expansibilität der Gase ab, und betrachten ihn überhaupt als das Hauptagens der von Bewegung und Leben zeugenden Natur. Alle dem Wärmestoff (Feuermaterie, Hitzstoff etc.) zugeschriebene Eigenschaften, sind aus den Beobachtungen über die Wärme und Kälte abstrahirt, durch deren Untersuchung wir demnach zur genaueren Kenntniss

derselben gelangen werden. Was §. 157 über die Materialität des Lichtes gesagt wurde, läßt sich mit gewissen Modificationen auch auf die Annahme einer Wärmematerie anwenden. Auch vergl. man noch SCHERERS Nachträge zu den Grundzügen der neueren chemischen Theorie. S. 18—156, 157—165 u. LAVOISIERS System d. antiphlog. Chemie; übers. von HERBSTÄDT I. 24.

5) FORDYCE und DE LUCS Vers. über die durch den Wärmestoff veranlaßten Gewichtsveränderungen der Körper, widerlegt durch LAVOSIER und RUMFORD (dessen kl. chem. Schriften. III. IV.) Ueber die angebl. Schwere d. Wärmestoffs (WINTERLS Meinung vergl. S. 638 u. ff.) BARHUEL im neuen polytechn. Magaz. I. 100 u. RUMFORD in s. a. Schrift. S. 41. — BACON, DESCARTES, NEUTON (wie aus einigen der Optik beigefügten Fragen zu erhellen scheint) MARI-VEZ und GOUTHIER (Verf. d. Physique du Monde). SCHERER und RUMFORD, hielten die Wärme für das Phänomen einer vibrirenden Bewegung; WAGNER, HILDEBRANDT u. m. a. (vergl. Cap. X.) für die Wirkung der Expansivkraft; EPIKUR, ARISTOTELES und unter den Neueren: CASSACUS (Diss. phys. de igne. Francf. et Lips. 1688.), NOLLET (Lecon. XIII. Sect. I.), BOERHAVE, CRAWFORD, BLACK, SCHEELE, PICTET, LAVOISIER (jedoch vergl. oben), und die meisten Physiker neuerer Zeit, nehmen eine Wärmematerie an. LINKS, VOIGTS, HERBSTÄDTS und TROMMSDORFFS Meinungen über die Natur dieser Materie, vergl. 752. ff. — SCHELLINGS u. a. (ähnliche) Ansichten; ebend. BARTELS (in seinen Grundlinien einer neuen Theorie d. Chem. u. Phys.) hält die Wärme für freien Sauerstoff, und Sauerstoff für ge-

bundene Wärme. WINTERLN ist Wärmestoff die Einung von + E und - E, vergl. 638—640.

4) GASSENDI, MAYOW, MUSCHENBROEK u. m. a. nahmen eine kaltmachende Materie an; den neueren Physikern ist größtentheils Kälte nur relativer Mangel der Wärme; wogegen sich auch umgekehrt sagen läßt: Wärme sey relativer Mangel der Kälte. Das auch bei den tiefsten Kältegraden noch Ausdehnungsverhältnisse gegeben sind, kann hier nicht zum Einwurfe dienen, da umgekehrt auch bei den höchsten Graden der Wärme noch Begrenzungs- und Zusammenziehungsmomente statt finden etc. Ueber die Nothwendigkeit der Annahme eines Kälteprincipis, im Gegensatz des Wärmestoffes, vergl. F. BAADER in dessen Beitr. zur Elementarphysiologie. Kälte zeigt sich als das Gestaltende (positive) Princip; Wärme als das Fluidisirende (positive) Princip. Gefriern (Comgelatio) und Schmelzen (Fusio).

5) Wir nennen einen Körper kalt, wenn er kälter, und warm wenn er wärmer als unser eigener Körper ist. Geringe Kälte bezeichnen wir durch kühl, geringe Wärme durch lau. Abkühlung und Erkältung, Erwärmung und Erhitzung. Den Zustand eines Körpers in welchem er zugleich heiß und leuchtend ist, nennen wir die Gluth (756); und die Vereinigung von Hitze und Licht im Allg. Feuer (Ignis), womit jedoch ältere Physiker häufig nur die Wärme allein bezeichnen. Dunkele und leuchtende Wärme. H. A. LORENZ. chem. phys. Untersuchung des Feuers. Copenhag. u. Leipz. 1789. 8. — Ueber das brennbare Wesen ält. Phys. vergl. S. 638; MONNETS mit WINTERLN übereinstimmende Meinung, daß Wärme = oE sey.

§. 159.

Die Umstände unter denen in den Körpern Wärme bemerkbar entwickelt wird, sind sehr zahlreich und mannichfaltig, und lassen sich ohngefähr auf folgende Hauptbedingungen von denen wenigstens eine gegeben seyn muß, zurückführen. 1) Erleuchtung (837. ff.) 2) Reibung, Stofs, Druck und Verdichtung (93—94, 338—340. ff.) 3) Zustandsänderung elastisch-flüssiger Körper in tropfbarflüssige oder feste, Tropfbarflüssiger in feste Körper (Cap. II. u. VII.). 4) Electricische Ausgleichung (Cap. V. u. VI.). 5) Chemische Verbindung (Cap. VII. vorzügl. 597. 607. 614. 617—618. 634. ff.) 6) Organische Thätigkeit (Cap. VIII.). Wahrscheinlich auch 7) Schallschwingung (701. 712. 732.), magnetische Anziehung und Adhäsion (Cap. III. u. IV.), und 8) Behauptung jedes individuellen Körperbestandes, in sofern dieser die Fortdauer derjenigen Thätigkeiten voraussetzt, die zum Entstehen des Körpers erforderlich waren. 9) Berührung wärmerer Körper. Die Bedingungen unter denen Kälte bemerkbar hervorgebracht wird, sind ausser der Vermeidung und Aufhebung der zur Wärme nöthigen Verhältnisse, vorzüglich gegeben in der 1) Zustandsänderung fester Körper in

(54)

liquide, Tropfbarer oder Fester in expansibel flüssige. 2) Ausdehnung und Verdünnung durch Verminderung äusseren Druckes (338—340.). 3) Einwirkung des — E auf die Gefühlsnerven (549) und Fortleitung desselben, besonders in der galvan. Säule. 4) Berührung kälterer Körper.

1) Zur allgemeinen Bezeichnung des Grades der Wärme- oder Kälteäusserung einer Materie, hat man den Ausdruck Temperatur gewählt. Da aber Materien, die in uns bei der Berührung die Empfindung von Wärme oder Kälte erzeugen, in andern Materien unter gleichen Umständen (wie in der Folge weiter erläutert wird) Raumerweiterung oder Raumesbeengung hervorbringen, und die Grösse dieser Veränderungen mit der Wirkungsstärke der heissen oder kalten Materien auf unser Gemeingefühl im Verhältnisse steht, so lassen sich mittelst Thermometern, (das sind Vorrichtungen, welche die Ausdehnungs- oder Zusammenziehungsgrössen messen) die Temperaturen verschiedener Materien vergleichen und schärfer bestimmen, als dieses dem nach Maassgabe der Uebung sehr verschiedenen Gefühle möglich ist. Daher wird unter Temperatur eines Stoffes oder Körpers in der Regel der Grad seiner Wirkungsstärke auf die Thermometer verstanden.

2) Da die Thermometer oder Wärmemesser nur anzeigen, ob die Wärmegrade zweier Körper zu gleichen oder ungleichen Zeiten gleich oder ungleich sind, so nennt man sie richtiger Wärmezeiger oder Thermoskope. Das erste von CORNELIUS DREBBEL 1630 erfundene, war ein Luftthermome-

ter, hatte aber den Nachtheil, zugleich als Barometer zu wirken, welchen BERNOULLI durch eine verbesserte Einrichtung abhalf. DAN. BERNOULLI hydrodynamica. Argent. 1738. 4. p. 204. Da die spezifische Elasticität (284) eines Gases ausser der chemischen Qualität vorzüglich noch von seiner Feuchtigkeit und Temperatur abhängt, und da die Höhe der in B's. Luftthermometer von der eingesperrten Luft getragenen Quecksilbersäule mit der specifischen Elasticität dieser stets gesperrten Luft ab und zunimmt, so entspricht B's. Thermometer (welches aus jedem guten Thermometer durch Zuschmelzung des Gefässes am kürzeren Schenkel verfertigt werden kann) den Forderungen, welche man an ein Instrument der Art zu machen berechtigt ist, vielleicht am vorzüglichsten. Zur Beobachtung sehr geringer Temperaturveränderungen sind die Luftthermometer unentbehrlich; hingegen zum Gebrauche unbequem, und daher durch die mit tropfbaren Flüssigkeiten gefüllten Quecksilber oder gefärbten Weingeist (oder Aether) enthaltenden Thermometer, fast ganz verdrängt. Das (älteste) Weingeistthermometer der Florentiner Akademie, dasjenige des REAUMUR; (Mém. de l'ac. roy. des sc. 1730. 452. 1751. 350. G. G. HAUBOLD resp. GEHLER diss. de thermometro Reaumuriano. Lips. 1771. 4.). NEUTONS Leinölthermometer (Philos. transact. 1701. Nr. 270.). HALLEY's Vorschlag zum Quecksilberthermometer a. a. O. Nr. 197. p. 650; D. G. FAHRENHEITS Quecksilberthermometer und das gewöhnliche Quecksilberthermometer mit REAUMUR'scher Skale, oder das sogen. DE LUC'sche Thermometer, die (neueren) Metallthermometer. Anleitung

und Regeln zur Verfertigung guter Thermometer. J. FR. LUZ: Anweis. Thermometer zu verfertigen. Nürnberg, 1781. u. in C. FR. HINDENBURGS: formulae comparandis gradibus thermometricis idoneae. Lips. 1790.

3) Zu Thermometern welche dazu dienen sollen sehr niedere Temperaturunterschiede zu bestimmen, eignet sich vorzüglich der (nicht gefrierende) gefärbte Weingeist; zur Beob. höherer Hitzgrade hingegen das reine Quecksilber. Der erstere zieht sich in niederen Temperaturen sehr gleichmässig zusammen, während er in höheren, bei gleicher Temperaturzunahme verhältnissmässig weit mehr ausgedehnt wird; das letztere dehnt sich noch weit über die Siedhitze des Wassers hinaus sehr gleichmässig aus, ist empfindlicher für den Temperaturwechsel, als jede nicht metallische Flüssigkeit, lässt sich leicht rein und luftfrei darstellen, und adhärirt dem Glase der (wohl calibrirten, nicht über eine Viertelslinie weiten) Thermometerröhre weniger, als jede nicht metallische Flüssigkeit (369). — REAUMUR bezeichnete an seiner Thermometerscale als feste Punkte den Eispunkt (des gefrierenden Wassers oder des flüssigwerdenden Eises) mit 0, und zählte von diesem 80 Grade hinauf (+ 0) bis zum Siedepunkte des Wassers (bei gewöhnlichem Luftdrucke); er theilte also den Fundamentalabstand zwischen beiden Punkten in 80 gleiche Theile, indem er fand, daß der Weingeist von dem einem Punkte bis zum anderen hinauf um 0,080 seines Volums ausgedehnt werde. Der Theil der Scale unter 0 (— 0) wurde ebenfalls in Grade abgetheilt, um so niedere Temperaturen als die des gefrierenden Wassers messen zu können. FAHRENHEIT beobachtete die Ausdehnung des Queck-

silbers von dem (durch Mischung von Schnee und Salmiak entstehendem) künstlichen tiefen Kältegrade an, bis zu seinem Siedepuncte, und da er das Volum des Quecksilbers im ersteren Falle als aus 11124 gleichen Theilen bestehend angenommen hatte, und das Quecksilber bis zu seinem Sieden (bei gewöhnlichem Luftdrucke) um 600 solcher Theile ausgedehnt wird, so theilte er den Fundamentalabstand in 60° Grade; wo bei $32 + 0$ das Wasser gefriert und bei 212° siedet; die Zahlen der Grade der F.schen und R.schen Skale verhalten sich mithin wie 9: 4. Auf der schwedischen (von CELSIUS in den Schwedischen Abhandl. 1742. 197.) angegebenen und der neuen 100theiligen französischen Skale, ist der Fundamentalabstand vom Eispunkte bis zum Siedepuncte des Wassers in 100 Grade abgetheilt; auf der von DE L'ISLE (Mém. pour servir à l'hist. et aux progrès de l'astron. et de la geogr. à St. Petersbourg 1738. 4. p. 267) entworfenen Skale in 150 Grade, weil DE L'ISLE fand, daß das Quecksilbervolum beim Siedepuncte des Wassers um 0,0150 (oder vielmehr um 0,0153) grösser ist, als beim Eispunkte. Der Siedepunct dieser Skale ist durch 0 bezeichnet, und der Gefrierpunct durch 150° . — Eine Vergleichung dieser sämtlichen Skalen findet man bei HINDENBURG oben in Nr. 3. angef. Progr. Naptha- oder Aetherdampfthermometer (vergl. JUCH in TROMMSDORFFS Journ. VI. 343.) gestatten keine genau zu vergleichende Beob. und somit auch keine übereinstimmenden Skalen. Nach J. T. MAYER (dessen Naturl. §. 342.) bringt jede Aenderung des Barometerstandes von einer Linie, bei einem bei 28 Paris. Barometerhöhe rücksichtlich des Siedepunctes bestimmten Thermometer, eine Aende-

rung von 0,000779 des Fundamentalabstandes hervor. Auch vergl. man: Bericht einer von der königl. Soc. d. Wiss. zu London niedergesetzten Commission, bestehend aus den Hrn. CAVENDISH, DE LUC, MASKELYNE etc., über die beste Methode die festen Punkte des Thermometers zu bestimmen; aus den Philos. Transactions LXVII. P. II. N. 37. übers. in d. Leipz. Samml. z. Phys. u. Naturgesch. I. Bd. 6 643. — Ueber die Berichtigung des Barometerstandes wegen der Wärme, vergl. I. Bd. dies. Grundr. S. 321—322 u. LA PLACE in GILBERTS Ann. XXVI. 152. 194. — LAVOISIERS u. LA PLACES Calorimeter in den Mém. de l'Acad. roy. des sc. à Paris. An. 1780. 355. u. LAVOISIERS Schriften Bd. III. 292. d. deutschen Uebersetz. WEDGWOODS Einwürfe in den Phil. Transact. 1783. V. 74. p. 371 u. BERTHOLLETS Gegenmerk. in dessen Statique chimique, Tom. I. p. 240.

4) Die bisher angeführten Thermometer, lassen sich begreiflicherweise nur zu solchen Temperaturmessungen gebrauchen, bei denen die in der Thermometer-röhre enthaltenen Flüssigkeiten noch keiner merklichen Veränderung ihrer Tropfbarkeit unterliegen; zu Messungen höherer Temperaturgrade, bei denen jene Flüssigkeiten dampfförmig werden, werden daher feste, auch bei grösserer Hitze starr bleibende Körper angewendet, und Vorrichtungen der Art nennt man Pyrometer. MUSCHENBRÖKS Pyrometer (Tent. experimentatorum acad. de Cimento. L. B. 1791. II. 12.); MORTIMETTS, G. v. LOESERS, ZEIHERS u. FELLERS Metallthermometer (phil. transact. XLIV. 1735. Nr. 484. Append. p. 672. CRELLS N. Chem. Arch. V. 19. GEHLER a a O IV. 359—362.); WEDGWOODS Pyrometer (sich gründend auf die Eigenschaft des

Thons, in der Hitze sich nach Maasgabe der Temperatur zusammen zuziehen, und nach plötzlicher Erkältung nicht wieder auszudehnen; Philos. Transact LXXII. u. SCHERERS Journ. d. Chem. II. 7. S. 50) CAVALLO's Vorschlag, statt des etrusischen von WEDGWOOD angewendeten Thons, Behufs s. gedacht. Pyrometers, ein künstliches Gemisch aus Thon- und Kieselerde zu benutzen; VOIGTS Mag. V. 2. 129. Nach GAZERANS analyt. und synthetischen Versuchen, werden die genauesten Thonpyrometer erhalten, wenn den mindestens 34 proc Thonerde enthaltenden Thonarten, so viel gepulverter Bergkristall oder weisser Sand beigemischt wird, als ihnen abgeht, um sie feuerbeständig zu machen. Der Nullgrad der Pyrometer-skale des W. ist der Temperatur von 1000° Fahrenheitgleich, und W's Skale fängt gewöhnlich dabei (oder bei 947° F.) an. Vom Nullgrad thilt W. die Skale so weit in gleiche Theile ab, das 240° W. = 32277° Fahrh. sind; mithin ist jeder Grad der W'schen

Skale gleich $\frac{32277 - 1000}{240} = 130,32$ Graden Fahrh.

