



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Handbuch der Physik zur Selbstbelehrung für jedermann

Spiller, Philipp

Berlin, 1866

Vierter Abschnitt. Durchgang von Wellenbewegungen.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-73841](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-73841)

Vierter Abschnitt.

Durchgang von Wellenbewegungen.

Jedermann ist bekannt, daß man selbst durch eine dicke Wand hören und durch eine Glasplatte sehen kann; weniger bekannt ist es, daß die Wärmestrahlen durch eine Platte aus Steinsalz ebenso dringen, wie die Lichtstrahlen durch die Glasplatte. Die Körper sind also mehr oder minder geeignet, Schall-, Licht- oder Wärmeschwingungen durch sich zu lassen, damit sie jenseits weiter verbreitet werden; d. h. sie sind durchhörig, durchsichtig, durchwärmig (diatherman).

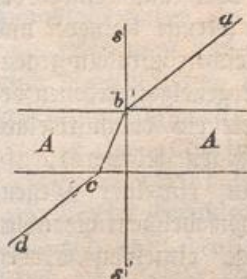
Die verschiedenen Körper sind aber in einem sehr verschiedenen Grade für die Fortsetzung der Schwingungen geeignet. Im Allgemeinen kann man sagen, daß ein bestimmter Stoff um so geeigneter ist, je gleichmäßiger seine Oberfläche und sein inneres Gefüge ist und je weniger er von fremdartigen Stoffen unterbrochen wird. Von je besser gebrannten Steinen eine Mauer aufgeführt und je dichter sie gemauert ist, desto besser läßt sie den Schall und die Wärme durch. Reines Eis in ganzen Platten ist durchsichtig; ist es aber zu ganz kleinen Stücken zerstampft, so daß Eis und Luft häufig abwechseln, so ist es undurchsichtig; neblige Luft ist weniger durchsichtig, als wasserfreie und deshalb erscheint auch die Sonne beim Auf- und Untergange trübe; an der Oberfläche rauh oder mattgeschliffenes Glas ist nur durchscheinend, es wird aber, wie auch das Papier, durch das Einölen durchsichtiger. Juweliers erkennen das Innere von rauhen Edelsteinen, wenn sie dieselben in ein Del (Sassafrasöl) legen, welches mit ihnen dieselbe Lichtbrechung besitzt.

Je durchsichtiger ein Körper ist, desto weniger verbergen sie andere Körper hinter sich und desto weniger sind sie selbst sichtbar; aber auch Luft, Glas, Wasser u. a. werden in dickeren Schichten nur durchscheinend und selbst undurchsichtig: den Boden eines tiefen, selbst ganz klaren und ruhigen Wassers erkennt man nicht mehr; bei 70 bis 80 selbst ganz klaren Glascheiben und einer 700 Fuß langen Wassersäule im Meere verschwindet das Sonnenlicht, so daß man auch im Wasser den Grund tiefer selbst ganz klarer Gewässer nicht mehr erkennen kann.

Wir können im Allgemeinen sagen, daß Schwingungen als solche um so mehr vernichtet werden, je öfter sie gezwungen sind, ihre ursprüngliche und jede neue Richtung zu verlassen und daß dann natürlich auch der von ihnen ursprünglich bewirkte sinnliche Eindruck verloren geht. Einweiß läßt die Lichtschwingungen ziemlich gut durch, ist es zu Schaum geschlagen, d. h. möglichst mit Luft vermischt, so hemmt es dieselben.

In einem hohen Grade wichtig aber sind die Erscheinungen, welche sich ergeben, wenn die Schwingungen durch Körper von bestimmter Form und mit bestimmten Begrenzungsflächen gegangen sind. Wir wollen vier wichtige Fälle einer näheren Betrachtung unterwerfen.

1) Der die Wellen durchlassende Körper hat parallele Begrenzungsebenen, wie die Spiegel- und Fensterscheiben.



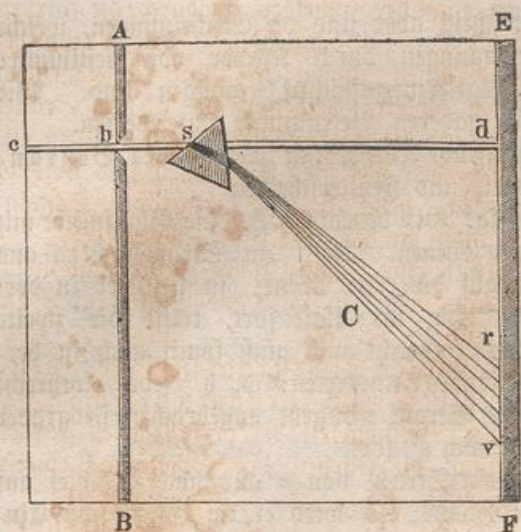
(Fig. 300.)

In Fig. 300 bedeute AA eine Glasscheibe mit parallelen Ebenen. Fällt ein Strahl von s aus lothrecht auf die erste Ebene, so geht er in derselben Richtung im Glase fort, trifft die zweite Ebene auch lothrecht und muß somit auch in derselben Richtung austreten: d. h. jeder lothrecht auffallende Strahl sb geht ungebrochen in grader Richtung nach s' fort.

Fällt ein Strahl von a aus nach b schief auf die erste Fläche, so wird er im Glase zum Einfallslothe, etwa in der Richtung bc, gebrochen; aber bei seinem Austritte in die Luft unter demselben Winkel vom Einfallslothe und muß daher bei seinem Fortgange in der Luft jenseits parallel sein dem diesseits auffallenden Strahle; d. h. sind die Brechungsflächen eines Körpers, durch welchen Wellen gehen, parallel; so behalten die Wellenstrahlen ihre Richtung, werden aber bei schiefer Lage um so mehr seitwärts geschoben, je dicker der Körper ist. Letzteres nehmen wir u. a. an Fensterscheiben bei schiefer Ansicht eines jenseits befindlichen Gegenstandes wahr, welcher übrigens seine Form und Größe nicht verändert zeigt.

2) Die durchlassenden Ebenen bilden einen Winkel, wie es der Fall ist bei zwei benachbarten Seitenflächen eines Prismas. Wir wollen uns ein dreiseitiges Prisma denken, d. h. einen solchen Körper, welcher von drei Parallelogrammen und drei vollkommen übereinstimmenden Dreiseiten begrenzt ist.

In Fig. 301 stellt AEFB ein finsternes Zimmer dar, b ist eine kleine kreisrunde Oeffnung in dem Laden AB, durch sie wird ein Sonnenstrahlenbüschel gelassen, welches, wenn es von c kommt, in der graden Richtung cbd auf der gegenüberstehenden weißen Wand EF bei d ein kreisrundes Bild zeigt. Hält man aber im Zimmer an die Oeffnung ein reines blasenfreies Glasprisma, von welchem bei S der senkrechte Querschnitt dargestellt ist; so wird für diese Lage des Prismas, wenn nämlich die beiden Durchgangsflächen für das Licht nach oben zusammentreffen und die Längenkanten des Prismas horizontal liegen, das Bild bedeutend nach unten hin verlegt, also weg von der brechenden Kante, außerdem ist es nicht mehr rund, sondern von oben nach unten bedeutend in die Länge gezogen und endlich zeigt es die sieben im Regenbogen vorhandenen Farben in derselben Ordnung, näm-



(Fig. 301.)

lich von oben nach unten: Roth, Orange, Gelb, Grün, Hellblau, Dunkelblau und Violett.

