

## Neuntes Kapitel.

### Die Wärme und Kälte.

#### §. 110. Wärme und Kälte im Allgemeinen.

Bei dem Worte Wärme denken wir entweder an eine gewisse, uns Allen bekannte, aber nicht zu beschreibende Empfindung, oder auch an den Zustand der Körper selbst, in welchem sie jene Empfindungen in uns erregen. Das gesteigerte größte Gefühl der Wärme nennen wir Hitze, das Nichtvorhandensein des Wärmegeföhls oder den niedrigsten Grad desselben aber Kälte.

#### §. 111. Fortsetzung.

Um sich die Empfindung der Wärme und den Wärme erregenden Zustand der Körper zu erklären, nimmt man in allen Körpern der Erde eine gewisse äußerst feine, unsichtbare und unwägbar Materie an, welche an den Theilchen der Körper haftet, oder auch mit ihnen verbunden ist, und diese nennt man Wärmematerie oder Wärmestoff.

#### §. 112. Fortsetzung.

So lange diese Materie fest an den Theilchen der Körper hängt, so lange kann sie auch die Empfindung der Wärme keinem anderen Körper beibringen, und man sagt, sie sei in einem gebundenen Zustande. Wenn wir aber durch irgend ein Mittel die Anziehungskraft der Körpertheilchen gegen den Wärmestoff schwächen, so verläßt dieser, wenigstens zum Theil, den Körper; der Wärmestoff wird also frei, und dieser freie Wärmestoff sucht nun nach anderen Körpern, die ihn aufnehmen, hinzuströmen.

#### §. 113. Fortsetzung.

Das Ausströmen der Wärme kann nun entweder an dem Körper, woraus er entsteht, oder an denen, in welche er übergeht, Veränderungen hervorbringen. Im ersten Falle wird er die Poren desselben mit seiner ausdehnenden Kraft erfüllen, seine Theile weiter auseinander treiben, den Körper selbst also vergrößern. Im anderen Falle werden die Körper, in welche der Wärmestoff überging, selbst nach und nach erwärmt werden. Es findet also eine Mittheilung der Wärme statt, welche so lange fortgeht, bis beide Körper einen gleichen Grad von Wärme besitzen. Die verschiedenen Grade von Wärme, für welche unser Gefühl nur ein unsicherer Maßstab ist, bezeichnet man mit dem Worte Temperatur.

Anmerk. 1. Der Ofen im Zimmer — die Wärmflasche — das kalte Eisen in der Hand &c.

Anmerk. 2. Die so verschiedenen Körper besitzen auch ein sehr verschiedenes Vermögen, den Wärmestoff in sich aufzunehmen und an sich festzuhalten.

#### §. 114. Erregung der Wärme.

Die Wärme kann auf verschiedene Weise erregt werden, vorzüglich aber durch das Sonnenlicht, durch Stoß, durch Zusammendrückung, durch Reiben, beim Verbrennen der Körper, bei chemischen Processen &c.

Anmerk. Die Wirkung der Sonnenstrahlen — Brenngläser und Brennspiegel — Säle, Bohrer, Sägen werden beim Gebrauche warm; Kanonen erhitzen sich während des Ausbohrrens; Eisen beim Hämmern, Glas und Steine beim Schleifen; die Hände werden durch Reiben erwärmt; Hölzer, an einander gerieben, entzünden sich, ebenso Wagenachsen, Maschinenzapfen, wenn sie nicht eingeschmiert sind; Mühlsteine können Feuer verursachen — Wasser auf gebrannten Kalk gegossen, erzeugt Wärme, ebenso Schwefelsäure mit Wasser gemischt, nasses Feuer, Getreide, Düngerhaufen entzünden sich oft von selbst — Phosphor; Frictionsfeuerzeuge, chemische Feuerzeuge.

## §. 115. Aufnahme und Fortleitung der Wärme.

Obgleich alle Körper das Vermögen besitzen, Wärme anzunehmen und in sich nach allen Seiten hin fortzuleiten, so giebt es doch wegen der verschiedenen Beschaffenheit ihrer Theile, der verschiedenen Dichtigkeit ic., einen auffallenden Unterschied in Rücksicht auf die Schnelligkeit, mit welcher sie die Wärme annehmen, in sich fortpflanzen und sie anderen Körpern mittheilen. Hiernach unterscheidet man gute und schlechte Wärmeleiter. Die ersteren sind alle Körper, welche die dargebotene Wärme schnell annehmen, schnell in sich fortpflanzen, und sie eben so schnell an andere Körper abgeben, daher bald wieder erkalten. Die entgegengesetzte Beschaffenheit macht die Körper zu schlechten Wärmeleitern.

