
Achter Abschnitt.

V o m

L i c h t e.

Welch' ein wichtiger Gegenstand der Natur das Licht für uns sey, da es uns den Schauplag der Welt aufschließt, und bey weitem die allermeisten Begriffe zuführt, bedarf wohl keiner Erinnerung. Ueber dieß herrscht über dieses wunderbare Agens noch eine große Dunkelheit. Man hat bis diese Stunde noch, fast nur Vermuthungen über die wahre Natur desselben.

Allgemeine Bemerkungen über das
Sehen.

§. 297.

Lichtstrahlen.

Wenn die Sonne über den Horizont herauf tritt, u. s. w. so werden wir mit unserem Auge eine Menge Gegenstände gewahr. Es entsteht also die Frage: Wie wird unser Auge von diesen Gegenständen gerührt? Zwischen uns und den Gegenständen, muß irgend ein Agens seyn, durch dessen Einwirkung auf unser Gesichtorgan, die eigenthümliche Empfindung, die wir Sehen nennen, in uns bewirkt wird: das ist gewiß; darinn kommen alle Physiker überein, so wie in dem Rahmen, den man diesem Agens gibt. Es heißt nämlich das Licht, oder die Lichtmaterie, oder der Lichtstoff. Aber

worinn dasselbe bestche, und auf welche Art es auf unser Gesichtorgan wirke: darüber ist man noch nicht einig. Wir werden weiter unten die vorzüglichsten Hypothesen darüber näher beleuchten. Hier bemerken wir bloß, daß die Luft jenes Agens nicht seyn könne, weil wir ja auch Körper sehen, die sich in einem völlig luftleeren Raume befinden.

Alle Physiker kommen auch darinn überein, daß das Licht, es möge übrigens worinn immer bestehen, in geraden Linien, die man daher Lichtstrahlen nennt, auf unser Auge wirke. Man hat nämlich die Erfahrung gemacht, daß, wenn das Licht der Sonne durch eine kleine Oeffnung in ein verfinstertes Zimmer fällt, die Erleuchtung der hintereinander liegenden Lufttheilchen, eine gerade Linie bildet. Auch weiß man ja, daß man erleuchtete Gegenstände nicht wahrnehmen könne, wenn die gerade Linie zwischen ihnen und unsern Augen un-

unterbrochen wird. — Dieß gewähret den erstaunenden Vortheil, daß sich die Untersuchung der Geseze des Lichts, ohne weitere Rücksicht auf das Wesen desselben zu nehmen, auf Betrachtung gerader Linien d. i. auf Geometrie bringen läßt. Daher kömmt es denn, daß in der Lehre vom Licht so viel Mathematik vorkömmt.

Allein daraus, daß das Licht sich in geraden Linien fortpflanzt, folgt keinesweges: daß wir einen Gegenstand nur dann wahrnehmen, wenn sich von demselben, nach unsern Augen hin, eine gerade Linie ziehen läßt, die nirgends von einem andern Körper unterbrochen wird. Hier hat sich Erleben viel zu allgemein ausgedrückt. Einmahl sollte es schon heißen: „von einem andern undurchsichtigen Körper;“ denn natürlich kann die Linie von durchsichtigen Körpern unterbrochen seyn, ohne das Sehen zu hindern. Dann aber sehen

wir ja wirklich bey weitem mehr durch krumme Linien, ob sie gleich in vielen Fällen sehr wenig von den geraden abweichen. Man denke doch daran, daß wir alle Tage, die Sonne schon sehen, wenn sie noch nicht aufgegangen, und noch sehen, wenn sie schon untergegangen ist. Man denke daran, daß der Schatten eines Körpers, wenn man einen Lichtstrahl davon durch eine enge Oeffnung in ein verfinstertes Zimmer fallen läßt, immer größer, als der Körper selbst ist — welches freylich erst weiter unten ganz verständlich werden wird.

§. 298.

Feinheit der Lichtstrahlen.

Die Lichtstrahlen müssen ungemein subtil seyn. Wenn man auf einem Thurme durch die geringste Oeffnung eines Kartenblattes, mit einem Nadelstiche, sieht: so kann man die ganze Stadt übersehen. Alle

Strahlen aus diesen Gegenständen müssen durch dieses Loch, und verwirren sich doch nicht. Wären nun tausend Menschen auf dem Thurm, und sehen so, durch ein durchstochenes Kartenblatt, so würde noch immer derselbe Fall bleiben. Hier steht der menschliche Verstand stille. Das geht über unsere Begriffe.

Weil nach dieser Erfahrung, ein leuchtender oder erleuchteter Gegenstand von allen Seiten gesehen werden kann, das Auge mag gegen denselben was immer für eine Lage haben: so folget daraus, daß sich von jedem Punkte dieser Gegenstände die Lichtstrahlen nach allen Seiten zu, fortpflanzen müssen, so wie die Radii einer Kugel vom Mittelpunkte nach der Peripherie, und daß daher der Theil von ihnen, der auf unser Auge oder auf eine andere Fläche fällt, einen Strahlenkegel bildet, von dem das Auge oder die andere Fläche, worauf die

Strahlen fallen, die Grundfläche ausmacht.

§. 299.

Stärke des Lichts.

Sobald man annimmt, daß die Lichtstrahlen einen Strahlenkegel bilden, so wird auch leicht begreiflich, daß diese Strahlen immer lockerer werden müssen, je weiter man sich von der Spitze des Kegels entfernt. Es sey Fig. 49. ein solcher Strahlenkegel: so wird in der Stereometrie erwiesen, daß, wenn sich die Linien $a b$, $c d$, $e f$, etc. die man sich vom Mittelpunkt des Kegels auf eine Seite desselben gezogen denkt, wie 1, 2, 3, 4, 5, 6 verhalten, sich die Zirkelflächen, wie 1, 4, 9, 16, 25, 36 und so weiter verhalten. Und daraus wird nun der Ausdruck verständlich: die Stärke des Lichts nimmt ab, wie das Quadrat der Entfernung zu-

n i m t. Wenn man also in einer einen Fuß weiten Entfernung vom Lichte, recht deutlich lesen kann, und in einer noch einmahl so großen Entfernung eben so deutlich lesen will, so muß man 4 Kerzen anzünden. — Hieraus ist auch begreiflich, warum man die Sterne bey Tag nicht sehen kann. Es sey nämlich ein Stern eben so groß und eben so glänzend als die Sonne, aber 400000 Mahl weiter, als sie, von uns entfernt: so wird sein Licht 400000 Mahl 400000 d. i. 160000 Millionen Mahl schwächer, als das Licht der Sonne seyn, und daher gegen dasselbe ganz verschwinden.

§. 300.

Parallele Lichtstrahlen:

Alle Lichtstrahlen, die unmittelbar auf unser Auge wirken, sind als divergirend zu betrachten. (§. 298.) Indes wenn die Entfernung des leuchtenden Ge-

genstandes 206264 Mal größer ist, als die Breite der Strahlen auffangenden Fläche, wird der Winkel, den die divergirenden Strahlen an der Spitze des Kegels machen so klein, daß er für uns ganz verschwindet, und daß man also die Strahlen als parallel ansehen kann, ob sie gleich in der That aus einerley Punkt herkommen. — Mittelbar — durch Spiegel und Linsen — entstehen parallele Strahlen genug, sogar auch konvergierende.

§. 301. 302.

Leuchtende und dunkle Körper.

Es gibt Körper, die für sich allein gesehen werden können, und wiederum andere, die man nur durch Hülfe jener sieht. Erstere heißen leuchtende; letztere dunkle Körper. Ihre Erklärung richtet sich nach der Hypothese, welche man über die

aus dem Lichte hervorgeht, daß es sich

Natur und den Ursprung des Lichts annimmt.

§. 303.

Durchsichtige und undurchsichtige Körper.

Es gibt Körper, die ohne selbst zu leuchten, das Licht durch sich hindurch lassen; andere nicht. Jene heißen durchsichtige; diese undurchsichtige Körper. Die Durchsichtigkeit der Körper ist eins der schweresten Probleme in der Physik und bis jetzt noch immer nicht genügend aufgelöst. Bey der Theorie des Lichts wird darüber etwas vorkommen.

§. 304. 305.

Schatten und Halbschatten.

Wird das Licht in seinem Fortgange durch einen undurchsichtigen Körper aufgehalten, so entsteht der Schatten.

Der Halbschatten findet nur bey großen Körpern statt, bey physisch kleinen Punkten gibt es keinen. Man kann sich die Sache folgendermaßen am besten vorstellen. Es sey Fig. 50. E F eine brennende Kerze, A G eine Wand: so ist von A bis B ganzer Schatten, von B bis C Halbschatten, von C bis D volles Licht.

§. 306.

Figirtes Licht.

Der Bononische Stein ist eigentlich Schwerspath, besteht also aus Schwererde und Vitriolsäure. Wenn er kalzinirt wird, so erhält er die Eigenschaft des Lichteinfaugens. Man nennt ihn deswegen den Lichtmagnet. Das Mondlicht hat nicht die mindeste Wirkung auf ihn. — Ob er mit Recht Lichtmagnet heiße?

Theorie vom Lichte.

S. 307.

Meinungen der Alten.

Pythagoras (gestorb. 500 J. vor Chr.) und nach ihm die Pythagoräer, glaubten, daß sich von der Oberfläche der Gegenstände immer Theile absonderten, die ins Auge kämen.

Demokrit (gest. 380 J. v. Chr.) und Epikur, (gest. 270 J. v. Chr.) waren der Meinung, daß das Sehen durch seine Bilderchen, die von den Gegenständen immerfort ins Auge flößen, geschehe. Siehe-Lucret. de rer. nat. II, 4.

Empedokles, (um d. J. 444 v. Chr.) Plato (gest. 345 J. v. Chr.) und Hipparch (um d. J. 160 v. Chr.), dachten sich sowohl aus den Augen, als aus den Gegenständen Ausströmungen von Licht. Bey-

de begegnen einander und empfehlen sich dann.

Aristoteles (gest. 320 J. v. Chr.) Meinung ist unbestimmt. Er sagt, (de anima lib. 11. cap. 2.) daß zwischen dem leuchtenden Körper und dem sinnlichen Organ ein Mittel seyn müsse, so wie bey dem Schall und Geruch, und daß, wenn ein Vacuum zwischen beyden statt fände, wir gar nichts sehen würden.

Die Stoiker, deren Ahnherr Seno von Cittium (gest. 263 J. v. Chr.) ist, behaupteten, daß das Licht aus den Augen ausflöße, sich zwischen demselben und den Gegenständen kegelförmig verbreite, und daß man also damit, wie durch einen Stab — wie durch Schneckenhörner — die Gegenstände befühle. Bekanntlich hat in den neueren Zeiten, der famose Marat, diese Hypothese, als seine eigne Erfindung wieder aufgewärmt. Laplace der große Mathematiker gab ihm einmahl eine Ohrfeige.

Da sagte man: das möchte wohl das Licht gewesen seyn, das aus seinen Augen sprang. — Er stellte sich nämlich vor, daß, wenn wir wohin sehen, so stöße gleichsam das Feuer aus unsern Augen hin auf die Gegenstände, und machte uns dadurch dieselben sichtbar.

Bei den Römern ist nichts zu holen. Sie behielten sich mit den von den Griechen entlehnten Systemen und Hypothesen.

§. 308. 309.

Emanations-System.

Newton war in seinen früheren Jahren dem Vibrationsystem zugethan. Allein die Schwierigkeiten, die er bey demselben entdeckte, bewogen ihn, es zu verlassen und die Analogie, die er zwischen den Erscheinungen des Lichtes, und anderen Wirkungen der Materien wahrnahm, brachten ihn zuerst auf den Gedanken, daß das Licht

wohl etwas Materielles seyn möchte, das aus der Sonne und anderen leuchtenden Körpern gleichsam ausströme. Der große Mann wagte es nicht, diesen Gedanken für Gewißheit auszugeben, und ein System darauf zu bauen. Er wollte bey dem quid stehen bleiben, weil das quomodo immer Hypothesen erforderte, und, — setzte er hinzu — *hypotesin non fingo*. Er begnügte sich daher bloß, durch die sorgfältigsten Versuche und Beobachtungen, die Möglichkeit gezeigt zu haben, daß das Licht etwas Materielles seyn könne.

Allein nach ihm ward auf seine Meinung ein System gebaut, das von ihm den Nahmen des Newtonschen, oder des Emanationssystems führt, und das im Wesentlichen aus folgenden Hauptsätzen besteht:

I. Das Licht ist etwas Materielles, ein Fluidum ganz eigener

Art. Zu dieser Annahme berechtigen so viele Erscheinungen des Lichts, nach welchen dasselbe eben den Gesetzen unterworfen ist, an welche alle übrigen Körper gebunden sind. Bey der Reflexion des Lichts, und vorzüglich bey der Berechnung desselben und bey der Zerlegung des weißen Lichtstrahls in mehrere farbige, wird hierüber ausführlicher gesprochen werden. — Zu dieser Annahme berechtigen ferner, so viele Wirkungen des Lichts, welche die Materialität desselben voraussetzen. Auf einen Umstand wurde schon oben bey dem Sauerstoffgase aufmerksam gemacht, daß dasselbe nämlich aus gewissen Pflanzen, nur durch den Einfluß des Sonnenlichts erhalten werden kann. Eben so bleiben die Pflanzen weiß, wenn sie dem Sonnenlichte nicht ausgesetzt werden, und das Hornsilber wird schwarz, wenn es demselben ausgesetzt ist. — In Ansehung der näheren Beschaffenheit des Luftflui-

dums, kommen alle Newtonianer darinn überein, daß es ein äußerst subtiles, diskretes und ein aus Theilchen von verschiedener Art gemischtes Fluidum sey. Die Subtilität desselben ist so groß, daß sie durch keine unserer Waagen bestimmt werden kann. Indeß daran wird sich wohl Niemand stossen. Es ist ja noch gar nicht ausgemacht, ob alle Materie wirklich schwer sey: es ist sogar wahrscheinlich, daß es Materien gebe, die nicht schwer sind. Doch gesetzt, dieß wäre nicht, so sind es ja nur unsere Waagen, auf welche das Lichtfluidum nicht wirkt. — Haben wir endlich nicht ein Analogon an der Magnetischen Materie? Ist sie ein Fluidum, wie man allgemein annimmt, so muß sie ja noch viel feiner seyn, als die Lichtmaterie, weil sie durch alle Körper wirkt. Hält man z. B. einen Magnet an die eine Seite seines Kopfes und eine Magnetnadel an die andere: so leidet die letztere eben die Verän-

derungen, als wenn der Kopf nicht dazwischen wäre. Und doch wird man von alledem nicht das geringste gewahr.

Man denkt sich ferner das Lichtfluidum, als eine diskrete Flüssigkeit, d. h. deren Theilchen durch große Zwischenräume von einander abgefondert sind, und keinen ununterbrochenen Strom ausmachen.

Man denkt sich endlich das Lichtfluidum, als ein aus Theilchen von verschiedener Art gemischtes Fluidum. Hierauf gründet sich die Farbenlehre nach Newton. Die verschiedenen Arten von Licht zusammen genommen, machen das weiße Licht aus. Wird dieses durch Brechung in seine verschiedene Bestandtheile zerlegt, so zeigen sich die verschiedenen Farben.

2. Das Lichtfluidum strömt aus der Sonne, als seiner vorzüglichsten Quelle, unaufhörlich, nach allen Seiten, in gradlinige

rer Richtung und mit unbeschreiblicher Geschwindigkeit aus. — Auf die Sonne, als auf die Urquelle des Lichts, für alle ihre Planeten, und namentlich für unsere Erde und den Mond, weist gleichsam der Augenschein und die Erfahrung aller Zeiten hin. — Eben diese Erfahrung spricht auch dafür, daß jene Quelle unaufhörlich fließe, nach allen Seiten fließe, und in geradlinigster Richtung fließe. Die unbeschreibliche Geschwindigkeit des Lichts ist vollends eine mathematische Thatsache. Es legt den Weg von der Sonne zu unserer Erde, der bekanntlich 21 Millionen Meilen beträgt, in 8 Minuten und $7\frac{1}{2}$ Sekunden zurück, und macht also in jeder Sekunde einen Marsch von 43 Tausend Meilen.

3. Die Gegenstände auf welche das Lichtfluidum strömt, werden dadurch zu einer neuen Licht-

quelle für andere Gegenstände und für unsere Augen. — Das Licht nämlich, das von jenen Gegenständen nicht durchgelassen oder eingesogen wird, wird zurückgeworfen, strömt nun ebenso, wie das Sonnenlicht, aus allen Punkten des sichtbaren Gegenstandes gegen alle Seiten zu, in geradlinigter Richtung aus, und bewirkt so die Gesichtsempfindungen, Erleuchtung, Helligkeit u. s. w.

Man hat verschiedene Einwendungen gegen dieß Emanazionsystem erhoben, aber dasselbe bis jetzt nicht umzustossen vermocht. Die vorzüglichsten Gründe dagegen sind folgende:

1. Die Sonne müßte durch das unaufhörliche Ausströmen einer Materie aus allen ihren Punkten, und nach allen Seiten längst erschöpft seyn. Ein kindischer Einwurf — möchte man sagen, ob er gleich von Euler selbst herrührt. Es sollte wohl

lange dauern, bis man eine verspüren würde. Das Licht ist äußerst subtil und die Sonne so ungeheuer groß. Ihr Durchmesser verhält sich zum Durchmesser der Erde, wie 112 : 1. Es kann also Millionen Jahre dauern, ehe man es wahrnehmen wird. Man denke doch an den Moschus. Ein gewisses Gewicht davon unter Briefe gelegt, leidet keine Abnahme und doch riechen die Briefe noch in zehn Jahren darnach. — Und wie lange hat man denn die Sonne gemessen? Wer weiß, wie lange sie gestanden hat? Im Jahr 1609 wurden ja erst die Fernrohre erfunden, und lange nachher erst Messungen angestellt. — Ueberdies kann ja die Sonne anders woher Licht erhalten. Die Fixsterne sind ja alle miteinander verbunden. Vielleicht führen ihr Kometen Licht zu, die sich in dieselbe stürzen. So verschwand ihm J. 1572 ein Stern in der Kassiopeja. Er wurde immer größer und auf einmahl war er nicht mehr zu se-

hen. — Und kann denn die Sonne, nicht eben so, wie die Johannis - Wü r m - chen und andere selbstleuchtende Körper, ihr Licht selbst entwickeln? Kann sich nicht entweder in derselben oder auf derselben, oder um dieselbe, ein großes Lichtlaboratorium befinden? — Aber gesetzt auch, daß die Sonne abnähme! Was wäre es denn? Sie könnte ja eben so gut veralten, wie der Mensch. Und der Mensch ist vor Gott, gewiß eben so viel werth als die Sonne.

2. Die Lichtstrahlen würden sich durch ihre Durchkreuzungen in ihrer Bewegung aufhalten und in ihrer Richtung stören. Dieser Einwurf ist schon etwas wichtiger. Allein man antwortet darauf, theils mit der Subtilität der Lichtstrahlen, theils daß sie eine diskrete Flüssigkeit seyn könne. Wir kennen ja die Subtilität der Lichtstrahlen nicht, können uns also dieselbe so groß, als wir wollen, denken. Sie

Können also vielleicht Raum genug haben. Hier zeigt sich recht der Nutzen von der unendlichen Theilbarkeit. — Was die Dis-
kretion der Lichtstrahlen betrifft: so ist es ja gewiß, daß sich das Licht allmählig fortpflanze. Es braucht, wie schon erinnert wurde, 8 Minuten, um von der Sonne, die 21 Millionen Meilen von uns entfernt ist, zu uns herab zu kommen. Nun nimmt man an, daß das Auge den Eindruck des Lichtes $\frac{1}{2}$ Sekunde lang erhalten kann. Man sieht dieß, wenn man eine glühende Kohle in der Hand säwingt. Es scheint ein ununterbrochener Kreis gebildet zu werden. Man sieht dieß ferner, wenn man ein durchlöcheretes Blech auf etwas Gedrucktes legt. Hält man es still, so kann man nichts lesen; fährt man aber mit dem Blech hin und her auf dem Papier, so kann man lesen. — Nun in einer halben Sekunde legt das Licht, von der Sonne zu uns herab, 21 Tausend Meilen zurück. Die Theilchen der Lichtstrahlen können daher in einem

Zwischenräume von 21 Tausend Meilen von einander absehen und unserm Auge würde es doch noch scheinen, als ob sie beysammen wären, oder ein Continuum bildeten.

3. Die durchsichtigen Körper müßten alle in geradlinigen Gängen, nach allen Richtungen so durchbohret seyn, daß für die undurchdringliche Materie derselben kein Raum übrig bliebe. Unstreitig der stärkste Einwurf gegen das Emanazionsystem. Allein man kann immer darauf antworten: wir kennen die Beschaffenheit der kleinsten Theilchen der Körper und die Art ihres Zusammenhangs nicht — worauf unstreitig ihre Durchsichtigkeit beruht. Auch der dichteste Körper, den wir kennen, kann noch so locker seyn, daß er für die subtile Lichtmaterie eine Art von Sieb bildet und also undurchdringliche Materie genug noch übrig behält. — Die Undurchsichtigkeit so mancher lockeren Körper erklärt

man recht gut aus der nähern Verwandtschaft der Theilchen derselben zum Lichte, nach welcher dasselbe entweder verschluckt oder zurückgeworfen wird. — Was die Eulerianer damit sagen wollen, daß manche Körper dadurch durchsichtiger werden, wenn man ihnen eine größere Dichtigkeit gibt, sieht man gar nicht ein. Es ist wohl wahr, daß das Papier z. B. durchsichtiger wird, wenn man es in Wasser oder Oehl tränkt, aber es ist auch eben so wahr, daß z. B. der Schaum undurchsichtig ist, der doch aus Wasser und Luft besteht, die beyde durchsichtig sind. *)

*) Youngs Einwürfe gegen das Emanationsssystem, in seiner, bey der Lehre vom Schalle, angeführten Untersuchung über Schall und Licht, erlebte Lichtenberg nicht mehr. Sie sind von der gleichförmigen Geschwindigkeit, womit das Licht von allen leuchtenden Körpern ausströmen soll, und von der parzialen Zurückwerfung, mit welcher jede

Kartefius Meinung.