Wenn die eine Seite eines Glases zwar eben ist, die andere aber aus einer beliebigen Menge kleinerer und unter gleichen Winkeln gegeneinander geneigter Ebenen besteht (wie ein Abschnitt eines regelmäßigen Körpers), so wird ein einzelner Gegenstand, von welchem Strahlen auf diese einzelnen Ebenen gelangen, durch das Glas vervielfältigt erscheinen. Dies sind die Polygonalgläser.

Es ist möglich, daß man durch ein Polygonalglass nur einen Gegenstand sieht; es müssen aber die einzelnen Theile desselben auf einem ebenen Blatte rings um das Gesichtsfeld des Glases angemessen vertheilt gezeichnet sein. Dadurch sind aber die Bilder so verzerrt, daß man bei ihrer Ansicht ohne Glas wohl schwer das herausfinden wird, was man durch das vorgehaltene Glas sieht. Dies sind die dioptrischen Anamorphosen, welche eine angenehm überraschende Unterhaltung gewähren, besonders wenn man auf die Mitte des Blattes eine Zeichnung in vollständig richtiger Darstellung ohne Anwendung eines Glases macht, welche einen Kontrast gegen das von dem Glase beim Durchsehen zusammengesetzte Bild gewährt; z. B. eine richtig gezeichnete Maus in die Mitte und eine Katze auf den Umfang vertheilt, ein mit Krücken einhersehender Krüppel und ein munterer Reiter. Das mittelste richtige Bild verschwindet nämlich, wenn man durch das Glas sieht, bei angemessener Lage der Glasflächen durch die Zurückwerfung der Strahlen und es zeigt sich durch die Brechung mittelst der einzelnen Flächen nur das verzerrt gezeichnete in der richtigen Zusammensetzung.

Fängt ein Auge das Farbenbild oder Spektrum des Prismas in seiner vorigen Lage auf, wobei man das Glas dem Auge ganz nahe halten kann, so sieht es den Gegenstand c, welches auch ein weißer Punkt oder Strich auf schwarzem Grunde sein kann, nicht nur bedeutend nach oben gehoben, sondern auch die Farbenpracht so, daß Violett an der oberen, Roth an der unteren Gränze erscheint, weil man ja bekanntlich den Gegenstand in die Richtung versetzt, in welcher das Auge von seinen Strahlen unmittelbar getroffen wird. Die vom Prisma S nach der Wand EF gehenden Strahlen fahren auseinander (divergiren),

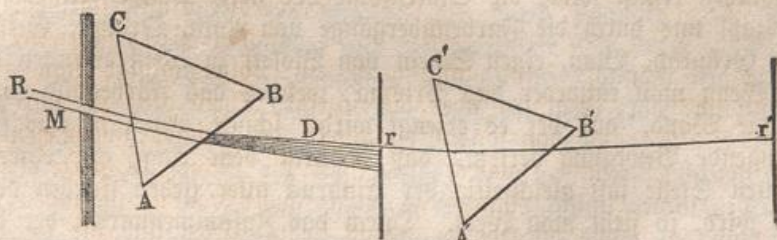
müssen also rückwärts verlängert einander schneiden, wodurch die Farben für das Auge eine entgegengesetzte Lage bekommen. — Sieht man bei derselben Stellung des Prismas einen schwarzen Punkt auf weißem Grunde an, so erscheint er unten violett, weil dort die obere Gränze des Weiß, und unten roth, weil hier die untere Gränze des Weiß ist.

Die violetten Strahlen haben den weitesten Weg durch das Prisma gemacht, sind also die brechbarsten; denn da sie die größte Schwingungszahl haben, so besitzen sie auch die meiste Kraft.

Läßt man das Farbenbild auf eine Spiegelfläche fallen und neigt man dieselbe gegen jenes mehr und mehr, so wird das Violett auch am ersten zurückgeworfen, also:

je brechbarer die farbigen Lichtstrahlen sind, desto leichter werden dieselben auch zurückgeworfen.

Dieser verschiedene Grad der Brechbarkeit bei verschiedenen Farben zeigt sich recht deutlich, wenn man die Farben des Spektrums einzeln durch ein zweites Prisma gehen läßt.



(Fig. 302.)

In Fig. 302 komme von R durch die Oeffnung M das Strahlenbündel R auf das Prisma ABC, welches jetzt die brechende Kante nach unten gerichtet hat, so daß das farbige Bild nach oben hin gerückt wird. Hat die auffangende Wand bei r, wo das violette Licht ist, eine Oeffnung und fängt man jenseits dieses Licht mit einem zweiten Prisma A'B'C' auf, so wird dadurch das violette Licht von seiner graden Richtung abgelenkt, ohne aber eine neue Farbenercheinung zu zeigen. Läßt man so nach und nach die anderen Farben bei unveränderter Lage des zweiten Prismas durch, so werden sie durch dasselbe nach dem Roth hin immer weniger gebrochen, jede bleibt aber unverändert, ohne in andere Farben zerlegt zu werden; das Grün z. B. wird nicht etwa in Blau und Gelb zerlegt.

Stellt man das zweite Prisma mit seiner Axe lothrecht gegen die Axe des ersten und fängt man mit ihm das durch das erste gebildete lange Farbenbild auf, so schiebt es das vorige senkrechte Farbenbild nach der Seite, aber das Violett am meisten, Roth am wenigsten.

Wenn man mit dem Finger bei einer Harfe über eine Reihe von Saiten mit verschiedener Spannung (oder auch Länge und Dicke) fährt,

so hört man hintereinander eine Reihe verschiedener Töne, welche durch dieselbe Kraft hervorgehoben worden sind. Der Weltäther wird in dem Glase mit der von der brechenden Kante an beginnenden Dicke desselben sicher auch eine wachsende Spannkraft haben und durch dieselbe Schwingungskraft der weißen Strahlen zu Schwingungen von verschiedener Geschwindigkeit angeregt werden, und zwar nach der Kante hin zu den langsamsten, welche Roth geben, und an der dicksten Stelle zu den schnellsten, welche die Empfindung des Violett erzeugen.

Unser Auge ist für noch langsamere Schwingungen, als die des Roth, und für noch schnellere, als die des Violett, nicht schon und nicht mehr empfindlich; aber es ist eine Thatsache, daß es noch diesseits und jenseits des Spektrums Aetherschwingungen gibt: jene langsameren sind Wärmeschwingungen, diese schnelleren zeichnen sich durch die Energie aus, mit welcher sie chemische Verbindungen und Zersetzungen hervorbringen, welche schon beim Grün beginnen.

Es ist bemerkenswerth, daß Eisen, wenn es allmählich bis zum Weißglühen erhitzt wird, die Stufenfolge der stetig wachsenden Schwingungszahl uns durch die Farbenübergänge von Roth, Orange, Gelblich, etwas Grünlich, Blau, einen Schein von Violett zu Weiß erkennen läßt.

Wenn man entweder das Prisma, welches das Farbenbild erzeugt oder die Wand, auf der es erzeugt wird, schnell genug in eine solche schwingende Bewegung versetzt, daß dadurch dem Auge auf einer bestimmten Stelle fast gleichzeitig der Eindruck aller sieben Farben dargeboten wird, so sieht man Weiß. Durch das Zusammenwirken der langsamen und der schnellen Schwingungen müssen neue von der mittleren Geschwindigkeit aller entstehen, so daß also zu Weiß in runder Zahl 600 Billionen Schwingungen des Weltäthers in 1 Sekunde gehören.