Gute Wärmeleiter sind: Silber, Gold, Kupfer, Zinn, Platin, Eisen, Stahl, Blei — Steine, Ziegeln, Glas —;

Schlechte Wärmeleiter: Zedern, Haare, Wolle, Stroh, Heu, Holz, Kohlen, Horn, Schnee, — Flüssigkeiten (außer Quecksilber) — Luft in ruhigem Zustande.

## §. 116. Fortsetzung.

Kommt es im gewöhnlichen Leben darauf an, die Wärme schnell zu verbreiten, so geschieht dieß durch gute Wärmeleiter; und so oft sie in irgend einem Raume oder einem Körper zurückgehalten werden soll, so bedient man sich der schlechten Wärmeleiter.

Anmerk. Betten, Pelze, wollene Kleider halten warm — hölzerne, mit Stroh gedeckte Lehnhütten sind im Winter wärmer, als gemauerte, mit Schindeln gedeckte Häuser — metallene Geschirre haben hölzernen Griffe — Säume, Wasserpumpen ic. werden im Winter mit Stroh umwunden — vor die Kellerfenster wird Stroh oder Mist gelegt — Eisgruben schlägt man mit Holz aus — eiserne und stählerne Defen heizen verschieden — erkornen Stiebeln beheizt man durch Schnee — Doppelfenster, doppelte Hemden sind im Winter nützlich — das fettere Gefrieren des Mähigrabens verhindert der Mäuler, indem er

zwischen der ersten Eisdecke und dem Wasser eine Luftschicht entstehen läßt — glühende Kohlen lassen sich in der Hand auf untergestreuter Asche tragen — man legt Papier unter das Glas, das man vor dem Zerpringen auf dem Ofen hüten will — Wasser läßt sich in papiernen, aber nicht in hölzernen Gefäßen kochen; Weis kann man auf einer Spielkarte schmelzen — ein zimmerner Löffel schmilzt nicht, so lange Wasser in ihm ist.

Selbst die Farbe der Körper trägt zur Fortleitung der Wärme bei: Unterschied zwischen schwarzen und hellen Kleidern im Sommer und Winter — schwarze Tücher erwärmen sich schneller, ebenso schwarze Defen.

## §. 117. Fortsetzung.

In flüssigen und luftförmigen Körpern unterscheidet sich die Verbreitung der Wärme, wenn sie von unten her auf geschieht, wesentlich von der in festen Körpern. Es theilt nämlich nicht blos jeder erwärmte Theil allen ihn berührenden Theilen Wärme auf die gewöhnliche Weise mit, sondern die ganze Flüssigkeit erwärmt sich auch dadurch, daß sich die unteren Schichten, welche zuerst erwärmt und dadurch specifisch leichter wurden, erheben und die oberste Stelle zu gewinnen suchen. Die dadurch entstandene Strömung der Flüssigkeit läßt sich fühlbar machen.

Anmerk. Eine niedrige Stube heizt sich leichter als eine hohe — in jeder geheizten Stube nimmt die Wärme in ihrer Höhe zu — die Flamme eines brennenden Lichtes strömt nach außen, wenn man sie oben an einer geöffneten Thüre, nach innen, wenn man sie unten hinhält — das Kochen auf einem Bleche ist vortheilhafter als das auf einem Herde — Köpfe mit gleicher Weite sind den bauchförmigen vorzuziehen.

## §. 118. Ausdehnung der Körper durch Wärme.

Für die frei gewordene Wärme ist ein besonderes Gesetz vorhanden, nach welchem jeder Körper bei zunehmender Wärme sich ausdehnt, bei abnehmender Wärme sich wieder zusammenzieht. Gewöhnlich drückt man es so aus:

Schmerl, Naturlehre.

Wärme dehnt die Körper aus, Kälte zieht sie zusammen. Natürlich kann hierbei weder einer Zu-, noch Abnahme der Wassertheilchen eines Körpers gedacht werden.

Anmerk. Ein kalter Glasstöpsel läßt sich leicht in den warmen Hals einer Glasflasche bringen — ein Gefäß, welches gerade in die Öffnung eines erhitzten Ofens ging, geht nicht wieder heraus, wenn der Ofen kalt geworden ist — der Schmied schlägt den eisernen Reifen glühend um das Rad; erkaltet er, so wird er dadurch enger und muß nun das Wagenrad fester umschließen.

#### §. 119. Fortsetzung.

Alle Körper, feste und tropfbarflüssige, luftförmige und andere elastische Flüssigkeiten dehnen sich also zwar durch Erwärmung aus, allein je nach ihrer verschiedenen Beschaffenheit ist auch der Grad ihrer Ausdehnung bei einerlei Wärme verschieden, bei manchen Körpern sehr verschieden. Luft dehnt sich z. B. mehr aus als Weingeist, Weingeist mehr als Blei, Blei mehr als Kupfer, Kupfer mehr als Gold, Gold mehr als Eisen, Eisen mehr als Glas, Glas mehr als Holz u.