Kartefius nahm an, daß der ganze Welt-
raum mit vollkommen harten Kug-
gelchen seines zweyten Elements angefüllet
sey. Durch die beständig sich bewegenden
Theilchen der leuchtenden Körper werden
diese Kugelchen gestossen, und da es zwi-
schen ihnen keinen leeren Raum gibt, sie sich
also immer auf das genaueste berühren, so
pflanzen sie den Stoß durch geradlinigte
Reihen, in einem Augenblicke, auf
eben die Art fort, wie das letzte Ende eines
Stabes bewegt wird, den man an seinem
obern Ende fortstößt. —

Diese Meinung verdient keine Wider-
legung mehr; aber historisch bleibt sie im-

Brechung verbunden ist, hergenommen. Er-
stere sey ganz widersprechend, und letztere,
nach dem Emanationsysteme, durchaus
nicht erklärbar.

mer merkwürdig, weil sie die Grundfeste des Vibrationsystems wurde.

S. 311. 312.

Vibrationsystem.

Das Vibrationsystem — das schon vor Euler, von Huyghens und Hooke vorgetragen, von jenem aber nur weiter auseinander gesetzt wurde, — beruht auf folgenden Grundsätzen:

1. Es gibt eine durch den ganzen Weltraum verbreitete, äußerst feine, flüssige und elastische Materie — Aether genannt. — Die Elasticität derselben ist wenigstens 1000 Mal größer, als die der Luft, und vermöge dieser Elasticität bleibt der Aether nicht bloß über unserer Atmosphäre, sondern durchdringt sie allenthalben, und bahnt sich einen freyen Durchgang durch die Poren aller Körper.

2. Auf die Theilchen dieser Materie schlagen die leuchtenden Körper, indem sie zittern, eben so, wie die schallenden Körper auf die Luft schlagen. — Euler stellt sich eine an beyden Enden befestigte Saite vor, die, nachdem sie auf der einen Seite ist angezogen und wieder losgelassen worden, auf der andern wieder so weit hinaus schnellet und dadurch die elastische Materie, so sie vor sich findet, in Bewegung setzt. Das Theilchen, so der zurückschnellenden Saite im Wege liegt, wird zusammengedrückt; dieses drückt das zunächst vor ihm liegende zusammen; und so geht es bis auf eine gewisse Weite von der Saite fort, daß die Kügelchen immer weniger und weniger zusammengedrückt werden, bis auf das letzte, welches gar keine Zusammendrückung leidet. — Indem sich aber nachgehends das erste zusammengedrückte Kügelchen wieder ausdehnt; so drückt es auf alle folgende

und treibt sie fort; daher denn das vorerwähnte letzte Kügelchen eben diese Veränderung leidet. Also befindet sich dieses Kügelchen nun in den Umständen, in denen sich zuvor das erste befand, und erregt folglich eben dergleichen Bewegung in einer Menge Kugeln vor ihm, die bis auf eine gewisse Weite von ihm entfernt liegen. Das Kügelchen, das am Ende dieser Reihe lag, die von dem vorigen letzteren in Bewegung gesetzt wurde, kommt also bey der Ausdehnung des vorigen letzten, wieder in die Umstände, in denen das vorige bey der Ausdehnung des ersten war u. s. w.

3. Lichtstrahlen sind daher eine Reihe von Schlägen auf den Aether, die sich bis zu unserem Auge fortpflanzen. — Und so sind denn nach dem Vibrationsysteme, leuchtende Körper diejenigen, die durch ihr immerwährendes Schlagen dem Aether ringsherum Schläge mittheilen und ihn erschüt-

fern; spiegelnde Körper diejenigen, von welchen die auffallenden Schläge des Aethers unter dem gehörigen Winkel zurückfahren; durchsichtige diejenigen, welche die Schläge des Aethers durch sich hindurch fortpflanzen; und undurchsichtige diejenigen, welche durch den erschütterten Aether selbst zu einem Bittern gebracht und dadurch in den Stand gesetzt wurden, den sie berührenden Aether minder in Bewegung zu setzen.

Gegen das Vibrationsystem sind folgende Einwürfe, die bisher noch Niemand beantwortet hat:

1. Der Schall pflanzt sich nicht allein in gerader Linie, sondern auch von der Seite fort; man sieht aber nur in gerader Linie. Und mit diesem Vibrationsystem soll sich doch wie bey dem Schalle verhalten. — Daß sich der Schall nicht allein in gerader Linie fortpflanze, sieht man am besten bey einem Sprachrohre. Man braucht nicht in

derselben Richtung zu stehen, in welcher das Sprachrohr ist, um das Gesagte zu verstehen. — Daß sich aber die Lichtstrahlen in gerader Linie fortpflanzen, ist offenbar. Es würde ja sonst keine Totalsonnenfinsternisse, ja gar keine Nächte geben. Man höret auf der See Kanoniren, wenn die Schiffe schon weit unter dem Horizonte sind. Nach dem Vibrationsysteme müßte man sie da auch sehen können.

2. Die Lehre von der Refraction der Lichtstrahlen läßt sich durchaus nicht nach der Eulerschen Theorie erklären, wenn man nicht neue Hülfssifikationen annehmen will. Hingegen an die Newtonsche Hypothese schließt sich diese Lehre ungezwungen an. Dieß aber kann freylich erst weiter unten deutlich gemacht werden.

3. Es ist ganz unverkennbar, daß das Licht bey sehr vielen Naturprozessen, als etwas Körper-

liches mit wirkt. Wie in aller Welt könnte man den Einfluß des Sonnenlichtes z. B. auf die Pflanzen und auf das Hornsilber, und so viele andere Dinge mehr, nach der Eulerschen Theorie erklären!

S. 313.

WERTH BEY DER THEORIEEN.

Will man ja eine Gleichheit zwischen beyden Theorieen suchen: so kann es bloß die HELLHEIT betreffen. Diese läßt sich aus einer so gut als aus der andern erklären. Sonst gebühret offenbar der Newtonschen der Vorzug. Wenigstens ist sie das beste Bild, unter welchem man sich die Sache vorstellen kann.

EIGENSCHAFTEN DES LICHTS.

1. REKTPROGRESSION DER LICHTSTRAHLEN.

(Geradlinigte Fortpflanzung — Optik.)

Begriff, Daseyn, Gesetz und Wirkung dieser Eigenschaft der Lichtstrahlen ist be-

kannt und auch schon erwähnt worden. Es ist also nur noch das zu berühren: was wir in Ansehung der Größe, Gestalt, Entfernung u. s. w. der Körper sehen. Und dieß ist um so nöthiger, da hiegegen am meisten in Schriften und im gemeinen Leben angestossen und gesündigt wird.

§. 314.

Sehwinkel oder scheinbare Größe.

Der Sehwinkel oder die scheinbare Größe (im Gegensatz der absoluten Größe) ist derjenige Winkel, den zwey Lichtstrahlen, die von den beyden äußersten Enden eines Gegenstandes ausgehen, mit dem Auge bilden. — Alle Dinge, die unter einem Winkel erscheinen, haben einerley scheinbare Größe; die absolute Größe muß erst durch Messungen ausgemacht werden.

So hat also Sonne und Mond unter Einem Winkel einerley scheinbare Größe. Denkt man sich eine Reihe von Pfeilen unter einerley Winkel: so haben sie alle einerley scheinbare Größe.

§. 315.

Größe der Gegenstände.

Da die Größe der Gegenstände, wie sie dem Auge erscheint, nicht allein von ihrer wahren Größe, sondern auch von ihrer Entfernung vom Auge abhängt: so fragt sich's: in welcher Entfernung verschwinden die Gegenstände? Wenn man blau und gelb vermischt, nahe vor das Auge hält, so bemerkt man diese Mischung; in einiger Entfernung aber erscheint sie grün. Die Lichtflamme sieht man des Nachts ungeheuer weit; bey Tage nicht einmahl Silber und Gold so weit. — Tobias Mayer hat hierüber vortreffliche Versuche ange-

stellte. Er fand aus einer Mischung von Farbenquadrätchen, wo weisse und schwarze Quadrätchen mit einander abwechselten, daß die Gegenstände verschwinden, wenn der Sehwinkel bis zu $\frac{2}{3}$ oder zur Hälfte einer Minute abnimmt. Er ging nämlich immer weiter zurück, bis er die Farben nicht mehr unterscheiden konnte. Da ihm nun der Durchmesser der Quadrätchen bekannt war, und die Entfernung des Auges von denselben gemessen werden konnte: so bestimmte er auf diese Art die Größe des Sehwinkels, unter welchem die Gegenstände dem Auge verschwinden. — Lichtenberg zeigte das Original der von Mayer angegebenen und von Meister gezeichneten Quadrätchen vor, mit welchem diese Versuche von dem ersten angestellt wurden.

Es ereignen sich in Ansehung des Verschwindens der Gegenstände, in einer gewissen Entfernung, ganz seltsame Erscheinungen. Man sieht auf einem Bogen Pa-

pier, einen schwarzen Punkt in einiger Entfernung nicht; zieht man aber eine Linie dazu, so sieht man ihn. — Eben so sieht man einen Strick in der Ferne, ob man gleich einzelne Theile desselben nicht sehen würde. — So sieht man auch Sterne von 5ter und 6ter Größe, wenn sie neben einem großen Stern stehen, die man sonst nicht sehen würde. — So sah Lichtenberg von seinem Gartenhause aus, hinter Borden, zwischen dem grünen Felde die gelben Blümchen, die er einzeln gewiß nicht würde gesehen haben. — Dieß Alles ist in der That nicht so leicht zu erklären, als man Anfangs denken sollte. Die Linie, der Strick u. s. w. besteht ja aus einzelnen Punkten und Theilen.

§. 316. 317.

Entfernung der Gegenstände.

Auf den Umstand, daß wir die Entfernung eines Gegenstandes, auch aus

der Menge der Dinge schließen, die wir zwischen ihm und uns erblicken, gründet sich das bekannte Phänomen, daß der Mond, wenn er Abends über den Horizont herauf kömmt, so groß — „wie ein Mühlrad,“ hingegen im Meridian, viel kleiner erscheint. Eigentlich ist er vielmehr am Horizont kleiner, als im Meridian. — Daß die Dünste oder die Luft hievon die Ursache seyen, ist leeres Geschwätz. Die wahre Ursache ist vielmehr: es ist Raisonnement. Wir können durchaus nicht Entfernungen sehen, sondern schließen sie bloß. Es gehöret aber viel Uebung dazu, Empfindung und Raisonnement von einander zu trennen. Man zeichne sich doch den Mond, ein Mühlrad, einen Teller, und einen Mattir,*) unter einerley Sehwinkel. Was in aller Welt hat man nun für ein Recht, den Mond oder das Mühlrad für größer zu halten, als den Mattir? Un-

*) Eine kleine silberne Scheidemünze im Hansnöverischen.

fer Urtheil richtet sich ja blos nach dem Bilde auf der Lunika retina, und auf dieser erscheinen alle diese Gegenstände gleich groß. Man kann ja mit einem Mattir den halben Himmel bedecken. — Daß man nun aber doch das Mühlrad oder den Teller für größer hält, als den Mattir, ist ein bloßer Verunstschluß. Der Teller war einmahl weiter von uns entfernt, als der Mattir, wir mußten die Hand darnach ausstrecken, wir gingen vorbey: nun sehen wir beyde unter einerley Winkel, und schließen also, daß der Teller größer seyn müsse. — Bey dem Mond nun sind die nahen Berge, Bäume, Häuser oder andere Gegenstände die Ursache, daß er uns am Horizonte größer erscheint. — Hiezu kömmt noch der Umstand, daß wir aus der nählichen Ursache, den Himmel nicht für eine Halbkugel, sondern für ein Taschenuhrglas halten. Verlangt man daher von Jemanden, er möchte 45° am Himmel zeigen, so

zeigt er gewöhnlich 30° und also viel niedriger. Er halbirt nämlich den Bogen vom Taschenuhrglas, und nicht den Bogen von der Halbkugel. So muß ihm nun natürlich auch der Mond im Horizonte viel größer vorkommen, als im Meridian, weil ihm jener viel weiter entfernt zu seyn scheint, als dieser. — Mit einer Zeichnung kann man sich die Sache recht sinnlich machen.

Ein Paar Beyspiele werden dieß noch deutlicher machen, die Lichtenberg selbst erfuhr. Er war einmahl zu London in einer italienischen Oper. Es wurde ein prächtiger Tempel vorgestellt, dessen hinterste Säulen sich weit, weit zurück verloren. Wie er so die Pracht des Tempels anstaunte, kam ein Hund über das Theater im Hintergrunde desselben gelaufen. Der sah aus wie ein Elephant und es entstand ein allgemeines Gelächter darüber. Man verglich ihn nämlich mit den hintersten Säulen. — So ist es nun gerade auch bey dem Monde.

Ein anderes Beyspiel. Lichtenberg wohnte vorhin in einer sehr hohen Etage, wo also auch das Privet sehr tief war. Eimahl kam er in ein Privet von einer niederen Etage, sah da die halben Bogen liegen, und wunderte sich über die Unsparsamkeit der Leute.

Merkt man sich nur ein paar solcher Beyspiele, so wird man es am Ende recht leicht begreifen, daß man Entfernungen durchaus nicht sehen könne. — So kommen einem auch von einem Berge oder von einem Thurme die Leute unten viel kleiner vor. Allein auffer der schon angeführten Ursache kommt noch die hinzu, daß wir nicht gewohnt sind, von so hohen Gegenständen hinab zu sehen.

§. 318.

Gestalt der Gegenstände.

Wir sehen von den Körpern bloß ihre Gränzen oder Flächen. Je nachdem uns also die Größe und die Entfernung dieser

Grängen erscheinen: erscheint uns auch die Gestalt dieser Körper und es finden in Ansehung derselben ebenfalls wieder die mannigfaltigsten Trugschlüsse Statt.

§. 319. 320.

Bewegung der Gegenstände.

Eine Bewegung wird durchaus nicht gesehen, sondern bloß geschlossen. Indes, wenn die Zeit sehr kurz ist, während welcher man einen Körper an verschiedenen Orten sieht: so pflegt man auch zu sagen: man sehe die Bewegung. Und da entsteht dann die Frage: Wie groß muß eine Bewegung oder Geschwindigkeit seyn, die man sehen kann; Die Bewegung des Minutenzeigers sieht man, aber nicht jene des Stundenzeigers. Wie langsam muß also etwas gehen, damit es ausseht, als ob es ruhte? Man hat dieß auf folgende Art zu berechnen gesucht. Wenn

man einen Stern im Aequator z. B. den obersten im Jakobsstab des Orion eine Sekunde lang betrachtet, so kann man nicht bemerken, daß derselbe während dieser Zeit vortrübe. Demungeachtet aber, rückt dieser Stern innerhalb einer Sekunde um einen Winkel von 15 Sekunden fort. Also wird ein Gegenstand dem Auge stille zu stehen scheinen, wenn sein Weg, den er in einer Sekunde durchläuft, im Auge einen Winkel von 15 Sekunden macht. Nun stellt die Entfernung des Stern vom Auge den Cosinus des Winkels, die Fortbewegung aber in einer Sekunde, den Sinus desselben vor, und aus der Trigonometrie ist be-

kannt, daß $\text{Tang. } x = \frac{\text{Sin. } x}{\text{Cos. } x}$ sey.

Der Sinus des Winkels von 15 Sekunden ist aber = 7273 und der Cos. = 10,000000. So glich wird ein Gegenstand dem Auge stille zu stehen scheinen, wenn sich sein wahrer Weg zu seiner Entfernung wie 7273 :

10,000000 oder fast wie 1 : 1375 verhält.
— Allein man sieht gleich, daß dieß keine
allgemeine Regel geben kann. Mancher sieht
schärfer als der andere u. s. w.

2. Reflexion der Lichtstrahlen.

(Zurückwerfung — Katoptrik.)

Beyweitem das Allermeiste, was über
diese Eigenschaft der Lichtstrahlen gesagt
werden kann, gehört in die angewandte Ma-
thematik. Daher soll es denn auch hier nur
ganz summarisch abgehandelt werden.

§. 321.

Gesetz der Reflexion.

Die Lichtstrahlen, wenn sie reflektirt
werden, werden so reflektirt, wie die Körper
beym Stöße und wie die Schallstrahlen.
Nämlich der *Angulus incidentis*
ist immer dem *Angulo reflexionis* gleich, wenn man in dem Einfallspunkte

punkt ein Loth errichtet. — In Fig. 51. ist AB die reflektirende Fläche (planum reflectens) EC der einfallende Strahl (radius incidens) CD der reflektirte Strahl (radius reflexus), CF das Einfallslot (cathetus incidentiae) o der Einfallswinkel (angulus incidentiae) p der Reflexionswinkel (angulus reflexionis). Sehr oft werden auch die Winkel x und y — die bey ebenen Spiegeln ebenfalls einander gleich sind — mit dem Nahmen des Einfalls- und Reflexionswinkels belegt. — Die Ebene durch das Einfallslot CF und dem einfallenden Strahl EC heißt die Zurückwerfungsebene (planum reflexionis).

Hieraus läßt sich der Weg leicht bestimmen, den ein einfallender Strahl auf was immer für eine reflektirende Fläche — auf eine ebene oder krumme — nach seiner Zurückwerfung nehmen wird. Man errichte nämlich in dem Einfallspunkte des Strahls

ein Perpendikel, und mache jenseits desselben einen eben so großen Winkel als diesseits ist: der Schenkel jenes Winkels ist der Weg, den der zurückgeworfene Strahl nimmt.

§. 322.

Theorie der Reflexion.

Man wollte dieß Gesetz der Reflexion, nach Analogie des Gesetzes bey dem Stöße elastischer Körper, durch Kugeln erklären. Allein es ist gerade so, als wenn man auf dem Billard, Tabatieren, Tintenfässer, Brillen u. s. w. stieße, und nun noch verlangte, daß die Zurückwerfung derselben eben so regelmäßig erfolgen sollte, als die Zurückwerfung der elfenbeinernen Kugeln. —

Weit glücklicher leitet Newton die Reflexion der Lichtstrahlen von einer Repulsionskraft der Fläche her, auf welche dieselben fallen, und zeigt, daß ihr Zurückwerfen nicht wirklich auf der Oberfläche

der reflektirenden Körper geschehe, sondern daß sie vor der Zurückwerfung erst gekrümmt und sodann reflektirt werden.

Es sey $L M T S$ (Fig. 52.) ein reflektirender Körper, $L M$ seine reflektirende Fläche, $A I$ ein schief darauf fallender Lichtstrahl, und $C D$ die Gränze, bis zu welcher sich die Repulsionskraft des reflektirenden Körpers erstreckt. Die Bewegung des Strahls $A I$ kann zerlegt werden, in die Parallellkraft $P A$ und in die Perpendikularkraft $P L$. Nur die letztere erfährt einen Widerstand durch den reflektirenden Körper. Je mehr also der Lichtstrahl $A I$ unterhalb $C D$ sich der Fläche $L M$ nähert: desto mehr wird seine Bahn gekrümmt und er beschreibt nun die krumme Linie $I O$. In O ist die Perpendikularkraft $P I$ des Lichtstrahls ganz aufgehoben und die Krümmung desselben so stark, daß er mit der reflektirenden Fläche $L M$ eine parallele Richtung hat. Nun kann er sich also derselben nicht weiter nä-

Hern, sondern beschreibt zurückweichend, nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte, eine zweyte, der ersten gleiche und ähnliche Hälfte seiner krummlinigten Bahn, nämlich OH , und wenn er bey H , aus dem Wirkungskreise des reflektirenden Körpers getreten ist, geht er geradlinig in einer Tangente HB der Curve OH fort.

Wie Euler die Reflexion der Lichtstrahlen erklärt, ist schon erwähnt worden. Nach ihm sind, Licht zurückwerfende oder spiegelnde Körper diejenigen, deren Theilchen durch die Schwingungen des Aethers nicht selbst in Bewegung gesetzt werden, sondern die Schläge desselben bloß unter dem Reflexionswinkel zurück senden.

S. 323—325.

Spiegel.

Körper, die die Lichtstrahlen im vorzüglichem Grade reflektiren, sind die Spiegel.

Alle unsere Spiegel sind Metallspiegel; bey den sogenannten Glasspiegeln ist das Glas nichts weiter, als eine bequeme Art von Fassung für den eigentlichen Spiegel, der aus Zinn-Amalgama besteht. — Ein vollkommener Spiegel müßte ganz unsichtbar seyn, und könnte nur die Bilder der Gegenstände darstellen. Hierauf gründet sich Eulers Einwurf gegen das Emanationsssystem, nach welchem die dunkeln Körper durch Lichtstrahlen gesehen werden, die von den Leuchtenden auf sie fallen, und von ihnen zurückgeworfen werden — so wie der Einwurf, in Ansehung der verschiedenen Farben, welche die Körper zeigen. — Was den ersteren betrifft, so können ja die dunkeln Körper, die keine wirklichen Spiegel sind, als ein System von Spiegeln angesehen werden; natürlich aber kann das Gemisch von Strahlen, die zurückgeworfen werden, kein Bild des strahlenden Gegenstandes, sondern nur Erleuchtung des Strahlenauffangenden

Gegenstandes bewirken. — Auf den zweyten Einwurf wird weiter unten geantwortet werden. Nach Newton nämlich besitzen alle Körper die Eigenschaft, nur diese oder jene Art des weißen Lichts zurückzuwerfen, die übrigen aber entweder durchzulassen oder zu verschlucken. Aus dem schönen Versuche Franklins ergibt sich deutlich genug: daß schwarze Körper mehr Lichtstrahlen verschlucken, als andere. Er nahm verschiedenfarbige kleine Lappen von Tuch und legte sie auf Schnee, der von der Sonne beschienen ward. Die schwarzen Lappen sanken immer zuerst in den Schnee ein, zum Beweise, daß sie weniger Lichtstrahlen reflektirten, als die übrigen.

Ebener Spiegel.

S. 326. 327.

Ort des Bildes.

Die Hauptsache bey den Spiegeln betrifft den Ort des Bildes, oder den

Ort, wo man einen gewissen Gegenstand in denselben sieht. Von den ebenen Spiegeln sagt man gewöhnlich: man sehe den Gegenstand eben so weit hinter dem Spiegel, als derselbe vor dem Spiegel liegt. Allein dieß ist nur geometrisch wahr; physisch weiß man es nicht. Entfernungen werden ja nicht gesehen, sondern nur geschlossen. — Von dieser Bemerkung wird bey den Hohlspiegeln ein wichtiger Gebrauch gemacht werden.