130 Grade W'scher Skale (d. i. die Hitze bei der Eisen schmilzt) sind also = 17,941 Graden F'scher Skale; denn $1000 + (130 \cdot 130,32) = 17941$.

5) Zur Vergleichung W'scher Pyrometergrade, mit Thermometergraden nach FAHRENHEITS, REAUMURS und der Centesimal-skale, dienet folgende Uebersicht.

| W. | Fahrenh. | Reaum. | Centesimal. |
|----|----------|--------|-------------|
| 0° | 1000° | 430° | 538° |
| 1 | 1130,32 | 488, | 610, |
| 5 | 1651,60 | 720, | 900, |
| 10 | 2303,2 | 1009, | 1262, |
| 20 | 3606,4 | 1589, | 1986, |

| | | | |
|-----|---------|--------|--------|
| 30 | 4909,6 | 2168, | 2710, |
| 50 | 7516, | 3326, | 4158, |
| 80 | 11425,6 | 5064, | 6330, |
| 100 | 14032, | 6222, | 7778, |
| 130 | 17941,6 | 7960, | 9950, |
| 170 | 23254,4 | 10276, | 12846, |
| 200 | 27064, | 12014, | 15018, |
| 240 | 32276,8 | 14331, | 17914, |

240° W. ist die höchste von W. beobachtete Temperatur, bei der ächtes chinesisches Porzellan weich wurde und zusammen sinterte. GUYTONS Platinapyrometer.

§. 160.

Allen bisheigen Beobachtungen gemäß, werden die Körper (bei übrigens gleichen Umständen) durch einwirkendes Licht um so wärmer, je dunkeler sie sind, oder je mehr sie das Licht in seinen freien Wirkungen aufzuhalten vermögen; vergl. §. 156. Hieher gehören theilmehrere Erscheinungen im gemeinem Leben, theils mehrere Beobachtungen und Versuche eines FRANKLIN, BÖCKMANN, LESLIE u. a.

1) Schwazze oder dunkelfarbige Kleider im Sonnenscheine getagen, wärmen mehr als hellfarbige. — Ausserhalb (über das Dach des Hauses hinausgehende) geschwärzte Kaminröhren, zur Beförderung des Luftzuges; vergl. FRANKLINS sämtl. Werke, in d. deutsch. Uebers., II. Thl. 227. Dresden 1780. 8. Warum Neger in warmen Himmelsgegenden nicht mehr durch die Brennhitze leiden als Weisse; FRANKLIN a. a. O. I. 214. u. Gr. v. RUMFORDS Abhandl. über

d. Wärme, aus d. Französ. übers. von Dr. C. A. GERHARD. Berlin 1805. 8. 209—211. Flüssigkeiten werden über dem Feuer in geschwärzten Gefässen eher warm, als in farbenlosen. Genälste schwarze Tücher trocknen im Freien eher als genälste weisse, bei übrigen gleichen Umständen. — Weisses Papier wird durch ein Brennglas später entzündet, als schwarzes etc.

2) Schwarze oder farbige Tücher im Sonnenscheine über Schnee ausgebreitet, bewirken ein früheres Schmelzen des Schnees, als weisse, die gleichen Lagen unterworfen wurden; FRANKLINS hierher gehörende Versuche a. a. O. II. 353. u. ff. — Von zwei vollkommen harmonirenden Thermometern, wird das eine im Sonnenscheine weit höher steigen als das andere, wenn es zuvor geschwärzt worden. BÖCEMANN'S Vers. über die wärmende Kraft der Sonnenstrahlen, in GILBERTS Ann. X. 359. DAVY'S Versuch mit gefärbten (auf der einen Seite mit geöltem Wachs überzogenen, auf der andern dem Sonnenlichte ausgesetzten) Kupferplatten; a. a. O. XII. 578. v. RUMFORD'S Vers. in dessen oben angef. Abhdl. — LESLIE'S Photometer; GILBERTS Ann. V. 245.

3) HERSCHEL und ENGLEFIELD bemerkten ein beträchtliches Steigen des Thermometers im und neben dem rothen Strale des prismatischen Farbenbildes, während es an der Seite des Violett unverändert blieb. Aus diesen und (den S. 838—839 bereits gedachten) ähnlichen Vers. schliesst H. das ausser den farbigen Stralen, dunkle wärmende von der Sonne zu uns gelangen. Vergl. H. in GILBERTS Ann. VII. 137. X. 68. XII. 521. LESLIE'S Einwürfe dagegen; ebend. X. 68, und ENGLEFIELD'S Vertheidigung XII. 399.

RITTERS Bemerk. üb. dies. Gegenst. in GEHLENS J. f. Chem. u. Phys. IV. Bd. u. STEFFENS im Arch. z. RUNGE's Farbenk 55. Ueb. Brenngläser, vergl. 803—809.

4) Nur in sofern das Licht in seiner Fortpflanzung von der Erde mehr oder weniger aufgehalten wird, erregt es Wärme; daher die Kälte höherer Regionen der Atmosphäre. Asien und besonders Amerika sind in gleicher nördlicher Breite ungleich kälter als Europa; Afrika ist unter den Wendezirkeln ungleich heisser als Asien und Amerika. Die Extreme der größten Wärme kommen in den Sandwüsten Afrika's zwischen 10 und 20° nördlicher Breite vor, ohngefähr 40° + 0 im Schatten und 50° + 0 im Sonnenschein. In Syrien werden Metalle durch das Sonnenlicht zur Sommerzeit so erhitzt, daß man sie nicht ohne Verletzung berühren kann. Das Maximum der Kälte fällt mitten ins feste Land Sibirens, zwischen 60 und 70° N. B., und ins Kupferland in Nordamerika unter gleicher N. B. Quecksilber, Branntwein etc. sind dort oft Wochenlang gefroren. — Selten übersteigt indess die durch die Sonne bewirkte Erdwärme 120°. Nach KIRWAN fängt der beständige Gefrierpunct (Schneelinie) unter dem Aequator in einer Höhe von 15577 engl. Fufs an; unter 30° N. B. in einer Höhe von 11592 F., unter dem 60° d. N. B. in einer Höhe von 3684 F., und unter den Polen fällt die Schneelinie mit der Erdoberfläche zusammen; jedoch ist bei diesen Bestimmungen zu bemerken, daß die angegebenen Höhen, für die mittlere Temperatur jedes Breitengrades gelten, indem die Schneelinie durch die individuelle Lage einzelner Gegenden und Länder mit der Lufttemperatur ohnferrn der Erde nothwendig Aenderungen erleiden muß. KIR-

WANS Angabe der Temperatur in verschiedenen Breiten. Aus d. Engl. von L. v. CRELL. Berlin 1788. 8. BERGMANN'S phys. Erdbeschr. KANT'S phys. Geographie. FINKENS medic. Geogr. CONDAMINE Journ. du Voyage à l'équateur. Paris 1751. — GRENS Journ. d Phys. II. 231. GILBERTS Annal. XVI. 463. LAMPADIUS Atmosphärologie 217, 223 etc. Den 20. Dec. 1794 stand das Therm. zu Kovina in Sibirien ($67^{\circ} 10'$) 43° —0. Den 15. Febr. 1799 zu Upsala (60°) 31° —0. Den 10. Jan. 1799 zu Freiberg in Sachsen (51°) 24° —0. Den 19. Jan. 1740 zu Turin (44°) 4—0. In der Nacht vom 11—12 Jan. 1809 setzte der Dr. KEHRMANN in Moscau Abends 10 Uhr 2 Pfund Quecksilber auf einen Teller der freien Luft aus; um $4\frac{1}{2}$ Uhr Morgens war es zur steifen Masse gefroren, die man schneiden und hämmern konnte. Aehnliche Beobacht. machte Gr. BUTHERLIN den 12. Jan. 1805. — Nach KIRWAN ist in nördlichen Breiten über 48° der Jan. der kälteste und der Jul. der wärmste Monat. Bis auf 20° vom Aequator sind die Wärmeunterschiede geringe, und das Maximum der Sonnenerwärmung scheint in 59 und 60° Breite gegeben zu seyn. — Jede bewohnbare Breite hat wenigstens 2 Monate 12° R. mittlere Wärme, d. i. eine zum Reifen des Getraides hinreichende Temperatur; vergl. oben u. S. 260. KIRWAN u. LAMPADIUS a. a. O. GEHLERS Wörterb. I. 297. II. 78. v. HUMBOLD in GILBERTS Ann. IV. 455. VII. 342. WILLIAMS u. STRICKLAND in den Transact. of the American Society. Vol. III. 32. V. 15.

5) LAZARO MORO wollte aus der Entstehung der Insel Santorin (1707) und aus dem Monte-nuovo (1538) ein Centralfeuer der Erde geltend machen. Auch

AEPINIUS (cogitationes de distributione caloris per tellurem.), v. MAIRAN (Nouvelles recherches sur la cause générale du chaud en été, et du froid en hiver etc. Paris 1768.), BUFFON (hist. naturelle générale et particulière. Tom. I. Théorie de la terre u. Supplement T. IX et X. Paris 1778. 8.); PREVOST (physisch-mechanische Untersuchungen über d. Wärme, aus d. FRANZ. v. BOURGUET. Halle 1798. 71. ff.) u. DARWIN haben jene Meinung einer ursprünglichen Erdwärme (Grundwärme) ebenfalls vertheidigt. DARWIN (Ausführliche Darstellung des DARWINSchen Systems, von Dr. CHR. GIRTANNER 46. Cap) betrachtete das synthetisch angenommene Centralfeuer nicht bloß als Mitquelle der Erd- und Atmosphärenwärme, sondern glaubte auch die Entstehung der Erdbeben, der heissen Quellen, die Wirkung der Vulkaane etc. davon ableiten zu können. Neuere Physiker sehen die unterirdische Wärme theils als das Product der Erstarrung ehemaliger Flüssigkeit zur Gebirgsmasse (v. HUMBOLDT), theils als Folge der angeblich noch im Innern der Erde vorhandenen chemischen Processe, theils als Resultat der Sonneneinwirkung an. Vergl. MAYERS phys. Astronomie. Göttingen 1805. 8. §. 128 etc. DE LUCS Briefe über die Geschichte der Erde etc. II. 141 etc. Brief. GEHLER a. a. O. I. 404. v. SAUSSURE über die Temperatur der Hölen, in GILBERTS Ann. III. 217. Wärme der Brunnen in Jamaika, ebendas. I. 111. Temperat. des Wassers im Genfersee, in v. SAUSSURE'S Reisen I. 23. Wärme der Grotte Balme a. a. O. 201. Ursache d. Kälte auf hohen Bergen; ebend. IV. 89. Gr. v. RUMFORD üb. die Wärme des Seewassers; GILBERTS Ann. I. 445. ff. v. HUMBOLDT a. a. O. Ueber die allmälige

Veränderung der Temperatur und des Bodens in verschiedenen Climates vom Abbé MANN, in den Comm. Ac. Elect. Theodoro-Palatinae. Vol. VI. phys. Manhemii 1790- u. GRENS Journ. d. Phys. II. 231. — In einer gewissen Tiefe unter der Erdoberfläche hält die keiner bedeutenden Aenderung unterworfenen, Erdtemperatur das Mittel, zwischen $9-10^{\circ}$ R. + 0. Zu Bestimmung der mittleren Temperatur der bloß durch Sonneneinfluss begründeten Wärme verschiedener Breiten, haben HALLEY, MAIRAN, LULOFF, LAMBERT und TOB. MAYER mathematische Formeln gegeben, und KIRWAN hat M's Vorschlag (für die Berechnung der mittleren Temperaturen der Oerter Tafeln zu entwerfen, und solche nach Art der astronomischen Rechnung durch Gleichungen zu verbessern, nach denen die wahre Temperatur eines Ortes, nach Maasgabe seiner Erhöhung über der Meeresfläche, und nach den jährlichen und täglichen Abwechslungen für jede Zeit gefunden werden könnte) weiter verfolgt und verschiedene von Localumständen abhängige Correctionen hinzugefügt, und so mit wirklich angestellten Thermometerbeobachtungen ziemlich übereinstimmende Temperaturbestimmungen einzelner Länder und Oerter entworfen. Nach K. ist die mittlere Temperatur von Petersburg = 38,8 Fahrenh.; von Stockholm 43,3; Berlin 49; London 51,9; Paris 52; Wien 51,5; Bordeaux 57,6; Marseille 61,8; Algier 72; Manilla 78,4; Pondichery 88; und Quito 62. KIRWAN a. a. O. u. MAYER a. a. O. §. 136. — Darstellung der Carlsruher meteorologischen Beob. vom Jahr 1802, und der daraus gezogenen Resultate; nebst Vergleichungen mit anderen Jahren, Von C. W. BÖCKMANN; in den Denkschrif-

ten der vaterländischen Gesellschaft der Aerzte und Naturforscher Schwabens. Tübingen 1805. 8. I. 140. ff.

6) Der Pater L. COTTE (Philos. Transact. 1788. Art. 5 u. 6. u. KIRWAN a. a. O.) hat aus 30 Jahre fortgesetzten meteorolog. Beob., unter andern folgende das Thermometer betreffende allgemeine Sätze abstrahirt: „Das Thermometer steigt bis auf seinen höchsten Punct öfterer in den gemässigten Zonen, als in den heissen. Es steigt höher in Ebenen als auf Bergen. In der Meeresfläche fällt es nicht so tief als im Inneren des festen Landes. Der Wind hat keinen merklichen Einfluß auf seine Bewegungen; hingegen um so mehr die atmosphär. Feuchtigkeit, besonders wenn Wind darauf folgt. Die grösste Wärme und die grösste Kälte tritt ohngefähr 6 Wochen nach der nördl. oder südlichen Sonnenwende ein. Das Thermometer ist veränderlicher im Sommer als im Winter. Die kälteste Tageszeit ist vor Sonnenaufgang. Die grösste Hitze im Sonnenschein und im Schatten hat selten an einem und demselben Tage statt. Die Hitze nimmt weit schneller vom September und October an ab, als sie vom Juli bis September zunimmt. Ein sehr kalter Winter verkündet nicht immer einen sehr heissen Sommer.“

7) Werden zwei feste Körper gegen einander gerieben, so üben sie ohnstreitig wechselseitigen Druck gegen einander aus; die Erhitzung welche man dadurch hervorbringt scheint daher größtentheils Erfolg der Compression der Körpertheilchen selbst, zum Theil auch der eingeschlossenen Luft zu seyn. In der Gue-rikschen Leere findet die Erwärmung solcher Körper wo nicht stärker, doch eben so stark als ausser der-

selben Statt. Vergl. PICTET über das Feuer §. 154. ff. RUMFORD in SCHERERS Journ. I. 9—51. PICTET ebendas. 115—118. Nachtrag von SCHERER a. a. O. 31—37. FRIES ebend. II. 342—346. Derselbe in SCHERERS Archiv f. d. theor. Chem. II. 95. ff. — LICHTENBERGS Mag. I. St. 2. S. 19 IX. 4. 171. BAA- DER a. a. O. IV. 3. 149. MAYER ebend. VIII. 2. 122. LINK XI. 4. 89. RUMFORD in s. angef. Abhdl. DAVY in GEHLENS n. Journ. d. Chem. I. 371. Ueber Erwärmung durch Verdichtung und Stofs, vergl. S. 340 dies. Grundr. — Wird Luft plötzlich unter den entleerten Recipienten der Luftpumpe gelassen, so bewirkt theils die Friction, theils die schnelle Bewegung eine Temperaturerhöhung von mehreren Graden; wogegen das Thermometer um eben soviel Grade beim Auspumpen sinkt. DUMOUTIEZS Briquet pneumatique; vergl. S. 660. ERMANN konnte mit Hülfe desselben wohl Schwamm, Leinwand und ähnliche Dinge entzünden, aber ROSE's leichtflüssiges Metall nicht schmelzen. — Bleibender Druck mit unveränderten Berührungspuncten (Pressen) erregt in weit geringeren Grade die Wärme als Reibung und wechselnder Stofs. Erglühen des Eisens durch Hammer schläge; Entzünden des Holzes durch Reiben etc. Schon FRANKLIN (in s. angeführt. Schrift) bemerkt, daß gleichartig-flüssige Körper unter sich gerieben keine (sehr geringe) Wärme hervorbringen, und alltägliche Erfahrung lehrt, daß die geriebenen Körper um so heisser werden, je fester (härter) sie sind. Ueberhaupt scheint aber die Erwärmung durch Reibung etc. um so grösser zu seyn (bei übrigens gleichen Verhältnissen der Umgebung der geriebenen Körper), a) je energischer und wechselnder der gegen-

seitige Druck ist, b) je heterogener die reibenden Körper sind, c) je grösser ihr Leitungsvermögen für die Electricität ist, d) und je weniger sie geschickt sind, eingetretene Drucksveränderungen von selbst wieder aufzuheben. Ueber die Meinung verschiedener Physiker, daß Erwärmung (durch Reibung) gleich sey einer ohne Ende zu vermehrenden oscillirenden Bewegung imponderabler Flüssigkeiten aller Art (vergl. unter andern FRIES a. a. O.), mündlich; über die Temperaturerhöhung durch Compression der Dämpfe vergl. S. 340. In wiefern fettige ölige Substanzen als Zwischenlagen genutzt, die Erhitzung geriebener Körper vermindern; z. B. (mehrfacher) Nutzen der Waagenschmiere, der Seife und des Unschlitts womit die die Unterlagen vom Stapel zu lassender Schiffe bestrichen werden etc. Ob nicht die Erde durch die Drehung um ihre Axe von ihrer eigenen Atmosphäre in dem Maasse gerieben wird, daß daraus (zum Theil) Temperaturerhöhung niederer Regionen der Atmosphäre entsteht, ohnerachtet die Geschwindigkeit der (durch den Umschwung) bewegten Luft, derjenigen der Erde für den bestimmten Ort gleich zu kommen scheint; hingegen bewegen sich (nach KANT und DE LUC) die Luftsäulen unter dem Aequator mit mehr Geschwindigkeit als jene über den Erdboden, woraus mehrere Abweichungen der Winde zu entstehen scheinen. — Ueber Wärmeerregung durch Electricität, vergl. JUCH in TROMMSDORFFS Journ. d. Pharmac. II. 2. 177. VOIGT hieher gehörende Beob., in dessen Vers. einer neuen Theorie des Feuers etc. Jena 1795. 8. 321. ff. — Ueber die Wärmeerregung durch chemische Einnung, sind besonders die im VII. Cap. beschriebenen Verbrennungs- und Salz-

bildungsversuche nachzusehen. Diejenigen Physiker welche einen Wärmestoff statuiren, nehmen an, daß in diesen und ähnlichen Fällen, das Vermögen der einzelnen Stoffe Wärme zu binden verändert und geschwächt, und dadurch Wärmestoff ausgeschieden werde.