Achromasie. Das Licht wird bei jedem durchsichtigen Körper, dessen Ein- und Austrittsflächen für dasselbe nicht parallel sind, sowohl gebrochen und von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt, als auch in Farben zerstreut; beides aber für verschiedene Stoffe in verschiedenem Grade, so daß die Farbenbilder gleicher Prismen aus verschiedenen Stoffen unter übrigens gleichen Umständen eine verschiedene Länge haben, selbst wenn die Ablenkung des Ganzen gleich ist; oder daß zwar die Farbenbilder eine gleiche oder fast gleiche Länge haben, aber in verschiedenem Grade abgelenkt sind. Macht man nun aus zwei Stoffen, welche das Licht zwar sehr ungleich brechen, aber eine möglichst gleiche Farbenzerstreuung besitzen, zwei Prismen mit ungleichen brechenden Winkeln und legt sie mit zwei Seitenflächen so aneinander, daß die brechenden Winkel gegeneinander liegen; so sind die Ein- und Austrittsflächen einander nicht parallel, also der ganze Körper zum Brechen des Lichtes noch geeignet, aber die beiden farbigen Bilder der einzelnen Prismen geben, da sie bei angemessen gewählten Winkeln für die beiden Prismen in entgegengesetzter Richtung einander decken, ein farbloses

oder achromatisches Bild. Diese Betrachtung wird uns später von großem Nutzen sein.

Die Spektralanalyse. Fraunhofer entdeckte im Sonnenspektrum eine große Anzahl von dunklen Linien, welche auf den langen Seiten desselben lothrecht stehen, verschiedene Dicke besitzen und untereinander eine ganz bestimmte Lage haben. Diese dunklen Linien bezeichnen unstreitig Stellen, in welchen entgegengesetzt gerichtete Aetherschwingungen einander aufheben. Wie aber das scheinbar einfache Sonnenlicht solche Stellen, welche nur durch mindestens zwei gleichzeitig stattfindende Schwingungen hervorgebracht werden können, zu erzeugen im Stande ist, hat man erst in neuester Zeit ermittelt.

Das Licht eines glühenden Platindrahtes hat im Spektrum weder helle noch dunkle Linien, ist also einfach. Das Spektrum einer mit Kochsalz gelb gefärbten Spiritusflamme zeigt ein sehr stark entwickeltes Gelb, während alle übrigen Farben verschwinden und in ihm eine sehr hell gefärbte und blendend gelbe Linie an derselben Stelle, wo das ebenso lange Sonnenspektrum eine schwarze Linie besitzt. Läßt man nun durch jenes gleichartige Licht des Platins die durch Kochsalz gelb gefärbte Flamme gehen und beobachtet nun das vereinigte Licht durch ein Prisma; so ist jene gelbe Linie verschwunden und an ihrer Stelle eine schwarze. Die nähere Untersuchung hat ergeben, daß die gelbe Linie nur von dem im Kochsalze enthaltenen Natrium-Metalle herrührt.

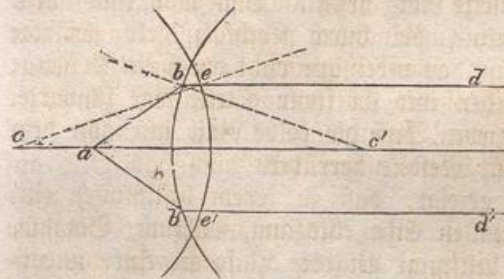
In gleicher Weise hat sich gezeigt, daß zu jedem bestimmten einfachen Stoffe, z. B. zu den Metallen Eisen, Kalium, Lithium, Barium, Strontium, Kalkium, auch eine bestimmt gefärbte Linie an einer unveränderlichen Stelle gehört und daß dieses farbige Licht stets ausgelöscht wird durch gleichartiges Licht, welches jenes durchdringt. Daraus folgt also, daß jede dunkle Linie im Sonnenspektrum zu einem Stoffe gehört, dessen farbige Flamme ausgelöscht wird, wenn durch sie gleichartiges Licht geht. Da mit Ausnahme des Lithium die Linien der anderen obigen Körper im Sonnenspektrum vorhanden sind, so ergibt sich, daß vom Sonnenkörper gleichartiges Licht ausgeht und daß dieses das in ihrer Atmosphäre durch Verbrennung verschiedener Stoffe, vorzüglich des Eisens, entstandene Licht durchdringt. Auf diese Weise ist u. a. ermittelt, daß der Syrius aus Steinsalz besteht.

Man hat somit ein Mittel, das Vorhandensein von Stoffen selbst in solchen Fällen zu ermitteln, in welchen die Chemie uns völlig rathlos läßt. Das Natrium gibt wunderbarer Weise selbst in einem Dreimilliontel Millegramm Kochsalz noch die gelbe Linie; das Lithium gibt in gleichem Maße eine rothe und noch eine schwach gelbliche Linie; von Kalium ist ein Tausendtel eines Millegramms nothwendig. Ein Stäubchen Zigarrenasche auf einem angehauchten Platindrahte verräth die Anwesenheit aller drei Metalle in ihr. Sind Pflanzen auf granithaltigem Boden gewachsen, so verräth sich das Lithium sogar noch in

dem Blute der Thiere, welche solche Pflanzen genossen haben. So hat die Wissenschaft ein Mittel gefunden, welches uns nicht nur über die Stoffe der Himmelskörper in dem unendlichen Raume, sondern auch der irdischen Körper in ihrer Vertheilung bis ins unendlich Kleine Aufschluß zu geben verspricht.

3) Die beiden Begrenzungsflächen des Körpers, durch welchen die Wellenbewegung geht, gehören Kugelflächen an.

Wenn ein Körper von zwei krummen Flächen begrenzt wird, welche Theile von Kugelflächen sind, so heißt er eine Linse und zwar eine doppelt erhabene oder bikonvexe, wenn die Kugelstücke einander die hohle Seite zuwenden; eine doppelt hohle oder bikonkave, wenn sie einander die erhabene Seite zukehren. Jene sind in der Mitte dicker, diese dünner als am Rande. Es gibt noch Linsen, welche auf der einen Seite eben, auf der anderen entweder erhaben oder hohl sind (plankonvex, plankonkav), und noch konvexkonkave und konkavkonvexe, jenachdem die Konkavität oder Konvexität größer ist.

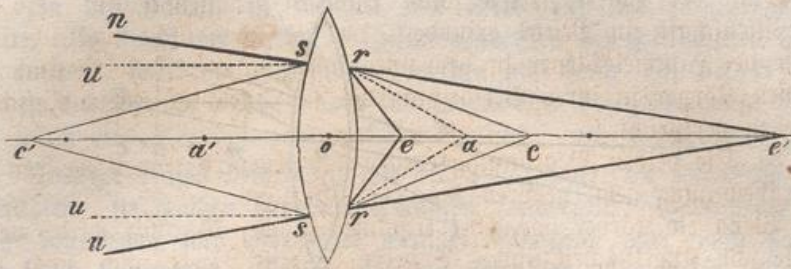


(Fig. 3 3.)

a) Bikonvexe Linsen. Wenn in Fig. 303 c und c' die Mittelpunkte von zwei Kugeln (hier mit gleichen Radien) sind, so daß also cc' die Axe ist; so ist beeb' der Axenschnitt der Linse oder des beiden Kugeln gemeinschaftlichen Theiles.