Anmerk. Die Kenntniß der Gesetze von der Ausdehnung und Zusammenziehung der Körper durch Wärme und Kälte findet in manchen Künsten und Vorfällen im Leben eine nützliche Anwendung. Besonders wichtig ist sie bei der Fertigung richtig gehender Uhren, der Perpendikel, der Pendel zum Gebrauche bei astronomischen Untersuchungen u. — das sogenannte Rospendel —

#### §. 120. Fortsetzung.

Wenn die Ausdehnung eines Körpers durch Wärme und die Zusammenziehung desselben durch Kälte in den verschiedenen Theilen des Körpers nicht gleichförmig ist, so muß er sich krümmen. Ist der Körper spröde, so zerbricht er dadurch. Beides geschieht oft bei schlechten Wärmeleitern auch wegen der ungleichförmigen Erwärmung.

Anmerk. Papier, Holz, krümmen sich in der Nähe eines Feuers — das Glas springt, in das man schnell heißes Wasser goß — mit einer glühenden Eisen- oder Holzspitze kann man auf diese Weise Glas schneiden — eiserne Gitterstäbe laufen oft krumm, wenn sie im Sommer in den Steinen befestigt wurden, oder sie reißen Steinblöcke los, wenn jenes im Winter geschah.

#### §. 121. Fortsetzung.

Dem Gesetze, daß alle Körper durch Erwärmung ausgedehnt oder verlängert, durch Kälte zusammengezogen oder verkürzt werden, scheinen einige Fälle zu widersprechen; denn manche Körper werden kleiner in der Hitze, oder größer in der Kälte. Das rührt jedoch entweder davon her, daß solche Körper in ihren Zwischenräumen andere Materien enthalten, welche durch die Hitze davongehen; oder daß die Lage der Körpertheilchen eine solche Veränderung erleidet, daß dadurch auch das ganze Volumen des Körpers verändert, z. B. durch Kälte vergrößert wird.

Anmerk. Feuchter Thon, Lehm, Holz, Dohr schwinden durch die Hitze — das Wasser wird durch die Kälte größer; 8 Cubiffuß Wasser geben etwa 9 Cubiffuß Eis; wegen dieser Ausdehnung springen selbst die stärksten Gefäße, in denen das Wasser zum Gefrieren kam.

#### §. 122. Das Thermometer und Pyrometer.

Auf dem schon mehrmals angeführten Gesetze der Wärme beruht auch die Erfindung des Thermometer. Sie geschah im Jahre 1630 von einem holländischen Landmann, Cornelius Drebbel. Defrers nennt man auch den italienischen Arzt Sanctorius als den Erfinder, in dem ist erwiesen, daß dieser nur das noch sehr unvollkommene Instrument Drebbel's verbesserte. Beim Gebrauche des Thermometers beabsichtigt man, die Höhe der Temperatur irgend eines Körpers zu messen. Man unterscheidet in der Physik gewöhnlich folgende 4 Arten: Metall-

thermometer, Luftthermometer, Weingeistthermometer und Quecksilberthermometer.

a) Die Metallthermometer

sind entweder Metallstängen, an deren Verlängerung oder Verkürzung man die Zu- oder Abnahme der Wärme wahrnimmt; oder sie sind mehre aus verschiedenen Metallen zusammengesetzte, und darum sich ungleich stark ausdehnende, schraubenförmig gewundene Streifen, die sich auf- und zudrehen, je nachdem die Wärme zu- oder abnimmt.

b) Luftthermometer,

geeignet, hohe Temperaturen zu messen, bestehen aus einer langen, an einem Ende offenen, am anderen umgebogenen und mit einer ziemlich großen Kugel versehenen Glasröhre. Diese wird mit Quecksilber so weit gefüllt, daß es in der Kugel bis zur Hälfte steht. Die sich in ihr über dem Quecksilber befindende Luft dehnt sich bei Zunahme der Wärme aus und bewirkt dadurch ein Steigen des Quecksilbers in der Röhre, bei Abnahme der Wärme natürlich das Gegentheil. Doch sind diese Angaben ziemlich unzuverlässig und das Instrument darum nicht sehr gebräuchlich.