8) Man nimmt nämlich an, daß sich der Wärmestoff mit anderen Stoffen so verbinden könne, daß er, an seiner Verbreitung vollkommen gehindert, auf keine Umgebung ausdehnend zu wirken vermöge, und somit auch nicht empfunden werden könne; und nennt ihn dann verborgenen oder ruhenden, gebundenen oder latenten Wärmestoff, im Gegensatz des fühlbaren, sensiblen oder freien Wärmestoffs, welcher Temperaturerhöhung der Körper hervorbringt und auf unser Gefühl und auf das Thermometer wirkt. Zu diesen Vorstellungen über die in und an den Körpern vorhandene Wärme, sind jene Physiker vorzüglich durch die merkwürdigen Wärmeregungen gelangt, welche durch Zustandsänderung bewirkt werden. Während nämlich ein schmelzbarer fester Körper im Schmelzen begriffen ist, oder während ein liquider expansibelflüssig wird, bleibt seine Temperatur ganz unverändert. Es steigt z. B. die Temperatur des liquiden in offenen Gefäßen erhitzten Wassers nur bis 80° R., wobei es siedet; so bald es diesen Temperaturgrad erreicht hat, geht es in Dampf über, und wird so lange als noch Dampfbildung möglich ist, nicht weiter in seiner Temperatur erhöht. Im Schmelzen begriffenes Blei, erhitzt sich bis 540° F., d. i. bis zu seinem Schmelzpunkte, und behauptet diesen Temperaturgrad so lange, bis es in allen seinen Theilen ge-

schmolzen ist, und nun erst fängt die Temperatur wieder an zu steigen. Aller während der Verdampfung oder Schmelzung zugetretener Wärmestoff, wirkt weder auf Gefühl noch aufs Thermometer, sondern dient nur zur Zustandsänderung des Wassers und Bleies von denen er gebunden wurde, daher jene Ausdrücke: latenter Wärmestoff etc. Wird Aetzkalk oder Schwefelsäure, oder Weingeist mit Wasser gemischt, so entstehen Erhitzungen, indem jener Meinung gemäfs, ein Theil des im Wasser gebundenen Wärmestoffs zum freien strahlenden Wärmestoff wird; vergl. S. 619. Erhitzung bei der Bildung der dunstförmigen unvollkommenen Salpetersäure durch Salpetergas und Sauerstoffgas (§. 130.); Erhitzung bei plötzlichen Salzkristallisationen, wenn die krystallisationsfähigen Salzlaugen an kalten Tagen in nicht zu grossen Mengen in Gläsern bewegt werden; vergl. PABITZKY in TROMMSDORFFS Journ. d. Pharm. VI. 2. 338. — Ueber die starke Erhitzung des ungelöschten Kalks mit Wasser; VOIGT in seiner oben angef. Schr. S. 42. Dort wo bei Mischung fester und flüssiger Körper, oder flüssiger Körper von verschiedener Dichtigkeit sehr bedeutende Temperaturerhöhungen statt finden, ist ausser der Rückbildung des Expansibelen in Tropfbares, oder des Tropfbaren in Starres, und ausser dabei eintretender Lösung, auch häufig Auflösung oder wenigstens Ausgleichung bestimmter chemischer Gegensätze mit im Spiel. Ueber VOIGTS, WINTERLS u. a. Meinung über jene Phänomene mündlich.

g) Auf die Fähigkeit kälterer Substanzen durch bereits warme ebenfalls erwärmt zu werden, gründet sich die Einrichtung und der Gebrauch der Wärme- und Hitzmesser. — Es setzt diese Erwärmung voraus:

in den kälteren Körper die Empfänglichkeit für die Wärmeerregung des wärmeren, und (da dabei umgekehrt der wärmere erkältet wird durch den kälteren) die Empfänglichkeit des wärmeren für die Kälteerregung des kälteren. Das ganze Verhältniß, durch die Ausdrücke: Mittheilung der Wärme und Ausgleichung der Temperaturen (*Tension der Wärme*, nach PICTET) bezeichnet, werden wir weiter unten näher kennen lernen; einstweilen vergl. m. Grundr. d. Chem. I. 511. — LALANDES Thermometer, wo die Theilung der Skale, nach MICHELI'S Vorschlag, von derjenigen Temperatur anfängt, welche das Mittel zwischen allen seit mehreren Jahren beobachteten Graden hat, und dieselbe Temperatur ist, welche in den Kellern des Pariser Observatoriums statt findet; v. ZACHS monatl. Correspond. z. Beförd. d. Erd- u. Himmelskunde. 1804. Febr. 131. 135. — NORBERGS Wärmemesser; TROMMSDORFFS Journ. f. Pharmac. VIII. 2. 107.

10) Rücksichtlich der Kälteerzeugung fügen wir denen §. 159. angegebenen Bedingungen noch folgende Beobacht. bei. Abkühlung der Luft an heißen Sommertagen durch Wasserdampferzeugung, indem man Gassen, Zimmer etc. mit Wasser bespritzt. Erzeugung des Eises (z. B. zu Benares) durch freiwillige Wasserverdunstung; Nutzen der Alcarrazas; Abkühlung der Getränke durch Eingraben der sie enthaltenden Gefässe in die Erde und darüber angebrachte Feuerung; Abkühlung der Neger durch starke Ausdünstung (vergl. oben 857); v. RUMFORDS Beob., daß sich schwarze Körper eher abkühlen als farblose, dessen Abhdl. üb. die Wärme 175. Temperaturverminderung durch Verdünnung der Luft; S. 338.

(55²)

Erkältung (und Gefrieren) des Quecksilbers im Thermometer, durch Verdampfung des rectificirten Aethers; des Schwefelalkohols; v. MONS'S u. WÜNSTARS Beob. MEYERS Methode durch Aetherverdunstung das Wasser zum Gefrieren zu bringen. Erkalten eines mit Wasser oder Weingeist gefeuchteten in der Luft geschwungenen Fingers. Gefrieren des Wassers durch plötzliches Vorüberströmen der Luft (mittelst der Luftpumpe). v. EDELKRANZS Maschine zur Erzeugung künstlicher Kälte; PFAFF u. FRIEDLIEDER Neueste Entd. d. franz. Gelehrt. 1803. 5. St. 75. — Temperaturniedrigung durch Lösung kryst. Salze. Das Anfriren eines unten mit Wasser befeuchteten, auf einen Ofen gestellten, eine Gemenge von Kochsalz und Eis enthaltenden zinnernen Tellers, im Momente da das Gemenge schmilzt. Grössere (künstliche) Kälte durch schneller zerfließbare Materien, nach WALKERS und LOWITZS Beob.

| Kaltmachende Mischungen | Erniedrigung des Thermometers |
|---|----------------------------------|
| | von bis |
| 1) Mit eben so viel Wasser verdünnte Schwefelsäure und Schwefelsaures Natron zu gleichen Theilen | - - - - 50°F. — 30° |
| 2) Schwefels. Natr. 8 Thl. u. Salsäure 5 Thl. | - - 50° — 0° |
| 3) Salpeters. Ammoniak 1 u. Wasser 1. | - - 50° — 4° |
| 4) Kochsalz 1 u. Schnee 1. | - 32° — 0° |
| 5) Salsz. Kalk 3 u. Schnee 2 | - 32° — 50°—0° |
| 6) Kali 4 Schnee 3. | - 32° — 51°—0° |
| 7) Schnee 1 u. verdünnte Schwefels. 1. | - - 20 — 60°—0° |
| 8) Schnee 1 u. verdünnte Sal- peters. 1. | - - 0° — 46°—0° |
| 9) Schnee 1 u. salzs. Kalk 2. | - - 0° — 66°—0° |

(330)

- 10) Schnee 1 u. salzs. Kalk 3. - 40°—0— 73°—0
 11) Verdünnte Schwefels. 10 -
 u. Schnee 8 Theile. - 68°—0— 91°—0.

Vermischt man 4 Theile Eis und 1 Theil Schwefelsäure, beide von 32°, so sinkt die Temperatur der Mischung bis fast auf 4°—0 F. Es kommt bei dergl. Versuchen vorzüglich darauf an, daß die (frisch krystallisirten) Salze in kalter Umgebung möglichst fein gepulvert, gesiebt und vollkommen trocken sind, und daß der Schnee oder das Eis möglichst frisch und ohne Spuren von Schmelzung angewendet werde. Auch müssen die Gefäße dünn seyn, nur Raum für die kaltmachende Mischung haben, und diese muß sehr schnell in kalter Umgebung erfolgen. Bei von bedeutender Tiefe zu erzeugenden Kältegraden, ist es zweckmässig, die Materie vor der Mischung selbst zuvor in eine andere kaltmachende Mischung zu setzen.

11) FOURCROY und VAUQUELIN' LOWITZS Vers. wiederholend sahen in einer Mischung von 8 Theilen salzsauren Kalk und 6 Theilen trocknen Schnee, Quecksilber erstarren; bei einer grösseren Menge Merkur erstarre es nicht ganz, und goß man das nicht erstarrte ab, so fand man den zurückgebliebenen festen Antheil, octaedrisch krystallisirt. Auf gleiche Weise brachten sie flüssiges Aetzammoniak zu wenig riechenden weissen Naden krystallisirt, rauchende Salpetersäure in rothen Nadeln (was aber dem Gr. v. MESSIN PUSCHKIN nicht gelang), Schwefeläther krystallisirt in weissen Blättern. ZANNETTI, jener kaltmachenden Mischung noch Salmiak zusetzend, sah ausser dem Gefrieren des Merkur (vergl. auch oben 859), gewöhnlichen Branntwein

erstarren. v. Mons durch salzsauren Kalk und festes Aetznatron eine grosse Kälte hervorbringend, beobachtete das mehrere Salzlösungen ihr Salz theils in Pulvergestalt, theils krystallinisch fallen liessen; Gold, Silber, Zinn und Blei verloren ihre Hämmerbarkeit (Zerspringen der Holzaxten und Beile beim Gebrauch in heftiger Kälte) und eine Feder liess sich wie Glas zerbrechen. Lowitz brachte in einem Gemenge von trockenem Aetzkalk und Schnee 12 und ein ander Mal 25 Pfund Merkur zum Erstarren. — Alkohol und flüssige Salzsäure, so wie alle wirklichen Gase wurden zur Zeit noch durch keinen bekannten Kältegrad zum Gefrieren gebracht.

12) Da die Temperatur unseres eigenen Körpers nicht immer gleich ist, so kann auch unser durch das Gefühl geleitetes Urtheil über die Wärme oder Kälte der Umgebung oftmals verschieden ausfallen, ohnerachtet die Umgebung dieselbe Temperatur beibehalten hatte. Keller scheinen im Winter warm, im Sommer kühl. Das Wasser kommt der an kältere Umgebungen gewöhnten Hand wärmer vor, als dem durch die Bedeckung an wärmere Umgebungen gewöhnten Leibe.

B) *Von der Fortpflanzung der Kälte und der Wärme.*
(*Mittheilung, Leitung und Strahlung.*)

§. 161.

XXXXVIII. Vers. a) Zwei Theile warmes Wasser von 60° R. und drei Theile Wasser von 10° R. werden in einer porzellänenen Schale mit einander gemischt; die Temperatur der Mischung wird 30° R. seyn. Werden zwei gleichartige

Massen von ungleichen Temperaturen mit einander vermischt, so verhält sich die neue Temperatur des Gemisches, wie der Quotient aus der Summe der Producte der Massen (oder Volumen) in ihre Temperaturen durch die Summe der Massen. Waren mithin die Mengen (Massen) des Wassers gleich, so wird die neue Temperatur genau das arithmetische Mittel der Temperaturen der einzelnen Wassermengen vor der Mischung halten. b) Sind hingegen die Körper ungleichartig, so werden sie (von ungleichen Temperaturen) mit einander gemengt die neue Temperatur nicht in den angegebenen Verhältnissen erlangen, sondern es werden vielmehr ungleiche Wärmeeregungen nöthig seyn, um in gleichen Massen dieser Körper gleiche Temperaturänderung hervorzubringen. 1 Pfund Merkur von 110° F. mit 1 Pfund Wasser von 44° F., giebt zur neuen Temperatur des Gemenges nicht 77° sondern 47° F. Oder hat das Merkur 44° F. und das Wasser 110° F., so wird die neue Temperatur 107° seyn. Während also die Temperatur des Wassers um 3° vermehrt wurde, wurde die des Merkurs um 63° vermindert; so viel Wärme als mithin das Merkur um 63° zu erwärmen vermag, ertheilt dem Wasser eine Temperaturerhöhung von 3° , und haben daher Wasser und Merkur gleiches Gewicht, so verhält sich die freie (aufs Thermometer wirkende) Wärme in jenem

zu derjenigen in diesem, wie $63 : 3 = 21 : 1$. Dieses Verhältniß specifisch verschiedener Körper bei gleichen Massen ungleiche Wärmemengen zu erfordern, um gleiche Temperaturgrade zu erreichen, nennt man die Capacität der Körper für Wärme; und derjenige von zwei Körpern hat die größte Capacität für die Wärme, der durch Mittheilung gleicher Wärmemengen, die geringste Temperaturänderung erfährt.

1) Unter dem Ausdrücke Menge der freien Wärme versteht man das Product aus dem Wärmegrade eines Körpers in seine Masse; und durch Capacität bezeichnet man das grössere oder geringere Vermögen eines Körpers Wärme gebunden zu halten, welches in dem Maasse statt findet, als die Körper flüssig sind (vergl. oben S. 865) hingegen um so mehr geschwächt wird, je fester die Körper werden. — Hingegen nennt man die (nicht absolut zu bestimmende) Wärmemenge, welche jeder eigenthümliche Stoff (bei bestimmter Masse) nöthig hat, um dadurch eine bestimmte Temperatur zu erreichen, seine specifische (comparative oder eigenthümliche) Wärme (Calor specificus). Aus dem obigen folgt, daß sich die specifischen Wärmen zweier Stoffe bei gleichen Massen und Temperaturen umgekehrt verhalten, wie die Temperaturunterschiede, die sie durch gleiche Wärmemengen erhalten; und nimmt man nun z. B. die für das Wasser zur Hervorbringung einer bestimmten Anzahl von Thermometergraden erforderliche Wärmemenge als zu vergleichende Einheit an, oder setzt sie $= 1$, so kann man durch

fernere Versuche ausmitteln, wie viel Wärme andere Stoffe heischen, um ihre Temperatur um eine gleiche Zahl von Graden zu erhöhen, oder wie sich ihre spezifische Wärme zu der des Wassers in Zahlen ausgedrückt verhalte. J. C. WILKE (Vers. über die eigenthümliche Menge des Feuers in den festen Körpern, in den Schwed. Abhdl. 1791. 49. u. CRELLS n. Entd. d. Chem. X. 49.) bestimmt die spezifische Wärme nicht bei gleichen Massen sondern bei gleichen Volumen, und nennt dieses relative Wärme. — HERM. BOERHAVE elem. chem. Lips. 1732. T. I. p. 166 252. Experiments and observations on animal heat, and the inflammation of combustible bodies etc. by ADAIR CRAWFORD. London 1779. 8. 1788. 8. Vers. u. Beob. über d. Wärme d. Thiere etc. Aus d. Engl. des A. CRAWFORD ins Deutsche übers. von L. v. CRELL. Leipz. 1799. 3. Ausg. 8. GEHLERS phys. Wörterb. IV. 567. und im Supplementbände 961. ff. MAYER üb. die Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs. Erlangen 1791. 8. LAMPADIUS kurze Darstellung der vornehmsten Theorien des Feuers. Göttingen 1795. 8. CARRADORI Theoria dell Calore. Firenze 1788. 8. J. G. MAGELLANS Vers. üb. die neue Theorie des Elementarfeuers u. der Wärme d. Körper. Aus d. Franz. Leipz. 1782. 8. SCOPOLI u. VOLTA in CRELLS neuest. Entdeck. XII. 3. ff. W. MARGANS Erinnerungen gegen CRAWFORDS Theorie etc. Aus d. Engl. Leipz. 1785. 8. Prüfung d. neuen Theorie d. Feuers etc. in GRENS Journ. d. Phys. I. 5. ff. — GRENS Uebers. der Gesetze, nach welchen sich die Capacität richtet, in dessen Journ. II. 24.