Kommen Strahlen parallel mit der Axe an, wie es von den Sonnenstrahlen gilt, z. B. die Strahlen de und d'e'; so wird jeder im Glase zu seinem Einfallslothe gebrochen, welches für de der Strahl ee, für d'e' der Strahl ee' ist. Dieses bewirkt schon eine Annäherung zur Axe. Wenn ihre Wege im Glase eb und e'b' sind, so werden sie bei ihren Austrittspunkten b und b' in die Luft von den Einfallsloten e'b und e'b' gebrochen und nähern sich somit der Axe noch mehr, so daß sie dieselbe in einem Punkte a treffen, welcher der Brennpunkt der Linse heißt, weil in ihm, wenn man die Sonnenstrahlen parallel mit der Axe auffallen läßt, dort ein kleines Sonnenbild entsteht und ein leicht entzündlicher Gegenstand, z. B. Papier, Zündschwamm, Holz, anbrennt. Solche doppeltkonvexe Linsen werden daher auch Brenngläser genannt. Die Brennweite ist die Entfernung des Brennpunktes von dem Mittelpunkte der Linse.

Es ist klar, daß Strahlen, welche vom Brennpunkte ausgehen, jenseits der Linse parallel fortgehen müssen und somit ein Bild nicht erzeugen können. Es wird für die weitere Betrachtung angemessen sein, diesen Fall als Grundlage festzuhalten.



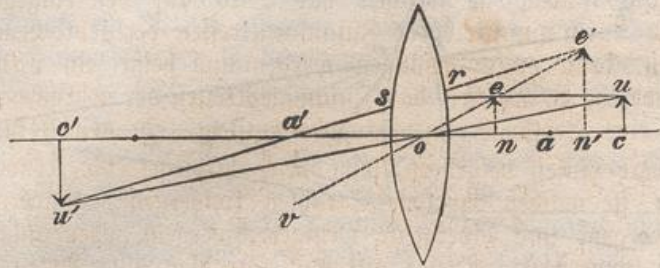
(Fig. 304.)

Der Punkt in der Axe, von welchem Strahlen ausgehen können, kann nun vom Brennpunkte a aus (Fig. 304) entweder der Linse sich nähern oder von ihr sich entfernen.

Nähert sich der Punkt der Linse, z. B. bis e , oder gehen die Strahlen wie er noch mehr auseinander, als wenn sie vom Brennpunkte kämen, so können sie jenseits der Linse nicht mehr parallel bleiben, sondern müssen noch wie sn auseinander gehen und können nur rückwärts verlängert diesseits in e' einander treffen und ein Bild geben. Dieses Bild aber ist in um so größerer Entfernung von der Linse, je näher der Ausgangspunkt nach dem Brennpunkte liegt; je näher der Ausgangspunkt an die Linse rückt, desto näher tritt auch das Bild auf derselben Seite an sie heran.

Entfernt sich der in der Axe liegende Ausgangspunkt der Strahlen von dem Brennpunkte und der Linse, z. B. bis c , so werden die auf fallenden Strahlen cr nach dem Durchgange weniger divergent, als wenn sie vom Brennpunkte ausgingen, werden also jenseits der Linse zusammenlaufen (konvergent werden) und dort ein Bild c' geben, welches sich der Linse nähert, wenn sich der Ausgangspunkt entfernt. — Bei diesem Entfernen des Punktes und Annähern seines Bildes tritt endlich einmal der Fall ein, daß beide von der Linse gleiche Entfernung haben und die Strahlen beider zu beiden Seiten der Linse gleich oder symmetrisch liegen und daher heißen diese Punkte die symmetrischen Sammelpunkte. Sie liegen bei Glaslinsen in der doppelten Brennweite von der Linse.

Liegt der Punkt, von welchem Wellenstrahlen ausgehen, außerhalb der Axe, aber in ihrer Nähe, wie u oder e (Fig. 305), so geht der mit der Axe parallele Strahl ur oder er nach der doppelten Brechung durch den Brennpunkt a' der Linse. Der Strahl, welcher von u und von e durch den Mittelpunkt o der Linse gerichtet ist, nämlich uo und eo , geht in unveränderter Richtung durch die Linse, weil die beiden Stellen des Ein- und des Austrittes als parallel anzusehen sind. In beiden Fällen entsteht ein Bild des Ausgangspunktes: ist derselbe, wie u außerhalb der Brennweite, so liegt es jenseits der Linse auf der ent-



(Fig. 305.)

gegegenseitigen Seite der Axe in u' ; ist derselbe innerhalb der Brennweite wie e , so liegt es diesseits der Linse auf derselben Seite der Axe in e' und in größerer Entfernung von der Linse. In jenem Falle treffen die durchgegangenen Strahlen ou' und sa' bei ihrer Verlängerung einander unmittelbar, in diesem Falle müssen sie, nämlich ov und sa' , rückwärts verlängert werden, wie oe und se' .

Nun läßt sich leicht bestimmen, wie es sich mit der Lage, Größe und Entfernung der Bilder von ganzen Gegenständen verhalten wird.

1) Ist der Gegenstand in der Entfernung der Brennweite, so erscheint kein Bild, weil die Strahlen nach der Brechung parallel sind.

2) Ist der Gegenstand, wie en , innerhalb der Brennweite, so entsteht von ihm auf derselben Seite ein grades und entfernteres, also vergrößertes Bild $e'n'$, welches mit der Annäherung des Gegenstandes an den Brennpunkt sich entfernt und vergrößert.

Diesen Fall benutzt man, um kleine Schrift mittelst der sogen. Lesegläser sich vergrößert darzustellen oder um noch viel kleinere Gegenstände, z. B. Pflanzentheile mittelst der Loupen, welche eine größere Konvexität, also kleinere Brennweiten haben, noch deutlich zu erkennen.

3) Ist der Gegenstand, wie uc außerhalb der Brennweite, so entsteht auf der entgegengesetzten Seite ein umgekehrtes Bild und zwar

a) von derselben Größe in der Entfernung des symmetrischen Sammelpunktes beider. Man kann dies leicht an dem mit einem weißen Papiere aufgefangenen Bilde einer kleinen Flamme erkennen, die in der doppelten Brennweite einer Glaslinse aufgestellt ist.

b) Nähert sich der Gegenstand vom Sammelpunkte aus dem Brennpunkte, so entfernt sich das Bild vom anderen Sammelpunkte und wird größer.

c) Entfernt sich der Gegenstand vom Sammelpunkte und der Linse, so ist das Bild zwischen dem anderen Sammel- und Brennpunkte und wird kleiner.

In den Fällen, in welchen das Bild auf der entgegengesetzten Seite, also durch unmittelbares Zusammentreffen der gebrochenen Strahlen entsteht, kann es aufgefangen werden und heißt ein physisches, in den anderen, in welchen das Zusammentreffen der gebrochenen Strahlen durch eine Verlängerung rückwärts entsteht, ein mathematisches.

Konvexe Linsen befördern, wie die Hohlspiegel, die Konvergenz der Strahlen: sie machen parallele Strahlen konvergent, konvergente noch mehr konvergent und divergente weniger divergent oder auch parallel und selbst konvergent. Dieses gilt von Strahlen aller Arten, also von Schall-, Wärme- und Lichtstrahlen.

Setzt man aus dünner Kollodiumhaut eine große bikonvexe Linse mittelst eines kreisrunden Drahtes zusammen und füllt man den Zwischenraum mit einer stärker brechenden Luftart, als atmosphärischer Luft aus, so hört man in dem Brennpunkte der Linse das Ticken einer Taschenuhr sehr deutlich, wenn dieselbe auch in einer ziemlich großen Entfernung jenseits sich befindet; in anderen näher liegenden Punkten nicht so deutlich.