c) Die Weingeistthermometer, die in ihrer Einrichtung den Quecksilberthermometern gleichen, gebraucht man nur beim Messen niederer Wärmegrade, da bei höheren der Weingeist verdampft. Um

d) das Quecksilberthermometer, welches das sicherste und gebräuchlichste ist, erwarben sich besonders Fahrenheit, Réaumur, Celsius und de Risle viele Verdienste. Es ist dasselbe eine Glasröhre mit angeblasener Kugel, welche zum Theil mit Quecksilber angefüllt und am oberen Ende luftdicht verschlossen ist, nachdem vorher die Luft aus dem oberen Theile der Röhre entfernt wurde. Bei steigender Wärme dehnt sich das Quecksilber aus und

muß sich nach oben erheben, da es sich, im Röhre eingeschlossen, nach keiner Seite bewegen kann. Bei abnehmender Wärme zieht es sich zusammen und muß also sinken. Um dieses Steigen und Sinken des Metalls zu bestimmen, sind an der Röhre ein Eis- und ein Siedepunkt angezeigt. Den Zwischenraum desselben, so wie den Raum unter dem Eispunkte theilte man in gleich große Theile oder Grade, und nannte die oberen Wärme-, die unteren Kältegrade. Diese Eintheilung oder Scala findet sich entweder in der Röhre eingedzt, oder neben derselben auf einem Streifen Papier, Glas, Holz, Metall ic. Die am meisten vorkommenden Thermometer dieser Art sind die von obgenannten vier Naturforschern verbesserten.

§. 123. Fortsetzung.

Das Réaumur'sche Thermometer mit der 80theiligen Scala, besonders in Deutschland. Der Eispunkt = 0, der Siedepunkt = 80.  $20^{\circ}$  R. = 20 Grad nach Réaumur.

Das Celsius'sche oder Centesimalthermometer, mit der 100theiligen Scala, besonders in Frankreich und Schweden, jetzt auch in Deutschland. Der Eispunkt = 0, der Siedepunkt = 100.  $20^{\circ}$  C. = 20 Grad nach Celsius.

Das Fahrenheit'sche Thermometer, in England gebräuchlich, ist am Eispunkte mit 32, am Siedepunkte mit 212 bezeichnet. Diese Abweichung rührt daher, daß Fahrenheit nicht, wie die Vorigen, den natürlichen, sondern mittels einer Mischung von Schnee und Salmiak den künstlichen Eispunkt fand und annahm. Der natürliche Eispunkt steht aber 32 Grad höher.  $20^{\circ}$  F. = 20 Grad nach Fahrenheit. Bei dem

de l'Isle'schen Thermometer, welches hier und da in Rußland vorkommt, ist der Siedepunkt mit 0, der Eispunkt mit 150 bezeichnet.

#### §. 124. Fortsetzung.

Um nun mit leichter Mühe die Grade der einen auf die der anderen Scala übertragen, hat man folgende Regel zu beobachten.

So oft Grade einer wenigertheiligen in die einer mehrtheiligen Scala zu verwandeln sind, multiplicire man mit der größeren und dividire mit der kleineren Verhältnißzahl zwischen den betrachteten Scalen; im entgegengesetzten Falle wird mit der kleineren Verhältnißzahl multiplicire und mit der größeren dividirt.

#### §. 125. Fortsetzung.

Hierher gehört noch das Pyrometer oder der Feuermesser, das besonders bei Bestimmung sehr hoher Grade von Hitze, z. B. in Brennösen, in Porzellan- und Steingutfabriken ic. angewendet wird. Das Wedgwood'sche Thonpyrometer ist das bekannteste. Kleine Thonwürfel nämlich von solcher Größe, daß sie bei der Rothglühige des Eisens 0, 5 Zoll zur Seitenlänge erhalten, werden der zu prüfenden Hitze ausgesetzt und da zwischen zwei, etwa 6 Zoll lange Metallstäbe geschoben, die so gegen einander liegen, daß sie an dem einen Ende 0, 5, am anderen nur 0, 3 Zoll von einander entfernt sind. Je weiter sich die Würfel nun hineinschieben lassen, einer desto größeren Hitze waren sie ausgesetzt. Auf den Stäben ist noch eine Scala von 240 Graden; der Nullpunkt ist die Rothglühige des Eisens = 464° R. = 1076° F. Jeder Grad des Wedgw. Pyrom. = 58° R. = 130, 5° F. Das Ende der Scala ist also = 14331° R. = 32277° F.

#### §. 126. Das Schmelzen der Körper.

Es giebt viele feste Körper, die durch die Hitze flüssig gemacht oder geschmolzen werden können, und alle flüssigen Körper werden durch die Kälte in feste verwandelt, oder gefrieren. Nur die Luftarten scheinen hiervon eine Ausnahme zu machen. Der Grad der Wärme oder Kälte, bei dem diese Veränderung mit den Körpern vor sich geht, ist nach Verschiedenheit der Körper verschieden.

#### §. 127. Fortsetzung.

Soll ein schmelzbarer fester Körper flüssig werden, so muß man ihm also einen gewissen Grad von Wärme mittheilen. Dieser Wärmeegrad wird sein Schmelzpunkt, beim Eisen Aufstauungspunkt genannt. Ehe jedoch die verschiedenen Körper zum Schmelzen gebracht werden, bedürfen manche Körper eines geringen, andere eines sehr starken Hitzegrades, weshalb man sie auch eintheilt in leicht- und strengflüssige.