Daß der erwähnte Ort des Bildes geometrisch wahr sey, läßt sich leicht auf folgende Art darthun. Es sey AB (Fig. 53.) ein Spiegel, in C ein leuchtender Gegenstand, in G das Auge: so fälle man aus C auf den Spiegel das Perpendikel CA — wäre der Spiegel nicht lang genug, so verlängere man ihn im Gedanken — dieß Perpendikel mache man jenseits des Spiegels eben so lang, als es diesseits ist, und ziehe nun aus dem Punkte c nach dem Auge G eine Linie, In c wird man den Gegen-

stand sehen. Nun muß bewiesen werden, daß nach gezogener Auxiliarlinie CD und nach errichtetem Perpendikel DK , die Winkel m und n gleich seyen; denn sind diese gleich, so folget auch, daß der Einfallswinkel x dem Reflexionswinkel y gleich sey. Das Vorige wird aber folgendermassen erwiesen:

$CA \equiv Ac$, laut der Bedingung.

$AD = AD$ weil jede Größe sich selbst gleich ist.

$O \equiv p$, weil beyde rechte Winkel sind.

Mithin sind die Dreyecke CAD und cAD einander gleich und ähnlich. Folglich ist auch $m = q$. Aber $q = n$, weil beyde Vertikalwinkel sind. Also auch $m = n$. Ist aber $m = n$, so ist auch $x = y$ und es hat daher mit der Behauptung seine mathematische Richtigkeit; denn das darf wohl nicht erst erinnert werden, daß das, was von den einen Punkte C gilt, auch von a

len übrigen Punkten, des daselbst befindlichen Gegenstandes gelte.

Hieraus ergibt sich nun die Auflösung verschiedener interessanter Aufgaben, von welchen wir einige anführen wollen.

Erste Aufgabe. Kann das Auge in einer gewissen Richtung einen gewissen Gegenstand in der Stube im Spiegel sehen? Es sey der Gegenstand in C (Fig. 53), das Auge G, wo man will, und der Spiegel A B ebenfalls in welcher Lage man will: so verfähre man wie vorhin; fälle aus C das Perpendikel C A auf den Spiegel, den man in Gedanken verlängern muß, wenn er nicht lang genug seyn sollte; und verlängere das Perpendikel bis c, daß $CA = Ac$ wird. Kann man nun aus c nach dem Auge G eine Linie ziehen: so wird man den Gegenstand in der Richtung G D c im Spiegel sehen; widrigen Falls kann er nicht gesehen werden. —

Zweyte Aufgabe. Wie groß muß ein Spiegel seyn, darinn man sich ganz sehen soll? Wenn der Planspiegel vertikal steht, so braucht er nur halb so lang und breit zu seyn, als der Gegenstand selbst ist, der sich darinn abbilden soll. Dieß läßt sich am besten durch eine Zeichnung erläutern und beweisen. Es sey Fig. 54. A B ein vertikalstehender Planspiegel, und C D stelle die senkrechte Höhe einer Person vor, deren Auge in O sey. Wenn man nach der vorhin gegebenen Regel verfährt, so wird man das Bild E F, in O nach den Richtungen O G E und O H F, sehen; und es ergibt sich, daß nur der Theil des Spiegels G H zur Reflexion der Strahlen diene. Dieser Theil ist nun aber gerade der halben Höhe des Gegenstandes gleich; oder $GH = \frac{1}{2} CD$. Dieß erhellet folgendermassen. Es ist nämlich $EO : GO = EF : GH$ (Kästners Geom. 26 Satz. Zus. 1.) Nun ist $EO = 2 GO$; also muß auch $EF = 2 GH$ seyn.

H q

Daß aber $EO = 2 GO$ sey, erhellet daraus, weil $EI : IC = EG : GO$ (Kästn. Geom. 25 Satz. 1.) Nun ist $EI = IC$, laut der gegebenen Regel; also muß auch $EG = GO$ seyn. Ist aber $EG = GO$; so ist $EO = 2 GO$; folglich $EF = 2 GH$; oder welches einerley ist, $GH = \frac{1}{2} EF$. Nun ist $EF = CD$, weil das Bild in einem Planspiegel dem Objekte gleich und ähnlich ist. Mithin $GH = \frac{1}{2} CD$.

Weit simpler und deutlicher wird alles, wenn man das Auge in C setzt. Da darf man nur aus den Schußschnallen bey D ein Perpendikel auf den Spiegel ziehen, dasselbe hinter demselben so lang nehmen, als es vor demselben ist, und aus dem Endpunkt eine Linie in das Auge ziehen. — Aber dann macht der Kopfschuß der Frauenzimmer, wo die eigentliche Person erst recht angeht, eine gewaltige Ausnahme. In diesem Falle muß also die Antwort auf obige Frage so lauten: der Spiegel muß halb so lang seyn,

als der Mensch bis zum Auge ist, plus der Hälfte der Länge vom Auge bis zum Ende des Kopfzeuges.

Hängt der Spiegel nicht vertikal: so kann die Antwort nur durch Versuche ausgemittelt werden.

§. 329. *)

Anwendungen.

Auf die Zurückwerfung der Lichtstrahlen bey ebenen Spiegeln, gründen sich allerley Instrumente und Spielereyen. Zu jenen gehört der Operngucker, der im Großen Polemoskop heißet. Der Operngucker hat seinen Nahmen von seinem Gebrauche in der Oper. Man kann damit jemand sehen, ohne gerade auf ihn zu sehen. Sonderbar! nun muß man aber

*) §. 328. handelt von der Einrichtung und Materie der ebenen Spiegel, wovon schon oben §. 323. die Rede war.

auf jemand anderen sehen, und beleidigt also diesen! Allein der nimmt es nicht übel; aber der könnte es übel nehmen, auf welchen die Affäre gerichtet ist.

Mit dem Polemoskop kann man über Mauern sehen. Ja es könnte jemand auf der Geismarstrasse (in Göttingen) gehen, und man könnte ihn doch im Auditorio sehen. Nur freylich, daß das Bild bey jeder Reflexion undeutlicher wird. Die Polemoskope dienen auch dazu, den Bauern durch den Leib zu sehen. Sie haben dann die Gestalt, welche Fig. 55. zeigt. B, C, D, E sind Planspiegel, die unter einem Winkel von 45° geneigt sind, A, B, C, D, E, F ist der Weg des Lichts, und in G legt sich der Bauernferl hinein.

Ganz etwas ähnliches ist es mit einem Taschenspiel, wo durch 2 Hölzer ein Bindfaden gezogen ist, und man denselben mit einem Messer entzwey schneiden läßt.

Wenn man zwey ebene Spiegel in einem Winkel stellt: wie vielmahl vervielfältigt sich das Bild? Kästner hat hierüber die beste Auflösung gegeben. Das Bild erscheint so oftmahl weniger eins, als der Winkel, den die Spiegel mit einander machen, in 360 Graden enthalten ist. Hält man sein Gesicht zu so gestellten Spiegeln: so befindet man sich in angenehmer Gesellschaft — unter lauter Bekannten. — Auch kann man mit solchen Spiegeln recht gut sein Profil zeichnen.

Krumme Spiegel.

S. 130 — 139.

Die krummen Spiegel werden in konkave und konvexe oder in Hohlspiegel und Bauchspiegel, und jene wieder in sphärische, elliptische, parabolische und hyperbolische; diese in sphärische, cylindrische und ko-

nische eingetheilt, je nachdem nämlich ihre Fläche einer Kugel, einem Ellipsoid, Paraboloid, Cylinder oder Regel angehört. Die sphärischen Hohlspiegel sind die merkwürdigsten. Ueber alle nur ein paar Worte.

a. Hohlspiegel.

1. Sphärische Hohlspiegel.

Ueber den Weg den die reflektirten Strahlen bey diesem Spiegel nehmen: ist insbesondere folgendes zu bemerken:

1. Alle Strahlen, die senkrecht auf den sphärischen Hohlspiegel fallen, werden in sich selbst zurückgeworfen.

2. Alle Strahlen, die mit der Axe parallel und derselben sehr nahe, auf den sphärischen Hohlspiegel fallen, werden in einem Punkt zurückgeworfen, der um den halben Halbmesser vom Spiegel entfernt ist, und der Brennpunkt genannt wird.

3. Alle divergirende Strahlen, werden bald weniger divergirend *), bald konvergirend; die konvergirenden hingegen immer mehr konvergirend zurückgeworfen.

Lichtenberg pflegte diese Sätze blos durch eine Zeichnung zu erläutern, welches auch bald Jedermann für sich selbst zu thun im Stande seyn wird. Sie durch Rechnung zu bestätigen, überließ er der Mathematik, welches auch derselben angehört. Aus beyden ergibt sich klar genug, daß die Wirkung der Refraktion bey sphärischen Hohlspiegeln in einer größeren Konvergierung der Lichtstrahlen, als sie vor der Refraktion hatten, bestehe, und daß diese Konvergierung

*) Weniger divergirend; wenn die Distanz des strahlenden Punktes vom Spiegel, kleiner ist, als der halbe Halbmesser; konvergirend, wenn sie größer ist, als dieselbe; parallel, wenn sie derselben gleich ist.

hey weitem in den meisten Fällen in eine Vereinigung derselben übergehe.

Die verschiedenen Erscheinungen und Anwendungen, die in dieser Wirkung ihren Grund haben: beziehen sich vorzüglich auf die vergrößerte oder verkleinerte Abbildung des strahlenden und auf die Entzündung des strahlenauffangenden Gegenstandes.

Sphärische Hohlspiegel vergrößern den Gegenstand, wenn sich derselbe zwischen den Brennpunkt und dem Spiegel befindet. Liegt er im Brennpunkte selbst, so macht er gar kein Bild; liegt er aber über den Brennpunkt-hinaus, so entstehet ein umgekehrtes Luftbild vor dem Spiegel, das bald größer, bald dem Gegenstande gleich, bald kleiner als derselbe ist, je nachdem er weiter vom Brennpunkte wegliegt. Nach der Theorie sollte in eben diesen Fällen, daß Luftbild auch, bald in einer größeren, bald in einer gleichen, bald in einer

kleineren Entfernung vom Spiegel erscheinen. Allein hiemit stimmt die Erfahrung nicht überein. Das Luftbild scheint in jedem Falle auf dem Spiegel selbst zu schweben. Hierüber muß man sich nun gar nicht wundern. Es findet hier eine ganz neue Art des Sehens Statt, Wir sehen ja so außerordentlich wenig; vom Würfel nur das Quadrat, von der Kugel nur den Kreis. Wir sehen Erhabenheiten eben so wenig, als Entfernungen. — Lichtenberg pflegte immer den Versuch über die Luftbilder mit versteckten künstlichen Rosen anzustellen. Das Bild davon war auf dem Hohlspiegel so lebhaft, daß man, nur in einiger Entfernung davon, die Rose natürlich zu sehen glaubte.

Die zündende Kraft der Hohlspiegel ist den Alten unlängbar bekannt gewesen. Daß aber Archimed, im J. 212 vor Chr. bey der Belagerung von Syrakus, die Flotte des Marcellus durch einen Brennspiegel in Brand gesteckt habe, ist eine Fabel. Es

erzählen es bloß spätere griechische Schriftsteller *Sonaras* und *Lazes*, die sich auf *Diodor* und *Dio Kassius* berufen, bey welchen die Stellen fehlen. Das Märchen ist wahrscheinlich auf folgende Art entstanden. *Montiela* vermuthet, die Verbrennung der Schiffe sey durch eingeworfenes Feuer geschehen. Weil nun *Archimed* sich zu *Syracus* aufhielt und über Brennspiegel geschrieben haben soll, so ist aus diesen Umständen das Märchen zusammengesetzt worden. Eine ähnliche Fabel hätte bey der Gelegenheit, als die schwimmenden Batterien der *Spanier* vor *Gibraltar* verbrannt wurden, zusammengesetzt werden können. *Parker* goß gerade damahls Brenngläser. Wären nun keine Zeitungen in der Welt gewesen, und man hätte nach mehreren Jahren diese gleichzeitigen Begebenheiten gelesen: so hätte man sicherlich behauptet, *Parker* hätte durch seine Brenngläser die Batterien der *Spanier* verbrannt. Die Geschichte ist wie ge-

sagt ein Märchen; das sowohl das Still-
schweigen der ältern Schriftsteller, welche
die Geschichte, wo die Verbrennung hinge-
hört und selbst vieles den Archimed betref-
fendes, umständlich erzählen, als auch die
Unmöglichkeit der Sache gegen sich hat. Und
sollte es ja möglich gewesen seyn, so weit
zu brennen: so läßt sich noch mit Kästner
fragen: ob Archimed wohl den tollen Ge-
danken habe haben können, eine so ungeheu-
re Unternehmung zu veranstalten, die ein
trübes Wölkchen hätte vereiteln können
oder ob die Römer so ganz allen Verstand
hätten verlieren können, als es zu brennen,
anfang, von der gefährlichen Stelle nicht
wegzufahren?

Indeß man hat diese Sage auf all
mögliche Weise zu retten gesucht, und ist
dadurch auf sehr lehrreiche Untersuchungen
gebracht worden. So kam Pater Kircher
auf den Gedanken, aus ebenen Spiegeln, einen
mit dem man so weit brennen kann, zusam-

menzusehen, welchen der Graf von Buffon und der Marquis von Courtivron weiter ausführten. Ersterer hat durch eine Verbindung von 400 Planspiegeln, die alle Strahlen auf eine Stelle zurückwarfen, in einer Entfernung von 140 Fuß, Bley geschmolzen. Im Grunde aber hatte den Einfall schon Anthe mius unter Justinian. Herr von Segner verfiel auch auf einen sehr sinnreichen Einfall, der in einer Dissertation de Speculo Archimedeo Jena 1732 gedruckt ist. Er gründet sich darauf, daß im parabolischen Hohlspiegel alle Strahlen, die mit der Aze parallel einfallen, genau in den Brennpunkt vereinigt werden.

Es haben sich verschiedene Künstler durch Verfertigung großer sphärischer Brennspiegel hervorgethan. Bilette zu Lyon hat 5 große Spiegel verfertigt. Zwey davon kamen in das Kabinet des Königs von Frankreich; einer wurde dem König von Persien geschickt; einer dem König von Dänemark, und der

fünfte ist in Kassel. Noch berühmter sind die Brennspiegel von Eschirnhäusen und von Höse in Dresden. Letzterer verfertigte drey; wovon der eine zwey Ellen in der Chorde, und 20 Zoll Brennweite, der andere $2\frac{1}{2}$ Ellen in der Chorde und 22 Zoll Brennweite und der dritte 4 Ellen in der Chorde und 48 Zoll Brennweite hatte. Siehe altes Hamb. Magaz. 5ter und 16ter Band. Die Höfischen Spiegel sind aber parabolische, und gehören eigentlich nicht hieher.

Lichtenbergs großer Brennspiegel ist in Holz gehauen und vergoldet. Er ist so groß, daß dessen Chorde über eine Mannshöhe reicht. Er hängt in zwey Kugeln auf zwey hölzernen Säulen und kann dadurch verschiedene Richtungen erhalten.

Versuch mit 2 gegenüber stehenden messingenen Brennspiegeln. In dem Fokus des Spiegels A wurde auf einem Dreyack, eine glühende Kohle gelegt. Nachdem diese angeblasen wurde, so

schickte sie auf die Fläche des Spiegels Licht und Wärmestrahlen, welche in einer parallelen Richtung nach dem Spiegel B reflektirt wurden, von wo aus sie wieder in den Fokus dieses Spiegels reflektirt und daselbst vereinigt wurden. In diesem Fokus stach auf einem Stift ein Zunder — und dieser entzündete sich. — Der Versuch ist äußerst schwer anzustellen, besonders in größerer Entfernung wegen der schweren Stellung der Spiegel, deren Axen genau in einer geraden Linie liegen müssen. — Wachskerze thut es nicht; es muß strahlende Wärme seyn. — Die Spiegel bleiben fast ganz kalt. — Mit gläsernen Spiegeln geräth der Versuch nicht. Sie springen eher ehe sie zünden. — Wollte man den Versuch recht schön anstellen, und die zu reflektirenden Strahlen verstärken: so müßte man vor der Kohle, im Centro des Spiegels A, eine Oeffnung machen, und durch dieselbe die Kohle

mit einem Blasebalg anblasen, besonders mit dephlogisirter Luft.

2. Andere Hohlspiegel.

Unter den übrigen Hohlspiegeln ist der parabolische der wichtigste. Alle Strahlen, welche mit der Axe parallel auf diesen Spiegel fallen, werden durch die Reflexion genau in dem Brennpunkte der Parabel gesammelt; und alle Strahlen, die aus diesem Brennpunkte divergirend auf den Spiegel fallen, werden parallel zurückgeworfen. Aus dem erstern Umstande erhellet, daß diese Spiegel sowohl zu Brennsiegeln, als zu Spiegel-Telescopen die geschicktesten seyn müssen. Das sind sie auch wirklich. Wenn nur ihre Verfertigung nicht mit so fast unüberwindlichen Schwierigkeiten verknüpft wäre! Durch Verfertigung parabolischer Brennspiegel, hat sich Niemand mehr Ruhm, als Höse zu Dresden erworben, wie eben erinnert wurde; so wie sich

Herschel durch Verfertigung seines großen 40 Fuß langen Spiegeltelescop, unsterblich gemacht hat.

Der elliptische Hohlspiegel hat die Eigenschaft, daß, wenn der strahlende Punkt in dem einen Brennpunkte der elliptischen Krümmung steht, alle divergirende Strahlen nach dem andern Brennpunkte der Ellipse hingeworfen werden.

Der hyperbolische Hohlspiegel ist von keinem Gebrauch und wird deshalb auch nie verfertigt.

b. Bauchspiegel.

1. Sphärische Bauchspiegel.

Bei den sphärischen Bauchspiegeln läuft Alles auf das Entgegengesetzte der Hohlspiegel hinaus. Ihre Wirkung besteht in einer größeren Divergierung der Lichtstrahlen, als sie vor der Reflexion hatten. Die Gegenstände werden verkleinert in ihnen

abgebildet. Sie sind von keinem Gebrauch.
Lichtenberg überging sie ganz.

2. Andere Bauchspiegel.

Auf die konischen und cylindrischen Bauchspiegel gründen sich die sogenannten katoptrischen Anamorphosen. Man sieht leicht, daß der konische Spiegel P Q R (Fig. 56.) dem in O gestellten Auge, den Punkt A in a, B in b darstellt, und also dem Bilde, wovon A B ein Theil ist, ganz andere Lagen und Verhältnisse seiner Theile d. h. eine ganz andere Gestalt gibt. Auf eine ähnliche Art verändern auch cylindrische Spiegel die Gestalten der um sie herliegenden Bilder. Es kommt also darauf an, ein verzerrtes Bild zu verzeichnen, das in einem Spiegel von gegebener Art, Größe und Stellung, dem Auge aus einem gegebenen Gesichtspunkte regelmäßig erscheine. Um sich doch

von einer solchen Zeichnung für einen konischen Spiegel einen Begriff zu machen, bemerken wir kurz folgendes. Es sey AB (Fig. 57.) der Gegenstand, den man so verzerrt zeichnen will. Wäre der konische Spiegel PQR nicht da, so würde das Auge in O den Gegenstand nach der Linien OA und OB sehen. Nun aber kömmt der konische Spiegel darauf und bedeckt denselben. Es ist also klar, daß nun die Spitze des Pfeils so gezeichnet werden muß, daß sie einen Strahl nach E schickt, der dann nach dem Auge reflektirt wird. Eben dieß muß nun auch mit dem Bart und den Zwischentheilen des Pfeiles geschehen. Die simple Auflösung ist also die: man mache $x = y$ u. s. w. Um dieß aber zu bewerkstelligen, verlängert man den konischen Spiegel z. B. PQ bis G , und fällt vom Auge ein Perpendikel $OI = IK$ darauf. Aus diesem Punkt K wird nun durch E eine Linie gezogen, bis sie das Papier NS trifft. Das

Nähnliche geschieht nun auch auf der andern Seite. — Man muß sich natürlich zu solchen Zeichnungen einen eigenen Maasstab verfertigen, und wo es dann nicht gehen will — nachhelfen.

Auf diese Art kann man die Spadille und Vasta zeichnen, die der größte L'homme-spieler nicht kennen würde. Besonders würde sich das Coeur Aß zu einer solchen Zeichnung schicken. — Ein regelmäßiges Fünfeck, um dessen jeder Seite ein Bogen beschrieben ist, erscheint durch einen konischen Spiegel betrachtet, ganz vertauscht, nämlich die Bogen werden zu geraden Linien, und die Linien zu Bogen.

III. Refraktion der Lichtstrahlen.

(Brechung — Dioptrik.)

Eine äußerst wichtige Lehre! Wir haben durch Instrumente, die sich auf dieselbe gründen, den Himmel und den Bau der

Thiere, den innern sowohl, als den äußern kennen gelernt. — Es kömmt bey derselben vorzüglich auf folgende vier Stücke an: auf den Begriff, auf das Gesetz, auf die Theorie, und auf die Wirkungen derselben.

§. 340.

Begriff der Refraktion.

Unter der Refraktion der Lichtstrahlen, versteht man die Ablenkung derselben, wenn sie aus einer durchsichtigen Materie in eine andere von verschiedener Dichtigkeit, in schiefer Richtung übergehen. — Es sey unter AB (Fig. 58.) Wasser, über AB Luft, und CD ein auf die Oberfläche des Wassers schief einfallender Lichtstrahl: so geht er nicht, wie er eigentlich sollte, nach der Richtung DE oder beständig in einer geraden Linie fort, sondern er weicht von diesem Wege ab, und erhält die

Richtung D F. — Umgekehrt wäre unter A B (Fig. 59.) Luft, und darüber, Wasser befindlich: so würde der schief einfallende Lichtstrahl C D, nicht nach der Richtung D E fortgehen, sondern die Richtung D F erhalten. — Man kann sich von dieser veränderten Richtung sehr leicht auch durch die Erfahrung überzeugen. Taucht man einen Stab ins Wasser, so scheint der in dasselbe gesenkte Theil eine andere Linie zu machen, als der ausser dem Wasser befindliche, und der Stab gleichsam gebrochen zu seyn, woher wahrscheinlich auch der Name der Refraktion gekommen ist. — Eben so ist es mit einem Stücke Geld, das man in eine leere Caffehasse legt. Setzt man die Tasse auf den Tisch und tritt nun so weit von demselben zurück, daß das Geld dem Auge zu verschwinden anfängt: so wird es wieder sichtbar, wenn man Wasser in dieselbe gießt. Man hat sich daher vor klarem Wasser, in

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

welchem man so die Steine sieht, gar sehr in Acht zu nehmen.

Die verschiedenen Kunstausdrücke, mit welchen man sich bey der Refraktionslehre bekannt machen muß, sind folgende. Es heißt (Fig. 58. u. 59.)

A B die brechende Fläche.

D der Einfallspunkt (punctum incidentiae.)