Schleift man aus recht klarem Steinsalze eine bikonvexe Linse, so zeigt sich in ihrem Brennpunkte durch die Brechung der Wärmestrahlen eine namhafte Temperaturerhöhung, wenn jenseits der Linse ein heißes Stück Eisen u. dergl. in größerer Entfernung angebracht ist.

Newtons Farbenringe. Hierher gehören noch die Farberscheinungen, welche sich bei einer ganz dünnen Schicht eines festen oder flüssigen Körpers zeigen und von dem Zusammenwirken des gebrochenen und zurückgeworfenen Lichtes von zwei sehr nahe liegenden Quellen herühren, z. B. bei Splintern von ganz dünnen Glaskugeln, bei Seifenblasen, bei einer dünnen Luftschicht in dem Sprunge eines dicken Glases oder Krystalles, bei einem Tropfen ätherischen Oeles oder Firnisses auf Wasser, bei altem Fensterglase.

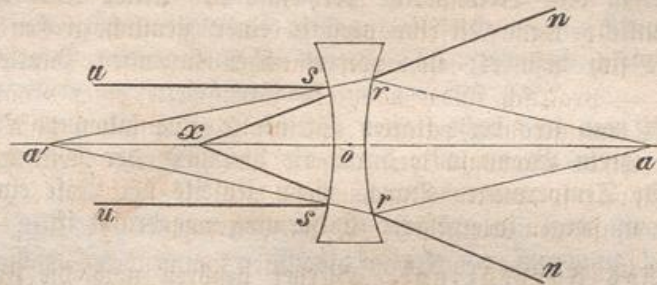
Um diese Erscheinungen genauer zu untersuchen, wendete Newton eine ebene, recht gut geschliffene Glasplatte und eine Konvexlinse von sehr großem (40—50 Fuß langem) Krümmungsradius an. Legt man die Linse auf die Platte, so ist zwischen beiden eine Luftschicht, deren Dicke von dem Berührungspunkte der Gläser an zunimmt und in jeder Entfernung von ihm bestimmt werden kann. — Läßt man einfarbiges Licht durchgehen oder zurückwerfen, so zeigen sich abwechselnd dunkle und helle Ringe von der betreffenden Farbe, welche für Roth am breitesten, für Violett am schmalsten und für die Zwischenfarben von mittlerer Ausdehnung sind. Für jede einzelne Farbe werden die Ringe nach außen zu immer schmaler, weil die Dicke der Zwischenschicht rascher wächst, als die Entfernung vom Berührungspunkte. Da, wo im durchgelassenen Lichte die dunklen Ringe sind, befinden sich im zurückgeworfenen die hellen und umgekehrt, weil das Licht bei der Zurückwerfung von der

entfernteren Gränzfläche um eine halbe Wellenlänge sich verspätet gegen den Fall beim durchgelassenen Lichte.

Es ist wohl klar, daß sich auch hieraus die Wellenlängen und Schwingungszahlen der verschiedenen Farben bestimmen lassen. Vergl. S. 30 und 39.

Wendet man weißes Licht an, so entstehen wegen der verschiedenen Wellenlängen der einzelnen Farben sieben wahrnehmbare Ringsysteme, worunter aber auch gemischte Farben sind, weil die einfachen einander zum Theil decken.

Ist Wasser statt Luft in der Zwischenschicht, so sind die Ringe enger, weil die Geschwindigkeit des Lichtes im Wasser kleiner, als in der Luft ist. Man kann übrigens aus der Wellenbreite und Schwingungszahl auch auf die Geschwindigkeit schließen.



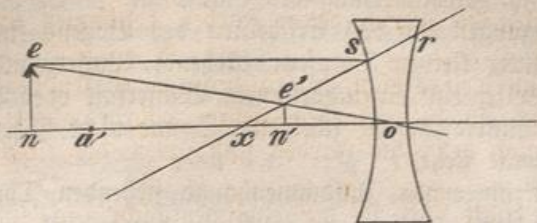
(Fig. 306.)

b) Bikonkave Linsen. Wenn a und a' (Fig. 306) die Krümmungsmittelpunkte der im Durchschnitte gezeichneten Linse sind, also aa' die Axe ist und es fallen mit der Axe parallele Strahlen us auf, so werden sie schon in der Linse von der Axe weg in der Richtung sr gebrochen, weil sie sich dem verlängerten Einfallslothe $a's$ nähern und bei ihrem Austritte jenseits noch mehr in der Richtung rn , weil sie sich von dem Einfallslothe ar entfernen. Die diesseits parallel auffallenden Strahlen werden also jenseits divergent und können nur rückwärts verlängert ein Bild in dem negativen Brennpunkte x geben, welches bei Glaslinsen im Halbierungspunkte des Strahles liegt.

Gelangen ankommende Wellenstrahlen von der Axe aus divergent auf die Linse, so müssen sie nach der doppelten Brechung noch mehr divergiren und ihr Durchschnittspunkt liegt der Linse stets näher, als der negative Brennpunkt x .

Liegt der Ausgangspunkt e (Fig. 307) der Strahlen außerhalb der Axe, so geht der nach dem Mittelpunkte o der Linse gerichtete Strahl ungebrochen durch, der mit der Axe parallele muß nach der doppelten Brechung in seiner nach dem negativen Brennpunkte verlängerten Richtung rx betrachtet werden und gibt mit jenem in dem

Durchschnittspunkte e' das Bild von e ; also das Bild erscheint auf derselben Seite der Axe und der Linse stets näher.



(Fig. 307.)

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß die Konkavlinse die Strahlen zerstreuen und stets verkleinerte mathematische Bilder auf derselben Seite der Linse geben. Mit Annäherung des Gegenstandes an die Linse wächst das Bild, wie es leicht von einem Auge jenseits der Linse erkannt wird. — Praktisch findet man die Brennweite einer Konkavlinse, wenn man Sonnenstrahlen parallel mit der Axe auffallen läßt und die Linse einer weißen Fläche so weit nähert, daß der erleuchtete Kreis auf ihr einen doppelt so großen Durchmesser, als die Linse hat; die Entfernung der Linse von der Fläche ist die Brennweite.

Nur die in der Nähe der Axe auf die Linse kommenden Strahlen haben einen gemeinschaftlichen Vereinigungspunkt, die in größerer Entfernung, namentlich am Rande auffallenden aber andere der Linse näher liegende Punkte. Man hält daher die Randstrahlen durch einen schwarzen Ring, die sogen. Blende, ab, damit die Oeffnung der Linse, die Apertur, vom Brennpunkte aus kleiner erscheint.

So wie man aus zwei verschiedenen Glasarten Prismen zusammensetzen konnte, welche die Strahlen zwar noch brechen, die Farben aber nicht mehr zerstreuten, so hat man auch farblose oder achromatische Linsen geschliffen. Man setzt ein konvexes Kronglas mit einem konkaven Flintglase oder, um die für einzelne Farben noch übrig gebliebene Zerstreung zu beseitigen, zwei konvexe Kronglaslinsen mit einer bikonkaven von Flintglas zu einer Linse zusammen, welche bikonvex ist. Erst nach der Konstruktion der achromatischen Linsen ist es möglich geworden, die herrlichsten Entdeckungen im Großen und Kleinen zu machen; denn die Farbenzerstreung macht die Bilder sehr undeutlich.

Der Regenbogen. Nun wollen wir die noch hierher gehörige prachtvolle Naturerscheinung des Regenbogens etwas näher betrachten und zu erklären suchen.