Anmerk. Eis, Wachs, Schwefel ic. Talg bei 27° W., Wachs bei 48°, Schwefel bei 90°, Zinn bei 160°, Blei bei 250°, Kupfer bei 1994°, Gold bei 2284°, Silber bei 1726°, Gußeisen bei 7960°, Schmiedeeisen bei 9681°, Platin bei 10176° W.

#### §. 128. Fortsetzung.

Viele Körper schmelzen im reinen Zustande, für sich, auch im heftigsten Ofenfeuer nicht, wohl aber in dem Brennpunkte eines Brennglases oder Brennspiegels, oder wohl auch in reiner Sauerstoffluft (siehe die späteren Kapitel), z. B. Platin, Quarz, Sand, Kiesel, Thon ic. Bei vielen solchen strengflüssigen Körpern wird die leichtere Schmelzung dann gewöhnlich durch gewisse Zusätze herbeigeführt. Man nennt solche Zusätze Flüsse oder Schmelzungsmittel.

Anmerk. Schwefel ist ein Schmelzungsmittel für Eisen; Zinn und Blei für Silber und Kupfer; Arsenik für Platin &c.

Selbst die Kunst, ohne einen ungeheuern Hitzeegrad, Glas und Porzellan zu machen, beruht auf solchen Flüssigkeiten. Glas erhält man durch Zusammenschmelzen von Sand und Potasche, Porzellan durch Thon, Quarz und Gyps. — Das Schnellloth der Zingler, Kemptner &c. ist ebenfalls ein solches Schmelzungsmittel; es besteht gewöhnlich aus einer Mischung von Blei und Zinn, bisweilen auch von Blei, Zinn und Wismuth.

Manche Körper werden erst weich, ehe sie schmelzen, z. B. Wachs.

#### §. 129. Die Verwandlung der Körper, besonders des Wassers, in Dämpfe.

Wenn man fortfährt, flüssige Körper auf einen gewissen Grad der Hitze zu bringen, so lösen sich ihre Theilchen in dem Wärmestoffe so fein auf, daß sie in der Verbindung mit Wärmestoff, welcher sie so ausdehnt, leichter als Luft werden und dann in dieser emporsteigen. Sie haben sich dann in Dämpfen verwandelt, welche eine neue unsichtbare, elastische Flüssigkeit bilden und aus feinen, in Wärmestoff aufgelösten Flüssigkeitstheilchen bestehen. Zugleich mit ihnen steigen von der Oberfläche der Flüssigkeit eine Menge sichtbarer Dünste auf, die sich theils an die benachbarten Körper ansetzen, und in Tropfen wieder zum Vorschein kommen, theils sich mit in der Luft verlieren. Der Grad der Hitze, bei dem diese Wirkung erfolgt, ist theils nach Verschiedenheit des flüssigen Körpers, theils nach der Beschaffenheit des Druckes der Atmosphäre verschieden.

Anmerk. Selbst feste Körper, z. B. Kampfer, Schwefel &c. lassen sich auf diese Art in Dämpfe verwandeln, welche freilich ganz anderer Natur sind als die Dämpfe flüssiger Körper.

#### §. 130. Fortsetzung.

Eine besondere Aufmerksamkeit verdient in dieser Hinsicht das Wasser. Bei dem gewöhnlichen Druck der Atmosphäre kocht dasselbe bei einer Hitze von 50° R. Wenn es nämlich diesen Grad der Hitze erreicht hat, so erlangt es die Eigenschaft, sich mit dem neu hinzutretenden Wärmestoff zu einer elastischen Flüssigkeit zu verbinden, die stark genug ist, den Druck der Atmosphäre &c. zu überwinden. Dringt also das Feuer von außen hinein, so wird es von dem zunächst liegenden Wasser aufgefangen und mit ihm zu Dämpfen vereinigt, die bei ihrem Emporsteigen dem übrigen Wasser die wallende Bewegung ertheilen, welche ein charakteristisches Merkmal des Kochens der Flüssigkeiten ist. Die Entstehung der Dämpfe ist zugleich ein Hinderniß, daß das übrige Wasser heißer als 50° R. werden kann, so groß auch das Feuer sein mag, das man umher anbringt. Deshalb ist auch die Temperatur des Wassers als ein fester Punkt in der Thermometerscala anzusehen.