G H das Einfallslot, oder Perpendikel (cathetus incidentiae.)

C D der einfallende Strahl (radius incidens.)

D F der gebrochene Strahl (radius refractus.)

α der Einfallswinkel (angulus incidentiae.)

β der gebrochene Winkel (angulus refractus.)

γ der Brechungswinkel (angulus refractionis.)

CG der Sinus des Einfallswinkels, oder der Einfallsinus.

FH der Sinus des gebrochenen Winkels, oder der Brechungsinus.

Die Ebene endlich durch das Einfallslot und den einfallenden Strahl, heißt die Brechungsebene (planum refractionis).

§. 341.

Gesetz der Refraktion.

Die Refraktion der Lichtstrahlen richtet sich eben so wie die Reflexion derselben, nach einem ewigen und unwandelbaren Gesetze, und dieses Gesetz beruht auf folgenden drei Sätzen:

1. Wenn ein Lichtstrahl, aus einem dünnern Mittel *) in ein dichteres über-

*) So werden die durchsichtigen Materien ge-

geht; so wird er dem Perpendikel zugebrochen.

2. Wenn ein Lichtstrahl aus einem dichteren Mittel in ein dünneres übergeht: so wird er vom Perpendikel abgebrochen.

3. In beyden Fällen bleibt der gebrochene Strahl in der Brechungsebene.

Wenn also Fig. 58, oberhalb AB Luft, unterhalb Wasser ist: so wird der schief einfallende Lichtstrahl C D beynt Eintritt ins Wasser nicht nach E fortgehen, sondern dem Perpendikel G H zugelenkt, und der gebrochene Winkel p ist kleiner, als der Einfallswinkel q. — Wenn hingegen oberhalb AB (Fig. 59.) Wasser, unterhalb Luft ist: so wird der schief einfallende Lichtstrahl C D vom Perpendikel G H abgelenkt, und der

nant, aus welchen die Lichtstrahlen kommen und durch welche sie gehen. Die drey vorzüglichsten, die in Betrachtung zu kommen pflegen, sind: die Luft, das Wasser, und das Glas.

gebrochene Winkel p ist größer, als der Einfallswinkel o .

S. 342.

Verschiedenheit der Refraktion.

Die Refractionen der verschiedenen Mittel entsprechen ihren Dichtigkeiten. Nur aber dürfen sie nicht irgend einen verbrennlichen Bestandtheil haben. Diese vermehren die Refraktion weit stärker, als die bloße Dichtigkeit würde haben thun können. Hieraus hatte auch schon Newton die Brennbarkeit des Diamanten geweissagt, und war schon auf den fast unglaublichen Punkt gekommen, zu vermuthen, daß das Wasser zum Theil aus einer verbrennlichen Substanz bestehen müsse.

S. 343.

Verhältniß der Refraktion.

Der Sinus des Einfallswinkels und der Sinus des gebrochenen Winkels, stehen

immer für einerley Paar von durchsichtigen Mitteln, in einem beständigen und unabänderlichen Verhältniß. Dieß Verhältniß, das man das Brechungsverhältniß nennt, muß man also kennen. Hier genügt es, nur das zwischen Luft und dem gewöhnlichen Glase, und zwischen Luft und Wasser zu wissen. Das erstere ist nahe, wie 3 : 2. Das andere fast wie 4 : 3. Es heiße also E der Einfallssinus und B der Brechungssinus; so ist

$$\text{aus Luft in Glas } E : B = 3 : 2$$

$$\text{aus Glas in Luft } E : B = 2 : 3$$

$$\text{aus Luft in Wasser } E : B = 4 : 3$$

$$\text{aus Wasser in Luft } E : B = 3 : 4$$

S. 344.

Theorie der Brechung.

Die Newtonsche Hypothese über die Brechung der Lichtstrahlen — unstrittig die richtigste unter allen, — reducirt

sich bekanntlich auf die Licht anziehende Kraft der durchsichtigen Körper, und ist kurz folgende:

Man nehme an, daß die verschiedenen durchsichtigen Körper, durch welche die Lichtstrahlen gehen, mittelst ebener Flächen von einander getrennt werden, welche unter sich parallel sind — eine Annahme, die um so eher gestattet werden muß, da sie im eigentlichen Verstande der Wahrheit ganz gemäß ist, wenn man nur an die Punkte der Berührung denkt. Es bestehe also der durchsichtige Körper A (Fig. 60.) aus Glas und ober und unter seinen parallelen Flächen sey Luft. — Mit diesen Flächen parallel, ziehe man die Linien B C und b c ferner D E und d e, die ersteren oder B C und b c stellen die Entfernung von dem Körper A dar, bey welcher derselbe auf den einfallenden Lichtstrahl zu wirken anfängt; die letzteren oder D E und d e aber, diejenige Entfernung von dem Körper A, bis auf wel-

che sich die lichtanziehende Kraft desselben von außenher erstreckt. Beyde Entfernungen sind zwar sehr klein, müssen aber der Deutlichkeit wegen groß gezeichnet werden.

Es falle nun ein Lichtstrahl FG perpendicular auf den Körper A . So wie er in H in die Sphäre der Wirksamkeit gelangt, und von dem Körper A stärker gezogen wird, als von dem dünnern Medio, aus welchem er kommt: so nimmt seine Geschwindigkeit auf dem Wege von H bis G zu; aber er kann dadurch nicht von seinem Wege abgelenkt werden. Er geht blos mit zunehmender Geschwindigkeit fort und erlangt das Maximum derselben bey I , wo der Körper A von aussen auf ihn zu wirken aufhört. Nun wird er von allen Seiten gleich stark angezogen, und geht also mit der bey I erlangten Geschwindigkeit in gerader Linie fort bis i . Von hier oder von i bis h ist nun die Anziehung des Körpers A , seiner Richtung entgegen, aber doch so

groß, wie oben von H bis I; folglich vermindert sich die Geschwindigkeit des Lichtstrahls auf dem Wege $i h$, wieder eben so rückwärts, als dieselbe wachsend auf dem Wege HI zunahm, ohne daß auch hier eine Ablenkung des Lichtstrahls von seinem Wege Statt fände, und sie ist bey h wieder eben so groß, als sie bey H war. Der senkrecht auffallende Lichtstrahl erleidet also nach Newtons Hypothese keine Brechung, — mit der Erfahrung ganz übereinstimmend.

Fällt der Lichtstrahl $K M$ schief auf den Körper A, so findet alles wie vorhin Statt, nur, daß er von seinem Wege abgelenkt wird. So wie er nämlich nach L gelangt, fängt der Körper A auf ihn zu wirken an, und dieß dauert wachsend fort, bis der Strahl nach N kömmt, wo die Sphäre der Wirksamkeit von außenher zu Ende ist. Allein diese Wirksamkeit besteht nicht blos in der Vermehrung der Geschwindigkeit des

Lichtstrahl, sondern auch in der Ablenkung von seinem Wege. Die Bewegung desselben nach der Richtung $K L$ läßt sich nämlich in zwey andere zerlegen, in die Bewegung nach $K O$, und in die Bewegung nach $K W = O P$. Auf jene, oder auf $K O$ hat die anziehende Kraft des Körpers A keinen Einfluß, sie wirkt also ungehindert fort, wohl aber auf diese oder auf $O P$. Diese also nimmt wachsend zu, und jene dauert ungehindert fort, so muß folglich der Lichtstrahl eine krumme Linie $L M N$ beschreiben, die ihre konvexe Seite dem Perpendikel $Q R$ zukehrt. — So wie der Lichtstrahl in N an der Gränze der Sphäre der Wirksamkeit ist, wird er von allen Seiten gleich stark angezogen, und geht also mit der Geschwindigkeit und in der Richtung, die er daselbst erhalten hat, in der Linie $N n$ fort, welche als die Tangente der krummen Linie $L M N$ zu betrachten ist, und welche dem Perpendikel $Q R$ näher

gekommen, und dasselbe unter dem kleineren Winkel nNR schneidet, als die erstere Richtung KL gethan haben würde. — Kommt der Strahl nach n , so fängt die anziehende Kraft des Körpers A entgegen gesetzt, auf seine perpendikuläre Bewegung nS zu wirken an, ohne daß die parallele MS gehindert würde. Es nimmt also diese Bewegung bey dem Fortgange des Strahls stufenweise wieder ab, und es wird seine Bahn, eben so von n nach m und l zu, auf die entgegengesetzte Seite gebogen, als es von L nach M und N zu, geschah. — In l verliert er endlich seine ganze Perpendikulärgeschwindigkeit, die er in N hatte, so daß jetzt dieselbe derjenigen gleich ist, die er in L hatte. Mit dieser Geschwindigkeit bewegt er sich nun in der Linie lk fort, welche die Tangente der krummen Linie nml und vom Perpendikel QR abgelenkt ist. — Schief einfallende Lichtstrahlen, werden daher

dem Perpendikel zugebrochen; wenn sie aus einem dünnern Mittel in ein dichteres treten, und von demselben abgelenkt, wenn der entgegengesetzte Fall eintritt — der Erfahrung ganz gemäß. *)

Wäre bey der Annäherung des Lichtstrahls an die untere Fläche des Körpers A, sein Einfallswinkel γ so groß, daß die krumme Linie mit der Fläche schon parallel würde, ehe der Strahl selbige erreicht; so verschwindet seine Perpendikulärgeschwindigkeit ganz, und er wird folglich anstatt gebrochen zu werden, zurückgeworfen. Dieß ist also die Ursache, warum, wenn die

*) Anmerkung. Daraus, daß die entgegengesetzten Krümmungen LMN und nml einander ganz gleich sind: ergibt sich auch der besondere Fall, daß die Richtung des Lichtstrahls in lk mit der in KL parallel seyn müsse — wie auch die Erfahrung lehret.

Strahlen bey dem Uebergange aus einem dünnern Mittel in das dichtere so schief auffallen, daß der Brechungswinkel größer werden müßte, als der Sinus Totus — was natürlich unmöglich ist — gar keine Brechung Statt findet, sondern dieselbe sich in eine Zurückwerfung verwandelt.

Eben so klar und deutlich, läßt sich aus der Newton'schen Hypothese, die Permanenz des Verhältnisses zwischen dem Sinus des Einfallswinkels und Brechungswinkels herleiten und erklären. Es ergibt sich nämlich aus derselben auf das Deutlichste, daß dieß Verhältnis, nicht von der tausendfach veränderlichen Größe des Einfallswinkels, sondern einzig und allein von der unveränderlichen Anziehungskraft des brechenden Körpers abhängt und von der dadurch bewirkten vermehrten Geschwindigkeit des einfallenden Strahls. Und wie leicht

C c

läßt sich nicht beweisen, daß die alte Geschwindigkeit desselben zu dieser neuen, in dem unveränderlichen Verhältnisse der beyden Sinuse stehe, und folglich dieses Verhältniß immer dasselbe bleibe!

Man lasse nämlich den Lichtstrahl AB (Fig. 61.) in was immer für einer Richtung, aus der Luft, auf die Glasfläche CD fallen; ziehe das Einfallslot EF ; und bestimme nach dem bekannten Verhältniß, die Richtung des gebrochenen Strahls BG .

Die Geschwindigkeit des einfallenden Strahls AB , läßt sich in die parallele AH und in die perpendikuläre $AI = HB$ zerfallen. Jene oder AH wird durch die anziehende Kraft des Glases nicht verändert, bleibt also auch nach der Brechung dieselbe; und der Lichtstrahl AB muß folglich, in eben der Zeit, in welcher er sich vor der Brechung um den Raum AH dem Perpendikel EF näherte, nach derselben, um den gleichen Raum KL sich davon ent-

fernen. Bringt man also $KL = AH$, in paralleler Entfernung von CD , dahin zwischen dem gebrochenen Strahl und dem Einfallslothe, wohin es gerade paßt: so hat man den ganzen, genau begränzten Weg BK , welchen der Lichtstrahl nach der Brechung nimmt, und der, da er sich in den Weg $BM = KL = AH$ und in den Weg BL zerfallen läßt, in eben der Zeit zurückgelegt werden muß, in welcher AB zurückgelegt wird.

Wohl aber wird die perpendikuläre Geschwindigkeit HB des einfallenden Strahls AB durch die Anziehungskraft des Glases verändert, und zwar vermehrt wie die Hypothese annimmt. Aber diese Vermehrung bleibt immer dieselbige oder eine gleichförmige, weil ja die Anziehungskraft des Glases sich immer gleich bleibt. Folglich muß HB mit $B-L$ ein immer gleiches Verhältniß haben, indem ja HE die perpendikuläre Geschwindigkeit des Lichtes vor der Bre-

Gung, BL aber dieselbe durch die Brechung vermehrt vorstellt.

Haben aber die perpendicularären Geschwindigkeiten HB und BL ein immer gleiches und unwandelbares Verhältniß: so müssen es auch die ganzen Geschwindigkeiten AB und BK haben, weil ja ihre parallelen Geschwindigkeiten AH und KL einander ganz gleich sind.

Und welches ist denn dieses Verhältniß?

$$\begin{array}{l} \text{da } AB : AH (= KL) = \text{Sin. Lotus} : \text{Einfallssinus, und} \\ \text{KL} : BK = \text{Brechungssinus} : \text{Sin. Lotus.} \end{array}$$

$$\text{so ist auch } AB : BK = \text{Brechungssinus} : \text{Einfallssinus};$$

oder die Geschwindigkeit des Lichtes vor der Brechung, zu der nach der Brechung, verhält sich umgekehrt, wie der Brechungssinus zum Einfallssinus.

Nach Eulers Theorie erfolgt die Brechung, wegen des Anstosses an einen elastischen Körper, dessen Dichte oder elastische Kraft, vom Aether dergestalt unterschieden ist, daß sich die Lichtstrahlen mit veränderter Geschwindigkeit bewegen. Siehe Fig. 62. Aber wer in aller Welt, kann von Schwüngen der Lichtstrahlen so etwas beweisen! Hingegen wie natürlich nach dem Emanationsystem! Ein Lichtstrahl wird da stärker angezogen, als der andere. Man denke nur an die chemischen Affinitäten.

Wie das Brechen in Ebenen geschieht.

S. 345.

Weg der gebrochenen Strahlen.

Aus dem allgemeinen Gesetze der Refraktion (S. 341.) ergeben sich für ebene Flächen folgende besondere Sätze:

1. Parallele Strahlen in einer Ebene gebrochen, bleiben parallel, sie mö-

gen aus einem dünneren in ein dichteres, oder aus einem dichteren in ein dünneres Mittel übergehen.

2. Divergirende Strahlen in einer Ebene gebrochen, divergiren weniger, wenn sie in ein dichteres Mittel treten; mehr, wenn sie in ein dünneres treten.

3. Konvergirende Strahlen, in einer Ebene gebrochen, konvergiren weniger, wenn sie in ein dichteres Mittel treten; mehr, wenn sie in ein dünneres treten.

4. Geht ein Lichtstrahl durch ein durchsichtiges Mittel, das mit zwey parallelen Ebenen begränzt ist, wieder in das vorige Mittel über: so ist seine Richtung der vor dem Brechen parallel.

5. Geht ein Lichtstrahl durch ein durchsichtiges Mittel, das von zwey nicht parallelen Ebenen begränzt wird: so wird er bey dem Ausgange aus demselben, eine andere Richtung, als bey dem Eingange haben.

6. Geht ein Lichtstrahl durch mehrere mit parallelen Ebenen einander berührende Mittel von verschiedener Dichtigkeit: so wird im letzten derselben die Brechung derselben so groß seyn; als wenn der Strahl unmittelbar, aus dem ersten Mittel in das letzte übergangen wäre.

§. 346. 347.

Erscheinungen, die sich hierauf gründen.

Alle Erscheinungen, die sich auf die Refraction der Lichtstrahlen in ebenen Flächen gründen, beziehen sich entweder auf eine Ortsverrückung oder auf eineervielfältigung des strahlenden Gegenstandes.

Zur erstern gehören besonders folgende Phänomene:

1. Daß ein Gegenstand hinter einem ebenen Glase, dem Auge in

seiner natürlichen Größe und Gestalt, aber um den dritten Theil der Dicke des Glases näher liegend, erscheint.

2. Daß eine Münze in einem Gefäße z. B. in einer Caffetasse, die bey einer gewissen Stellung des Auges nicht zu sehen ist, sichtbar werden kann, wenn das Gefäß mit Wasser gefüllt wird — wie schon oben angeführt wurde.

3. Daß der Boden eines Gefäßes mit Wasser hohl zu seyn und höher zu liegen scheint.

4. Daß ein Stock im Wasser gebrochen erscheint — woher ohne Zweifel das ganze Phänomen der Brechung der Lichtstrahlen seinen Nahmen hat.

5. Daß ein Fisch im Wasser nicht an seinem wahren Orte, sondern ungefähr um $\frac{1}{4}$ näher nach der Oberfläche zu, gesehen wird.

6. Daß die Sterne schon vor ihrem wirklichen Aufgange und noch nach ihrem

wirklichen Untergange, wahrgenommen werden können — und ähnliche Erscheinungen mehr.

Zur zweyten, oder zur Vervielfältigung des strahlenden Gegenstandes, gehören die Kautengläser, das Phänomen mit dem Isländischen Doppelspath und die dioptrischen Anamorphosen. Die Kautengläser vergaß Lichtenberg nie den Fürsten zu empfehlen, die sich nur ein paar Mann Soldaten halten können *).

*) „Ich kann nicht leugnen — sagt er hier, über in seiner Erklärung der Hogarth. Kupferstiche 5te Brief. S. 21. — Daß es mich bey den jezigen ungeheuren Fortschritten in den optischen Wissenschaften, wodurch selbst die gewöhnlichsten Menschen, in den Stand gesetzt werden, Entdeckungen zu machen, oder am Himmel zu messen, so wie Damen etwa oval dreckseln, nicht wenig befremdet hat, daß noch Niemand auf den Einfall gekommen ist,

Die Erscheinung beym Isländischen Krystall, war von jeher das Crux Physicorum und ist bis auf diese Stunde noch nicht erklärt. Die Hauptschwierigkeit dabey

„diesen großen Wink der Natur, ich meine
 „die polyhedrischen Gläser aller Art politisch
 „und statistisch zu nutzen. Denn da sich of-
 „fenbar durch diese Gläser, nicht allein ein-
 „zelne Piesche und wilde Schweine zu gan-
 „zen Heerden, sondern auch einzelne Sol-
 „daten zu ganzen Bataillons, mit sehr gerin-
 „gen Aufwand und ohne allen Schaden für
 „das Land vervielfältigen lassen, so könnte
 „manchem Monarchen der zwölften Größe,
 „der alles dieses nur zum Staat oder Zeit-
 „vertreib hält, ein großer Dienst damit ge-
 „schehen, und ein noch größerer den Unter-
 „thanen. Ja, es ist und bleibt in dieser Rück-
 „sicht eine Frage, ob nicht gerade diese r
 „Gebrauch vom geschliffenen Glase, dem
 „menschlichen Geschlechte mehr wahren Nu-
 „tzen gewährete, als Alles, was es uns bis
 „jetzt über Sternen-Nebel, und Infusi-
 „ons-Thierchen gelehret hat. Man hat
 „über der Vergrößerung der Gegenstände
 „die Vervielfältigung derselben vergessen,
 „die ungleich mehr werth ist.“

ist folgende: einmahl werden die dadurch
gesehenen Gegenstände verdoppelt, oder es
findet eine doppelte Refraktion Statt. Und
dann, wenn man einen andern Doppelspath
in homogener Richtung darunter hält, so
verdoppeln sich die Strahlen nicht, aber in
heterogener Richtung verdoppeln sie sich wie-
der. Siehe Fig. 63. und Fig. 64. Wer nun
dieß durch Vibration erklären sollte! Der
Alles erklärende Silberschlag hat ge-
rade das Schwerste bey der Sache nicht ein-
mahl berührt. Siehe die Note Lichtenbergs
S. 346. des Verfassers. *)

Unter dioptrischen Anamorpho-
sen werden Zeichnungen einzelner Theile
von Gegenständen verstanden, die durch ein
polyedrisches Glas betrachtet, als ein Ganz-
es erscheinen.

*) Einen nützlichen Gebrauch des Doppel-
spaths hat Noxon für die Fernröhre er-
funden. Siehe A. L. Z. 1803. Intbl. 155.

Brechen der Lichtstrahlen in gekrümmten Flächen.

S. 348. 349.

Linsen oder Linsengläser. (lentes.)

Zu den Linsengläsern bedient man sich blos der sphärischen, und theilt sie in Konvergläser und in Hohlgläser ein. — Zu jenen gehören folgende Linsen:

1. Die konvexkonvexe (lens utrinque convexa.)
2. Die plankonvexe (lens plano-convexa.)
3. Der Meniskus oder Mond (Meniscus, Lunula.)

Zu den Hohlgläsern gehören folgende Linsen:

1. Die konkavkonkave (lens utrinque concava.)

2. Die plankonkave (lens plano-concava.)
3. Die konkavkonverge (lens concavo-convexa.)

Die beyden ersten konvergen Linsen, die *utrinque* konverge und die plankonverge, heißen von ihrer Gestalt im eigentlichen Verstande Linsen. — Der *Meniskus* ist eigentlich auch ein konkavkonverges Glas. Allein *verba valent sicut nummi*. Unter konkavkonverger Linse versteht man eine solche Linse, deren eine Seite hohl, die andere erhaben ist, so daß der Halbmesser der erhabenen Seite größer ist, als der hohlen. Beym *Meniskus* ist aber der Halbmesser der erhabenen Seite kleiner als der hohlen.

Ausser diesen sechs Linsengläsern lassen sich noch zwey denken: *utrinque plana* und ein eigentlich konkavkonverges, dessen hohle und erhabene Seite einerley Halbmesser hat, wie z. B. ein Uhrglas.

Bei jenen können die beyden ebenen Flächen angesehen werden, als wären ihre Halbmesser unendlich. Die Axe steht auf sie senkrecht. Das gleichförmig konfokonverge Glas bricht die Strahlen, wie ein planes Glas.

S. 350—353.

Weg der durch Linsen gebrochenen Strahlen.

Aus dem allgemeinen Gesetze der Refraktion (S. 341.) und aus dem Verhältniß derselben (S. 343.) ergeben sich für die Linsengläser folgende besondere Sätze:

a. bey Convergläsern oder erhabenen Linsen:

1. Wenn parallele Strahlen auf erhabene Linsen nahe bey der Axe des Glases fallen: so werden sie nach der Brechung in einem Punkt vereinigt, welcher der Brennpunkt heißt.

