

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 Emanationssystem! 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 beym Ausgange aus demselben, eine andere Richtung, als beym 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 bey dem Isländischen Kry stall, 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 gewähre, 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 gekrümm-
ten 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 konverkonvexe (lens utrinque
convexa.)
2. Die plankonvexe (lens plano-con-
vexa.)
3. Der Meniskus oder Mond (Menis-
cus, Lunula.)

Zu den Hohlgläsern gehören folgende
Linsen:

1. Die konkavkonkave (lens utrinque
concava.)

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

Die beyden ersten konvergen Linsen, die utrinque konvexe und die plankonvexe, heißen von ihrer Gestalt im eigentlichen Verstande Linsen. — Der Meniskus ist eigentlich auch ein konkavkonvexes Glas. Allein verba valent sicut nummi. Unter konkavkonvexer 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 gedanken: utrinque planus und ein eigentlich konkavkonvexes, 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 dem 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.

Beym *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 dem gleichförmig *utrinque* konvexen und bey dem plano konvexen Glase. Bey jenem ist der Brennpunkt in der Entfernung des gemeinschaftlichen Halbmessers; bey diesem, in der Entfernung des Durchmessers der erhabenen Seite. Beym 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

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

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 fal-

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 biconvexe 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 :	$77\frac{1}{2}$
für grünes	= 50 :	$77\frac{1}{2}$ = 20 : 31
für hellblaues	50 :	$77\frac{2}{3}$
für indigoblaues	= 50 :	$77\frac{2}{3}$
für violettes	= 50 :	$77\frac{2}{3}$ 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

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

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 abgefonderten 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 daher, daß die Farben nichts Wirkliches wären, und daß in den Körpern selbst nichts läge, was ihnen entspräche. Die Newtonianer setzen den Unterschied der Farben bloß in die Verschiedenheit der Strahlen, die sie in rothe, gelbe, grüne, blaue und violette eintheilen; und sie sagen, daß ein Körper uns von dieser oder jener Farbe zu seyn scheine, wenn er Lichtstrahlen von dieser Gattung zurückwerfe. — Andere, welchen diese Meinung nicht subtil genug schien, nahmen an, daß die Farben 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 Zusage
„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 Er-
„w. 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-
„ze 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 Erbgene. 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 ſchwer ift, die Miancen der Farben zu bezeichnen, ohne daß man fie fieht. Muſiknoten kann man in die ganze Welt ſchicken, und es wird ſie Jedermann ſpielen. In den Farben hingegen haben wir keine ſolche Noten, ſondern, wenn wir ſie ſpielen ſollen, ſo müſſen wir die Muſik gleichſam ſelbſt verſchicken. J. B. von den Olivenfarben der Südſeeinſulaner haben nur wenige einen Begriff; denn was kann man ſich unter den Olivenfarben alles denken! Lichtenberg ſah den berühmten Dmai in England. Seine Farbe war ſo,

G g

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 lieft, 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 vermittelt des andern Auges sehen. — Sehen wir also einen jeden Gegenstand vermittelt 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. Zuthl. 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. *Poffelts 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 Mikroskope 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 Mikroskope. *)

*) In des „Zirnewallner Gedichte und Denksprüche“ (übersezt 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 Mikroskope 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:

§. 416.

Beugung des Lichtes.

Unter der Beugung des Lichtes versteht man die Abweichung der Lichtstrahlen von ihrem geradlinichten 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 farbige Lichtstreifen. Setzte er z. B. einen Stab aa (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 fieng 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 Ueberset-
 zung 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.