Anmerk. Durch die aufsteigenden Dämpfe und Dünste wird die Menge des kochenden Wassers vermindert, daher der Ausdruck: „Das Wasser kocht ein“. — Wasser in Wasser kann nicht zum Kochen gebracht werden. — Ein offnes zinnernes Gefäß mit Wasser schmilzt über dem Feuer nicht, und sogar in Papier läßt sich Wasser zum Kochen bringen. — Nicht alle Flüssigkeiten haben wie das Wasser die Eigenschaft, daß ihre Temperatur durch fortgesetztes Sieden nicht erhöht wird.

#### §. 131. Fortsetzung.

Da die Dämpfe des kochenden Wassers sich nicht eher erheben können, als bis sie den Druck der Atmosphäre zu überwinden im Stande sind, diese sich aber nicht immer gleich bleibt, so ist auch die Kraft der elastischen Dämpfe und folglich auch der Grad der zu ihrer Bildung erforder-

lichen Hitze nicht immer gleich groß. Bei größerem Drucke ist eine stärkere Hitze nothwendig, bei geringerem eine schwächere hinreichend. Hiernach ist die Temperatur des kochenden Wassers wirklich nicht ganz unveränderlich. Doch beträgt die Veränderung gewöhnlich nicht viel. Man kann sie aber durch Kunst auf beiden Seiten sehr vergrößern, nämlich durch den verstärkten Druck auf die Oberfläche des Wassers die Hitze erhöhen, und durch verminderten Druck sie schwächen.

#### §. 132. Fortsetzung.

Je mehr aber der Grad der Hitze erhöht, die Menge der Dämpfe dadurch vermehrt wird, in einem desto größeren nimmt auch die Elasticität und die ausdehnende Kraft der Dämpfe zu. Durch verschiedene Versuche hat man gefunden, daß die Dämpfe 1500mal leichter sind als das Wasser in seiner tropfbaren Gestalt, daß sie also auch einen 1500mal größeren Raum einzunehmen sich bestreben. Aus diesem Grunde ist es nicht zu verwundern, daß die Wasserdämpfe eine oft ungeheure Kraft auf diejenigen Körper ausüben, welche ihrer Ausbreitung hinderlich sind. Erkalte man aber die Dämpfe bis unter die Temperatur, bei der sie entstanden, dann fallen sie zusammen und stellen das Wasser wieder her.

Anmerk. Die stärksten verschlossenen Gefäße zerspringen, wenn man das Wasser einer sorgfältigen Hitze aussetzt. — Der Papinianische Topf — Dampfmaschinen, Dampfkanonen — Knallfäßchen.

#### §. 133. Fortsetzung.

##### Die Dampfmaschine.

Die Eigenschaften der Dämpfe, durch vermehrte Hitze eine immer größere Kraft und Ausdehnung zu gewinnen und durch Abkühlung sich wieder in Wasser zu verwandeln,

war die Veranlassung zu der äußerst wichtigen Erfindung der Dampfmaschine, deren erster Erfinder sich mit Gewißheit nicht angeben läßt. Nur soviel ist bestimmt, daß die ersten dieser Maschinen in England entstanden, und daß namentlich Watt, Bolton, und in der neueren Zeit besonders der Nordamerikaner Jakob Perkins sich erhebliche Verdienste um deren Verbesserung erwarben.

#### §. 134. Fortsetzung.

Die Hauptbestandtheile einer jeden Dampfmaschine sind folgende. Der Dampfkessel, in welchem das Wasser durch Kochen in Dämpfe verwandelt wird. Der Stiefel, mit dem an der Kolbenstange dicht anschließenden Kolben, welcher durch die Dämpfe herauf und herunter bewegt wird. Dies hat darin seinen Grund, daß sowohl der obere als der untere Theil des Stiefels, jeder für sich, durch eine Röhre mit dem Dampfkessel verbunden ist, um aus demselben den nöthigen Dampf zu erhalten. Eine zweite Röhre dient alsdann dazu, den unnöthig gewordenen Dampf zu dem Condensator (Verdichter) zu führen. Dieser ist ein mit kaltem Wasser angefülltes Behältniß, in welchem die eingetretenen Dämpfe eben durch das kalte Wasser verdichtet werden. Diese vier Hauptrohren können durch Hähne und Ventile, je nach dem Bedürfnisse, geöffnet und geschlossen werden. Die Art und Weise, wie dies stets zu rechter Zeit geschieht, nennt man die Steuerung. Zudem nämlich unter dem Kolben Dämpfe eintreten, kommen zugleich auch die Dämpfe über demselben mit dem Condensator in Verbindung und umgekehrt. Natürlich muß nun im ersten Falle der Kolben herauf- und im zweiten heruntergehen. Die Kolbenstange endlich steht an ihrem Ende mit dem einen Arm eines Waggelbalkens (Balanciers) im Zusammenhange, an dessen an-

deren Arme Pumpenstangen wirken, und durch welche es möglich wird, daß die Maschine ebensowohl zum Heben von Lasten, als auch zum Treiben der verschiedenen Fabrikmaschinen, z. B. Mühlen, Spinnmaschinen etc. benützt werden kann, je nachdem jene Stangen mit Kron-, Stirn-, Lauf- oder Schaufelrädern in Verbindung gebracht werden. In der Dampfmaschine selbst sind noch besondere Sicherheitsventile angebracht, um durch sie das Zerspringen der Kessel und die damit verbundenen Unglücksfälle zu verhindern.