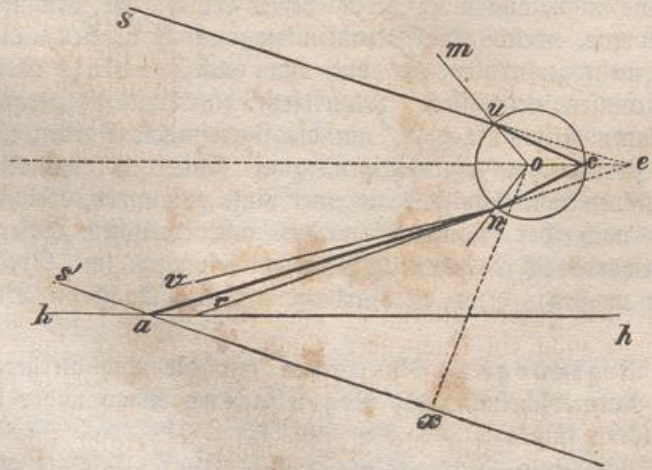
Schon der Umstand, daß die Thautropfen, wenn die Sonne auf sie scheint, in den herrlichen Farben des Regenbogens, je nach unserem

Standpunkte in verschiedenen, erglänzen, obmohl ihr Hintergrund ein dunkler ist, läßt uns vernuthen, daß der Regenbogen eine Erscheinung der Brechung und Zurückwerfung des Lichtes ist.

Die Bedingungen für das Erscheinen des Bogens sind, daß vor uns eine aus lauter kleinen Tropfen bestehende Wasserwand ist, wie sie eine regnende Wolke, ein Springbrunnen, Wasserfall oder Währ u. dgl. bilden und daß hinter uns die scheinende Sonne nicht höher als $42\frac{1}{2}^\circ$ über dem Horizonte steht.

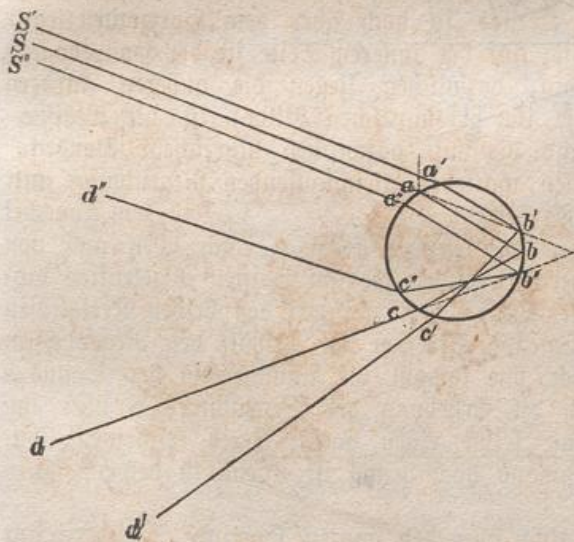
Die damit im engen Zusammenhange stehenden Thatsachen sind folgende:

Die Verbindungslinie des Mittelpunktes der Sonne und unseres Auges trifft bei ihrer Verlängerung den Mittelpunkt des Kreises, zu welchem der Regenbogen gehört; beim Auf- und Untergange der Sonne erscheint daher ein Halbkreis; für einen bestimmten Standpunkt des Beobachters nimmt bei steigender Sonne der Bogen ab, bis er verschwindet, wenn die Sonne höher als $42\frac{1}{2}^\circ$ sich erhebt; überhaupt liegt der Mittelpunkt des Kreises so tief unter dem Horizonte, als die Sonne über ihn steht; bei sinkender Sonne aber und hoher Tropfenwand nimmt der Bogen so zu, daß er ein voller Kreis werden kann, wobei der Mittelpunkt des Kreises so hoch über dem Horizonte liegt, als die Sonne unter ihm ist; auf der inneren Seite ist der Hauptbogen violett, auf der äußeren roth; dazwischen liegen die anderen Farben grade in der Ordnung, wie im prismatischen Bilde; ist die Wasser-tropfenwand hoch genug und die Luft dazwischen hinreichend klar, so sieht man darüber noch einen mattern gleichlaufenden Regenbogen mit umgekehrter Ordnung der Farben.



(Fig. 308.)

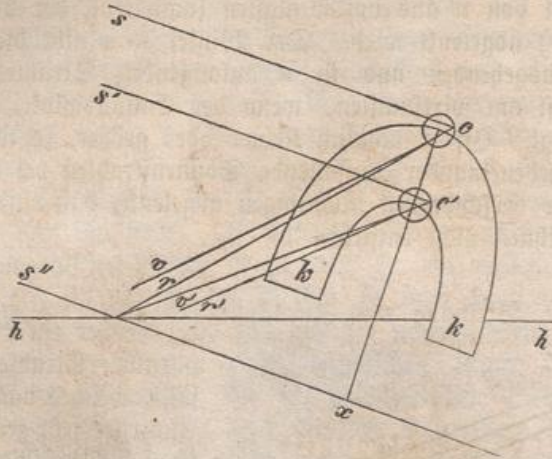
Um die Entstehung des Hauptregenhogens zu ermitteln, sei on (Fig. 308) der lothrechte Schnitt eines Regentropfens, su ein auf ihn fallender Sonnenstrahl, für welchen ou das Einfallslotth ist. Er wird von seiner graden Richtung ue weg zum Einfallslotth in der Richtung uc gebrochen, hier auf der Rückwand des Tropfens theils vorwärts in die Luft gebrochen, theils rückwärts unter demselben Winkel ($ocn = ocu$) geworfen, tritt bei n wieder in die Luft und wird hier vom Einfallslotth on weggebrochen nach na . Ist in a ein Auge, so sieht es ein Sonnenbild in der Richtung ane , aber nicht einfarbig, sondern in den Farben des Spektrums mit Roth nach oben, Violett nach unten, weil der rothe Strahl von n aus am wenigsten (nach nr), der violette am meisten (nach nv) abgelenkt wird. Der Winkel sea gibt die Ablenkung des von s ausgehenden und in a anlangenden Strahles an. Der Eindruck in a ist am wirksamsten, wenn der Einfallswinkel sum gegen $58-60^\circ$ beträgt. Ist er nämlich kleiner oder größer, so werden selbst parallel dicht nebeneinander auffallende Sonnenstrahlen bei ihrem Austritte nach so sehr verschiedenen Richtungen abgelenkt, daß ein wirksamer Eindruck von ihnen nicht entsteht.



(Fig. 309.)

Dießer Vorgang ver-
deutlicht die Fig. 309,
bei welcher ein Bündel
paralleler Strahlen auf-
fällt, welches nach dem
Austritte sehr zerstreut
ist. Die Wege sind durch
die gleichartigen Buch-
staben bezeichnet.
Da aber jeder Strahl
in Farben zerlegt wird,
so ist die Ablenkung
in diesem Falle für
das Roth nach der
Richtung des auffallen-
den Strahles höchstens
 $42^\circ 30'$ und für das
Violett $40^\circ 30'$, so
daß der Winkel, wel-
chen die äußersten Farben bilden, 2° (eigentlich $2^\circ 18'$) beträgt. Weil
aber die Sonne nicht ein leuchtender Punkt ist, sondern einen Durch-
messer von $30'$ besitzt, so muß jede einzelne Farbe eine Breite von $30'$,
also alle sieben Farben eine von $7 \cdot 30'$ oder $3\frac{1}{2}^\circ$ haben. Da dieses
mehr beträgt, als die Breite des Regenhogens, so ergibt sich daraus,
daß die benachbarten Farben etwas in einander übergreifen. — Es ist
ferner klar, daß alle Wassertropfen, welche gegen die Sonne und das

Auge dieselbe Lage haben, auch dieselbe Strahlengattung zeigen müssen. Es ist nun sehr leicht, die Lage aller dieser Tropfen zu bestimmen. Man denkt sich durch den Mittelpunkt der Sonne und das Auge die auf dem Horizonte senkrechte Ebene gelegt. In dieser Ebene befindet sich in einem bestimmten Augenblicke ein Wassertropfen, welcher eine bestimmte Farbe zeigt. Fällt man von ihm die lothrechte Linie auf die verlängerte Verbindungslinie zwischen Sonne und Auge und dreht man den entstandenen rechten Winkel um die letztere Linie als Axe, so beschreibt der im Tropfen liegende Ausgangspunkt des Perpendikels eine Kreislinie, in welcher die Tropfen dieselbe Farbe geben müssen.