2. Wenn divergirende Strah-

Len auf erhabene Linsen fallen: so werden sie nach der Brechung

a. weniger divergirend, wenn die Entfernung des leuchtenden Punktes kleiner ist, als die Brennweite der Linse;

b. parallel, wenn der leuchtende Punkt selbst im Brennraum sich befindet;

c. konvergierend, wenn die Entfernung des leuchtenden Punktes größer ist, als die Brennweite der Linse.

3. Wenn konvergierende Strahlen auf erhabene Linsen fallen: so werden sie nach der Brechung noch mehr konvergierend.

b. Bey Hohlgläsern oder konkaven Linsen.

1. Wenn parallele Strahlen auf hohle Linsen, nahe bey der Aze des Glases fallen: so werden sie nach der Brechung divergirend.

2. Wenn divergirende Strahlen auf hohle Linsen fallen: so werden sie nach der Brechung, entweder

a. weniger konvergierend, oder

β. parallel, oder

γ. gar divergirend, je nachdem ihre Convergenz größer oder geringer ist.

Alle diese Sätze lassen sich theils durch Zeichnungen erläutern, theils durch Rechnungen bestätigen. Auf keines von beyden ließ sich Lichtenberg ein, da beydes der Mathematik angehört. Er begnügte sich in der ersteren Hinsicht, eine allgemeine Anweisung zu geben, wie solche Fälle gezeichnet werden müssen; in der letzteren blos das Resultat aus allgemeinen Rechnungen in den bekannten Formeln $f = \frac{2 R r}{R + r}$ und $\varphi = \frac{d f}{d - f}$ anzugeben; und empfahl dann alles dem sorgfältigen Otio domestico,

Was die Zeichnung betrifft: so geschieht sie, wie bey ebenen Flächen. Man hat dabey noch den Vortheil, daß man das Perpendikel sogleich vom Mittelpunct der Linse auf den Einfallspunct ziehen kann. Auch gewähren die oben angeführten Formeln große Erleichterungen.

Die Bedeutung dieser Formeln ist nun folgende. Da der Punkt, in welchem parallele Strahlen, wenn sie auf erhabene Linsen fallen, nach der Brechung vereiniget werden, der Brennpunct (focus) und seine Entfernung von der Krümmung des Glases, die Brennweite (distantia focalis) heißt — aus der nämlichen Ursache, wie bey den Hohlspiegeln: so kömmt alles darauf an, die Größe dieser Brennweite zu kennen. Nun diese Brennweite wird gefunden: wenn man die Länge des einen Halbmessers mit der Länge des andern multiplicirt und das Produkt mit

der halben Summe dieser Halbmesser (beym Meniskus, mit der halben Differenz) dividirt; oder, sie ist dem doppelten Produkte beyder Halbmesser, dividirt durch ihre Summe gleich; folglich

$$f = \frac{2 R r}{R + r}, \text{ wo}$$

R der Halbmesser der Vorderfläche
 r der Halbmesser der Hinterfläche
 bedeutet; unter der Vorderfläche diejenige verstanden wird, die gegen den leuchtenden Punkt gekehrt ist; und die Dicke des Glases, in Vergleichung mit den Halbmessern in keine Betrachtung kömmt, so daß man also die Brennweite, von welcher Fläche man will, rechnen kann.

Beym gleichförmig utrinque
 convexen Glase also, wo $R = r$, ist die

$$\text{Brennweite oder } f = \frac{2 R R}{R + R} = \frac{2 R^2}{2 R}$$

$\frac{R^2}{R} = R$; folglich dem gemeinschaftlichen Halbmesser der beyden Flächen des Glases gleich. —

Hey einer Kugel von Glas, wo man aber die Dicke nicht bey Seite setzen darf, liegt der Brennpunkt um den vierten Theil ihres Durchmessers hinter derselben.

Heym plankonveren Glase, ist

die Brennweite oder $f = \frac{2 R r}{r} = 2$

R ; oder $= \frac{2 R r}{R} = 2r$, je nachdem

r oder R unendlich ist, d. h. je nachdem die ebene oder die erhabene Seite vorwärts — gegen den strahlenden Punkt gekehret ist, allemahl nähmlich so groß, als der erhabenen Seite Durchmesser. Eigent-

lich heißt auch hier die Formel nur $\frac{2 R r}{R + r}$

Allein hier zeigt sich recht der Nutzen der Analyse, so wie überhaupt bey den optischen

Wissenschaften. Wenn z. B. $R = \infty$, so

$$\text{ist } \frac{2 R r}{R + r} = \frac{2 \infty r}{\infty + r} = 2 r; \text{ oder}$$

in Zahlen, wenn $r = 4$, so ist $\frac{2 \cdot 4 \cdot \infty}{4 + \infty}$

$$= 2 \cdot 4 = 8; \text{ ja nicht } = \frac{2 \cdot 4}{4}; \text{ denn}$$

wenn zum Unendlichen auch etwas Endliches addirt wird, so bleibt es doch immer unendlich. Bey der Multiplikation aber ist es anders.

Beym Meniskus ist die Brennwei-

$$\text{te oder } f = \frac{-2 R r}{R - r} \text{ oder } \frac{-2 R r}{r - R};$$

je nachdem die erhabene oder hohle Seite vorwärts d. h. gegen den leuchtenden Gegenstand gekehrt ist. Ist nämlich die erhabene Seite vorwärts gekehrt, so ist r verneint; ist die hohle Seite vorwärts gekehrt, so ist R verneint; denn R bedeutet ja immer den Halbmesser der Vorderfläche und r den Halbmesser der Hinterfläche.

— Mit andern Worten: man findet die Brennweite bey'm Meniskus, wenn man das Produkt der Halbmesser mit ihrer halben Differenz dividirt; oder sie ist gleich dem doppelten Produkte beyder Halbmesser durch ihren Unterschied dividirt.

Bey'm *utrinque* planen Glase

$$\text{wäre die Brennweite oder } f = \frac{2 R r}{R + r}$$

$$= \frac{2 \cdot \infty \cdot \infty}{\infty + \infty} = \infty$$

Aus diesem Allen ergibt sich deutlich genug, welche Erleichterung diese Formeln, bey der Zeichnung der Brechungsfälle gewähren, vorzüglich bey'm gleichförmig *utrinque* konvexen und bey'm plano konvexen Glase. Bey jenem ist der Brennpunkt in der Entfernung des gemeinschaftlichen Halbmessers; bey diesem, in der Entfernung des Durchmessers der erhabenen Seite. Bey'm Meniskus müssen

die Halbmesser gemessen werden, und dann liegt der Brennpunkt in der Entfernung des doppelten Produktes derselben durch ihre Differenz dividirt.

Divergirende Strahlen, vereinigen sich bey erhabenen Linsen, nach der Brechung auch zuweilen in einen Punkt. Diesen Punkt nennt man zum Unterschied vom Brennpunkte der parallelen Strahlen, den Vereinigungspunkt und seine Entfernung von der Krümmung des Glases die Vereinigungsweite. Für diese also gilt die Formel

$$q = \frac{d f}{d - f}, \text{ wo}$$

d die Entfernung des Objectes vom Glase

f die Brennweite des Glases $= \frac{2 R r}{R \pm r}$

bedeutet, und wo wieder die Dicke des Glases in Vergleichung mit den Halbmessern in keine Betrachtung kömmt, z. B. es sey für einen Meniskus,

$$R = 3 \text{ Zoll}$$

$$r = 4 \text{ Zoll, so ist die Brennweite} =$$

$$\frac{+ 2. + 3. - 4}{+ 3 - 4} = + 24. \text{ Steht nun}$$

der leuchtende Gegenstand 36 Zoll weit vor dem Glase, so ist die Vereinigungsweite =

$$\frac{36 \cdot 24}{36 - 24} = \frac{864}{12} = 72 \text{ Zoll.}$$

Es ist nicht nöthig diese Formel durch alle erhabenen Linsengläser durchzuführen, da es dabey weiter keine Abkürzungen gibt. Aber das verdient bemerkt zu werden, daß auch diese Formel so viele Erleichterung bey der richtigen Zeichnung solcher Fälle gewährt. Denn gerade diese Fälle — wo die divergirenden Strahlen nach der Brechung sich in einen Punkt vereinigen — sind besonders schwer zu zeichnen. Die Linsen müssen nämlich sehr dünne genommen werden, und da sind dann die Instrumente zu grob und die Augen zu schwach. Nimmt man sie dicker so wird der Raum zu enge, und es gibt

Unrichtigkeiten gerade wegen der Dicke der Linse. Man weiß nämlich nicht, von welcher Fläche man die Brennweite anfangen soll.

Für die Vereinigung der konvergierenden Strahlen bey erhabenen Linsen, gälte die nämliche Formel, wie bey den divergierenden. Aber sie ist hier von keinem Gebrauch, weil jene Vereinigung in keine Betrachtung kömmt.

Bey den Hohlgläsern findet überall gerade das Entgegengesetzte Statt.

☞ Dort ist die negative Brennweite

$$\text{oder } f = \frac{2 \cdot -R \cdot -r}{-R - r} = \frac{+ 2 R r}{-(R + r)}$$

$= \frac{2 R r}{-R - r}$; und die negative Vereinigungsweite oder

$$e = \frac{+ d \cdot - f}{+ d - (-f)} = \frac{- d f}{d + f}.$$

Man nennt beyde auch die Zerstreungsweite

te, jene für parallele, diese für divergirende Strahlen.

§. 354—361.

Wie die Linsen Bilder zeigen.

Es ist hierüber folgendes zu bemerken:

1. Der Ort des Bildes liegt im Konvergenzpunkte der gebrochenen Strahlen. Dieß ist aus den Grundsätzen über den Ort der Bilder bekannt. Da sich nun dieser Konvergenzpunkt durch Rechnungen finden läßt, so wird sich auch die Entfernung des Bildes durch Rechnung, und also durch eine allgemeine Formel bestimmen lassen. Mit einem Worte, Entfernung des Bildes und Vereinigungsweite (S. 422.) und Brennweite (S. 417.) ist vollkommen einerley. Man findet sie also nach der bekannten Formel:

$$q = \frac{d f}{d - f} \quad (\text{S. } 304.), \text{ w}$$

n , die Entfernung des Objectes vom Glase, und f , die Brennweite desselben =

$$\frac{2 R r}{R \mp r}$$

(S. 302.) bedeutet. Die Entfernung des Objectes vom Glase verhält sich immer zur Entfernung des Bildes von demselben, wie der Halbmesser des Objectes zum Halbmesser des Bildes.

2. Das Bild erscheint immer vor dem Glase, wenn der Gegenstand hinter demselben, und das Glas also zwischen beyden liegt. Bey den Bildern der Spiegel ist dieß gerade umgekehrt, die Fälle ausgenommen, wo Gegenstand und Bild vor demselben ist.

3. Hohlgläser geben keine Bilder, sondern blos die konvergen. Die Hohlgläser zerstreuen ja die Strahlen, wie wir gesehen haben. Da nun aber der Punkt eines Bildes nur da gesehen werden kann, wo zwey unendlich nahe einfallende Strahlen sich durchschneiden, wo es also

einen Konvergenzpunkt der gebrochenen Strahlen gibt, dieses aber bey Hohlgläsern nicht der Fall ist: so sieht man, daß sie auch kein Bild von den Gegenständen machen können. Sie fahren aber aus dem Glase in einer solchen Lage auseinander, daß sie rückwärts verlängert, hinter dem Glase in einerley Vereinigungspunkt zusammen laufen würden. Daher nimmt man diesen eingebildeten Vereinigungspunkt der Strahlen, als das Bild des Objectes an. Dieß Bild ist aber nur ein mathematisches und kein physisches Bild.

4. Auch Converggläser geben nur in gewissen Fällen Bilder. Es ist darüber folgendes zu bemerken:

a. Wenn der Gegenstand unendlich weit vom Glase entfernt ist, so erscheint das Bild im Brennpunkte des Glases. Alle Strahlen nämlich, die in diesem Falle von dem Gegenstande ausgehen und auf die Linse fallen

ten, sind als parallel anzusehen. Wenn aber parallele Strahlen auf konvexe Linsen fallen, so werden sie nach der Brechung in dem Brennpunkt derselben vereinigt. (S. 300.) Man kann also auch sagen: wenn (mit der Axe des Glases) parallele Strahlen auf erhabene Linsen fallen, so erscheint das Bild im Brennpunkt derselben. Näher kann kein Bild dem Glase liegen, als der Brennpunkt liegt.

b. Wenn sich der strahlende Gegenstand im Brennpunkt des Glases befindet, so macht er gar kein Bild. Er kann nämlich in diesem Falle nur divergirende Strahlen auf die Linse schicken. Divergirende Strahlen werden aber, wenn der leuchtende Gegenstand sich im Brennraum befindet, nach der Brechung zu parallelen (S. 300.) die also nie, oder in einer unendlichen Entfernung zusammenlaufen. Man kann also auch sagen: der

Gegenstand, macht ein unendlich großes Bild, in einer unendlichen Entfernung.

c. Wenn der Gegenstand weiter vom Glase, als der Brennpunkt liegt, (nur nicht unendlich weit (a)) so erscheint das Bild verkehrt und weiter vom Glase entfernt, als die Brennweite beträgt. Der leuchtende Gegenstand, kann nämlich in diesem Falle, wieder nur divergirende Strahlen auf die Linsen schicken. Divergirende Strahlen werden aber, wenn die Entfernung des Gegenstandes größer ist, als die Brennweite, nach der Brechung konvergierend (S. 300). — Je näher das Objekt dem Brennpunkte des Glases kömmt, desto weiter rückt das Bild vom Glase weg und wird zugleich desto größer. Es verschwindet endlich ganz, wenn das Objekt in den Brennpunkt des Glases zu stehen kömmt. (b)

d. Wenn der Gegenstand näher nach dem Glase liegt, als der

Brennpunkt, so kann gar kein Bild entstehen. Es kommen nämlich hier wieder nur divergirende Strahlen in Betrachtung. Diese fahren aber in diesem Falle nicht zusammen, sondern bleiben divergirend, obgleich ihre Divergenz etwas vermindert wird. (S. 300.) Es gibt also für das Auge, keinen Convergenzpunkt der gebrochenen Strahlen.

5. Convergläser geben also nur in den zwey Fällen Bilder, wenn parallele Strahlen auf sie fallen, und wenn divergirende von einem Gegenstande kommen, der weiter vom Glase entfernt ist, als die Brennweite beträgt. — Mit einer Lichtflamme kann man sich dieß recht sinnlich erläutern. Das Bild davon; stellt sich hinter einer konveren Linse klein und verkehrt dar, wenn die Flamme weit vom Brennpunkt der Linse entfernt ist; wird größer und entfernter, wenn die

Flamme dem Brennpunkte näher kömmt; und verschwindet endlich ganz, wenn die Flamme in den Brennpunkt tritt.

IV. Disjunktion der Lichtstrahlen.

(Spaltung des Lichts. — Farbenlehre.)

Wir haben bisher das Licht; als einfach, und gleichartig betrachtet. Aber so ist es nicht; es ist vielmehr zusammengesetzt und gemischt. Jeder Lichtstrahl läßt sich als ein Bündel von verschiedenen Lichtstrahlen betrachten; jeder läßt sich in mehrere andere spalten, die dem Stamme durchaus nicht mehr gleichen. Diese Eigenschaft derselben, könnte man die Spaltung oder Disjunktion des Lichts nennen. Gewöhnlicher wird sie, weil die Spaltung durch eine verschiedene Brechung bewirkt wird, die verschiedene Brechbarkeit des Lichts (*diversa refrangibilitas lucis*) genannt, und heym

Artikel der Refraktion abgehandelt, von dem sie auch als ein Appendix angesehen werden kann.

Die größte Entdeckung die Newton gemacht hat, ist unstreitig die Spaltung des Lichts durch das Prisma. Er machte sie im J. 1666, in eben demselben, in welchem er auch das allgemeine Gravitationsgesetz entdeckte, und gründete darauf seine wahrscheinlich ewig bestehende Theorie von den Farben. Zuerst von jener Entdeckung, und dann von dieser Anwendung derselben. Und dabey überall auch von Eulers Meinung über die nämlichen Gegenstände.

§. 362—366.

Newton's Erfahrung mit dem Prisma.

Die vorzüglichsten Erfahrungen, welche Newton über die Spaltung des Lichts durch das Prisma machte, sind folgende:

1. Wenn man durch ein kleines rundes Loch, von ungefähr $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, die Sonnenstrahlen AB (Fig. 65.) in ein dunkles, verfinstertes Zimmer gehen, und daselbst auf ein gläsernes, horizontal gestelltes, dreysseitiges Prisma CDE fallen läßt; so bilden sie nach dem Durchgang durch das Prisma auf der vertikal stehenden Wand FG, ein längliches Farbenbild HI (spectrum), das an den beyden Seiten durch gerade, parallele Linien, oben und unten aber von Halbkreisen begränzt ist; und an welchem leicht, von unten nach oben zu, folgende Farben zu unterscheiden sind:

1. roth (rubens, rouge)
2. orange (aurantius, orange)
3. hellgelb (flavus, jaune)
4. grün (viridis, verd)
5. hellblau (caeruleus, bleu)
6. indigoblau (indicus, indigo)
7. violett (violaceus, violet.)

Ge

Anstatt also, daß die Strahlen, ein rundes weißes Bild der Sonne bilden sollten, weil ja bey der Brechung in ebenen Flächen, parallele Strahlen parallel bleiben: bilden sie dieses länglichte Farbenbild, das gerade fünf Mal länger, als breit, und so breit ist, als das runde, weiße Bild seyn würde, das sie ohne Prisma hervorgebracht haben würden. — Das nämliche findet auch bey jeder andern Art von Lichtstrahlen Statt, und nicht allein bey den eigentlichen Sonnenstrahlen.

2. Wenn was immer für einer von den sieben gefärbten Strahlen, durch eine geschickte Vorrichtung, von den übrigen abgetrennt und mit einem zweyten Prisma aufgefangen wird: so verändert er nach dem Durchgang durch dieses Prisma seine Farbe nicht und bildet auf der Wand ein kreisförmiges Bild, und dieses Bild erscheint daselbst, entweder höher oder nie-

driger, je nachdem es einer von den Strahlen ist.

Die Vorrichtung, der sich Newton zu dieser Erfahrung bediente, war folgende. Hinter das Prisma C D E (Fig. 66.) stellte er in vertikaler Lage und in hinlänglicher Entfernung ein Brett K L mit einem kleinen Loche, und ließ durch dieses Loch einen Theil des im Prisma gebrochenen Lichtes besonders gehen. Um aber die darüber oder darunter befindlichen anders gefärbten Strahlen desto besser abzusondern, ließ er jenen Theil des Lichtes noch einmahl durch die eben so große Oeffnung eines andern Brettes M N treten, das mit dem ersten parallel und etwa 12 Fuß davon entfernt war. Hinter diesem Brette fing er nun den durchgehenden Strahl mit einem zweyten Prisma O P Q auf, und erhielt die obige Erscheinung.

Durch sanfte Umdrehung des ersten Prismas um seine Aye, brachte er nach und nach alle einfach gefärbten Strahlen des sieben-

fachen Farbenbildes durch das Loch in den Brettern, und erhielt nicht nur bey einem jeden dieselbe Erscheinung, sondern fand auch, daß, wenn er die einzelnen Strahlen unter etnerley Einfallswinkel auf das zweyte Prisma brachte, das rothe Bild des rothen Strahls, auf der Wand am niedrigsten, etwas höher das orangegelbe des orangegelben, noch etwas höher das hellgelbe des hellgelben, und so fort das Bild eines jeden in eben der Ordnung zu liegen kam, in welcher die Farben im Farbenbilde von unten auf nach oben zu liegen.

3. Wenn man alle sieben durch das Prisma gebrochenen Strahlen auf eine bikonvexe Linse fallen läßt, und in den Brennpunkt derselben ein weißes Blatt Papier hält: so geben sie daselbst wieder das weiße, helle und runde Bild der Sonne. — Hält man dieß Papier näher nach der Linse zu, so erscheint das alte Farbenbild wieder, nur mehr verengert, und in der

gewöhnlichen Ordnung der Farben. Fängt man aber mit demselben, die Strahlen in einer größeren Entfernung, als die Brennweite beträgt, auf: so erscheint auch wieder das Farbenbild; aber die Farben liegen in umgekehrter Ordnung, weil sich die Strahlen im Brennpunkte der Linse durchkreuzen. Und weil sie nun auch auseinander fahren: so wird das umgekehrte Farbenbild desto größer, je weiter man das Papier entfernt.

Aus diesen und mehreren andern Erfahrungen leitete Newton mit Recht folgende wichtige zwey Wahrheiten her:

I. Das weiße Licht besteht aus einer Mischung von sieben verschiedenen Strahlen, deren jeder seine bestimmte und unveränderliche Farbe hat. Eigentlich aus unzählbaren, unter welchen sich jedoch die sieben oben genannten am kenntlichsten auszeichnen. — Diese Farbe ist also nicht nur

eine Modifikation des Lichts durch die Brechung und Zurückwerfung, welche es von den Körpern erleidet, sondern eine ursprüngliche und eigenthümliche Eigenschaft desselben.

Diese sieben Farben — welche durch die Brechung in einem dreyseitigen Prisma keine Veränderung erfahren, nennt Newton einfache, gleichartige, homogene Farben, im Gegensatz der zusammengesetzten, ungleichartigen und heterogenen, welche durch eine solche Brechung allerdings verändert werden.

Auch bestimmte er das Verhältniß, in welchem die sieben einfachen Farben, in dem weißen Lichte sich vermischt befänden. Er fand nämlich, daß wenn die Länge des prismatischen Farbenbildes = 1 gesetzt wird: die Höhe der einzelnen farbichten Strahlen folgende sey :

des rothen	$\frac{1}{2}$	=	0, 5
des orange gelben	$\frac{2}{30}$	=	0, 0705
des hellgelben	$\frac{2}{18}$	=	0, 1333
des grünen	$\frac{1}{3}$	=	0, 1666. . .
des hellblauen	$\frac{2}{3}$	=	0, 1666. . .
des indigoblauen	$\frac{1}{3}$	=	0, 1111. . .
des violetten	$\frac{2}{9}$	=	0, 2222. . .

und hieraus folgerte er natürlich, daß in dem weißen gemischten Lichte, von den violetten Strahlen das meiste, von den grünen und hellblauen, die gleich darauf folgen, gleichviel vorhanden sey; daß hierauf die hellgelben, hierauf die rothen, hierauf die indigoblauen, und zuletzt die orange gelben folgen, von welchen am wenigsten vorhanden ist.

