

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 SÖMMERINGS 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. SÖMMERING 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 daß 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, gefätsreiches, 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. 25 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. SCHEELÉ, (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 metalloid 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. GÖTHERS 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 zgedreht, 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 Weifsseyn 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 verhältnismässig 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 Punct 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 Schwiukeln, 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 Schwiukeln 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 währte, 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 Punkte 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 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 anderen 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 Mittelpunkt 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 Punkte 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 Punkte divergirend einfallen, werden so zurückgeworfen, daß sie die Axse in einem Punkte 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. LEUPOLD *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 Sonnenstrahlen 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 (farbige) 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 daß jede zwei Platten durch das Wasser verbunden werden; ihre Undurchsichtigkeit wird jetzt aufgehoben seyn, so daß 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 schiefelinigte 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 kohlensaurigen 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 dafs 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, dafs sich das Brechungsvermögen des Sauer- und Wasserstoffgases zu einander, ähnlich verhält, dem Schalleitungsvermögen gedachter Gase zu einander, vergl. S. 711 dies. Grundr. und dafs 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 behalten, 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 Stückes 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 entzünden die in dem Brennpuncte verdichteten Stralen 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 Stralen $\alpha\delta$ gehen gegen die ebene Vorderfläche des Glases senkrecht, und werden daher hier nicht gebrochen (während die Stralen 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 Verhältniß 2:3 der Sinusse, vom Einfallslothe abgelenkt werden; wodurch aber die Annäherung zum Axenstral noch vermehrt wird, in dem die Rückflächenkrümmung der Vorderflächenkrümmung entgegengesetzt ist), erleiden hingegen beim Ausgange aus der Rückfläche eine Brechung, welche sie dem Axenstrale 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 Stralen 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 Sonnenmikroskops und des ADAMS'SCHEN Lampenmikroskops; 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 finstern 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 entworfen 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 finsternen 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 bezeugen, 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 Prismas, 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 Prismas 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. GÖTHESCHEN 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 erwärmter, 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 finstern 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 Metallhydrüres 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 electrisch-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 electrischer 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 Eisenhaltigen 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 (saug 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 verschieden 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.