(Fig. 310.)

a die rothen, am wenigsten abgelenkten Strahlen nach oben und von den in der inneren Peripherie liegenden die am meisten abgelenkten violetten Strahlen nach unten sehen. Der zwischen den beiden Kreislinien über dem Horizonte hh liegende Streifen kk enthält den Regenbogen. Es ist hier zugleich deutlich, wie sowohl die Annäherung der Sonne s an den Horizont, als auch die Erhebung des Beobachters a über ihn den Bogen vergrößert und selbst einen vollen Kreis erscheinen läßt, wenn nur dabei die Regenwand hoch genug ist; denn in beiden Fällen wird x gehoben.

Regnet es vor uns nicht über den ganzen Horizont, sondern nur aus einer einzigen seitlichen Wolke, so ist auch der Bogen unvollständig, was man wohl eine Wassergalle nennt.

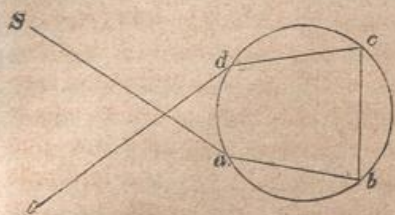
Obwohl die Stellen, an denen wirksame Strahlen erscheinen, fortwährend durch neue Tropfen ersetzt werden, so ist der Eindruck für uns doch ein dauernder, weil unser Auge, wie auch aus anderen bekannten Erfahrungen hervorgeht, einen in einem gewissen Augenblicke empfundenen Eindruck mit dem Aufhören der wirkenden Ursache nicht auch sofort verliert, sondern noch eine kurze Zeit behält.

Wenn man nun (F. 310) in Beziehung auf die Tropfen c und c' mit cx und c'x die Kreise um x beschreibt, so werden wir von den in der äußeren Peripherie liegenden Tropfen mit dem Auge bei

Aus verschiedenen Standpunkten sieht man in demselben Augenblicke oder auch in demselben Standpunkte und verschiedenen Zeiten einen anderen und durch andere Tropfen gebildeten Regenbogen. Morgens kann er nur gegen Westen, abends nur gegen Osten, mittags in der nördlichen Halbkugel nur gegen Norden erscheinen.

Auch durch den Mond wird zuweilen, wenn auch nur ein matter Regenbogen gebildet.

Der Hauptregenbogen wird gebildet von Strahlen, welche auf den Vordertheil der oberen Hälfte der Wassertropfen fallen; der Nebenregenbogen aber von solchen, welche auf den Vordertheil der unteren



(Fig. 311.)

Hälfte eintreffen. Ist (Fig. 311) *S* der auffallende Strahl, so wird er im Tropfen nach *ab* gebrochen, von *b* nach *c* und von *c* nach *d* zurückgeworfen und geht von *d* in die Luft gebrochen nach *de* so fort, daß die violetten Strahlen am weitesten nach unten, die rothen am weitesten nach oben gerichtet sind und ein Auge in *e* den durch zweimalige Brechung und Zurückwerfung matt gewordenen Strahl in dem Bogen so wahrnimmt, daß Violett nach oben, Roth nach unten erscheint, indem jenes von den oberen, dieses von den unteren Tropfen herrührt.

Farbenbogen durch Eiskrystalle in der Atmosphäre. Am 8. Februar 1861 sah ich bei klarer fast ganz ruhiger Luft und $3,4^{\circ}$ R. Luftwärme fast während einer Stunde (mittags 1—2 Uhr) vor der Sonne zwei farbige Bogen, welche einander die konvexen Seiten zuekehrten und eine symmetrische Farbenvertheilung besaßen.

Eine solche Erscheinung kann nur unter ganz besonders günstigen Umständen eintreten und ist noch nicht sehr häufig beobachtet worden. Es gehört dazu, wie ich meine, eine Wand von zarten Eiskrystallen, welche sich vor der Sonne befindet, so daß die Sonnenstrahlen durch prismatische Zerstreuung in den Krystallen farbig werden; während diese Wand durch Stauung eines sehr sanften Südwindes an der Erdoberfläche vor dem Beobachter abgegränzt wird, befindet sich über ihm noch eine nach unten ziemlich eben abgegränzte und durch den warmen Wind abgeschnittene Schicht ebensolcher Krystallchen. Die erste Wand erzeugt den Hauptbogen und dieser wird in der letzteren Schicht matter abge spiegelt, erscheint also verkehrt, wie jeder Gegenstand, welchen wir durch einen horizontal über uns gehaltenen Spiegel ansehen. Dabei zeigten sich noch Nebensonnen durch Spiegelung.

Die Morgen- und Abendröthe entsteht ebenfalls durch Lichtbrechung. Wenn die atmosphärische Luft das Wasser in wirklichem Dampfzustande enthält, so ist sie klar und durchsichtig; je mehr aber

die Verwandlung der Dämpfe in Dünste vorschreitet, welche aus sehr kleinen hohlen Wasserbläschen bestehen, desto mehr wird das reine Blau gebleicht und der Himmel erscheint graumeiß, wenn die Dunstbildung noch nicht ganz vollendet ist. Das durch die den Uebergang aus Wasserdämpfen in Wasser darstellenden Dunstbläschen gehende Licht wird theils gebrochen, theils zurückgeworfen: die brechbarsten blauen Strahlen werden auch am leichtesten zurückgeworfen. Daher verkürzt sich auch in der Dämmerung das prismatische Farbenbild mehr und mehr an der blauen Seite, während es zu Mittag, namentlich um die Zeit unseres Sommer-Sonnenstillstandes (21. Juni) am ausgebildetsten ist. Wenn nun durch die Ansammlung der Wasserdünste sich Wolkengruppen von verschiedener Dichtigkeit und Gestalt bilden und die Sonne einen niedrigen Stand am Horizonte hat, so daß ihre Strahlen unter einem sehr kleinen Winkel durch sie gehen; so werden die brechbarsten nach dem blauen Ende des Spektrums liegenden Strahlen zurückgeworfen und nur die rothen und gelben durchgelassen, welche aber, je nach der Dichtigkeit und Beschaffenheit der Wolken und ihrer Gruppierung, oft die herrlichsten Schattirungen und Uebergänge von den zartesten Tönen bis zur glühendsten Farbenpracht zeigen, obwohl den Sonnenstrahlen am Horizonte, wo sie den weitesten Weg (etwa 15 mal weiter, als wenn sie im Zenithe steht) durch die Atmosphäre zu gehen haben, etwa nur 5—6 Hundertel ihrer Stärke geblieben sind.