2. Die verschiedenen Sattungen des weißen Lichts besitzen, in einerley brechenden Mitteln, eine verschiedene Brechbarkeit, und eben d. d. diese verschiedene

Brechbarkeit wird ihre Absonderung oder die Spaltung des weißen Lichts bewirkt.

Mit großem Scharfsinn hat Newton selbst das Brechungsverhältniß der verschiedenen Gattungen des weißen Lichts gefunden. Durch viele und ziemlich übereinstimmende Versuche, ergab sich nämlich dieß Verhältniß aus Glas in Luft

für rothes Licht	= 50 : 77	bis $77\frac{1}{4}$
für orangegelbes	= 50 :	$77\frac{1}{2}$
für gelbes	= 50 :	$77\frac{3}{4}$
für grünes	= 50 :	$77\frac{1}{2} = 20 : 31$
für hellblaues	50 :	$77\frac{2}{3}$
für indigoblaues	= 50 :	$77\frac{1}{3}$
für violettes	= 50 :	$77\frac{1}{6}$ bis 78 ;

oder der gemeinschaftliche Einfallssinus =
I gesetzt, so ist das Brechungsverhältniß

für rothes Licht	= 1 : 1,54	bis 1,5425
für orangegelbes	= 1 :	1,544

für hellgelbes	= 1 :	1, 54667
für grünes	= 1 :	1, 55
für hellblaues	= 1 :	1, 55333
für indigoblaues	= 1 :	1, 55555
für violettes	= 1 :	1, 56

Die größte Brechbarkeit des violetten, und die kleinste des rothen Strahls ist also gegeneinander wie 1, 56 : 1, 54 oder wie 78 : 77.

Thellt man das prismatische Farbenbild, nach Verhältniß dieser Brechungsstärken in sieben Theile: so wird AC (Fig. 67.) = $\frac{1}{7}$, AD = $\frac{2}{7}$, AE = $\frac{3}{7}$, AF = $\frac{4}{7}$, AG = $\frac{5}{7}$, AH = $\frac{6}{7}$, AB = 1.

Und hieraus wird eben bestimmt, welchen Raum eine jede Farbe einnehme. Es ist nämlich:

für die rothe

$$AC = \frac{1}{7}$$

für die orangegelbe

$$CD = AD - AC = \frac{2}{7} - \frac{1}{7} = \frac{1}{7}$$

für die h ügelbe

$$DE = AE - AD = \frac{1}{2} - \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$$

für die grüne

$$EF = AF - AE = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

für die hellblaue

$$FG = AG - AF = \frac{2}{3} - \frac{1}{2} = \frac{1}{6}$$

für die indigoblaue

$$GH = AH - AG = \frac{7}{8} - \frac{2}{3} = \frac{1}{24}$$

für die violette

$$HB = AB - AH = 1 - \frac{7}{8} = \frac{1}{8}$$

S. 367-372.

Theorie der Spaltung des Lichts.

Newton sucht die Ursache der verschiedenen Brechbarkeit der einfachen Lichtstrahlen, in der verschiedenen Größe der Kugeln, woraus er eine jede Art bestehen läßt, und glaubt die violetten Lichttheilchen seyen die kleinsten, die rothen aber die größten.

Nach Euler hingegen besteht das Zusammengesetzte eines Lichtstrahls, in der ungleichartigen Geschwindigkeit, mit welcher derselbe eine Reihe von Schlägen dem Aether ertheilt. Die Schläge, welche schneller auf einander folgen, werden weniger gebrochen, als die, welche weiter von einander liegen, und so entstehen also durch das Brechen aus einem Strahle mehrere.

§. 373—375.

Newton's Meinung, wie die Körper Farben zeigen.

So interessant auch die Erfahrungen Newton's mit dem Prisma und die daraus hergeleiteten Wahrheiten schon an und für sich selbst sind: so werden sie es doch noch weit mehr, durch die Anwendung auf die verschiedenen Farben der Körper, welche Newton davon macht, und wobey es auf folgende vier Sätze ankömmt:

1. Die Absonderung der gefärbten Strahlen, aus welchen das weiße Licht besteht, geschieht nicht allein durch das Glas, sondern durch jeden durchsichtigen Körper, dessen Flächen brechende Winkel bilden. — Nimmt man anstatt des Prisma z. B. ein konisches, mit Wasser gefülltes Gefäß, oder auch ein gläsernes, hohles und mit Wasser gefülltes Prisma: so erfolgt dieselbe Absonderung der Strahlen. —

2. Alle Körper sind in den dünnsten Blättchen ihrer Oberfläche durchsichtig; und hier geschieht an den Lichtstrahlen eben das, was ihnen im Prisma widerfährt. — Die Annahme der Durchsichtigkeit der dünnsten Blättchen der Körper hat durchaus nichts Widersprechendes. Sie wird durch das Mikroskop und durch die Chemie bestätigt. Die Stäubchen der festesten Materien

erscheinen durchsichtig, wenn man sie genug vergrößert. Eben so werden auch die Aufösungen der Metalle durchsichtig. — Was die Absonderung der verschiedenen Lichtstrahlen, mittelst der verschiedenen Brechung in diesen dünnen, durchsichtigen Blättchen betrifft: so wird sie dadurch bestätigt, daß überhaupt alle sehr dünnen, durchsichtigen Blättchen, wie z. B. die Seifenblasen, eine gewisse Farbe zeigen, die von ihrer verschiedenen Dicke abhängt. Berühmt sind Newtons Erfahrungen über die Luftblättchen, bey zwey erhabenen Gläsern von einem großen Halbmesser, wenn man sie gegen einander drückt.

3. Alle Körper besitzen die Eigenschaft, diesen oder jenen der sieben auf ihrer Oberfläche, durch die verschiedene Brechung abgesonderten Lichtstrahlen zurückzuwerfen, die übrigen aber, entweder durchzulassen oder zu ver-

schlucken. — Dieß ist nun freylich eine Hypothese — die aber auf vielfacher Analogie der Natur beruht. Wenn man auf durchsichtige Gläser, die gleichförmig, roth oder blau gefärbt und auf beyden Flächen eben sind, die aus einem Prisma fahrenden gefärbten Strahlen, in der Entfernung von einem Fuß fallen läßt: so läßt jedes Glas nur diejenigen gefärbten Strahlen durch, die es im gebrochenen Lichte zeigt. Ueberhaupt erscheinen Körper von allerley Farben, durch gefärbte, durchsichtige Gläser allerley Art betrachtet, dem Auge nur von derjenigen Farbe, welche das Licht hat, daß das Glas durchläßt, oder welche das Glas im gebrochenen Lichte zeigt. Man schließt hieraus, daß die übrigen gefärbten Strahlen, von dem Glase, auf irgend eine, uns unbekante Art verschluckt werden müssen. Und warum sollte dieß nicht auch bey undurchsichtigen Körpern der Fall seyn, besonders da man, wenigstens ihre

Oberflächen, sich als dünne, durchsichtige Lamellen denken muß? — Doch Newton suchte seine Hypothese selbst durch die Erfahrung zu bestätigen. Er brachte gefärbte Körper, in das durch das Prisma abgesonderte, mit ihnen gleichartige Licht, und fand, daß sie daseibst am lebhaftesten und glänzendsten aussehn. So z. B. sieht Zinnober in dem rothen Lichte am lebhaftesten aus, im grünen Lichte nicht so sehr, im blauen noch weniger. Und dieß begünstigte allerdings seine Meinung, daß nicht das ganze Bündel weißer Strahlen zurückgeworfen, sondern daß dasselbe, sobald es die reflektirende Fläche berührt, daseibst verschiedentlich gebrochen und abgesondert, ein Theil davon verschluckt oder durchgelassen, und nur der übrige Theil zurückgeworfen werde. — Warum nur freylich gerade dieser oder jener gefärbte Strahl zurückgeworfen werde: das gehört vor das Forum der höhern Chemie, und wer weiß, ob auch diese je

darüber einen befriedigenden Aufschluß wird geben können!

4. Je nachdem ein Körper diesen oder jenen Lichtstrahl zurückwirft, erscheint er uns von der Farbe, welche der Lichtstrahl hat. So sendet z. B. Mennig die am wenigsten brechbaren oder rothen Strahlen am häufigsten zurück und erscheint daher roth; — Weilchen werfen die am meisten brechbaren oder violetten Strahlen zurück, und erscheinen violett. Und überhaupt werfen alle Körper diejenigen Strahlen, welche zu ihren eigenen Farben gehören, häufiger als die andern zurück. — Wenn leuchtende Körper eine gewisse Farbe zeigen, so strömen sie nur eine Art von Lichtstrahlen allein, wenigstens nicht alle sieben zugleich aus, als im welchem Falle, sie dem Auge weiß erscheinen würden. — Wie es übrigens zugehe, daß diese, oder jene Gattung des Lichts, im Auge diejenige Empfindung be-

wirke, mit der die Vorstellung dieser oder jener Lichtfarbe verknüpft ist, macht keinen Gegenstand unserer Erfahrungskennntniß aus, und gehört also nicht in die Physik.

W e i ß erscheint ein Körper, wenn er alle Gattungen des weißen Lichts zurückwirft, oder, wenn es ein leuchtender Körper wäre, ausströmt. Die weiße Farbe entsteht folglich, wenn ein Körper, die weißen Strahlen unzerseht in unser Auge schickt, und sie ist also eine Vermischung aller Grundfarben im gehörigen Verhältnisse. Newton erwies dieß durch verschiedene Versuche. Einer derselben war auch folgender. Theilt man die Peripherie eines Kreises nach Verhältniß der Räume ein, welche die sieben Farben in dem prismatischen Farbenbilde einnehmen: so kommen

Für das rothe Licht	45	Grade.
— — orange gelbe	27	—
— — hellgelbe	48	—
— — grüne	60	—

8 f

für das hellblaue 60 Grade.

— — indigoblaue 40 —

— — violette 80 —

Man beschreibe nun auf einer runden Scheibe C (Fig. 68) zwey concentrische Kreise, und theile jeden derselben in sieben Theile nach dem eben angegebenen Verhältnisse, und bemahle die Fläche eines jeden Theils mit einem seiner correspondirenden Pigmente. Wird nun die Scheibe, um ihre Axe schnell herumgedreht: so erscheint sie weiß; bey einem anderen Verhältnisse der Farben aber gegen einander, gibt sie eigene Farben.

Schwarz ist die Abwesenheit alles Lichtes und aller Farben; denn es läßt sich durch keine Vermischung von Farben hervorbringen, und ist also eigentlich keine Farbe. Die Erscheinung des Schwarzen wird dadurch bewirkt, daß gewisse Körper, alle Lichtstrahlen verschlucken, und keinen derselben zurückwerfen — weßwegen auch

schwarzes Tuch z. B. so warm ist. — Das absolute Schwarz würde entstehen, wenn ein Körper gar kein Licht in unser Auge sendete. Allein, ein solches gibt es wohl nicht in der Natur. — Siegel sind innen-
dig schwarz, so wie alle Käse bey der Nacht.

§. 376—378.

Eulers Meinung, wie die Körper-Farben zeigen.

Die Eulerische Meinung, wie die Körper Farben zeigen, lernt man am besten aus seinen eigenen Worten kennen. Es sey mir daher erlaubt einen seiner Briefe über verschiedene Gegenstände aus der Naturlehre, nach der Kriessischen Uebersetzung, hier ganz abzuschreiben.

„Die Unwissenheit in Ansehung der
„wahren Natur der Farben hat von jeher
„große Streitigkeiten unter den Philoso-

„phen veranlaßt. Ein jeder war bemüht,
„sich durch eine besondere Meinung über
„diesen Gegenstand auszuzeichnen. — Die
„Meinung, daß die Farben ihren Sitz in
„den Körpern selbst hätten, schien ihnen zu
„gemein, und eines Philosophen, der sich
„immer über das Gewöhnliche erheben muß,
„nicht würdig genug. Sie behaupteten da-
„her, daß die Farben nichts Wirkliches wä-
„ren, und daß in den Körpern selbst nichts
„läge, was ihnen entspräche. Die Newto-
„nianer setzen den Unterschied der Farben
„bloß in die Verschiedenheit der
„Strahlen, die sie in rothe, gelbe, grün-
„ne, blaue und violette eintheilen; und sie
„sagen, daß ein Körper uns von dieser oder
„jener Farbe zu seyn scheine, wenn er Licht-
„strahlen von dieser Gattung zurückwerfe. —
„Andere, welchen diese Meinung nicht sub-
„til genug schien, nahmen an, daß die Far-
„ben bloß in der Vorstellung vorhanden
„wären. Das ist unstreitig das beste Mittel

„seine Unwissenheit zu verbergen; sonst
 „könnte der gemeine Mann glauben,
 „daß der Gelehrte von der Natur der
 „Farben nicht mehr wisse, als er. Ew. H.
 „werden aber leicht sehen, daß dergleichen
 „Spitzfindigkeiten nichts als Ausflüchte
 „sind.“

„Man könnte vielleicht auf die Vermu-
 „thung kommen, daß die verschiedenen Far-
 „ben von der verschiedenen Stär-
 „ke der Lichtstrahlen herrühren, so daß
 „die stärksten Strahlen, z. B. rothe Farbe
 „hervorbrächten, etwas schwächere, die gel-
 „be u. s. w. Aber es ist nichts leichter,
 „als diese Meinung zu widerlegen; da wir
 „aus Erfahrung wissen, daß derselbe Kör-
 „per immer dieselbe Farbe behält, er mag
 „schwach oder stark beleuchtet seyn. Ein
 „rother Körper z. B. bleibt roth, man mag
 „ihn in den hellsten Sonnenschein halten,
 „oder an einen dunkeln Ort stellen, wo die
 „Strahlen sehr schwach sind. Man] kann

„daher die Ursache der verschiedenen Farben,
„nicht in den verschiedenen Graden der Stär-
„ke des Lichtes suchen.“

„Es muß sich also durchaus noch ein
„anderer Unterschied unter den Lichtstrah-
„len finden, woraus sich die Verschieden-
„heit der Farben herleiten läßt; und wo-
„rin könnte dieser anders liegen, als in
„der verschiedenen Anzahl der
„Schwingungen, wodurch die Strah-
„len erzeugt werden? — Eine jede einfache
„Farbe (um sie von den gemischten zu un-
„terscheiden) rührt von einer bestimmten
„Anzahl von Schwingungen her, die in
„einer gewissen Zeit geschehen. So bringt
„eine gewisse Anzahl von Schwingungen in
„einer Sekunde die rothe Farbe hervor,
„eine andere die gelbe, eine andere die grün-
„ne, wieder eine andere die blaue, und
„noch eine andere die violette, welches die
„einfachen Farben sind, so wie wir sie im
„Regenbogen sehen.“

„Wir müssen uns vorstellen, daß die
 „kleinsten Theilchen auf der Ober-
 „fläche eines Körpers sich wie die
 „Saiten eines Instruments, in
 „einer gewissen Spannung be-
 „finden, die durch ihre Masse und Elasti-
 „cität bestimmt wird, und daß, wenn sie
 „nur auf die gehörige Weise berührt wer-
 „den, sie in eine schwingende Bewegung
 „gerathen, die nach dem Grade der Span-
 „nung schneller oder langsamer seyn wird.
 „Wenn also die Theilchen eines Körpers ei-
 „ne solche Spannung haben, daß, wenn
 „sie erschüttert werden, sie in einer Sekunde
 „so viel Schwingungen machen, wie z. B.
 „die rothe Farbe erfordert: so nenne ich
 „diesen Körper roth, so gut wie der Bau-
 „er, und ich sehe keinen Grund, warum
 „ich von der einmahl angenommenen Art zu
 „sprechen abgehen sollte. Mit gleichem Rech-
 „te, wird man auch die Strahlen, welche
 „eben so viel Schwingungen machen, roth

„nennen können; und wenn die Nerven des
„Auges von diesen Strahlen berührt wor-
„den, so haben sie die Empfindung der ro-
„then Farbe.“

„Dies ist alles klar und deutlich, und
„ich sehe keine Nothwendigkeit zu dunkeln
„und geheimnißvollen Ausdrücken, die im
„Grunde zu nichts taugen, weine Zucht
„zu nehmen. Freylich sind wir noch nicht
„so weit gekommen, die Anzahl der Schwin-
„gungen einer jeden Farbe zu bestimmen,
„und wir wissen sogar noch nicht einmahl,
„welche Farben mehr oder weniger Schwin-
„gungen erfordern, oder welche Farben den
„feinen, und welche den groben Tönen ent-
„sprechen. Aber es ist genug zu wissen, daß
„eine jede Farbe ihre bestimmte Anzahl von
„Schwingungen hat, wenn gleich diese An-
„zahl uns noch unbekannt ist, und daß es
„nur darauf ankommt, die Spannung, oder
„die Elasticität der kleinsten Theilchen eines

„Körpers zu ändern, um ihm eine andere
„Farbe zu geben.“

„Die Aehnlichkeit zwischen dem Schalle
„und dem Lichte ist so groß, daß sie sich auch
„in den geringsten Umständen bestätigt. Da
„ich von dem Versuche mit der gespannten
„Saite sprach, die durch den bloßen Klang
„gewisser Töne bewegt wird: so werden Erw.
„H. sich erinnern, daß ich sagte, daß die
„Saite durch denjenigen Ton am leichtesten
„und stärksten erschüttert werde, der dem
„ihrigen gleich ist, und daß andere Töne
„nur in dem Grade einen wirksamen Ein-
„druck machen, als sie mit der Saite zu-
„sammenstimmen. Gerade so ist es auch mit
„dem Lichte und den Farben beschaffen; denn
„die Farben sind hier das, was die Töne
„in der Musik sind.“

„Um sich von dieser Sache, wodurch
„mein System so sehr bestätigt wird, zu
„überzeugen, mache man ein Zimmer ganz
„fenster; in den Fensterladen wird ein klei-

„nes Loch gemacht, und vor dasselbe in eini-
„ger Entfernung ein Körper von einer ge-
„wissen Farbe; z. B. ein Stück rothes Tuch
„so befestigt, daß, wenn es erleuchtet ist,
„seine Strahlen durch das Loch in das Zim-
„mer fallen. Auf die Art werden nur rothe
„Strahlen in das Zimmer kommen, weil
„allem andern Licht der Zugang verschlossen
„ist. Hält man nun in dem Zimmer der
„Deffnung gegenüber ein Stück Tuch von
„derselben Farbe: so wird es vollkommen
„erleuchtet, und seine rothe Farbe sehr glän-
„zend seyn; wenn man aber an die nähm-
„liche Stelle ein Stück grünes Tuch bringt,
„so wird es dunkel bleiben, und man wird
„fast nichts von seiner Farbe sehen. Sobald
„man nun aber außerhalb dem Zimmer vor
„der Deffnung auch grünes Tuch befestigt,
„so wird das grüne innerhalb dem Zimmer
„sehr hell erleuchtet, und seine grüne Far-
„be überaus lebhaft werden. Und gerade
„so geht es auch mit den übrigen Farben.“

„Ich denke, einen einleuchtendern Be-
„weis für die Richtigkeit meines Systems
„kann es nicht geben. Wir sehen also dar-
„aus, daß um einen Körper von einer ge-
„wissen Farbe zu erleuchten, Strahlen von
„derselben Farbe dazu erfordert werden;
„weil die Strahlen von einer andern Far-
„be nicht im Stande sind, die Theile die-
„ses Körpers in Bewegung zu setzen. Dieß
„wird auch durch einen sehr bekanten Ver-
„such bestätigt. Wenn man Weingeist in
„einem Zimmer anzündet, so wissen Ew.
„H. daß die Flamme blau ist, und mithin
„nur blaue Lichtstrahlen hervorbringt; da-
„her sehen alle Personen in diesem Zimmer
„sehr bleich und todtenfarbig aus, so ge-
„schwinkt, oder so roth sie auch seyn mö-
„gen. Der Grund davon ist sehr deutlich;
„denn die blauen Strahlen sind nicht fä-
„hig die rothe Farbe des Gesichts in Schwin-
„gung zu bringen; und man sieht nur eine
„bläulichte und schwache Farbe; wenn aber

„einer aus der Gesellschaft ein blaues Kleid
„an hat, so wird dieses hinwiederum vor-
„züglich glänzend erscheinen.“

„Die Strahlen der Sonne, einer Wachs-
„ferze, oder eines gewöhnlichen Lichtes er-
„leuchten alle Körper beynahe auf gleiche
„Weise; woraus man schließt, daß die Son-
„nenstrahlen alle Farben zugleich in sich
„fassen, wenn gleich ihr Licht eigentlich
„gelblicht zu seyn scheint. Und in der That,
„wenn man in ein Zimmer Strahlen von
„allen einfachen Farben, röthe, gelbe, grü-
„ne, blaue und violette, in ziemlich glei-
„cher Menge fallen läßt, und vereinigt sie
„alsdann zusammen, so entsteht daraus ei-
„ne weißlichte Farbe. Man macht denselben
„Versuch, auch mit verschiedenen Pulvern
„von den erwähnten Farben, die, wenn sie
„gehörig vermischt werden, auch eine weiß-
„lichte Farbe geben. Hieraus zieht man
„den Schluß, daß die weiße Farbe nichts
„weniger, als eine einfache, sondern viel-

„mehr eine aus allen einfachen zusammen-
„gesetzte Farbe ist; daher sehen wir auch,
„daß das Weiße gleich geschickt ist, alle
„Farben anzunehmen. Was das Schwarz-
„e anbetrifft, so ist es eigentlich keine Far-
„be. Ein Körper ist nämlich schwarz, wenn
„seine Theile so beschaffen sind, daß sie kei-
„ne Schwingungen machen können, oder
„keine Lichtstrahlen hervorbringen. Also ist
„es der Mangel aller Strahlen, was uns
„die Empfindung der schwarzen Farbe er-
„regt, und je mehr Theile sich auf der Ober-
„fläche eines Körpers befinden, die keiner
„Schwingung fähig sind, desto dunkler und
„schwärzlicher sieht er aus.“

„Den 15ten July 1760.“

S. 379—380.

Gemischte Farben.

Die gemischten oder zusammen-
gesetzten Farben entstehen daher, daß

die Körper, welche dieselbe haben, nicht bloß eine Art von einfachem Lichte, sondern mehrere Arten, die in unzähligen Verhältnissen mit einander verbunden seyn können, in das Auge schicken. Wahrscheinlich ist auch kein Körper in der Natur vorhanden, der nur homogenes Licht einer einzigen Art zurückstrahlte.

Ovid sagt: (Fastor. V., 213.)

Saepe ego digestos volui numerare colores,

Nec potui, numero copia major erat.