#### §. 135. Fortsetzung.

Man unterscheidet übrigens Dampfmaschinen mit niederem und mit hohem Drucke, je nachdem die Dämpfe die Kraft von einer oder von mehreren Atmosphären ausüben. — Gewöhnlich berechnet man die Kraft der Dampfmaschinen nach der Kraft der Pferde, und dieß beruht auf dem durch die Erfahrung bestätigten Satze, daß ein Pferd in 1 Sekunde 150 Pfund 3 Fuß hoch heben kann, in einer Minute also  $150 \times 60 \times 3 = 32400$ , mithin beinahe 33000 Pfund einen Fuß hoch. Weiß man daher die Zahl der Pfunde, welche die Dampfmaschine in 1 Minute 1 Fuß hoch hebt, so darf man nur diese Zahl mit 33000 theilen, um die Anzahl der Pferdekräfte zu finden, denen sie in ihrer Wirksamkeit gleich ist. Da indeß ein Pferd nicht gleichmäßig fortarbeitet, so setzte man den Divisor von 33000 auf 22000 herab; und da ferner ein Pferd täglich nur 8 Stunden gleichmäßig angestrengt werden kann, so muß man die gefundene Pferdezahl noch verdreifachen, um ein richtiges Resultat der Pferdekräfte zu finden, welche die Dampfmaschine ersetzen.

#### §. 136. Der Dampfswagen (die Locomotive).

Eine in unseren Tagen besonders wichtige Anwendung der Dampfmaschinen findet man zunächst bei dem Dampfswagen, dessen Erfindung in den Anfang dieses Jahrhunderts zu setzen ist, und welcher besonders durch einen gewissen Stephenson eine musterhafte Verbesserung erhielt. Man nennt die Dampfswagen auch ortsverändernde Dampfmaschinen, und ihre Einrichtung ist etwa folgende.

In einem etwa 7 Fuß langen Kessel laufen in der unteren Hälfte etwa 50 — 100 Röhren, jede mit 1½ Zoll Durchmesser; am Ende desselben ist die Kammer für den Heizungsapparat angebracht. Die Dampfzylinder liegen in einer Kammer am anderen Ende, unmittelbar unter dem Schlot. Die Kolbenstangen werden in ihrer horizontalen Lage durch Leiter unterstützt, und Verbindungsstangen laufen von ihnen unter der Maschine an die beiden Krummzapfen, durch welche die Achse der großen Räder in Bewegung gesetzt wird. Die Wirkungen einer Unebenheit der Fahrstraße werden durch Federn aufgehoben, auf welchen die Maschine ruht. Diese Federn liegen unter der Achse der großen Räder und über der Achse der kleinen. Mittels gewöhnlicher Schiebeladenventile, welche ihre Steuerung durch eine excentrische Scheibe an der Achse der großen Wagenräder erhalten, wird der Dampfzufluß des Cylinders gesperrt. Diese excentrische Scheibe trägt die Bewegung durch Zugstäbe auf das Ventil über. Der Wärter der Maschine hat seinen Stand am Ende derselben, am Heizapparate, und zwei Hebel, welche ebendasselbst zu bemerken sind, stehen mit den Ventilen durch ein Gefäß in Verbindung, durch welches die Maschine regiert wird, so daß man die Bewegung derselben hemmen oder umkehren kann. Die Räder des Wagens sind von Eisen, mit hohlen Speichen und Flantschen oder erhabenen Sei-

tenstücken, die den Wagen im Gleise der Bahn erhalten. Hinter der Locomotive ist ein Munitionswagen angehängen, welcher Brennmaterial und Wasser enthält.

### §. 137. Das Dampfschiff.

Die Erfindung der Dampfschiffe fällt in die Mitte des vorigen Jahrhunderts, obgleich die Anwendung derselben erst dem Anfange dieses Jahrhunderts vorbehalten war.