Beim Sonnenaufgange werden an der Erdoberfläche durch Erwärmung, namentlich aber erst bei einem bereits höheren Stande der Sonne aus den Dünsten unsichtbare Dämpfe erzeugt; beim Sonnenuntergange entstehen aber durch die eintretende Abkühlung umgekehrt aus den Dämpfen sichtbare Dünste. Weil nun diese Verwandlung in der Regel früher eintritt, als jene, so ist das Abendroth meist schöner, als das Morgenroth, und es lohnet sich selten, bei Gebirgsreisen auf sehr hohen Bergen das Morgenroth begrüßen zu wollen.

Wenn man diese beiden Erscheinungen als Vorboten für das etwa zu erwartende Wetter beurtheilen will, so ist festzuhalten, daß beide zwar auf eine große Menge von Dünsten in der Atmosphäre hinweisen, daß sie aber beim Morgenroth in der Entstehung aus Wasser begriffen sind und somit in der Atmosphäre eine Vermehrung des Wasservorrathes anzeigen und daß sie beim Abendrothe vernichtet oder zu Wasser verwandelt werden, wodurch die Atmosphäre von Dünsten befreit wird.

Ein starkes Morgenroth deutet also im Allgemeinen auf schlechtes, ein starkes Abendroth auf gutes Wetter, wenn nicht etwa durch Umsetzen des Windes, wobei der Barometerstand sich ändert, eine Abänderung eintritt. Die Meteorologie wird uns darüber noch einige Aufschlüsse geben. Bei mangelndem Abendrothe und grauem Himmel ist in der Atmosphäre viel dunstförmiges Wasser, also Aussicht zu schlechtem Wetter vorhanden; ist aber der Himmel wolkenfrei und röthlich gelb

gefärbt, so ist für den folgenden Tag große Hitze bei wolkenfreiem Himmel zu erwarten.

Das Blau des Himmels hat seinen Grund darin, daß durch die Luft und die in ihr schwebenden Wasserdämpfe von dem weißen Sonnenlichte nur die blauen Strahlen, welches die brechbarsten sind, auch am leichtesten zurückgeworfen werden. Je mehr aber sichtbare Dünste in der Atmosphäre schweben, desto weniger werden die Lichtstrahlen durchgelassen und von den tiefer liegenden Theilen der Atmosphäre zurückgeworfen, desto weniger blau erscheint also auch der Himmel; je mehr aber die Dünste als unsichtbarer Dampf erscheinen, wie nach einem heftigen Gewitterregen oder Sommerregen überhaupt, desto dunkler ist er gefärbt. In heißen Gegenden erscheint der Himmel auch von der Erdoberfläche aus tiefer blau gefärbt, als in größeren Breiten und in Polargegenden ist er stets grau, weil hier bei der niedrigen Temperatur die Luft mit Dünsten meist übersättigt ist. Je höher man in der Atmosphäre über einem gewissen Orte steigt, desto dunkler erscheint der Himmel, weil die Dunstmenge, durch welche wir sehen, immer geringer wird. Bei ringsum über dem Horizonte gleichmäßiger Beschaffenheit der Atmosphäre wächst die klare und tiefere Färbung nach dem Scheitelpunkte oder Zenithe und die mattere Farbe nach dem Horizonte, weshalb uns die scheinbare Himmelkugel auch, wie wir wissen, abgeplattet erscheint.

Morgen- und Abenddämmerung. Wir wissen aus den Erscheinungen der Refraktion bereits, daß der Einfluß der die Erde umhüllenden Atmosphäre alle Gestirne, die nicht etwa grade im Scheitelpunkte des Beobachters stehen, über den Horizont um so mehr erhebt, je näher sie an demselben liegen und daß diese Erhebung die Sonne uns schon ganz sichtbar erscheinen läßt, wenn sie in Wirklichkeit mit ihrem oberen Rande erst grade in den Horizont tritt. Dieser Einfluß ist es auch, welcher Licht von ihr schon in die Nachtseite treten läßt, wenn sie uns auch noch ganz verborgen ist. Wenn der Sonnenmittelpunkt vor dem Aufgange und nach dem Untergange noch und schon 18° unter dem Horizonte ist, erkennen wir den ersten und letzten matten Lichtschimmer in der Gegend, wo die Sonne auf- und untergehen wird, und von da an beginnt für den Morgen die wachsende Beleuchtung über dem Horizonte oder wir haben Morgendämmerung und für den Abend die völlige Nacht oder die Abenddämmerung hat ihr Ende erreicht.

Aus dieser Lage der Sonne unter dem Horizonte bei der Gränze der Dämmerung kann man den Schluß ziehen, daß die Atmosphäre noch in einer Höhe von etwa 10 Meilen schon die Fähigkeit besitzt, das Licht von seiner gradlinigen Bahn abzulenken.

In einer geographischen Breite von 50 Graden steht am längsten Tage die Sonne um Mitternacht nur $16\frac{1}{2}$ Grad unter dem Horizonte, also geht die Abend- in die Morgendämmerung über und es wird bei

unbedecktem Himmel niemals ganz finster. Je geringer die geographische Breite eines Ortes ist, von desto kürzerer Dauer ist die Dämmerung und in den Tropengegenden, wo der Himmel meist rein und wolkenleer ist, das Sonnenlicht also weniger zerstreut wird und die Sonne fast senkrecht auf- und untergeht, erstaunt man über den schroffen Uebergang vom Tage zur Nacht. Mit zunehmender geographischer Breite dagegen wächst die Zeit der Dämmerung und verkürzt namentlich den Bewohnern der Polargegenden die langen Nächte ungemein, wozu noch die weißen Schneefelder kommen. — Da für den Pol die Sonne bei ihrem tiefsten Stande nur $22\frac{1}{2}$ Grade unter dem Horizonte sich befindet, so bleibt sie nicht lange außerhalb der Dämmerungsgränze. — Das herrliche Mitternachtroth am Nordhimmel in den kürzesten Nächten.

Durch sorgfältige und ganz neue Beobachtungen, namentlich in Polargegenden, ist die Thatsache ermittelt, daß es auch eine Wärmedämmerung gibt, d. h. daß es an einem bestimmten Orte, für welchen die Sonne noch unter dem Horizonte ist, schon wärmer wird, als es die sonstige Temperatur anzeigen würde, wenn nicht auch die Wärmestrahlen in der Atmosphäre eine Ablenkung von ihrer gradlinigen Bahn nach der Erdoberfläche hin erfahren.

Fünfter Abschnitt.

Die Polarisation.

Schwingungen werden einseitig durch das Gefüge der Körper. Da die kleinsten Massentheilchen eines bestimmten Körpers eine bestimmte Gestalt besitzen und sich demnach auch, wenn sie nicht etwa darin gestört werden, in einer ganz bestimmten Weise gruppieren, um den ganzen Körper zu bilden; so ist es natürlich, daß die in die Körper dringenden Schwingungen nach verschiedenen Richtungen auch verschiedene Widerstände erleiden werden. Wir finden daher u. a., daß im Holze der Schall und die Wärme, in den Krystallen das Licht nicht nach allen Richtungen gleich gut fortgepflanzt werden. Es wird also der Fall eintreten, daß die Schwingungen nach gewissen Richtungen mit Leichtigkeit weiter fortgepflanzt werden, somit auch tiefer eindringen können, nach anderen aber zurück- und herausgeworfen werden. Dadurch erleiden sie Veränderungen in ihren Richtungen. Für die Schallschwingungen lassen sich die Erscheinungen weniger leicht verfolgen, weil die Wellendimensionen zu bedeutend sind, aber für die Wärme- und Lichtwellen ergeben sich einige interessante und auch praktisch wichtige Resultate.