2) Zu a) des obigen §. T, t bezeichnen die verschiedenen Temperaturen der zu vermischenden gleichar-

tigen Körper, M , m ihre Massen oder Volumina, und x die neu zu erzeugende Temperatur; so ist $x = \frac{T \cdot M + t \cdot m}{M + m}$. Ist also $M = m$, so ist $x = \frac{T + t}{2}$.

Auch folgt aus der obigen Formel, daß $M : m = x - t : T - x$. Vergl. G. W. RICHMANN de quantitate caloris, quae post miscelam fluidorum certo gradu calidorum oriri debet, cogitationes; in den Nov. Comment. Acad. Sc. Imp. Petropolit. T. I. p 152. Zu b) Sind die Gewichte P , p zweier ungleichartigen Körper gleich, so verhalten sich die specifischen Wärmen m , n umgekehrt, wie die Veränderungen in ihren respectiven Temperaturen x , y nachdem sie auf eine gemeinschaftliche Temperatur gebracht worden sind; ist also $P = p$, so ist $m : n = y : x$ mithin $m = \frac{xy}{x}$.

Sind hingegen die Gewichte ungleich, in diesem Falle durch G , g bezeichnet; so ist $m : n = yg : xG$ mithin $m = \frac{nyg}{xG}$. Vergl. D. IRVINE Beob. u.

Berechnung. in CRAWFORDS angef. Schrift. GADOLINS Vers. in d. Abhdl. d. Schwed. Akad. d. Wissensch. v. Jahr 1784. — NICHOLSONS Treatise on natural philosophy. BLAKS Vorles. üb. d. Grundl. d. Chem. Herausgeb. von J. ROBINS. Aus d. Engl. von L. v. CRELL. Hamburg 1804. 8. I. 99—120. 393. ff.

5) Bei hieher gehörenden Vers. ist zu bemerken, daß der wärmere Körper um etwas durch die äussere Luft, durch das Gefäß etc. erkaltet; daß bei eintretenden chemischen Mischungen keine unmittelbaren Vergleichungen der Körper möglich sind, und daß bei eintretenden Zustandsänderungen Wärme gebunden wird, dessen Menge nach Verschiedenheit der

chemischen Beschaffenheit und selbst der Zustandsstufe des Körpers veränderlich ist. Vermischt man Schnee oder Eis dessen Temperatur = 0° R. oder 32° F. ist, mit Wasser von 60° R., so ist die neue Temperatur nicht 30° R., sondern bleibt 0° R., indem aller Schnee flüssig wird. 1 Pfund Eis bindet daher beim Schmelzen so viel Wärme (nach LAVOISIER und LAPLACE) als nöthig ist, um 1 Pfund Wasser bis zu 60° R. zu erwärmen; und nach WATTS Vers. bindet das in Dampf übergehende bereits siedende Wasser so viel Wärme, als nöthig wäre, um einen Körper, der gleiche Wärmecapacität mit dem Wasser hat, bis 419° R. zu erhitzen. Vergl. Erkal tung durch Verdampfen, oben S. 868. Um in hieher gehörenden Fällen die Wärmemittheilung zu bestimmen, muß zuvor die Menge der latent werdenden Wärme bestimmt werden. Hierauf stützte LAVOISIER und LAPLACE sein Verfahren, die specifische Wärme verschiedener Stoffe zu vergleichen, und die Einrichtung des dazu erfundenen Calorimeters, vergl. ob. S. 854. In der Regel haben dichtere Körper mehr specifische Wärme als dünnere; vergl. die Temperaturerhöhungen durch Mischung von Schwefelsäure und Wasser etc., durch Druck, Stofs, Hämmern etc.

4) In nachfolgender Tabelle sind die Resultate über einige der bisher rücksichtlich ihrer specif. Wärme untersuchten, und mit der des Wassers (die zu 1,0000 gesetzt ist) von gleicher Temperatur verglichenen Körper so zusammengestellt, daß in der dritten Columne bei gleichem Gewichte, und in der vierten bei gleichem Volumen das Verhältniß ihrer specif. Wärme angegeben wird. Die Resultate der vierten C. sind nach MAYER (vom Wärmestoff etc.)

dadurch erhalten worden, daß die spezifische Wärme gleicher Gewichte der verschiedenen Stoffe mit ihrem (respectiven) specif. Gewichte multiplicirt wurde.

| | Namen d. Specif. | | Specif Wärme. | |
|-----------------------------|---|----------------|-----------------|------------------|
| | Beob. | Gewicht | Gleicher Gew. | Gleicher Volun. |
| Wasserstoffgas | CRAWFORD | 0,000094 | 21,40000 | 0,00201 |
| Sauerstoffgas | — — | 0,0034 | 4,7490 | 0,00622 |
| Atmosphär. Luft | — — | 0,00122 | 1,7900 | 0,00213 |
| Salpetergas | — — | 0,00120 | 0,7036 | 0,00080 |
| Kohlensaures Gas | — — | 0,00183 | 1,0459 | 0,00186 |
| Wasserdampf | — — | — | 0,5500 | — |
| Wasser | — — | 1,000000 | 1,000000 | 1,000050 |
| Salzsäure | — — | 1,122 | 0,6800 | 0,7630 |
| Schwefelsäure | Mittelzahl u. CRAWF. KIRWAN u. LAVOISIER | 1,840 1,353 | 0,5968 0,576 | 1,0981 0,7804 |
| Salpetersäure | — — | — | 0,1030 | 0,1039 |
| Weinessig destill. | CRAWFORD | 0,8371 | 0,6021 | 0,5040 |
| Flüssiges Ammoniak | KIRWAN | 0,997 | 0,7080 | 0,7058 |
| Kalkwasser | LAVOISIER | — | 0,3346 | — |
| Kalilösung | KIRWAN | 1,346 | 0,759530 | 1,0216 |
| Salmiaklösung (1 : 8) | — — | — | 0,779 | — |
| Salpeterlösung (1 : 8) | LAVOISIER | — | 0,8167 | — |
| Eisenvitriollös. (1 : 2, 5) | KIRWAN | — | 0,734 | — |
| Leinöl | — — | 0,9403 | 0,528 | 0,4965 |
| Terpentinöl | — — | 0,9010 | 0,472 | 0,4677 |
| Mercur | KIRWAN u. LAVOISIER | 13,568 | 0,3100 | 4,2061 |
| Eis | KIRWAN | 0,916 | 0,9000 | — |
| Schwefel | — — | 1,99 | 0,183 | 0,3642 |
| Holzkohle | CRAWFORD | — | 0,2631 | — |
| Zink | CRAWF. u. WILKE | 7,154 | 0,981 | 0,7018 |

| | Namen d. Beob. | Specif. Gew. | Specif. Wärme. | |
|-----------------------|------------------------------|--------------|----------------|-----------------|
| | | | Gleicher Gew. | Gleicher Volum. |
| Eisen | CRAWF. u. WILKE | 7,876 | 0,1264 | 0,9955 |
| Kupfer | — — | 8,784 | 0,1121 | 0,9847 |
| Mössing | — — | 8,358 | 0,1141 | 0,9536 |
| Spießglas | — — | 6,107 | 0,0637 | 0,3890 |
| Wismuth | WILKE | 9,861 | 0,043 | 0,4240 |
| Blei | WILKE CRAWF. u. KIRWAN | 11,456 | 0,0424 | 0,4857 |
| Zinn | — — | 7,380 | 0,0661 | 0,4878 |
| Silber | WILKE | 10,001 | 0,082 | 0,8201 |
| Gold | — — | 19,040 | 0,050 | 0,9520 |
| Gelbes Bleioxyd | CRAWFORD | | 0,0680 | |
| Weisses Zinnoxid | — — | | 0,0990 | |
| Kreide | — — | | 0,2564 | |
| Wintereichen | MAYER | 0,531 | 0,51 | 0,3218 |
| Fichtenholz | — — | 0,408 | 0,65 | 0,2652 |
| Lindenholz | — — | 0,447 | 0,60 | 0,2682 |
| Reis | CRAWFORD | | 0,5050 | |
| Waizen | — — | | 0,4770 | |
| Gerste | — — | 1,054 | 0,4210 | |
| Hafer | — — | | 0,4106 | |
| Erbsen | — — | | 0,4920 | |
| Mageres Rindfleisch | KIRWAN | | 0,7400 | |
| Ochsenhaut mit Haaren | CRAWFORD | | 0,787 | |
| Lunge eines Schaafes | — — | | 0,760 | |
| Wallrath | — — | | 0,5000 | |
| Agat | WILKE | 2,648 | 0,105 | 0,565 |

5) Wo irgend Wärme verschwindet (durch Vermehrung der Capacitäten gebunden wird), ist Zustandsänderung gegeben; veränderte Form der Darstellung eines Dinges, setzt aber unter diesen Umständen voraus, daß in dem, was dieser Aenderung unterliegt,

Thätigkeiten gegeben sind, die nur innerhalb der Grenze des sich Aendernden wirken, deren Wirken aber sehr allgemeinen Bedingungen unterworfen ist. Dieses Beschränken jener Wirkungen auf die einzelne Masse, mögten wir nun zunächst als Folge eines Principis auffassen, welches der expandirenden (freien) Wärme stets entgegenstrebend, von uns früher (§. 158.) durch Kälteprincip bezeichnet wurde. Fluidisirende (freie) Wärme und begrenzende (gestaltende) Kälte gleichzeitig und am gleichen Orte wirkend, dürfte dann vielleicht dem magnetischen und electrischen Gegensatze zur ersten Quelle dienen? — Ob bei Annahme eines Wärmestoffes, freie (keiner Anziehung unterworfen, strahlende) Wärme, und ob bei Leugnung eines Kälteprincipis, vollkommene Bindung der Wärme denkbar ist, mündlich.

6) Jede Mittheilung der Wärme zwischen gegenseitig sich berührenden Massen, erfolgt anfänglich gewöhnlich schneller (und zwar um so schneller je grösser der Unterschied der respectiven Temperaturen ist), als späterhin, wo sich die Massen der Temperaturgleichheit nähern. Den verschiedenen Beobachtungen gemäfs, stehen die Wärmemengen, die ein Körper nach einander in kleinen Zeiträumen verliert, mit dem Temperaturunterschiede der Umgebung in Verhältnifs, und es scheinen die Temperaturunterschiede des Körpers und seiner Umgebung in einer geometrischen Progression sich zu vermindern, während die Zeit in einer arithmetischen Progression zunimmt. Vergl. NEUTON Princip. etc. L. III. Prop. VIII. Cor. IV. LAMBERTS Pyrometrie. §. 255. RICHMANN in den Nov. Comment. Petrop. 191. IRVINE a. a. O. Ein Körper der in käl-

terer Umgebung sich langsamer abkühlt, als ein anderer mit ihm in dieser Hinsicht verglichener, ist specifisch wärmer. Jede Abkühlung oder Erhitzung hängt aber ausser dem angeführten, von dem eigenthümlichen Vermögen des Körpers ab, die Wärme zu leiten.

§. 162.

Erfahrung lehrt, dass verschiedene Stoffe durch einen und denselben wärmenden Körper in verschiedenen Zeiten warm werden, und die empfangene Wärme durch ihre Masse verbreiten. Man nennt dieses die Leitungsfähigkeit der Körper für die Wärme; und ein Körper ist ein so besserer Wärmeleiter, je schneller er die Wärme in sich fortpflanzt und mittheilt, und in je kürzerer Zeit er einen von ihm eingeschlossenen heissen Körper abkühlt. Schlechte Wärmeleiter nennt man gewöhnlich warmhaltende Körper.

1) Seidene und wollene Kleider halten wärmer als baumwollene und leinene; Federbetten wärmer als baumwollene Decken; Strohdächer im Winter wärmer und im Sommer kühler als Ziegeldächer. Eisgruben mit hölzernen Bekleidungen halten äussere Wärme besser ab, als mit steinernen Wänden versehene. Ein an einem Ende glühender Drath verletzt die das entgegengesetzte Ende berührende Hand, während ein an einem Ende brennender Holzspahn (von gleicher Länge) am anderen Ende ohne Gefahr gehalten werden kann. Mit Schnee bedeckter Boden

bleibt im Winter wärmer, als der zu gleicher Zeit von Schnee entblößte, von der Luft unmittelbar berührte. Einrichtung und Bedeckung der Mistbeete. Umwickeln der Bäume mit Stroh. Umwickeln der Füße mit Papier, um sie (in Stiefeln) gegen das Erfrieren zu schützen. Metalle fühlen sich unter gleichen Umständen kälter an als Holz. Die erhitzten Körper erkalten im Quecksilber am schnellsten, minder schnell im Wasser, noch langsamer in der Luft. — Im allgemeinen scheinen die Körper um so schlechtere Wärmeleiter zu seyn, je flüssiger, flüchtiger, durchsichtiger, weniger dicht und farbenloser sie sind, und bei organischen Stoffen, je höher der Standpunct war, den sie als organisches Compositum in der Reihe organisirter Körper einnehmen; vergl. KASTNER'S Grundr. d. Chem. 309.