Dies hat nun der unsterbliche Tobias Mayer gethan. Er hat gefunden, daß man 19 Farben von gleicher Spannung unterscheiden könne. Aber mit den verschiedenen Abstufungen, welche diese Farben durch die Erhöhung mit weiß erhalten können, brachte er 819 Farben heraus, welche das menschliche Auge noch unterscheiden kann.

Er nimmt drey Grundfarben an, gelb, blau, roth, weil diese durch keine Zusam-

mensetzung anderer Farben erhalten werden
 können, aus ihrer Verbindung aber, alle
 übrigen Farben entstehen, da bekanntlich
 gelb und blau = grün,
 gelb und roth = purpurfarb,
 blau und roth = orange,
 geben. Er stellt sich nun jede der drey
 Grundfarben, wenn sie rein ist, in zwölf
 Theile getheilt vor, und setzt jedes Zwölf-
 theil einer andern Farbe, mache dem Auge
 was Neues empfindlich, z. B. 11 Theile
 blau, und 1 Theil roth; oder 10 Theile
 blau, 1 Theil roth und 1 Theil gelb.

Es lassen sich nun 12 aus 2 Theilen
 33mahl, und aus 3 Theilen 55mahl zusam-
 men setzen. Nimmt man dazu die 3 einfa-
 chen Farben: so kommen also 91 Farben
 heraus; und diese 91 Farben ordnete
 Mayer in seinem berühmten Farben tri-
 angel folgender massen: die 3 einfachen
 setzte er in gleiche Weiten von einander,
 in die Winkel des gleichseitigen Dreyecks

R G B. (Fig. 69.) Von einer jeden zu andern ließ er die Mischungen aus ihnen beyden gehen. So z. B. besteht die nächste Farbe, an der Hauptfarbe G aus 11 Theilen G, und einem Theil der andern Hauptfarbe, wohin diese Reihe führt, z. B. B, die zweyte Farbe besteht dann aus 19 G und 2 B; die sechste aus 6 G und 6 B u. s. 10. Die Mischungen aus drey Farben, sind innerhalb dieser drey Hauptreihen enthalten.

Werden nun die Abstufungen dieser 91 Farben zwischen Schwarz und Weiß in ein Prisma oder in eine Pyramide vertheilt: so kommen $364.2 = 728$, und zu dieser Pyramidalzahl, die Triangularzahl 91 gezählt, gibt 819 Farben.

Hey dieser Gelegenheit sprach Lichtenberg auch von Mayers's Waxsmahlerey. Sie bestand darinnen, Figuren in Wachscylindern, die ganze Tiefe hiedurch sichtbar zu zeichnen. Er hatte dabey die

Abficht die Farben in Wachs zu erhalten. Eine andere Abficht war: Bacchus und Erlegene. Er hat diese Kunst niemand bekannt gemacht, und sie ist bis jetzt von niemand wieder erfunden. Das Geheimniß ist mit ihm ausgeftorben.

In der Lehre der Farbenmifchung ift vor Mayer wenig gefchehen. Auch jetzt find wir darinn hauptfächlich deswegen nicht weiter, weil es fehr fchwer ift, die Miancen der Farben zu bezeichnen, ohne daß man fie fieht. Mufiknoten kann man in die ganze Welt fchicken, und es wird fie Jedermann fpielen. In den Farben hingegen haben wir keine folche Noten, fondern, wenn wir fie fpielen follen, fo müffen wir die Mufik gleichfam felbft verfchicken. J. B. von den Olivenfarben der Südfeefulaner haben nur wenige einen Begriff; denn was kann man fich unter den Olivenfarben alles denken! Lichtenberg fah den berühmten Dmai in England. Seine Farbe war fo,

wie wenn man mit Bärenzuckersaft oder Lakritzensaft einen Streifen Papier fein überfücht.

Die Farbenmischungen sind außerordentlich schwer; weil nicht gleiche Theile von zwey oder mehreren Farben, die Mittelfarbe geben. Für Mayers Augen gaben 88 Theile blau und 12 Theile gelb das erste Grün. Bey dem Exemplare von Mayers Farbentheorie, welches Lichtenberg dem König Georg III. übergab, mischte und ordnete er die Farben trocken; denn das Mahlen derselben kann nicht accurat genug ausfallen, da durch chemische Prozesse so viel verändert wird. Um die Farbenmischung auch trocken wohl zu treffen, machte Lichtenberg immer mehrere Mischungen, und ließ dann scharfe Augen entscheiden, welches zwischen diesen und jenen Farben die mittlere Temperatur sey. Frauenzimmer-Augen sind hierzu besonders geschickt. Sie unterscheiden

Farben an Halstüchern, die hundert Manns-
personen nicht unterscheiden.

S. 381--382.

Unterschied zwischen Farbe und
Pigment.

Farbe (color) heißt das reine Licht durch das Prisma; pigmentum hingegen die gefärbten Körper, oder die färbenden Stoffe. Colores kann man also nicht kaufen. Blaue und gelbe Farbe geben allemahl in der Mischung eine grüne, aber nicht, blaues und gelbes Pigment. So z. B. gibt das blaue Lakmus mit der gelben Salpetersäure verbunden ein rothes Pigment. — Die Vires tingendi der Farben richten sich gar nicht nach dem Gewichte.

Anmerkung. Hier sprach Lichtenberg auch von den zufälligen Farben, und dem farbenlichten Schatten, deren Erleben erst weiter unten (S. 386) gedenkt.

Zufällige Farben sind diejenigen, die ihre Entstehung nicht dem äußern Lichte, sondern besondern Umständen des Auges verdanken. Die Wahrnehmung der Farben ist nämlich nichts anders, als die Wahrnehmung derjenigen Veränderung, welche durch einen Lichtstrahl in unserm Auge hervorgebracht wird. An und für sich existiren die Farben eben so wenig, als der Raum und die Zeit. Wird nun in unserm Auge durch was immer für eine Ursache eine ähnliche Veränderung bewirkt, wie die Lichtstrahlen bewirken, so entsteht auch eine ähnliche Wahrnehmung.

Büffon bemerkte, daß, wenn er ein rothes Viereck auf weißem Grunde betrachtete, und nach einiger Zeit die Augen auf den Grund wandte, dasselbe grün erschien. Ein gelbes zeigte sich blau. Er machte den Versuch mit mehreren andern gefärbten Vierecken auf weißem Grunde, und sie erschienen ihm alle in andern

Farbey. Von ihm rührt auch die Benennung der zufälligen Farben her.

Franklin hat auch Versuche über diese Farben angestellt. Er machte die Entdeckung, daß wenn man eine Zeitlang ein Fenster unverwandt ansehe, die Fensterscheiben zuletzt schwarz, und die Rahmen weiß erscheinen.

Zu den zufälligen Farben gehören auch die Feuerfunken im Auge; ferner das glühende Roth der Buchstaben, wenn man bey Untergang der Sonne in einem Buche liest; ferner die Erscheinung: daß, wenn man einen Gegenstand lange durch ein rothes Glas ansieht, und dann plötzlich wegzieht, der erste Eindruck grün ist; umgekehrt, wenn man durch ein grünes Glas sieht, der erste Eindruck roth ist.

Eine merkwürdige und bisher noch nicht erklärte Erscheinung liehthen auch die gefärbten Schatten dar. Wenn man nämlich morgens beym Anbruche des Ta-

ges bey einem Talglicht ließt, und den Schatten z. B. des Fingers, der durch dasselbe verursacht wird, so auf einem weißen Papiere auffängt, daß zugleich der Schatten des Fingers von dem Tageslichte auf das Papier fällt: so wird der erstere himmelblau, der letztere gelb erscheinen. — Auch bey dem Untergehen der Sonne sieht man herrliche farbige Schatten.

Das in der Note des Verfassers (Erglehen S. 386.) angeführte Buch über diesen Gegenstand verdient von Jedem gelesen zu werden, der über denselben näher belehrt zu werden wünscht. Ferner eine Abhandlung von Thompson, oder dem Grafen Rumford in den Philos. Trans. 1794. Auch Göthe, der berühmte Dichter zu Weimar, hat darüber herrliche Versuche angestellt.

S. 383—392

Vom menschlichen Auge.

Die Gestalt des Augapfels (bulbus oculi) kömmt der Kugelgestalt sehr nahe, nur daß vorne der durchsichtige Theil weiter hervorragend ist. Sein Längendurchmesser beträgt beym Auge des erwachsenen Menschen $11 \frac{1}{2}$ Pariser Linie, also beynah einen Zoll. — Er ist in der Augenhöhlung (orbita), nach allen Seiten durch sechs Augenmuskeln beweglich, und kann durch den häutigen Ueberzug die Augenlieder (palpebrae), und durch die Haare an diesen Augenledern, die Augenwimper (cilia) bedeckt, und vor einfallenden Unreinigkeiten, und zu starkem Lichte geschützt werden. Von den Augenledern und Augenwimpern muß man die Augenbraunen (supercilia) unterscheiden.

Der Augapfel besteht aus verschiednen Häuten (membranae, tunicae), und

aus so genannten Feuchtigkeiten (humores). Die Häute werden in communes und proprias eingetheilt. Zu jenen gehört die harte Haut (sclerotica) die braune Haut (chorioidea) und die Netzhaut (retina), zu diesen: der orbiculus ciliaris, die iris und das ligamentum ciliare. Zu den Feuchtigkeiten gehört: die wässerigte, die gläserne und die krySTALLENE Feuchtigkeit.

Die harte oder feste Haut (tunica sclerotica) macht den äußeren Um- schluß des ganzen Augapfels aus. Je mehr sie sich dem Vordertheile desselben nähert, desto dünner wird sie; und endlich ganz durchsichtig. Dieser durchsichtige Theil, durch den das Licht zum Innern des Auges dringt, heißt die Hornhaut (cornea), und ist das Segment einer Kugel, deren Halbmesser kleiner ist, als der des übrigen Augapfels. Sie ist daher hervorragend. — In

dem Hintertheile der Sklerotika, begibt sich der Sehnerv (nervus opticus) in den Augapfel.

Die braune Haut, (Gefäßhaut, Aderhaut, tunica chorioidea), liegt zunächst unter der harten Haut. Sie ist auswendig braun, inwendig fast schwarz, und mit vielen Gefäßen versehen. — Am vordern Theile derselben befindet sich an der äußern Seite ein weißer, aus Zellgewebe bestehender Kreis, welche der Ciliarkreis oder das Strahlenband (orbiculus ciliaris, ligamentum ciliare) genannt wird. Er verbindet die braune Haut mit der harten Haut. — Aus diesem Ciliarkreise entstehen die weiter einwärts gehenden, und bis an den Rand der Kry stalllinse reichenden Strahlenfasern (processus ciliares), welche um die Kry stalllinse herum einen sehr schönen gestreiften Ring, den Strahlenkörper, oder den gefalteten Ring (corpus ciliare)

bilden, in welchem Felice Fontana den Strahlenkanal (canalis ciliaris) entdeckt hat. — Das Corpus ciliare, ist der vorderste Theil der braunen Haut, in welchem sie sich endiget, und mit eben solchem schwarzen Schleime überzogen, als die übrige inwendige Fläche derselben. — Zwischen der Hornhaut und den Strahlenfasern liegt der Augenstern oder die Blendung, wie ihn Sommering sehr passend nennt. Die vordere Fläche desselben heißt die Regenbogenhaut (iris), die hintere die Traubenhaut (uvea). In der Mitte befindet sich eine kreisrunde Oeffnung, die Pupille (Sehe-Lichtloch, pupilla), durch welche allein das Licht nach dem Innern des Auges tritt, und welche auf eine bewundernswürdige Art, sich unwillkürlich bey schwachem Lichte erweitert, bey starkem Lichte verrenget. Wenn es blizt, muß man zwey Talglichter an-

zünden, und durch dieselben in den Blick sehen, wenn es dem Auge nicht schaden soll.

Die Netzhaut (Markhaut, tunica retina) ist eine Verbreitung des ins Auge getretenen Markes des Sehnerven. Sie ist der Sitz der Empfindung, die durch die Vereinigungspunkte der Strahlen, welche zusammen das Bild des Gegenstandes machen, hervorgebracht wird. — Auf dieser Netzhaut, befindet sich nach *Sömmering's* Entdeckung, zwey Linien auswärts vom Sehnerven ab, ein runder gelblicher Fleck, der in der Mitte eine Oeffnung hat, so, daß also die Netzhaut nicht das ganze Auge umzieht. Siehe *Götting. Anzeigen* 1795, No. 140. *Sömmering* machte die Entdeckung im Jahre 1791. Theologen kommen hier übel weg. — Ob dieß die Stelle sey, wo man nicht sieht, scheint *Lichtenberg* noch zweifelhaft zu seyn. — Es gibt nämlich gewiß: Stellen in unserm Auge, wo

man gar nichts sieht, wo wir also alle den schwarzen Staar haben. Man mahle zwey Punkte A und B auf ein Stück Papier hin, halte das linke Auge zu, und sehe mit dem rechten nach dem linken Punkte A, so wird zugleich auch der andere Punkt B erscheinen. Rückt man hingegen das Papier immer mehr weg, so wird bald eine Stelle kommen, wo man B nicht sieht, indem es da gerade den Nervus opticus bedeckt, folglich kein Bild machen kann; gleich darauf kömmt es wieder zum Vorschein. — So konnte Lichtenberg auch den Jupiter verschwinden machen. Einmahl wollte er auch mit der Sonne probieren; aber das that er nicht mehr.

Die wässerigte Feuchtigkeit (humor aqueus) erfüllt den vordern Theil des Auges zwischen der Hornhaut und der Kapsel der Krystalllinse. Der ganze Raum,

wird durch den Augenstern in die vordere und hintere Kammer eingetheilt, welche durch die Pupille Gemeinschaft haben. Die wässerichte Feuchtigkeit füllt beyde aus, und treibt die Hornhaut in die Höhe.

Die Glasseuchtigkeit (*humor vitreus*) füllt den größern Theil des Auges hinter der Krystalllinse. Sie stellt eine sehr klare und durchsichtige Gallerte vor, und ist mit einer feinen, durchsichtigen, eigenen Membran eingeschlossen.

Die krystallene Feuchtigkeit, oder die Krystalllinse (*humor crystallinus, lens crystallina*) liegt zwischen den andern Feuchtigkeiten. Sie ist nicht sowohl eine Flüssigkeit, als vielmehr ein fester, runder, höchst durchsichtiger, bikonvexer Körper, dessen hintere Fläche mehr erhaben ist, als die vordere. — Sie ist in einer sehr durchsichtigen Kapsel eingeschlossen (*capsula lentis crystallinae*) doch so, daß der enge Raum zwischen beyden, mit einer

Feuchtigkeit ausgefüllt ist. Ferner wird sie von dem Strahlenkörper eingefasst.

Bermittelt dieses so bewundernswürdig eingerichteten Werkzeuges erhalten wir nun diejenige Empfindung, die wir das *Sehen* nennen. Es kömmt dabey auf die Wiedervereinigung, der zu einem Strahlenkegel gehörigen Strahlen in einem Punkte auf der *Netzhaut* an. Dieß geschieht nach einer vierfachen Brechung auf folgende Weise. Es fahren, wie wir gesehen haben von jedem Punkte eines sichtbaren leuchtenden, oder erleuchteten Gegenstandes, nach geraden Linien, Strahlenkegel aus, deren Grundfläche die vordere Fläche der *Hornhaut*, und deren Spitze der sichtbare Punkt ist. Diese Strahlenkegel dringen durch die *Hornhaut* und die wässerichte Feuchtigkeit. Ein Theil ihrer Strahlen, wird zwar von der vorliegenden *Blendung* aufgehalten, das auf die *Pupille* fallende Licht aber trifft die *Krystalle*

Linse, dringt durch dieselbe und durch die gläserne Feuchtigkeit bis an die Netzhaut durch. Es erleidet bey seinem Durchgange durch vier verschiedene Mittel, nämlich, die Hornhaut und die drey sogenannten Feuchtigkeiten, vier Brechungen. Und so werden also die divergirenden Strahlen des Strahlenkegels konvergierend, und treffen endlich in einem Punkte auf der Netzhaut zusammen, welcher der Ort des Bildes vom strahlenden Punkte ist. — Man sieht, daß durch die ersten beyden Brechungen auch Strahlen durch die Pupille kommen können, die durch den geraden Fortgang auf die Blendung gekommen seyn würden.

Was nun von einem Strahlenkegel gilt, gilt auch von allen übrigen. Alle Strahlen jedes Strahlenkegels, der aus jedem Punkte des sichtbaren Körpers ausfährt, und auf die Pupille trifft, ver-

einigen sich hinter der Linse auf der Netzhaut. Von jedem sichtbaren Punkte eines Gegenstandes entsteht also ein Bild auf der Netzhaut, welche alle zusammen ein verkehrt stehendes, vom ganzen Objekte machen.

Alles kömmt also bey dem deutlichen Sehen, das im Durchschnitte auf eine Entfernung von 8 Zoll gesetzt wird, auf die Wiedervereinigung der zu einem Strahlenkegel gehörigen Strahlen in einem Punkte auf der Netzhaut an, welche allein für diese Wiedervereinigungspunkte fühlbar ist. Und diese Wiedervereinigung hängt von zwey Umständen ab, erstens: von der gehörigen Einrichtung des Auges, und zweitens von der gehörigen Größe und Entfernung des strahlenden Gegenstandes.

Zur gehörigen Einrichtung des Auges gehört aber, daß die Theile desselben gerade so gebildet sind, daß die Strahlen nach der vierfachen Brechung in

in Punkten auf der Netzhaut vereinigt werden. Wenn also die Hornhaut, und die Krystalllinse entweder zu konvex oder zu flach sind, oder der Abstand der letzteren von der Netzhaut zu groß oder zu klein ist: so werden die Strahlen nach der Brechung entweder zu weit vor der Netzhaut, oder erst hinter derselben vereinigt. In beyden Fällen entsteht ein undeutliches Bild, und also muß auch das Sehen undeutlich werden, wenn sich jeder Punkt desselben in einen Kreis ausbreitet. — Wenn ferner die Krystalllinse verdunkelt, oder undurchsichtig, oder der Sehnerv und die Netzhaut gelähmt oder unempfindlich wird: so findet gar keine Empfindung des Sehens Statt. Im ersteren Falle entsteht nämlich kein Bild, oder wenigstens ein äußerst undeutliches; im letztern gibt es zwar ein Bild, aber keine Gesichtsempfindung.

Die beyden ersten Fälle sind unter dem Nahmen der Kurzsichtigkeit (Myopie)

und Weitsichtigkeit (Presbyopie); die letztere unter dem Nahmen des Stahrs bekannt, des grauen (cataracta) sowohl, als des schwarzen (amaurosis).

Die Myopie oder Kurzsichtigkeit ist derjenige Fehler der Augen, vermöge welchen man kleine Gegenstände nur in einer Entfernung von ungefähr 4 Zollen deutlich wahrnehmen kann. Die Ursache derselben liegt darin, daß die Hornhaut zu sehr erhaben, die Krystalllinse zu konvex kompakt, oder ihr Abstand von der Netzhaut zu groß ist. Es treffen nämlich in diesen Fällen die Strahlen der Strahlenkegel von Gegenständen, die 12 bis 16 Zoll und darüber entfernt sind, nach dem Brechen zu früh zusammen, ehe sie die Netzhaut erreichen, oder die Divergenz der Strahlen von den Strahlenkegeln dieser Gegenstände ist für ein solches Auge zu gering, als daß der Vereinigungspunkt die Netzhaut treffen sollte. Ein solches Auge

sieht daher nur nahe Gegenstände deutlich, entfernte undeutlich. — Hohlgläser vermehren die Divergenz divergirender Strahlen, und durch Hilfe derselben sehen also kurzsichtige auch mehr entfernte Gegenstände deutlich. Sie müssen so vor das Auge gehalten werden, daß der Zerstreungspunkt in die Gegend von dem Punkte des deutlichen Sehens fällt, weil man dann die Strahlenkegel so empfängt, als ob sie aus der Gegend von diesem Punkte herkämen.

Die Presbyopie oder Weitsichtigkeit ist derjenige Fehler der Augen, vermöge welchen man kleine Gegenstände nur in einer Entfernung von wenigstens 16 Zollen deutlich wahrnehmen kann. Die Ursache derselben liegt darin, daß die Hornhaut und die KrySTALLINSE flach, und in der Konvexität vermindert ist, oder dem Boden des Auges zu nahe liegt. Es treffen also die Strahlen der Strahlenke-

gel von nahen Gegenständen zu spät zusammen, und das Bild würde erst hinter die Netzhaut fallen. Ein solches Auge kann nur entfernte Gegenstände deutlich wahrnehmen, nicht aber nahe. — Da erhabene Gläser das Vermögen haben, die Divergenz der divergirenden Strahlen der Strahlenkegel zu vermindern, und die Strahlen aus nahen Punkten so zu brechen, als ob sie aus entfernten Punkten herkämen; so können Weitsichtige durch Hülfe derselben auch nahe Gegenstände deutlich sehen, und bedienen sich daher zu diesem Zwecke der Brillen.

Der graue Star (cataracta) besteht in der Verdunklung, oder in dem Undurchsichtigerwerden der Kristalllinse. Es wird ihm, durch Hinwegdrückung oder Herausziehung derselben abgeholfen. Denn da die wässerichte und gläserne Feuchtigkeit ebenfalls die Strahlen brechen, und ihre Kegel konvergent machen: so entsteht auch ohne

Krystalllinse ein Bild, ob sich gleich viele Operirte der Stahrbrillen bedienen müssen, um die Brechung zu verstärken, und den Mangel der Krystalllinse zu ersetzen, da sonst die Vereinigungspunkte allzuweit hinter die Netzhaut fallen würden.

Der schwarze Stahr (amaurosis) besteht in der Lähmung, oder Uempfindlichkeit des Sehnervens und der Netzhaut.

Die Kurzsichtigen müssen sich also der Hohlgläser oder der Ferngläser; die Weitsichtigen der Konvergläser oder Brillen; die Stahroperirten der Stahrbrillen bedienen. Man hat ein sehr nettes Instrument, durch welches man alle drey Fehler und die Rektificirung derselben durch die genannten Gläser sinnlich vorstellen kann. Es heißt das künstliche Auge, und ist von großer Wichtigkeit.

Ueber gewisse Entfernungen hinaus sind wir alle kurzsichtig. Viele Dinge können wir gar nicht sehen, theils weil sie zu

klein, theils weil sie zu eutfernt sind. Diesem doppelten Uebel wird zum Theile durch Mikroscope und Fernröhre abgeholfen.