2) Die Leitungsfähigkeiten heterogener Stoffe, verhalten sich dem obigen gemäß, wie die Zeiten, in denen sie (bei übrigens gleichen Umständen) von ihnen eingeschlossene erhitzte Körper abkühlen. Hier auf sich stützend hat man die Leitungsvermögen verschiedener Körper durch Versuche ausgemittelt, und das Leitungsvermögen eines bestimmten Stoffes zum vergleichenden Maasstabe wählend, ihr gegenseitiges Verhältniß (wie das ihrer specif. Wärme) in Zahlen auszudrücken sich bemüht. Bezeichnen wir die Leitungsfähigkeiten zweier Körper durch L und l ; die Zeiten, in welchen sie eine bestimmte Temperatur annehmen oder verlieren durch T und t ; die Fähigkeiten überhaupt Wärme aufzunehmen (oder ihre Anziehungen zu dem sogen. Wärmestoff) mit A und a , und die Mengen ihrer specif. Wärme mit S und s ; so ist

$$T : t = l : L$$

$$l : L = A : a$$

$$A : a = S : s.$$

3) Unter allen Körpern sind die Metalle die besten Wärmeleiter. Nach RICHMANN ist Blei der beste Wärmeleiter; hierauf folgen Zinn, Eisen, Kupfer und Mössing. Er liefs sich zu dem Ende metallene Kugeln von gleichem Volumen mit gleichen cylindrischen Höhlungen machen, füllte die Höhlungen mit einer Flüssigkeit, stellte die Kugel eines Thermometers hinein, erhitzte nun die metallenen Kugeln bis auf einen bestimmten Grad, und liefs sie hierauf in freier Luft hängend, abkühlen. (R. in den Nov. Comment. Petrop. III. 309. IV. 241.) FRANKLIN schlug vor, Dräthe verschiedener Metalle mit Wachs oder Talg zu überziehen, sie dann in heisses Oel oder geschmolzenes Blei zu senken, und die Zeit zu bemerken, in der die Abschmelzung des Wachses an jedem Drahte erfolgte. INGENHOUS (in s. seinen vermischten Schrift. II. und im Journ. de Phys. T. XXXIV. p. 68) befolgte diesen Vorschlag, und wollte gefunden haben, dafs unter den Metallen Silber am besten, Blei am schlechtesten leite. MAYER schliesst aber aus diesen Vers. gerade das Gegentheil; denn je besser das Metall leitet, um so schneller mufs die das Wachs schmelzende Wärme sich der umgebenden Luft mittheilen. MAYER (v. Wärmestoff u. CRELLs chem. Ann. 1798. I. 443.) operirte (auf ähnliche Weise wie RICHMANN) mit verschiedenen stark ausgetrockneten Hölzern, und fand das Verhältnifs der Leitung der Hölzer zu derjenigen des Wassers (= 1,000 gesetzt) im umgekehrten Verhältnisse ihrer specifischen Wärme:

| Specif. Gewicht. | Specif. Wärme. | Wärmeleitung. |
|--------------------|----------------|---------------|
| Wasser 1,000 | 1,00 | 1,00 |
| Ebenholz 1,054 | 0,43 | 2,17 |
| Weißbüchen 0,690 | 0,48 | 3,25 |
| Pflaumenbaum 0,687 | 0,44 | 3,25 |
| Sommereichen 0,668 | 0,45 | 3,26 |
| Birnbaum 0,603 | 0,50 | 3,32 |
| Föhren 0,495 | 0,58 | 3,75 |
| Tannen 0,417 | 0,60 | 3,89 etc. |

Vergl. a. a. O. RUMFORD (in GRENS N. Journ. d. Phys. IV. 418 u. Annal. d. Phys. I. 214. V. 283 u. R's Abhdl. üb. d. Wärme. Berlin 1805 S. S. 16 u. ff.) folgert ebenfalls aus seinen Vers. (üb. feste zu Kleidungsstücken dienende Substanzen verglichen mit der Leitung der Luft), daß die Wärmeleitungsfähigkeit im verkehrten Verhältnisse der beob. Zeiten, dagegen ihr wärmehaltendes Vermögen im geraden Verhältnisse derselben stehe:

| Zeiträume d. Abkühlung | Wärmeleitung. |
|------------------------|---------------|
| Luft 576 | 1,0000 |
| Feines Leinen 1032 | 0,5581 |
| Baumwolle 1046 | 0,5506 |
| Schaafwolle 1118 | 0,5152 |
| Rohe Seide 1284 | 0,4485 |
| Castorfell 1296 | 0,4444 |
| Eiderdunen 1305 | 0,4413 |
| Hasenfell 1315 | 0,4380 |

Als R. einen silbernen Löffel über eine brennende Wachskerze inwendig mit Ruß beschlagen, und einen Wassertropfen hineinfallen ließ, bemerkte er, daß der möglichst erhitzte Löffel dennoch den (nicht adhären den kugelichen) Tropfen nicht zum Sieden brachte, was theils von der schlechten Leitung der Kohle, theils von der des Wassers zeugt. R. leitet überhaupt die Leitung der unmetallischen Flüssigkeiten von ihrer Bewegung ab, in der sie sich befinden;

(32)

im ruhenden Zustande sind sie sehr schlechte Wärmeleiter. (Erkältung durch Luftzug etc.) Nach seinen älteren Beob. hierüber, steht die Leitungsfähigkeit einiger Gase in folgendem Verhältnisse zu der des Wassers und des Quecksilbers:

| | Wärmeleitungsfähigkeit gegen die des | |
|---|---|------------------|
| | Quecksilbers — 1,000 | Wassers 1,000 |
| Quecksilber | 1,000 | 3,194 |
| Feuchte Luft | 0,330 | 1,051 |
| Wasser | 0,315 | 1,000 |
| Atmosphär. Luft von gewöhnl. Dichtigkeit = 1 | — 0,08041 | 0,256 |
| Verdünnte Luft von gewöhnl. Dichtigkeit = $\frac{1}{4}$ | — 0,08023 | 0,255 |
| — — — — — = $\frac{1}{24}$ | — 0,078 | 0,249 |
| TORRICELLISCHE Leere | — 0,055 | 0,169 |

Rücksichtlich der T. Leere verdient indess bemerkt zu werden, das hier eigentlich die Leitung der Hülle die den leeren Raum begrenzt, und nicht die der Leere selbst angegeben ist; dasselbe gilt auch von PROCTERS hierher gehörenden Beob., vergl. P's Vers. über das Feuer. Cap. 4—6. — ACHARDS Vers. über die Leitung tropfbarer Flüssigkeiten in CRELLS Ann. 1787. II. 139. 292.; nach Art der RICHMANN'SCHEN angestellt und zu ähnlichen Resultaten führend, zeigen, das die Leitungsfähigkeit tropfbarer Flüssigkeiten im umgekehrten Verhältniß ihrer specif. Wärme stehe. — Auch vergl. man noch GUYTON in SCHERERS A. Journ. d. Chem. I. 411. A. v. HUMBOLDT üb. die chem. u. phys. Grundsätze der Salzwerkskunde (zugleich enthaltend mehrere Anwendungen von der richtigen Kenntniß der Wärmeleitung im gemeinen Leben);

(56²)

im Bergmännischen Journ. herausgeg. von KÖHLER u. HOFFMANN. 1792. 1. u. 2. St. — Ueb. RUMFORDS Behaupt. daß ruhige Flüssigkeiten gar nicht leiten (vergl. oben): DELUCS Einwürfe in GILBERTS ANN. I. 464. SOCQUETS ebend. VI. 407. GRIMMS a. a. O. VI. 361. TOMSONS a. a. O. XVI. 2. 129. PARROTS Prüfung ebend. XVII. 257. 369. XXII. 148. MURRAY in VOIGTS Mag. f. Naturk. IV. 440. V. 70. DALTON in GILBERTS ANN. XIV. 184.

4) In sofern ein bis zu einem bestimmten Grade erwärmter Körper, in eine kältere Umgebung kommend, dieser nur allmähig seinen Wärmeüberfluß überläßt, ist er ein Selbstwärmeleiter. Der Erfahrung gemäß, läßt er unter diesen Umständen seine Wärme um so langsamer fahren, je schneller er sie zuvor angenommen und gebunden hatte; und er ist ein so schlechterer Wärmeableiter, je größer sein Selbstleitungsvermögen war. Der beste Selbstleiter ist die Luft, ihr folgen nach BÖCKMANN der Kork (Pantoffelholz) die Hölzer, Steine und Metalle; vergl. C. W. BÖCKMANNS unter der Presse befindliche, an scharfsinnigen Bemerkungen und Versuchen reiche Abhandlungen über Wärme und Licht, von denen mir die erstere von dem Verfasser im Manuscript gütigst mitgetheilt wurde. Setzt man das Wärmeleitungsvermögen des Wismuths (der nach B. im electr. Zustande die Wärme schneller ableitet, als im nicht electricisirten) = 1000, so ist nach B. das Verhältniß folgendes:

| | |
|-----------|------|
| Wismuth | 1000 |
| Spießglas | 879 |
| Merkur | 843 |
| Blei | 841 |

| | | | |
|--------|-----|-----------------------------------|-----|
| Zinn | 666 | Rose's leichtflüss. Metallgemisch | 526 |
| Gold | 455 | Mössing | 346 |
| Silber | 441 | | |
| Nickel | 421 | | |
| Zink | 401 | | |
| Kupfer | 340 | | |
| Eisen | 332 | | |

Ueber Ableitung und Fortleitung der Wärme: vergl. LANGSDORFFS Wärmelehre. §. 119. S. 179. — Uebrigens erkaltet in ein und demselben erkaltendem Medio und bei gleichem Temperaturunterschiede, derselbe Körper um so geschwinder, je weniger Masse und je mehr Oberfläche er darbietet; oder die Erkältungszeit steht im geraden Verhältnisse der Masse des wärmeren Körpers, und im umgekehrten Verhältnisse seiner (physischen) Oberfläche. Eben so wird die Erwärmungszeit bei einem im wärmenden Medio befindlichen kälteren Körper, in demselben Verhältnisse stehen.

5) Die schlechte Leitung lockerer Körper, z. B. Wolle, Federn, Asche, Schnee etc. rührt zum Theil von der durch Adhäsion ruhig anhängenden Luft her. — Nach PARROT ist bei übrigens gleichen Umständen, die Leitung eines Körpers um so stärker je homogener, und so schwächer je heterogener seine Theile sind; GILBERTS Annal. XVII. 395. — Nach MAYER (GRENS Journ. d. Phys. III. 19.) ändert sich die Leitung eines und desselben Stoffes bei beträchtlichen Aenderungen der Temperatur; daher die Vergleichen der Leitungen verschiedener Stoffe in nahe kommenden Temperaturen angestellt werden müssen.

6) MAYER'S Bemerkung, daß die Leitung zweier

Körper sich umgekehrt verhalte, wie die Zeiten, in denen sie einerlei Aenderung einer gemeinschaftlichen Temperatur in demselben Medium erleiden (vergl. oben); oder dafs ihre Leitungsvermögen im geraden Verhältnisse stehen mit dem Logarithmen ihrer Erkältungsexponenten; begründete nachstehende von v. HUMBOLDT gegebene Formel zur Berechnung des Leitungsvermögens selbst: nach welcher dieses $= \frac{1}{p c}$ ist,

wenn das specif. Gewicht eines Körpers $= p$ und seine specif. Wärme $= c$ gesetzt wird. (Vergl. oben.) Sie kommt mit denen durch Versuche erhaltenen Resultaten genauer überein, als man es von den oftmals sehr abweichenden Bestimmungsarten der spec. Wärme zu erwarten berechtigt ist.

7) Alle tropfbare, der expansiblen Flüssigkeit fähige und alle expansibel-elastische Flüssigkeiten können (solange keine Mischungs- und Zustandsänderung erfolgt) um so höhere Temperaturen annehmen, je stärker sie comprimirt oder eingeschlossen werden. Hierauf gründen sich zum Theil die verschiedenen Siedepuncte, die eine und dieselbe Flüssigkeit hat, je nachdem sie unter verschiedenem Luftdrucke erhitzt wird; mehr hierüber weiter unten, einstweilen vergl. I. Bd. S. 338.

§. 163.

XXXXIX. Vers. In dem Brennpuncte eines grossen metallenen Hohlspiegels, bringe man die Flamme einer brennenden Kerze: die von der Flamme in Begleitung des Lichtes divergirend ausgehenden Wärmestralen, werden von dem

Spiegel aufgefangen und so zurückgeworfen, daß sie in paralleler Richtung fortgehend von einem zweiten (dem ersten ganz gleichen und ihm gegenüber aufgehängenen) Hohlspiegel gesammelt, und in dessen Brennpuncte wieder vereinigt werden; in dem Brennpuncte dieses zweiten Hohlspiegels fühlt man daher eine merkbare Wärme, die mittelst eines passenden Metallthermometers auch dem Grade nach bestimmt werden kann, während der Raum zwischen beiden Brennpuncten seine Temperatur nicht (wenigstens nicht merklich) ändert. Aus SCHEELLE'S, PICTETS u. a. hieher gehörende Beob. und Vers. ergiebt sich, daß alle undurchsichtige feste Körper die Wärmestralen nach den Gesetzen der Reflexion des Lichtes und des Schalles (vergl. die vorhergehenden Cap.) zurückwerfen.

1) Ein vor's Feuer gehaltener Glasspiegel wirft zwar (jedoch unvollkommen) das Licht, nicht aber die Wärme (wenigstens nicht bemerkbar) zurück; während die Schallstralen (z. B. einer in Gang seyenden Taschenuhr) von beiden Arten von Hohlspiegeln ohne bedeutenden Unterschied reflectirt werden. — Auch bleibt in dem obigen Versuche der erste metallene Spiegel ziemlich kalt, während der Glasspiegel sich erhitzt. Erreicht diese Erhitzung ein gewisses Maximum, so wird das Glas zum Wärmeleiter, und ist dann für die Wärme so durchföhlbar, wie es für das Licht durchsichtig ist. — Uebrigens nimmt die Intensität der stralenden Wärme in dem

selben Verhältnisse ab, wie das Quadrat der Entfernung von ihrem Ausströmungspuncte zunimmt.

2) Feste Körper heben die stralende Wärme nur zum Theil auf, ausser wenn sie sehr dunkel und möglichst wenig glatt sind, wo sie denn fast ganz zur Erhitzung jener Körper verwendet wird; sind sie durchsichtig (z. B. Glas), so lassen sie, bis auf einen gewissen Punct erhitzt, die Wärmestralen ungehindert durch. Expansibelflüssige Körper lassen die Wärmestralen ungehindert durch, jedoch scheinen diese nach HERSCHEL'S Beob. (vergl. S. 837) dabei eine Art von Brechung zu erleiden, unter Bedingungen, die denen der Lichtbrechung in gewisser Hinsicht ähnlich sind. Liquide Flüssigkeiten vermindern die stralende Wärme so lange, bis sie dadurch zu einem gewissen Grade erhitzt worden, der die Dampfbildung beschleunigt.

3) HERSCHEL glaubt aus seinen Beob. folgern zu müssen, daß die Geschwindigkeit der stralenden Wärme, derjenigen des Lichtes wo nicht gleich doch sehr nahe komme; aus PICTET'S directen Vers., ergiebt sich indess bis jetzt nur, daß die Zeit, welche die Wärmestralen gebrauchen um sich durch einen Raum von 69 par. Fufs fortzupflanzen, unmeßbar sey. — In den meisten oben unter A aufgeführten Fällen der Wärmeerregung entsteht stralende Wärme, die zum Theil durch die wärmeerregenden Substanzen selbst wieder aufgehoben wird, worauf bei denen Vers. über die Capacität der Körper für die Wärme, Rücksicht genommen werden muß.

4) Vergl. SCHEELE'S Phys. u. Chem. Werke. I. Berlin 1793. 8. — PICTET in s. oben angef. Schr. Cap.

3—7. HERSCHEL in den Philos. Transact. f. 1800. P. II. p. 255. 284. u. 293. u. in GILBERTS Ann. VII. 137. X. 68 ENGLEFIELD a. a. O. XII. 399. WÜNSCH a. a. O. XXVI. 289. ff. RITTER vergl. oben S. 838. — Ueber stralende Kälte mündlich, und Gr. v. RUMFORD in s. angef. Abhdl.

C) *Von den Wirkungen der Wärme und der Kälte auf die Raumerfüllung einzelner Materien.*

§. 164.

Dem Vorhergehenden zufolge wird die Mittheilung der Wärme in flüssigen Körpern durch Bewegung erhöht; aber nicht nur die von aussen kommende mechanische, sondern vorzüglich auch die durch ungleiche Ausdehnung (Dilatatio) der ungleich erhitzten Flüssigkeitssäulen erzeugte Bewegung ist es, welche hier die Wärmeverbreitung so auffallend beschleunigt; daher der bedeutende Unterschied beim Erhitzen flüssiger Stoffe, je nachdem die Erhitzung zunächst auf der unteren oder oberen Fläche der Flüssigkeit angebracht wird.

1) Auf diesen Unterschied beim Erhitzen haben jedoch ausserdem mechanisches Erschweren der inneren Bewegung, und Verminderung der Flüssigkeit Einfluss Vergl. oben S. 883 u. Gr. v. RUMFORD a. a. O. SOCQUET in GILBERTS Ann. VI. 407; THOMSON ebendas. XIV. 129.; MURRAY ebend. 158.; DALTON 184.; PARROT XVII. 257. 369. XXII. 148. u. BERTHOLLET in dessen Statique chimique. I. 457.

2) Erhitzung in hölzernen Gefässen. Centralfeue-

rungen. Wirkung der Wetterschächte und Wetterwechsel in Gruben. Zug der Luft in den Windöfen. Die entgegengesetzten Strömungen der Luft durch die geöffnete Thür eines geheizten Zimmers.

§. 165.

Eines der merkwürdigsten Phänomene erhitzter tropfbarer Flüssigkeiten ist das Sieden derselben, welches jedesmal erfolgt, wenn die Flüssigkeit in diejenige Temperatur versetzt wird, wo das Maximum der Expansivkraft ihres Dampfes gleich ist, dem zeitigen Druck den die Oberfläche der Flüssigkeit erleidet; vergl. E. G. FISCHERS Darstellung und Kritik der Verdunstungslehre nach den neuesten besonders den DALTONSchen Versuchen. Berlin 1810. 8. S. 20.

1) Bei jeder Temperatur bringt nämlich die Wärme in der Flüssigkeit hervor: ein Bestreben den ausdehnenden Zustand mit einer bestimmten Expansivkraft anzunehmen; welches, solange es schwächer ist, als der Druck der Luft, den entstehenden Dampf unvermerkt, vermöge der Anziehung des Wasserdampfes zur Luft, in die Luft übergehen läßt; sobald es hingegen dem Luftdrucke gleich ist, findet der Uebergang keinen Widerstand, und wird die Wärme wie gewöhnlich dem Gefäße von unten mitgetheilt, so wird die Bildung aufsteigender Dampfblasen und somit die wallende Bewegung des Siedens durch nichts gehindert, weil sie gleiche oder etwas grössere Expansivkraft als die Luft haben; Fr-

SCHER a. a. O. 19. ff. 78. ff. Auch vergl. 276—281. 358. 359. dies. Grundr.

2) Nach DALTONS Vers. soll sich die Verdunstung des Aethers, Weingeistes, flüssigen Ammoniaks, tropfbaren salzsauren Kalks, der Schwefelsäure und des Merkurs, von ihrem Siedepuncte an gerechnet, eben so verhalten als die Verdunstung des Wassers, von seinem Siedepuncte an gerechnet; was jedoch bei dem Aether und Weingeiste und bei allen ähnlichen aus dem Organischen abstammenden Flüssigkeiten, so wie auch bei allen gemischten Flüssigkeiten anorganischen Ursprungs nicht ganz genau eintreffen dürfte, indem im ersteren Falle bei hohen Temperaturen Zerstörung und im letzteren Falle (z. B. bei den wässrigen salzsauren Kalk und der wässrigen Schwefelsäure) die Ziehkräfte der Mischung Abänderungen bewirken müssen; denn die Flüchtigkeit des der Säure oder dem salzsauren Kalk beigemischten Wassers, ist zwar durch die Anziehung jener Substanzen verändert, aber nicht gänzlich gebunden.

3) Diesem zufolge würde die von DALTON gegebene Tafel der Expansivkräfte des Wasserdunstes für jede andere Flüssigkeit brauchbar bleiben, wenn man nur die Temperaturen um eine bestimmte Anzahl von Graden, hinauf oder herabrückte; FISCHER a. a. O. 84. DALTONS Beob. über die so abweichende Verdunstung des salzsauren Kalks von derjenigen des reinen Wassers, erinnern übrigens an die ältere Beob., daß das meiste Regenwasser etwas salzsauren Kalk aufgelöst enthalte.

4) Die Beob. daß die Flüchtigkeit flüssiger und fester Materien durch Vermischung mit sehr feuerbeständigen bedeutend geschwächt werden kann, ohner-

achtet die Mischung selbst zum Theil nur von Art der Lösung (S. 96) ist (z. B. die des Weingeists durch Wasser, noch mehr durch Schwefelsäure; die des Quecksilbers durch andere Metalle in Amalgamen, des Arseniks durch Gold. — Vergl. meine Beiträge II.) und umgekehrt, daß die Feuerbesändigkeit gewisser Substanzen durch verdampfende flüchtige Materien, die ihnen beigemischt waren, sehr geschwächt wird (z. B. geringe Verflüchtigung der meisten flüssigen chemischen Mischungen und Stoffe durch verdampfendes Wasser, und daher rührende Verunreinigung der neben einander in nicht gehörig verschlossenen Gefäßen aufbewahrten Flüssigkeiten), nöthigen den Experimentator bei Bestimmung der Verflüchtigungsfähigkeit eines Körpers, auf seine chemischen Verhältnisse gehörig Rücksicht zu nehmen. Ist die chemische Mischung zweier Materien von Art der Auflösung, so ist die Aenderung in der Feuerbeständigkeit oder Flüchtigkeit der Stoffe noch auffallender; z. B. Verflüchtigung mehrerer Metalloxyde und Alkalien in Verbindung mit Salzsäure, mehrerer Säuren und Oxyde in Verbindung mit Ammoniak, der Kieselerde durch Flußsäure etc.

5) Bei einer Barom. Höhe von 28 par. Zollen sieden:

| | | | |
|-------------------------|--------|----------|------------------|
| Aether | 98° F. | 29,3° R. | 36,6° d. Centes. |
| Reiner Weingeist | 140 | 48 | 60 |
| Destill. Wasser | 212 | 80 | 100 |
| Kuhmilch | 213 | 80,45 | 100,55 |
| Gesättigte Kochsalzlös. | 222,35 | 84,6 | 105,75 |
| Salpetersäure | 248, | 96 | 120 |
| Schwefelsäure | 590 | 248 | 310 |
| Leinöl | 600 | 252,4 | 321 |
| Quecksilber n. DALTON | 666 | 281,6 | 352,2 |

Im möglichst leeren Raume ist nach ROBINSONS Vers. (BLACKKE a. a. O.) der Siedepunct der Flüssigkeiten bei einer Temperatur gegeben, die 145° F. niedriger ist, als unter obigem Luftdrucke; der des Wassers bei 67° F. (oder $15,55^{\circ}$ R. oder $19,44^{\circ}$ C.), des Alkohols bei 34° F. (oder $0,88^{\circ}$ R. od. $1,11^{\circ}$ C.). Da die Tropfbarkeit der Flüssigkeiten aber nicht blofs durch den atmosphärischen Luftdruck statt findet, sondern zum Theil Erfolg der eigenen Cohäsion und der Erdschwere ist (vergl. II. u. III. Cap.), so dürfte die Erde bei plötzlicher Wegnahme des Luftdruckes, wahrscheinlich keineswegs von aller tropfbarren Flüssigkeit durch Verdampfung befreiet werden. Erwärmung des Wassers im Wasserhammer. — Dagegen sieden jene Flüssigkeiten bei höheren Temperaturen, wenn der äussere Druck zunimmt; z. B. das Wasser im PAPINIANISCHEN Digestor (S. 339) nach MUSCHENBROEK bei einer Hitze, bei welcher Bleidräthe schmelzen, d. i. bei 540° F. — Ueber die Erhitzung in hermetisch versiegelten Gefässen; vergl. S. 340.

6) Mehrere Substanzen verändern wenn sie im Wasser gelöst werden, den Siedepunct desselben (bei übrigens gleichem Luftdrucke) sehr auffallend, z. B. die meisten Salze, Säuren, Oele, Harze, Kampher, Balsame, Honig und Schleime erhöhen ihn, während er durch Zusatz fein zertheilter Metalle, des Schwefels, der Metalloxyde, Erze, Steine, Glas, erdiger Salze, gesättigter Lösung des Bittersalzes, Boraxes, Alauns etc. erniedrigt und durch nachfolgende Beimischungen gar nicht geändert wird: Merkur, schwefelsaures Kupfer, weisses Colophonium, Sandarak und Drachenblut.

7) Um in Dampf überzugehen, erfordert das Wasser

| bei 28" Barom. Höhe | 212° F. | 80° R. |
|---------------------|---------|--------|
| — 26 — — | 208,45 | 78,44 |
| — 25 — — | 206,60 | 77,61 |
| — 10,500 — — | 167 | 60 |
| — 1,856 — — | 99,50 | 30 |
| — 0,309 — — | 54,50 | 10 |
| — 0 — — | 0 | 32 |

8) Dem Vorhergehenden gemäß wird das Sieden auf Bergen bei schwächerer Erhitzung erfolgen müssen als in Thälern; die Beob. eines DE LUC (auf einer Reise über den Mont Cenis im J. 1762 und auf den Gebirgen in Faucignu 1765.), LEMONNIER (auf dem Gipfel des Lanigou in den Pyrenäen, wo das Barometer nur 20" 2,5" stand, und der Siedepunct des Wassers bei 71° R. gegeben war) SECONDAT DE MONTESQUIEUX (auf dem Pic de Midi, wo das Wasser bei 72° R. zum Sieden kam), bestätigen jene Folgerung vollkommen, und nach DE LUC bringt jede Verminderung des Barometerstandes um 1 Linie, den Siedepunct des Wassers um $\frac{10}{63}$ F'sche Grade, und die von 28 zu 27 Zoll, um 1,9 F'sche Grade herab. GREN (in dessen N. Journ. d. Phys. I. 144. ff.) stellte mehrere Vers. über den Siedepunct des Wassers in einer mit der GUERIKESCHEN Leere verbundene Glocke an, und erhielt unter anderen folgende Resultate; bei 14" 6,5" Barom. Höhe war der Siedepunct bei 67° R.; bei 8" B. H. — 56—57° R.; bei 7" B. H. 54° R.; bei 6" 1" B. H. — 51,5° R.; bei 5" 5" B. H. 42° R.; bei 1" 6" — 29,5° R. Es kommen diese Beobachtungsergebnisse ziemlich genau mit denen von BETANCOURT, SCHMID u. a. erhaltenen Resultaten über die absoluten Elasticitäten der Wasserdämpfe bei be-

stimmten Temperaturen überein, und lassen daher die Folgerung zu, daß die absolute Elasticität der Wasserdämpfe in jedem Siedgrade dem jedesmaligen Barometerstande, welcher beim Sieden des Wassers gegeben ist proportional sey.

9) Hieraus sowohl als aus dem in obigen 165 §. ausgesprochenem Gesetze folgt ferner, daß wenn die Temperatur grösser ist, als zur Bildung des Dampfes erfordert wird, so übt der Dampf auch einen verhältnismässig grösseren Druck als die Luft aus, und steht daher mit einer Quecksilbersäule im Gleichgewichte, die höher als 18" ist. Ist dagegen die Temperatur geringer als zur Dampfbildung in freier Luft erfordert wird, so übt der Dampf einen verhältnismässig geringeren Druck aus, und steht mit einer Quecksilbersäule im Gleichgewicht, die unter 28" Höhe hat. DE LUCS, BETANCOURTS, SCHMIDTS, GAY-LUSSACS, DALTONS u. a. Versuche haben diese Folgerungen bestätigt, und man ist durch diese Versuche in den Stand gesetzt, bei bekannter Temperatur die Stärke der Dämpfe zu bestimmen. v. GERSTENBERG hat neuerlichst (NEUMANN'S Lehrb. d. Chem. I. 395. ff.) zwei Formeln für den Wasser- und Weingeistdampf zur Berechnung ihrer Stärke aufgefunden, die mehr als andere früher bekannte z. B. die eines PRONY u. a. mit den Erfahrungen übereinstimmen, und daher jenen vorgezogen zu werden verdienen; a) für die Elasticität des Wasserdampfs bei jeder Temperatur ist die der Barometerhöhe $H = \frac{7}{16} \cdot 2^{\frac{t}{20}} \cdot 2^{\frac{t}{20}}$, wenn $t =$ der Temperatur des Dampfes gesetzt wird; b) für die Elasticität des Weingeistdampfes ist die Barometerhöhe $H = 1 \cdot \frac{t}{20} \cdot 2^{\frac{t}{20}} - 0,5$; wovon fast un-

beschadet der Genauigkeit — 0,5 weggelassen werden kann. Zugleich ergibt sich aus den oben erwähnten Beob. und aus denen Berechnungen gedachter Formeln, daß bei gleichen Temperaturen die Elasticität des Wasserdampfs sich zu der des Weingeistdampfes verhält wie 7:16. Endlich folgt aus allen hieher gehörenden Erfahrungen, daß die elastischen Flüssigkeiten nur dann fähig werden, eine höhere Temperatur anzunehmen, wenn die Compression ihrer Ausdehnung widersteht, und daß die Compression die Zunahme der Temperatur aller elastischen Flüssigkeiten nur darum gestattet, weil sie sich ihrer Ausdehnung widersetzt; vergl. NEUMANN a. a. O. 405. Was für die expansiblen Flüssigkeiten rücksichtlich ihrer Erhitzungsfähigkeit die Compression ist, das ist bei den festen Substanzen die Cohärenz, die jedoch je nachdem sie in den einzelnen Körpern verschieden ist, auch verschiedene Erhitzungsfähigkeit begründet, während die Compression für alle expans. Flüssigkeiten dieselbe ist, und ihre Wirkungen durchgängig nicht nur ihrer Stärke proportional, sondern auch gleichförmig sind. Höhere Temperatur geht also stets dort hervor, wo die Wärme gehindert wird eine ihrer Intensität angemessene Ausdehnung zu bewirken; vergl. a. a. O. und oben A).

10) Die in nachstehender Tabelle angegebenen Siedepuncte des Wassers (die wenigstens bei Verfertigung correspondirender Thermometer hinlängliche Genauigkeit gewähren), sind nach der obigen v. GERSTENBERGSchen Formel (a) für bekannte Barometerhöhen berechnet; vergl. NEUMANN a. a. O. 386. ff.

Das Wasser siedet bei:

| Barometerhöhe nach Pariser | | Thermometergrade nach | |
|----------------------------|--------|-----------------------|------------|
| Zoll | Linien | REAUMUR | FAHRENHEIT |
| 28 | 5 | 80,188 | 212,42 |
| 28 | 2 | 80,125 | 212,28 |
| 28 | 1 | 80,063 | 212,12 |
| 28 | — | 80 | 212 |
| 27 | 11 | 79,94 | 211,84 |
| 27 | 10 | 79,87 | 211,71 |
| 27 | 9 | 79,81 | 211,57 |
| 27 | 8 | 79,75 | 211,44 |
| 27 | 7 | 79,68 | 211,28 |
| 27 | 6 | 79,62 | 211,14 |
| 27 | 5 | 79,55 | 211 |
| 27 | 4 | 79,49 | 210,84 |
| 27 | 3 | 79,42 | 210,68 |
| 27 | 2 | 79,36 | 210,56 |
| 27 | 1 | 79,30 | 210,42 |
| 27 | — | 79,25 | 210,27 |
| 26 | 11 | 79,17 | 210,15 |
| 26 | 10 | 79,10 | 210 |
| 26 | 9 | 79,05 | 209,82 |
| 26 | 8 | 78,97 | 209,68 |
| 26 | 7 | 78,90 | 209,54 |
| 26 | 6 | 78,84 | 209,39 |
| 26 | 5 | 78,77 | 209,23 |
| 26 | 4 | 78,70 | 209,07 |
| 26 | 3 | 78,64 | 208,92 |
| 26 | | 78,43 | 208,46 |

11) Vergl. Jo. HENR. ZIEGLER de digestore Papini. Basil. 1769. 4. DE BETANCOURT Mém. sur la force expansive de la vapeur de l'eau et de esprit de vin. Paris 1792. 4. G. G. SCHMIDT in GRENS Journ. d. Phys. IV. 3. S. 259. L. BICKER u. H. W. ROUPPE's Dampfmesser; in GILBERTS Ann. X. 257. CIARCY's Dampfbarometer GRENS Journ. a. a. O. 278. EDELKRANZS vereinigt. Sicherungs- und Vacuumsventil des Pap. Topfes; GILBERTS Ann. XXII. 127.

(67)

§. 166.

Je höher die Temperatur ist, bei der eine tropfbare Flüssigkeit anfängt zu sieden, um so geringer ist diejenige Ausdehnung, welche sie durch einen bestimmten Zusatz zu ihrer bereits vorhandenen Temperatur erleidet, und umgekehrt; und die Ausdehnung jeder tropfbaren Flüssigkeit, durch gleiche Vermehrung ihrer Temperatur, nimmt um so mehr zu, je mehr sich ihre Temperatur demjenigen Grade nähert, bei dem die Flüssigkeit zu sieden anfängt. Die Versuche eines NEUTON, BLAGDEN, GILPIN, THOMSON und DE LUC bestätigen dieses vollkommen.

1) Nachstehende Tabelle liefert den Beweis des letzteren Gesetzes:

| Thermometerstand | Quecksilber nach DEUC | Schwefelsäure nach THOMSON | Wasser nach BLAGDEN | Leinöl nach NEUTON | Alkohol nach GILPIN |
|------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| 32° F. | 100000 | — | — | 100000 | 100000 |
| 40 | 100081 | 99752 | — | — | 100539 |
| 50 | 100183 | 100000 | 100023 | — | 101105 |
| 60 | 100304 | 100279 | 100091 | — | 101688 |
| 70 | 100406 | 100558 | 100197 | — | 102281 |
| 80 | 100508 | 100806 | 100332 | — | 102890 |
| 90 | 100610 | 101054 | 100694 | — | 103517 |
| 100 | 100712 | 101317 | 100908 | 102760 | 104162 |
| 110 | 100813 | 101540 | — | — | — |
| 120 | 100915 | 101834 | 101404 | — | — |
| 130 | 101017 | 102097 | — | — | — |
| 140 | 101119 | 102320 | — | — | — |
| 150 | 101220 | 102614 | 102017 | — | — |
| 160 | 101322 | 102893 | — | — | — |
| 170 | 101424 | 103116 | — | — | — |
| 180 | 101526 | 103339 | — | — | — |
| 190 | 101628 | 103587 | 103617 | — | — |
| 200 | 101730 | 103911 | — | — | — |
| 212 | 101835 | — | 01577 | 107250 | — |

SCHMIDTS hierher gehörende Vers.; in GRENS Journ. I. 216. DE LUC, ROY u. HALLSTRÖM über die Ausdehnung des Quecksilbers; GILBERTS Ann. XVII. 107.