Noch sind zwey wichtige Fragen über das Auge übrig; erstens: Warum sehen wir die Gegenstände trotz des verkehrten Bildes auf der Netzhaut, aufrecht? zweytens: Warum sehen wir die Gegenstände mit zwey Augen nur einfach?

Die erste Frage hat wohl schwerlich einen vernünftigen Sinn; denn sie verräth offenbar, daß man sich von der rohen Idee noch nicht los gemacht habe, hinter dem Auge säße unsere Seele, mit einem andern Auge, gleichsam auf einem Thron, und betrachte von da aus, den auf der Netzhaut abgebildeten Gegenstand. Doch dieß auch zugegeben, oder angenommen: wir sähen wirklich unmittelbar nur das verkehrte Bild auf der Netzhaut, und nicht den Gegenstand selbst: so gränzt die Fra-

ge vollends an baaren Unstan. Es bilden sich je auch alle übrigen Gegenstände verkehrt auf der Netzhaut ab, folglich fäher wir noch immer, dasjenige oben, was oben ist, und dasjenige unten, was unten ist. Man mache sich doch nur deutlich, was oben, und was unten heißt, und was das sagen wolle: Ein Gegenstand bildet sich verkehrt auf der Netzhaut ab! Oben bleibt uns ewig, was von der Oberfläche der Erde am entferntesten ist, und unten, was ihr am nächsten ist. Verkehrt erscheint das Bild eines Gegenstandes auf der Netzhaut, wenn das, was an dem Gegenstande das Unterste ist, sich auf einem höher liegenden Theile der Netzhaut, und das, was an demselben das Höchste ist, auf einem niedriger liegenden Theile der Netzhaut abbildet. — Wenn sich nun Alles verkehrt auf der Netzhaut abbildet: so bildet sich ja auch die Oberfläche der Erde auf dem höchsten Theile der

Netzhaut ab; so bilden sich auch alle übrigen Gegenstände so auf derselben ab, daß, was vorher oben und unten war, es auch jetzt ist; folglich verbleibt Alles bey dem Alten, und mithin Alles gerade.

Weit wichtiger ist die zweyte Frage, und in der That, die Antwort darauf noch nicht ganz auf das Reine gebracht — daß sich in jedem Auge der Gegenstand wirklich abmahle, und wir den Eindruck von jedem Gegenstand aufnehmen, und folglich jedes Auge seinen nervus opticus habe, ist gewiß. *) Man kann sich davon, aus der

*) Anmerk. In seiner Abhandlung über das Gesicht und die optischen Illusionen im Allgemeinen, und einiger insonderheit, welche Hr. Justizrath Bugge am 9. Jänner 1807 in der königl. Societät der Wissenschaft zu Copenhagen vorlas — wirft er auch optische Zweifel auf, gegen De Galls Meynung, daß man nicht mit beyden Augen, sondern nur mit einem sehe. —

oben (S. 476) angeführten Erscheinung mit den zwo Punkten, überzeugen. Ferner auch aus folgender: wenn man nach einem entfernten erleuchteten Gegenstand sieht, und in der nämlichen Linie den Finger vor das Gesicht hält: so sieht man den Finger doppelt, weil er sich in jedem Auge abbildet. Sieht man hingegen nach dem Finger, so wird der entfernte Gegenstand doppelt erscheinen. Doch die simpelste Erfahrung hierüber bleibt wohl die: daß, wenn wir das eine Auge schließen, den Gegenstand noch immer mittelst des andern Auges sehen. — Sehen wir also einen jeden Gegenstand mittelst eines jeden unserer Augen: wie kommt es, daß, wenn wir beyde Augen zugleich gebrauchen, wir gleichwohl jeden Ge-

Auch zeigte er bey dieser Gelegenheit ein von ihm verfertigtes Instrument vor, welches beweist, daß man mit beyden Augen siehet. J. A. L. Z. 1807. Ztbl. 56.

gegenstand nicht zweymahl, sondern nur einmahl sehen?

Man sagt gewöhnlich, man sähe mit zwey Augen, den Gegenstand nur darum einfach, weil sich die Gesichtsnerven beyder Augen vereinigen. Aber, wenn dies die Ursache wäre, so sähe man nicht, wie man doch eine Sache doppelt sehen könnte, wenn man sich z. B. ein bisschen das Auge drückt. Ueberdies hat man ja auch durch die Anatomie gefunden, daß die Gesichtsnerven nicht in eins zusammen, sondern nur neben einander fortlaufen.

Besser wird das Phänomen durch die Gewohnheit erklärt. Wir sehen alsdann erst einfach, wenn wir unsere Augen so gewöhnt haben, nach einer Aye hinzusehen, daß wir es nicht merken, daß wir doppelt sehen. Kinder sehen anfangs unstreitig doppelt. Sie sehen so mit den Augen herum. Nach und nach werden sie aber

durch das Gefühl so betrogen, daß sie alle Dinge für einfach halten, und also das einfache Sehen aus der Praxis lernen. Auch hat man Beispiele von Personen, die einen heftigen Schlag auf das Auge bekommen haben: daß es sich verdrehte, und sie nun lange Zeit alle Gegenstände doppelt sahen; nach und nach sahen sie wieder alles durch die Gewohnheit einfach. — Indes auch bey dieser Erklärung finden noch manche Schwierigkeiten Statt. Es müßte nach derselben etwas Geometrisches im Auge seyn, und es müßte daraus folgen, daß man auch andere Stellen dazu gewöhnen könnte.

Im September 1794 vom European Magazin ist über diesen Gegenstand eine Abhandlung mit C. D. unterschrieben, vermuthlich von Darwin. Er glaubt, in der Natur unserer Seele sey etwas Correspondirendes, und dann sehen wir es nur einmahl. Er stellte hierüber folgenden Versuch an. Er schnitt seine Silhouette in ein

Brett und verlängerte dieses sehr weit. In einiger Entfernung stellte er zwey Blätter Papier, ein weißes und ein rothes. Wenn er eine Weile auf das Rothe sah, und hernach auf das Weiße, so schien ihm auch dieses roth zu seyn. *)

S. 393—394.

Das finstere Zimmer.

Wurde nur mit ein Paar Worten berührt.

S. 395—410.

Die Fernröhre (telescopia.)

Man pflegt die Fernröhre einzutheilen in dioptrische und katadioptrische.

*) Die neuesten Erklärungen des Phänomens sind von Trogler und Haldat. Siehe über die erstere Himlvs u. Schmidts ophthalm. Bibel. 3ten Bdes 2tes und 3tes Stück. Göttingen 1807; und über die letztere: Tromsdorffs Annalen der Fortschr. u. s. w. I. Band. S. 645. Erfurt 1809.

Unter jenen sind die Dollond'schen oder achromatischen Fernrohre die berühmtesten; unter diesen, welche insbesondere Teleskope genannt werden der, Herschelsche Reflektor.

Die Geschichte der Erfindung der achromatischen oder farbenlosen Fernrohre, ist eine der seltsamsten in der ganzen Physik. Der große Newton, dessen größte Entdeckung unstreitig die Spaltung des Lichtes durch das Prisma ist, behauptete, daß die Unvollkommenheit der Boddollond'schen Fernrohre, die von der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen herrührt, durchaus nicht gehoben werden könne. Er behauptete, daß, wenn die Farben aufgehoben würden, auch die Brechung aufgehoben werden müßte. Allein, dieß wurde hernach falsch befunden. Und der außerordentliche Mann hat also auch hiedurch gezeigt, daß er ein Mensch sey, und nicht allein durch seinen Commentar über die Apokalypse, wie Voltaire sag-

te. — Im Jahre 1747 kam nämlich Euler auf den Gedanken, die eben erwähnte Unvollkommenheit der Vordollondschen Fernrohre dadurch zu heben, daß man das Objektivglas aus zwey Linsen zusammen setzte, welche das Licht nicht auf einerley Art brächen, so daß die eine die farbigen Strahlen wieder vereinigte, welche die andere trennte. John Dollond zu London suchte den Gedanken Eulers auszuführen, aber fand es unmöglich, und vertheidigte Newtons Behauptung. Euler gab nun selbst alle Hoffnung auf, den Fehler zu verbessern. Allein, nun kam Klengensterna, und zeigte in dem 16ten Bande der schwedischen Abhandlungen, daß Newton etwas noch nicht ausgemacht hatte. Dollond versuchte aufs Neue, fand daß Newton wirklich Unrecht hatte, und war der erste, der im Jahre 1755 ein farbenloses oder achromatisches Fernrohr zu Stande brachte. Nun wollte es wieder Euler nicht glauben, und

behauptete, es wäre nicht möglich. Endlich machte *Reiher* in Wittenberg bessere Gläser, und nun gestand auch *Euler* in den Berliner Memoires vom Jahre 1764, aber 1766 gedruckt, seinen Irrthum ein.

Die wesentliche Einrichtung dieser achromatischen Fernröhre besteht nun darin, daß das Objektivglas aus zwey ganz nahe zusammen gestellten Linsen vom sogenannten *Crown glase* und *Flint glase* zusammengesetzt wird. Dieses zerstreut die Strahlen ungleich stärker, als jenes, und es hat diese zerstreuende Kraft vorzüglich vom beygemischten *Bleykalk*. Zu 24 Theile *Kiesel*, nehmen die Engländer 7 Theile *Bley*, und 1 Theil *Salpeter*. *) *Flint* heißt so viel

*) Ein englischer Schiffswundarzt, *Robert Blair*, hat eine Art Glas erfunden, welches noch besser, als das bisher gewöhnliche *Flintglas*, die Farbe des *Crown glases* zerstreut. *Posseltz Weltkunde* 1798. S. 367, und *Fischers Wörterbuch* VI. Band S. 423.

als Kiesel, woher auch der Name unserer Flinten, wegen der Feuersteine.

Man hat eine eigene Vorrichtung, die Verbindung des Crownglases mit dem Flintglase zu zeigen. Des Lichtenbergische Instrumentchen wurde von Dollond selbst verfertigt, und kostete zwey Guineen. Was hätte Newton drum gegeben, wenn er dieß Instrumentchen hätte sehen können!

Die katadioptrischen Fernrohre oder eigentlichen Teleskope, kommen alle darin überein, daß der große Spiegel Konkav ist, um alle Strahlen des Lichtes, die er zurück wirft, auf einen Punkte zu sammeln. Aber der zweyte Spiegel kann Konkav seyn, wie in Gregory's Telescop; eben, wie im Newtonschen; konvex, wie im Cassegrainschen, oder ganz weggelassen, wie im Herschelschen.*)

*) Zu diesen vier Systemen der Verfertigung der Teleskope hat Hr. Burkhart zu

Herschels Riesen-Telescop besteht aus einem Spiegel von 4 Fuß im Durchmesser, dessen Brennweite aber 40 Fuß beträgt, mithin der ganze Durchmesser der Spiegelfugel 80 Fuß. Der erste Spiegel, den er zu diesem 40füßigen Telescop verfertigte, wog 1035 Pfund. Allein, da sich derselbe gebogen, verfertigte er einen andern von 2500 Pfund. Jener erste hätte in einem Kabinete Jahrhunderte lang liegen können, ohne daß das scharfeste

Paris im Jahre 1807 ein fünftes vorge schlagen, wo der zweite Spiegel ein ebener ist, aber senkrecht mit der Ape, und gegen die Mitte der Länge der Brennweite steht. Aber die kaiserl. Akademie der Wissenschaft zu Petersburg vindicirte diese Erfindung einem ihrer Mitglieder, dem Hr. Schra der, ehemahligem Professor in Kiel, der dieselbe schon im Jahre 1803 bekannt machte. Siehe Hall. A. L. Z. 1808, 106 und 287.

Auge eine Beugung daran würde bemerkt haben. Aber die reflektirten Strahlen, geben auch das kleinste Gebrechen sogleich zu erkennen. Herschel schießt seine Spiegel durch eine Maschine ganz allein, und daraus macht er ein Geheimniß. Vorher brauchte er 12 Kerls dazu. — In sein neuestes Telescop steht er gerade zu bey der Mündung hinein, indem er den Spiegel etwas inklinirt, und dadurch das Bild gegen die Gränze des Tubi verrückt, wo er nun dasselbe durch ein Mikroskop ansieht. — Man kann in den Tubus hineinsteigen. Herschel führt seine Gesellschaft hinein, hat auch einmahl Concert darin gegeben. — Er steht unter freyem Himmel. *)

*) Nach den neuesten Nachrichten soll dieß Rieseninstrument unbrauchbar geworden seyn.

S. 411—413.

Die Vergrößerungsgläser.

Die Vergrößerungsgläser oder Microscope theilt man in einfache und zusammengesetzte ein; die erstern vergrößern den Gegenstand im eigentlichsten Sinne, durchaus nicht, welches man sich nicht genug merken kann. Sie bringen den Gegenstand nur näher und machen ihn dadur deutlicher. Wohl aber vergrößern die zusammengesetzten Microscope. *)

*) In des „Zirnewallner Gedichte und Denksprüche“ (überfetzt von Lämmerer, Nürnberg 1803.) — die ein Alter von 900 Jahren haben sollen, wird S. 116, deutlich des Vergrößerungsglases erwähnt; dieß wäre also eine Merkwürdigkeit für die Geschichte der Erfindungen, wenn es mit dem angeblichen Alter des Dichters seine Wichtigkeit hätte. Hall. A. L. Z. 1808, 154. — Das neueste Buch über die Microscope ist: Mémoire sur la construction et l'usage du Microscope, par D. Villars. Straßburg 1809, 52. E. gr. 8° mit Kupf. Siehe H. A. L. Z. 1808, 29.

S. 414.

Die Zauberlaterne.

Sichtenberg hatte zu seiner Laterna magica, auch Figuren mit beweglichen Augen und Händen. Possierlich nahm sich ein Teufel, mit einer Klystierspritze aus.

S. 415.

Das Sonnenmikroskop

gewährt ein herrliches Schauspiel! Ein Floh erscheint in der Größe eines Ochsen, Skelete von Baumblättern, wie große Bäume und Gesträuche! Man sieht den Salmiak in Kristalle anschießen; und auf Polypen, die Läufe sich herum bewegen, u. s. w.

V. Inflexion der Lichtstrahlen:

S. 416.

Beugung des Lichtes.

Unter der Beugung des Lichtes versteht man die Abweichung der Lichtstrahlen von ihrem geradlinigten Wege, wenn sie nahe an dem Rande eines Körpers vorbeigehen.

Grimaldi, ein Jesuite zu Bologna (geb. 1613, gest. 1663), entdeckte diese Eigenschaft des Lichtes um die Mitte des 17ten Jahrhunderts, und machte sie in seiner Physico-Mathesis de lumine, coloribus et iride, Bologna 1665, 4 bekannt. Auch D. Hooke, einer der größten Physiker Englands, hat darüber fast um dieselbe Zeit herrliche Versuche angestellt, und der Societät zu London im Jahre 1672 mitgetheilt.

Grimaldi ließ durch ein kleines Loch in ein verfinstertes Zimmer Licht fallen. Hielt er nun in einiger Entfernung vom Loche, in dieses Licht einen dunkeln Körper, so fand er den Schatten desselben viel breiter, als er der Brechung nach, bey geradem Fortgange des Lichtes hätte seyn können. Auch sahe er um den Schatten herum mehrere farbigte Lichtstreifen. Setzte er z. B. einen Stab a a (Fig. 70) in das Licht, so ergab sich folgende Erscheinung:

a a = Stab.

b b = blau

c c = nichts

d d = grün

f f = nichts

g g = blau

h h = schwarz

i i = roth

Newton hat aber alle seine Vorgänger, wie gewöhnlich, zurück gelassen. Er hat nicht nur die Lichtsäume und die dunkeln Zwischenräume zwischen ihnen genauer beobachtet, sondern auch die Breite derselben gemessen. Er bemerkte nämlich, drey farbige Lichtsäume, deren Farbenordnung folgende war: bey dem ersten: violett, indigo, blaßblau, grün, gelb, roth; bey dem zweyten: blau, gelb, roth; bey dem dritten: blaßblau, blaßgelb, roth.

Die drey Lichtsäume stießen fast an einander, und wurden durch einen sehr schmalen Zwischenraum von einander getrennt. Die Breiten dieser Lichtsäume und Zwischenräume, (nämlich die Breite des ersten Lichtsaums sammt seinem Zwischenraume zur Breite des zweyten, sammt dessen Lichtsaume u. s. w.) verhalten sich wie:

$$1. \quad \sqrt{\frac{1}{2}} \quad \sqrt{\frac{1}{3}} \quad \sqrt{\frac{1}{4}} \quad \sqrt{\frac{1}{5}} \quad \sqrt{\frac{1}{6}}$$

Die untern Zahlen sind gerade diejenigen, wo bey Grimaldi nichts war. Dann $1 = \sqrt{\frac{1}{2}}$: so kann man die Zahlen so einschließen, wie Fig. 71 zeigt.

Denn Newtons Vermuthung war, daß vielleicht die Lichtstrahlen, indem sie neben den Rändern und Seiten der Körper vorbegehen, mehrmahls hin und her, auf eine schlangensförmige Art gebogen werden, und die drey Farbensäume, etwa aus drey solchen Beugungen entstehen könnten.

Am deutlichsten bemerkte Newton die drey farbigen Lichtsäume, mit ihren dunklen Zwischenräumen, wenn er den Lichtstrahl zwischen zwey scharfe Messerschneiden brachte, die er in einer und derselben Ebene, und in paralleler Lage, nur um $\frac{1}{100}$ eines Zolls voneinander absetzen ließ. Das Licht, das in gerader Linie hätte durchgehen sollen, ward zu beyden Seiten abgelenkt, und in zwey Theile getheilt, und ließ zwischen sich einen Schatten, der desto breiter war,

je näher er die Schneiden zusammendrückte. Zu gleicher Zeit bemerkte er auf jeder Seite des Schattens in der Mitte, die obigen drey farbigen Lichtsäume mit ihren Zwischenräumen.

Newton hat seine Untersuchungen über die Beugung des Lichtes nicht vollendet. Er fing sie in seinen frühern Jahren an, fand aber nicht mehr die Muse sie noch einmahl zum Gegenstand seiner Beschäftigung zu machen, was er sich damahls so fest vornahm. Alles aber, was nach Newton in dieser Lehre geschehen ist, hat uns nicht viel weiter geführt: so, daß hier noch ein weites Feld für Beobachtung und Entdeckung übrig bleibt.

Auf den Umstand, daß Newton nur in seinen frühern Jahren sich mit der Beugung des Lichtes beschäftigte, muß wohl besondere Rücksicht genommen werden, wenn sich die Behauptung, J o r d a n s — des Neuesten, der in dieser Lehre etwas that — bestä-

tigen sollte: daß Newton sich über die Beugung des Lichtes in allen Hauptpunkten geirret habe. Jordan sucht diese Behauptung in folgender Schrift zu rechtfertigen: The observations of Newton concerning the Inflexions of Light; accompanied with other observations differing from his; and appearing to lead to a change of his Theorie of Light and Colours, welche zu London im Jahre 1799, in Oktav anonym erschien. Sie enthält Newtons Beobachtungen über die Beugung des Lichtes aus dem dritten Buche seiner Optik abgedruckt, und an jede derselben, die von Newton abweichenden Bemerkungen, Versuche und Folgerungen des Verfassers gereicht. Ein Freund von ihm hat aus dieser Schrift einen ziemlich vollständigen Auszug in Nicholson's Journal of natural philosophy. Vol. 4. (Mai 1806) mitgetheilt. Nach diesem Auszuge — da er Jordan's

Schrift selbst, sich nicht verschaffen konnte, hat Gilbert seine Abhandlung bearbeitet, die sich in seinen Annalen (18. Band, 1 Stück oder Jahrgang 1804, 9 Stück) unter dem Titel findet: Entdeckungen in der Lehre von der Beugung des Lichtes, von Gihbet Walter Jordan, 669. — nur daß er Newtons Beobachtungen über die farbigen Lichtsäume, welche in dem Auszuge allzukurz angedeutet werden, aus seiner Optik, deutlicher hieher übertragen hat. — Der Verfasser des Auszuges meint: wir wären um so mehr zu den größten Erwartungen von Jordans Entdeckungen in einem allzulange vernachlässigtem Theile der Optik berechtigt, als die sogenannten Höfe (die sich vor jenen Entdeckungen auf keine Art hätten erklären lassen), aus ihnen sich genügend ableiten und aufhelfen ließen; — und diesem Urtheile stimmt Gilbert völlig bey. — Jordan selbst hat in eben dem Jahre, in welchen seine obige Schrift erschien, eine Anwen-

dung seiner Entdeckungen über die Beugung
 des Lichtes, auf die Erklärung der Hölse
 um Sonne, Mond und andere leuchtende
 Körper, in folgender Schrift gemacht: An
 Account of the Irides or Coronae, wich
 appear around and contiguous to the
 bodies of the sun, moon and other
 luminous object, 46. S. 8. mit einer Kup-
 fertafel, welche in einer vollständigen Ueber-
 setzung in dem oben angeführten Stücke der
 Gilbertschen Annalen enthalten ist. — Eine
 dritte hieher gehörige Schrift von Jordan
 ist folgende: New observations concer-
 ning the colours of thin transparant bo-
 dies, shewing these phaenomena to be
 inflections of light, and that of the easy
 transmissions and reflections derived
 from them, have no existence, but fail
 equally in their application by Newton
 to account for the colours of natural
 bodies. London 1800, 8. Gilbert macht
 in dem angeführten Stücke seiner Annalen
 von dieser Schrift die Verheißung: davon
 künftig ein Mehreres! hat aber bisher die-
 selbe nicht erfüllt.

Ende des zweyten Bändchens.

Tab. I.

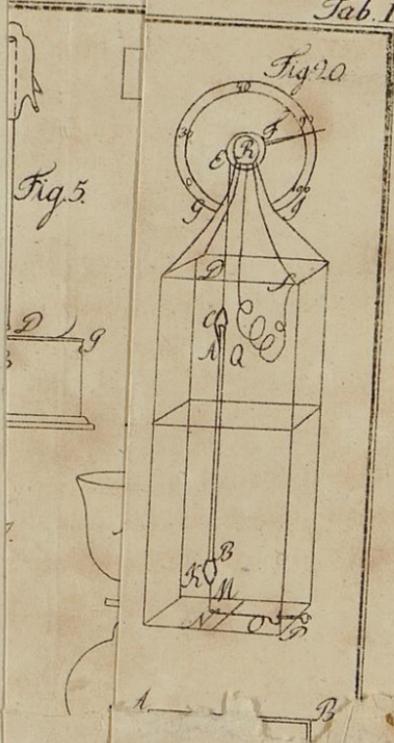


Fig. 20

Fig. 5

D g

B
K N
M O S

A B