2) DALTON (GILBERTS Annal. XV.) brachte tropfbares Wasser in die TORICELL. Leere, d. i. in einen veränderlichen aber gesperrten leeren Raum, und setzte es hierin verschiedenen Temperaturen aus; bei jeder Temperatur bildete sich unsichtbarer Wasserdampf, dessen Expansivkraft mit seiner Menge zunahm, bis sie ein gewisses für diese Temperatur unveränderliches Maximum erreichte. Vergl. oben S. 815. DALTON suchte dieses Maximum für jeden Thermometergrad zu bestimmen; und entwarf eine auf die Resultate dieser Versuche begründete Tabelle. Als Gesetz dieser Tafel scheint schon jetzt (bei noch obwaltenden Mangel an Genauigkeit der einzelnen Bestimmungen, die nur durch häufige Wiederholung jener Versuche möglich wird) hervorzugehen, dafs, bei gleichförmig wachsender Temperatur, das Maximum der Expansivkräfte ohngefähr in einer geometrischen Reihe wachse. Die Abweichung hiervon in D's Tabelle darf wie FISCHER wohl mit Recht vermuthet, als Fehler unserer Quecksilberthermometer angesehen werden, da eigentlich alle Beob. der Art mit genauen Luftthermometern angestellt werden sollten. Vergl. FISCHERS Kritik. S. 9. ff. 24. ff. u. SOLDNER in GILBERTS Annal. XVII. u. XXV. Nachstehender Auszug der DALTONSchen Tabelle, den FISCHER (a. a. O. 11.) entwarf, möge dazu dienen obige Resultate anschaulicher zu machen. Die erste Columnne enthält Temperaturen der R'schen Skale, unter der Voraussetzung, dafs der Siedepunct bei 30 engl. (oder 28 par.) Z. Barometerhöhe bestimmt

(57²)

sey. Die zweite Columne enthält Verhältniszahlen der Temperatur nach dem Luftthermometer. Nach GAY-LUSSAC dehnt sich ein Luftquantum von der Eiskälte bis zum Siedepunct im Verhältniß 8:11 aus. Nimmt man nun an, daß Merkur und Luft gleichen Gang beobachten, so könnte man den Fundamentalabstand in 30 Theile theilen, bei dem Frostpuncte 80 und beim Siedepuncte 110 schreiben. Die dritte Columne enthält das Maximum der Expansivkraft des Dunstes bei jeder Temperatur nach engl. Zollen Barom. Höhe angegeben und unmittelbar aus DALTONS Tabelle entnommen. Die vierte Columne enthält den Exponenten jeder zwei in diesem Auszug unmittelbar auf einander folgenden Expansivkräfte nur bis zu Hunderteln berechnet.

| Temper. nach d. Reaumur'schen Skale. | Temper. nach dem Luftther- mometer. | Expansivkräf- te nach engl. Zollen. | Exponenten jeder zwei Ex- pansivkräfte. |
|--|---|---|---|
| 0° | 80 | 0,200 | 1,87 |
| 8 | 83 | 0,375 | 1,80 |
| 16 | 86 | 0,676 | 1,79 |
| 24 | 89 | 1,21 | 1,74 |
| 32 | 92 | 2,11 | 1,66 |
| 40 | 95 | 3,50 | 1,64 |
| 48 | 98 | 5,74 | 1,57 |
| 56 | 101 | 9,02 | 1,54 |
| 64 | 104 | 13,92 | 1,49 |
| 72 | 107 | 20,77 | 1,44 |
| 80 | 110 | 30,00 | |

Wird mithin eine Luftmasse, bei gleichbleibender Temperatur, geprefst, so nimmt nach dem MARIOTTISCHEN Gesetz ihre Dichtigkeit in gleichem Verhältnisse mit dem Drucke zu. Würde die Temperatur einer Luftmasse bei gleichbleibendem Drucke geändert, so ändert sich ihr Volumen in geradem Verhältniß mit den Graden des Luftthermometers, also ihre

Dichtigkeit verkehrt in eben dem Verhältnifs. Ist sie hingegen gesperrt, dafs sich ihr Volumen und also auch ihre Dichtigkeit nicht ändern kann, so ändert sich ihre Expansivkraft in eben dem Verhältnifs. Bei den Dämpfen sind diese Gesetze durch das Maximum der Ausdehnbarkeit, dessen sie bei einer bestimmten Temperatur fähig sind, beschränkt. FISCHER a. a. O. 12. und dessen Lehrb. der mechanischen Naturl. Berlin 1805. XXX. Cap. §. 4. Aufschwellen mit Luft gefüllter Blasen durch Erhitzung. Die Einrichtung des Luftthermometers, des Heronsballs, der Feuerfontaine. Wird Wasserdampf in eine mit ihm gleich heisse Umgebung gelassen und zusammengedrückt; so wird ein Theil des Dampfes liquide, und die Temperatur steigt bedeutend. VOLTA u. SCOPOLI in CRELLS N. Entdeck. XL. 47.

3) Mit der Ausdehnung durch die Wärme ändert sich nothwendig auch das specif. Gewicht der Körper; vergl. Cap. II. dies. Grundr. Unter gleichen Umständen werden durch die Wärme expansibelflüssige Körper beträchtlicher als tropfbare, und diese mehr als feste Körper ausgedehnt. 100 Cub. Zoll Luft, von 32° F. bis 212° erhitzt; nehmen ein Volumen von 137,5 C. Z. ein; 100 C. Z. Wasser unter gleichen Umständen ein Volumen von 104,5; und 100 C. Z. Eisen; von 100,1. Die Ausdehnung des Wassers ist also um 45 mal grösser als die des Eisens, und die der Luft um 8 mal grösser als die des Wassers, und um 375 mal grösser als die des Eisens. Hohle Glaskügelchen die im kalten Weingeiste schwimmen, sinken im heissen unter. Ueber die Gewalt eingeschlossener und erhitzter Luft oder Dämpfe vergl. S. 339 u. FR. BAADER: Versuch einer Theorie der Spreng-

arbeit, nebst einem Vorschlag zur Verbesserung der Kunstsätze. Freiberg u. Annaberg 1792. 8. — Ueber die Methode: Gefässe mit enger Mündung (durch Erhitzung) mit tropfbaren Flüssigkeiten zu füllen. — Nach ROBINS dehnt sich atmosphärische Luft, die beim Eispunct einen C. Z. Raum einnimmt, bei der Weißglühhitze des Eisens auf vier C. Z. aus. R's neue Grundsätze der Artillerie übers. von EULER. Berlin 1745. 8. — Die Wirkung der Knallkugelchen. — Ueber die Ausdehnung verschiedener Luftarten vergl. PRIESTLEY's Vers. u. Beob. über verschiedene Gattungen der Luft. III. 322. PRIEUR DU VERNOIS Vers. beschrieben von DE MORVEAU; aus d. FRANZ. übers. in GRENS Journ. d. Phys. I. 399. G. G. SCHMIDT in GRENS N. Journ. d. Phys. IV 370. — Ueber Dunstbläschen-Entstehung vergl. §. 89. ff. u. C. G. KRATZENSTEIN von dem Aufsteigen der Dünste und Dämpfe. Halle 1744. 8. DE SAUSSURE's Hygrometrie. Leipz. 1784. 8. §. 198. ff. HILDEBRANDT, der die Bildung dieser Sphäroiden für die Wirkung electriche Polarität hält; dessen Naturlehre § 784. S. 607. Ein tropfbarer Körper ist um so flüssiger, je wärmer er ist. GERSTNER in GILBERTS Ann. V. 160.

4) Gleichzeitig mit DALTON, jedoch mittelst eines zusammengesetzteren und genauere Resultate gewährenden Apparats, entdeckte GAY-LUSSAC jenes wichtige Gesetz, daß alle Luftarten und Dämpfe, sofern diese keine Zustandsänderung erleiden, durch gleiche Temperaturveränderungen bei gleichbleibendem Drucke im gleichem Verhältniß ihr Volumen ändern, oder bei gleichbleibendem Volumen, im

gleichen Verhältnifs ihre Expansivkraft ändern. Der Grund warum andere Naturforscher z. B. SCHMIDT (vergl. oben) fanden, daß die Gase und Dämpfe durch gleiche Wärmegrade ungleich ausgedehnt würden, muß darin gesucht werden, daß die Gase womit jene Physiker operirten, nicht wasserfrei waren. Jenes Gesetz ist um so wichtiger, da es in den Stand setzt, in der Ausdehnung einer permanenten, völlig trocknen Luftmasse, ein einzig richtiges Maafs der Wärme zu erhalten; indem die Ausdehnung der Gase lediglich eine Wirkung der Wärme und keineswegs von ihren specifischen Qualitäten abhängig ist. FISCHER a. a. O. 22.

5) Nach GAY-LUSSACS Vers. beträgt die Ausdehnung der Luft für jeden Grad der F'schen Skale zwischen dem Eis- und Siedepunct des Wassers $0,00208$ oder $\frac{1}{480}$ (nach DALTON $\frac{1}{481}$) Theile, die Resultate hieher gehörender Berechnungen und Versuche hat GAY-LUSSAC in einer Tabelle zusammengestellt (GILBERTS Annal. XII. 396), der zufolge das Volum der Luft bei 32° F. zu 10000 gesetzt, bei 212° F. $= 137440$ iss. G. L. hat jedoch bei diesen Angaben auf die Ausdehnung des Glases der Gefässe nicht Rücksicht genommen; sein Resultat ist daher zu klein, und in allen seinen Versuchen haben sich die elast. Flüssigkeiten wirklich stärker ausgedehnt. Nach GILBERTS Berechnung ist deswegen das von G. L. gefundene Resultat, um $0,0052$ Theile zu erhöhen, so daß die Grösse der Ausdehnung vom Eis- bis zum Siedepunct des Wassers jetzt auf $0,375 + 0,0052$ oder $0,3802$ Theile angenommen werden muß.

6) Nicht minder wichtig als obiges Gesetz, ist das Resultat verschiedener von DALTON über die Ver-

dampfung angestellter Versuche. Er fand, daß die (Wasser-) Verdampfung in atmosphärischer, in Sauerstoff-, Stickstoff-, Wasserstoff- und kohlenaurer Luft mit derselben Stärke vor sich gehe, als im luftleeren Raume. Nur das kohlenaurer Gas gewährte einige vom Wassergehalte herrührende Abweichungen. GILBERTS Annal. a. a. O. Auch vergl. man DE LUCS Theorie der Ausdünstung, in dessen Ideen üb. d. Meteorologie. Uebers. Berlin 1787. 8. — Bei übrigens gleichen Umständen erfolgt die Verdampfung im Sonnenlichte besser als im Schatten; im electricirten Zustande bei leitender Umgebung besser, als im nicht electricirten. Das Licht befördert die Verdampfung wahrscheinlich durch Erregung positiver Electricität.

7) Eine sehr merkwürdige Ausnahme von dem allg. Gesetz der Ausdehnung durch die Wärme macht das Wasser; es hat nämlich als Tropfbares ein Maximum der Dichte, welches nach DALTON und TRALLES (GILBERTS Annal. XIII. 293) mit $42,5^{\circ}$ F. oder $4,7^{\circ}$ R. eintritt, so daß ein Wasserthermometer nicht tiefer zu fallen vermag. Aendert man seine Temperatur über oder unter diesem Grade ab, so wird es wieder ausgedehnt, und zwar im letzteren Falle für jeden Grad unter $42,5^{\circ}$ F. um soviel, daß nach D. bei 32° F. die gesammte Wiederausdehnung $\frac{1}{160}$ derjenigen Dilatation beträgt, welche Statt hat, wenn es von $42,5^{\circ}$ F. bis 212° erhitzt. Bei 32° und 53° F. ist die Ausdehnung genau gleich. Bei Salzlösungen will man etwas ähnliches beobachtet haben, jedoch ist es hier sehr schwer zu bestimmen, ob die Condensation auf Rechnung eines eintretenden Maximums oder beginnender Krystallisation vor sich geht. Bei anderen

Flüssigkeiten hat man zur Zeit nichts dergleichen wahrgenommen. Es scheint eine unter $42,5^{\circ}$ F. beginnende Luftentwicklung, welche dem Gefrieren voran geht, der Grund jenes Maximums in der Verdichtung und darauf folgender Ausdehnung zu seyn. Vergl. meine Beitr. II. 103. die Note. ff. Die Verdichtung beim Erkalten von 212° — $189\frac{1}{2}^{\circ}$ F. verhält sich zu der beim Erkalten von $54,5^{\circ}$ — 32° F.

beim Olivenöl wie - - - - - 1,14 zu 1

beim Alkohol wie - - - - - 1,29 — 1

bei gesättigter wässriger Meersalzlösung 1,38 — 1

beim reinen Wasser wie - - - - - 90 — 1.

Neuerlichst behauptet DALTON das jenes Maximum der Condensation des Wassers bei 32° F. eintrete; GILBERTS Ann. XX. 392. XXI. 458. Vergl. auch DE LUC üb. d. Atmosphäre. I. §. 419. d. e. Gr. v. RUMFORDS Bemerk. in GILBERTS Annal. I. 346. XX. 369. G. G. HALLSTROEM resp. PALANDER diss. de methodis inveniendi dilatationes liquidorum a calorico. Aboae 1801. u. GILBERTS Ann. XIV. 297.

§. 167.

In der Regel werden die Körper durch Temperaturverminderung verdichtet, und häufig ändern sie dabei ihren Zustand, indem sie von dem dampfförmigen in den tropfbaren, und von dem tropfbaren in den festen, oder auch unmittelbar aus dem dampfförmigen in den festen Zustand übergehen. Vergl. Cap. VII. u. ob. S. 868. Indefs ist die Zahl derjenigen Körper, welche, indem sie aus dem liquiden in den festen Zu-

stand übergeben, sich ausdehnen nicht unbedeutend; und es scheinen hieher alle Körper zu gehören, welche wie das Wasser bei der Erstarrung eine prismatische Krystallgestalt und ein geringeres specifisches Gewicht annehmen; dagegen diejenigen, welche beim Erstarren keine regelmässige Anordnung der Aggregativtheile zeigen, sondern mehr oder weniger continuirlich zusammenhangende Massen bilden, und deren Festwerden daher allmählig eintritt, sich zusammenziehen.

1) Zu denen bei der Erstarrung sich ausdehnenden Körpern gehören unter andern das Wasser (Zersprengung gläserner Flaschen, steinerner Cisternen, eiserner Bomben etc. durch gefrierendes Wasser, WILLIAMS Vers. üb. d. ausdehnende Kraft des gefrierenden Wassers; aus den Transact. of the royal soc of Edinburgh II. p. 23 übers. in GRENS Journ. d. Phys. VII. 280.), das Gufseisen, Zink, Spießglas, Wismuth, der Schwefel etc., welche sich daher sämmtlich sehr gut in Formen ausgiessen. Nach THOMSON ist die Ausdehnung des erstarrenden Wassers, weit grösser als die, welche es erleidet wenn es von 0° R. bis zu 80° R. erhitzt wird, weil das spec. Gewicht des Eises nach T. c,02 ist. Zu denen bei der Erstarrung sich allmählig verdichtenden Körpern gehören unter vielen andern: Oele, Honig, Wachs, Glas und einige Metalle, z. B. das Merkur und Blei.

2) Entstehendes und schmelzendes Eis, hat die die Temperatur von 0° R. oder 32° F., welche daher der Gefrierpunct genannt wird; bereits entstande-

nes Eis kann übrigens noch weit tiefer erkaltet werden. *Memoire sur la glace* par Mr. DE MAIRAN. Paris 1749. übers. Leipzig 1752. 8. Entbindung der Kohlensäure beim Gefrieren des Brunenwassers; des Stickgases in Verbindung mit etwas brennbarem Gase, nach PRIESTLEY's und eigenen Beob. (vergl. meine Beitr. a. a. O.) Eisschichten über Flüsse und Seen, welche grosse Lasten tragen. Lockere und allmählig derber werdende Eismassen. Eispallast und Eiskanonen zu Petersburg. Verdunstung des Eises durch Anziehung überliegender Luft; GAUTERON (*Mem. de l'acad. de Paris.* 1709. 415.) beob., daß eine Unze Eis binnen 24 Stunden 100 Gran, und MAIRAN (in seiner angef. Schr. S. 240), daß ein Stück Eis in derselben Zeit $\frac{1}{5}$ seines Gewichts verlor. — *Mem. sur l'elevation et la suspension de l'eau dans l'air* par Mr. LE ROI, in den *Mem. de l'acad. de Paris.* 1751. 481. DE SAUSSURE's *Hygrometrie.* §. 181. ff. 234. ff. DE LUC *Metereolog.* §. 1. ff. u. GRENS *Journ. d. Phys.* VI. 121. VIII. 141. 293. M. HÜBE üb. die Ausdünstung und ihre Wirk. in der Atmosphäre. Leipz. 1790. 8. DELAMETHERIE üb. die Wärme, das Schmelzen und die Verdunstung; in GRENS *Journ* II. 402.

3) Auf Erstarrung der Dämpfe und Dünste gründet sich die Operation des Destillirens und Sublimirens; auf die Erstarrung des Liquiden die des Krystallisirens in der Chemie; vergl. Cap. VII. WILKENS u. C. BERRETRAYS *Luftpumpen durch Wasserdünste*; in den *schwed. Abh.* 1769. B. XXI. S. 31. ff. u. GRENS *Journ. d. Phys.* VI. 86. ff. Die Dampfmaschine: GRENS *Journ. d. Phys.* I 2. 144. u. ARTHUR WOOLF in GILBERTS *Ann.* XXI. 456.

4) Scheinbare Volumverminderung durch das Schwinden (z. B. des Thons vergl. S. 854), Zusammensintern.

§. 168.

Rücksichtlich der Zustandsänderung durch Erhitzung unterscheidet man: A) unschmelzbare (Corpora refractoria: reine Erden, Demant, Kohle, und B) schmelzbare, (C fusilia: a) leichtflüssige; Blei, Zinn, Wismuth, b) strengflüssige; Kupfer, Gold, Platin, Eisen, Titan); C) feuerbeständige (C. fixa, welche nie oder nur bei hohen Temperaturen dampfförmig werden; Erden, Kali, Natron, Gold) und D) flüchtige (C. volatilia, welche schon bei geringer Wärme in Dampf übergehen; ätherische Oele, Kampfer, Aether, Alkohol, Ammoniak, Salzsäure, Flusssäure, wässeriges Osmiumoxyd, Arsenik und arsenigte Säure).

1) Verschiedene Stoffe befördern die Schmelzung anderer, indem sie mit ihnen gemischt, oder oftmals indem sie damit gemengt und dann erhitzt werden, und werden daher Flüsse (Fluores) genannt. Gewöhnlich schmilzt der Fluss zuerst, öfters aber (z. B. bei Kalk und Thon) schmelzen die gemengten Stoffe in einer Temperatur, in der sie jeder für sich nicht zum Flusse kommen. Wasser ist ein Fluss für Salze, Flussspath für Kalk und dadurch mittelbar für Erden; Kali für Kieselerde, Borax für alle Erden. Blei, Zinn, für Kupfer, Silber etc. Gyps für Porzellanmasse; Merkur für alle amalgamirten

Metalle; Alkohol für Eis im gewöhnlichen Branntwein. BAUME's schneller Fluß aus 5 Theilen trockenem Salpeter, 2 Theile trocknen Schwefelblumen und 2 Theile Sägespäne oder $\frac{1}{10}$ Harz, um eine kleine Silbermünze in einer Nufsschale zu schmelzen. Umgekehrt wird durch strengflüssigere Stoffe die Leichtflüssigkeit anderer vermindert; z. B. Krystalleis durch Salze; Blei durch beigemischtes Kupfer. Enthält ein Gemisch Stoffe von verschiedener Schmelzbarkeit, und wird es einer Wärme ausgesetzt, die hinreicht den leichtflüssigeren (falls er allein wäre) zu schmelzen, so schmilzt entweder der leichtflüssigere Stoff heraus, während der strengflüssigere fest bleibt (Saigerung des Bleies und Silbers aus dem Schwarzkupfer); oder das Ganze schmilzt, indem der eine Stoff dem anderen zum Flusse dient (Schmelzung verschiedener Salze im eigenen Krystallwasser); oder endlich es bleibt das Ganze fest, indem der eine dem andern am Schmelzen hindert (das Krystalleis mehrerer Fossilien und Salze, welche eine geringe Menge davon enthalten, während sie über die Siedhitze des Wassers erwärmt werden). Erhöhung und Druck: z. B. des gepulverten kohlen sauren Kalks zu einer marmorartigen Masse; JAMES HALL in GEHLENS N. Allg. Journ. d. Chem. V. 287. Erhöhte Schmelzbarkeit durch chemische Mischung: das Schnellloth der Klempner ist leichtflüssiger als Zinn und Blei; ROSE's Metallgemisch aus 2 Theilen Wismuth, 1 Theil Blei und 1 Theil Zinn, wird schon im siedendem Wasser flüssig (wird aber durch öfteres Schmelzen strengflüssiger, wahrscheinlich indem es sich oxydirt), vergl. V. ROSE's d. ält. Abhdl. im Stralsund. Magaz. II. 24. — Einige feste und strengflüssige Stoffe, na-

mentlich Platin und Stabeisen, werden vor dem Schmelzen weich, und können dann durch heftigen Druck und Hammerschlag zu einer Masse vereinigt werden, welches man das Schweissen nennt.

2) Die Schmelzbarkeit steht weder durchaus mit der Härte, noch mit der Flüchtigkeit noch mit der Cohärenz, noch mit der Dichtigkeit der Stoffe im Verhältniß. Jedoch läßt sich im Allgemeinen behaupten, daß die cohärenten Stoffe die strengflüssigern sind. Wohl aber steht die Temperaturerhöhung fester Körper durchgängig im umgekehrten Verhältnisse ihrer Schmelzbarkeit. Der höchste Temperaturgrad, welcher an festen Körpern ohne eintretende Schmelzung beobachtet wurde, ist der eines Thonwürfels, welchen WEDGEWOOD bis auf 160° W. ($= 21851^{\circ}$ F.) erhitzte; vergl. 856.

3) Schmelzgrade und anderweitig merkwürdige Hitzgrade fester Körper; vergl. NEUMANN a. a. O. 374. ff.

| | Fahrh. | Reaum. | Centes. | Wdgw. |
|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------|
| Eis | 32 ^o | 0 ^o | 0 ^o | |
| Baumöl | 36 | 1,17 | 2,22 | |
| Kalimetallloid | 77 | 20 | 25 | |
| Talg | 92 | 26,66 | 35,33 | |
| Phosphor | 100 | 30,32 | 37,77 | |
| Fettwachs | 135 | 44,88 | 56,11 | |
| Wachs, rohes | 142 | 48,88 | 61,11 | |
| — — gebleichtes | 155 | 54,66 | 68,63 | |
| Schwefel | 234 | 89,77 | 112,22 | |
| Zinn | 392 | 100 | 200 | |
| Wismuth | 493 | 205 | 250,25 | |
| Blei | 594 | 250 | 312,50 | |
| Tellur | 594 | 250 | 312,50 | |
| Zink | 723 | 296 | 370 | |
| Spießglas | 770 | 345 | 431,25 | |
| Emaille Farben | 1780 | 778 | 972 | 6 |
| Mössing | 3737 | 1047 | 2058 | 21 |

| | Fahrh. | Reaum. | Centes | Wgdw. |
|--|---------|--------|--------|-------|
| Silber | 3997 | 1702 | 2203 | 23 |
| Kupfer | 4519 | 1994 | 2492 | 27 |
| Setzhitze des Glasofens (verminderte Hitze nach völliger Schmelzung, wo- bei aber doch die Masse im Fluß bleibt) | 4779 | 2110 | 2637 | 29 |
| Feines Gold | 5170 | 2284 | 2855 | 32 |
| Auswirkende Hitze d. Glas- ofens (etwas verstärkte Hitze, um das Glas nach- her zu verarbeiten) | 8328 | 3733 | 4665 | 57 |
| Flintglas | 10123 | 4485 | 5606 | 70 |
| Milchfarbenes Steingut, (Queens ware) | 12207 | 5411 | 6764 | 86 |
| Schweißhitze des Eisens | 12729 | 5643 | 7054 | 90 |
| oder | 13383 | 5933 | 7415 | 95 |
| Steingut, oder Pot de Gre's | 14299 | 6338 | 7923 | 102 |
| Derby Porzellän | 15596 | 6917 | 8646 | 112 |
| Flintglasofen in stärkster Hitze | 15856 | 7033 | 8791 | 114 |
| Thon und Kalk zu gleichen Theilen | 17029 | 7554 | 9443 | 123 |
| Spiegelglas in stärkster Hitze | 17161 | 7612 | 9516 | 124 |
| Eisenschmied in größter Hitze | 17299 | 7670 | 9588 | 125 |
| Gulßeisen, so wie auch Kobalt | 17941 | 7960 | 9950 | 130 |
| Nickel, so wie auch Hes- sische Schmelztiegel | 20548 | 9118 | 11308 | 150 |
| Geschmiedetes Eisen | 21591 | 9581 | 11977 | 158 |
| Größte Hitze in einem Windofen von 8 Qua- dratzollen, so wie auch Porzellänofenhitze | 21851 | 9697† | 12122† | 160† |
| Mangan, so wie auch Pla- tina nach GUYTON | — | — | — | — |
| Platina nach WEDGEWOOD | 23154 | 10276 | 12849 | 170 |
| Zusammensintern d. chi- nes. Porzellän, vergl. ob. | 32276,8 | 14331 | 17914 | 210 |

§. 168.

Bisherigen Erfahrungen gemäfs, dehnen sich feste Körper bei gleicher Temperaturerhöhung so gleichförmig aus, dafs Abweichungen von der vollkommenen Gleichförmigkeit nicht merklich werden; die Ausdehnung selbst ist indefs in der Regel so geringe, dafs man sich eines Mikrometers bedienen mufs, um die (wie es scheint, durchaus von der eigenthümlichen Beschaffenheit der Stoffe abhängige) Volumsvergrößerung derselben zu messen.

1) Um diese Ausdehnung merkbarer zu machen, bedient man sich einer von JOHN ELLICOTT (desc. and manner of using an instrument for measuring the degrees of the expansion of metals by heat — in den Phil. Transact. N. 443. p. 297) angegebenen Vorrichtung. Aehnliche Vers. haben BOUGUER (Mém. de l'acad. roy. des sc. 1745. S. 230), SMEATON (Phil. Transact. Vol. XLVIII. P. II. 1754. N. 79.), HERBERT (de igne. Vienn. 1773. 8.) u. a. angestellt. LAMBERTS Pyrometrie, 119.

2) Das Volum der Körper, beim Eispunkte = 100000 gesetzt, wurde durch Erwärmung von 32° F. bis 212° F. vergrößert um

| | | | | | | | |
|-------------|---|---|---|---|---|---------|---------|
| bei Glas | - | - | - | - | - | 1,00085 | SMEATON |
| — Gold | - | - | - | - | - | 1,00094 | BOUGUER |
| — Platina | - | - | - | - | - | 1,00104 | BORDA |
| — Stahl | - | - | - | - | - | 1,00122 | SMEATON |
| — Eisen | - | - | - | - | - | 1,00125 | — — |
| — Spießglas | - | - | - | - | - | 1,00130 | — — |
| — Wismuth | - | - | - | - | - | 1,00167 | — — |

| | | | |
|-----------------|-----------|---------|---------|
| bei Kupfer | - - - - - | 1,00170 | SMEATON |
| — Silber | - - - - - | 1,00189 | HERBERT |
| — Mössingi | - - - - - | 1,00193 | SMEATON |
| — Zinn | - - - - - | 1,00248 | — — |
| — Blei | - - - - - | 1,00286 | — — |
| — Zink | - - - - - | 1,00335 | — — |
| — — gehämmertes | - - - - - | 1,00373 | — — |

(Anwendung auf die rostförmigen Pendel, vergl. S. 197 dies. Grundr.)

| | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|
| Stabeisen bis zur Siedhitze | - - - - - | 1,01,500 |
| Gufseisen | - - - - - | 1,02,571 |
| Stahl | - - - - - | 1,03,128. |

3) Bei den Untersuchungen über die Ausdehnung der Körper durch die Wärme, ist die Kenntnifs der Ausdehnung des (bei Bestimmungen der Art häufig mit in den Versuch gerathenden) Glases durch die Wärme wichtig; DE LUC hat daher diesen Gegenstand einer sehr genauen Untersuchung unterworfen, der zufolge das Volum des Glases (bei 32° F. = 100000 gesetzt) vermehrt wird, wie nachstehende Tabelle ausweist.

| | | |
|--------|---|----------|
| 50° F. | — | 1,00006 |
| 70 | — | 1,00014 |
| 100 | — | 1,00023 |
| 120 | — | 1,00033 |
| 150 | — | 1,00044 |
| 167 | — | 1,00056 |
| 190 | — | 1,00069 |
| 212 | — | 1,00083. |

Ueber die raumverändernden Wirkungen der Kälte, vergl. 868. ff. u. §. 161.

D) Von den Wirkungen der Wärme und der Kälte auf die Mischung und auf die organischen Verhältnisse der Körper.

§. 169.

Sowohl durch Erhöhung als auch durch Erniedrigung der Temperatur, werden bestehende Körperganze sehr häufig wesentlich verändert; bei blossen Mischungen (durch Stoffvereinigung erzeugte unorganische Körperganze) reduciren sich diese Veränderungen auf totale oder partielle Zerlegungen, die oftmals von neuen Einungen begleitet sind; bei organisch-lebenden Körpern hingegen, treffen sie ausserdem noch das bestimmte Moment der organischen Einheit oder Beseelung (679), theils indem sie es blofs modificiren, oder indem sie es vollkommen vernichten, und so den Tod der Organismen nach sich ziehen.

1) Separationen flüssiger Mischungen und Lösungen durch Erkalten, indem sich einzelne Mischungen oder Bestandtheile heraus krystallisiren. Verflüchtigung einzelner Bestandtheile, vergl. oben u. Cap. VII. Separation des Sauerstoffs aus Metalloxyden, hyperoxydsalzsäuren und salpetersäuren Salzen etc. durch Erhitzung. Destillation der Schwefelkiese; Röstung etc. vergl. a. a. O. Reduction der Metalloxyde mittelst Kohlenzuschlag, wobei Kohlensäure erzeugt wird. Entstehung der meisten Gase. — Durch Erhitzung entweichen zuerst aus einem Gemische diejenigen Stoffe, welche die geringste chemische Anziehung und (für

sich erhitzt) die grösste Flüchtigkeit besitzen. Erhitzung der Krystalleis enthaltenden Salze. Reduction des Hornsilbers durch blosse Erhitzung (nach Art der Reduction und Oxydation dieses Präparats durch Einwirkung des gefärbten Lichtes; vgl. 853) nach SCOPOLI, VASALLI (v. CRELLS chem. Ann. 1795. II. 88 92. 150. etc.) und SCHEELÉ (dessensämmtl. Schr. I. 144.). Oxydation des Wassers durch Umwandlung desselben in Eis, und Hydrogenation desselben durch Verdampfung; KASTNERS Beitr. II. 118. u. RITTERS Einwürfe die entgegengesetzte Meinung in Schutz nehmend, ebendas.

2) Verkohlung der Pflanzen- und Thierkörper durch trockne Destillation. — Erwachen des individuellen organischen Lebens beim Entkeimen der Saamen und Brüten der Eier. — Die Temperatur lebender Organismen ist stets höher als die (zwischen 0 bis 68° F. schwebende) der umgebenden Atmosphäre; die des Menschen zwischen 90 bis 100° F. schwankend. — Mehrere Kryptogamen leben stets in einer Temperatur unter 32° F. (der rothe Schnee auf den Gipfeln der Alpen), andere in heissen Quellen. Verschiedene Versuche über das Maximum von Hitze und Kälte, welche der Mensch und andere Organismen auszuhalten vermögen. Wanderungen der Pflanzen und Thiere in sehr von einander abweichenden Himmelsstrichen. Fähigkeit des Menschen verhältnissmässig den stärksten Klimawechsel ohne grossen Nachtheil ertragen zu können etc. Vergl. Cap. VIII. u. oben S. 858 u. s. w. Erfrieren der Organismen, und Schutz der Cadaver gegen die Verwesung, sowohl durch ausdörrende Hitze (natürliche Mumien in den Sandwüsten Arabiens) als auch durch Eisumgebung. (Vorkommen des Mam-

mouth, einzelner Theile von angeblichen Riesenvögeln in Neusiberien etc.)

3) Das bestimmte Maafs von Wärme, welches jedes Körperganze (und namentlich jeder Organismus) besitzt (und fortwährend erzeugt), ist von seinen Bestandeskräften abhängig, und anzusehen als der allgemeinste Ausdruck des individuellen Daseyns (der organischen Einheit) selbst. — Ueber die Erhöhung der Temperatur des Menschen durch thierischen Magnetismus.

E) Von den Thermometeoren.

§. 170.

Bei den meisten Lufterscheinungen hat die Wärme wesentlichen Antheil, bei vielen spielt sie eine Hauptrolle, und diese letzteren nennt man ausschliessentlich Thermometeore. Ausser mehreren bereits in Cap. V. u. X. erwähnten, gehören hierher: die Ausdünstungen der Erdoberfläche und die Niederschlagungen des expansiblen (mehr oder minder mit fremdartigen Theilen geschwängerten) Wassers; die Strömungen der Luft und die Winde; und die klimatischen Veränderungen der Erdoberfläche. Versuch einer Erklärung der einzelnen hierher gehörenden Phänomene mündlich. — Vergl. LAMPADIUS Atmosphärologie. §. 58—77. u. J. T. MAYERS Lehrb. üb. die phys. Astronomie, Theorie der Erde u. Meteorologie. Göttingen 1805. 8., so wie auch oben S. 858. ff.