Es giebt verschiedene Arten der Anwendung der Dampfmaschine zur Bewegung eines Schiffes; allgemein gebräuchlich ist gegenwärtig aber die, Schaufelräder an den beiden Seiten des Schiffes in Bewegung zu setzen. Die Maschine steht in der Mitte des Schiffsraumes zwischen den Rädern, und das Heben und Senken des Kolbens treibt eine Kurbel, durch welche die Räder umgedreht werden, deren Schaufeln das Schiff im Wasser fortbewegen. Die Maschine setzt nämlich durch den Maschinenbaum den Krummzapfen in Bewegung. Erstere hat in der Regel zwei Cylinder, deren Kolben durch den Dampf eines einzigen Kessels getrieben werden. An der Welle der Schaufelräder befinden sich zwei Krummzapfen, rechtwinkelig zu einander gestellt, so daß, wenn die Maschine ihre Gewalt über den einen derselben verliert, sie ihre volle Kraft auf den anderen äußert. Die Schaufelräder haben übrigens dieselbe Einrichtung wie die überschlächtigen Wasserräder. Ihre Wirkung hängt ab von der Menge der Schaufeln, von der Geschwindigkeit, mit welcher sich das Rad umdreht, und von der Tiefe des Eingriffs der Schaufeln in das Wasser. Das Rad darf nämlich nur so tief in's Wasser gehen, daß die unterste Schaufel ganz von demselben bedeckt ist; ein tieferes Eingehen würde einen Theil der Kraft für das Heben und Niederdrücken des

Wassers erfordern. Die Geschwindigkeit des Schiffes hängt natürlich theilweise von dem Wasser ab, in welchem sich das Schiff bewegen soll.

### §. 138. Das Abkühlen durch Verdampfung.

Wenn die Dämpfe ihren Wärmestoff an kältere Körper abgeben, so müssen sie natürlich selbst kälter werden und können, wie schon erwähnt, wieder eine tropfbare Gestalt annehmen. Entwickeln sich Dämpfe durch den eingesogenen Wärmestoff benachbarter Körper, so müssen diese Körper, wenn sie nicht für den abgegebenen Wärmestoff Ersatz erhalten, gleichfalls erkälten oder abkühlen.

Anmerk. Das Besprengen der Zimmer oder Straßen mit kaltem Wasser — Das Gefühl der Kälte beim Aussteigen aus dem Bade — Wein, Bier &c. erhält man im Sommer durch umgeschlagene nasse Tücher kühl.

### §. 139. Das Verdunsten durch Sonnenwärme insbesondere.

Oft sagt man, daß mitten im Sommer das Wasser in gewissen Behältnissen vertrocknet sei. Dieß erklärt sich daraus, daß die Sonnenwärme nach und nach das Wasser in Dämpfe verwandelt, welche in die Luft steigen, wodurch sich natürlich die Wassermenge vermindert. Je größer die Sonnenwärme ist, desto schneller geht die Verdunstung oder Verdampfung vor sich. Aus der ungeheuren Menge von Wasser, welche sich auf der Erde vorfindet, läßt sich abnehmen, wie groß die Menge der Wasserdünste sein muß, welche die Luft in sich aufnimmt, und welche sie entweder gänzlich in sich auflöst oder auch von sich wieder ausscheidet. Daher das oft plötzliche Verschwinden oder Erscheinen der Wolken, des Nebels, daher auch der Regen.

Anmerk. Die Arten des Regens: Staubregen, Strichregen, Platzregen, Landregen — Wunderregen.

## §. 140. Das Hygrometer.

Man nennt diese Instrumente auch Hygroscopie oder Feuchtigkeitsmesser und hat sie dazu bestimmt, die durch die fortwährende Ausdünstung der Erde in der Luft sich sammelnde Menge von Feuchtigkeit zu messen und anzugeben. Man hat sie von sehr verschiedener Einrichtung und Güte; die bekanntesten sind etwa folgende.

1) Eine kleine kreisförmige Scheibe wird mittels einer Darmsaite so aufgehängt, daß das eine Ende der letzteren im Schwerpunkte der Scheibe befestigt, das andere aber an einen Nalen gebunden ist. Je nach der größeren oder geringeren Feuchtigkeit der Luft dreht sich die Scheibe nach der einen oder anderen Seite zu um.

2) Eine andere Art dieser Instrumente besteht aus einem Gehäuse, dessen vordere Seite ein Haus mit zwei Thüren vorstellt. Auf der einen Seite der sich umdrehenden Metallplatte steht gewöhnlich ein Mann mit einem Regenschirme, auf der andern eine Frau mit einem Fächer. Die Metallplatte wird entweder durch eine haufene Schnur oder eine Darmsaite in Bewegung gesetzt. Doch bleibt dieses Hygrometer mehr bloß ein Spielwerk, da die Atmosphäre meist schon im entgegengesetzten Zustande sich befindet, ehe die vorhandene Feuchtigkeit die Darmsaite und mit ihr die Platte in Bewegung setzte.

3) Oft bedient man sich auch einer sehr empfindlichen Wage, in deren eine Schale etwas Salz, in die andere ein Gewicht gelegt wird. Das Salz zieht die Feuchtigkeit der Luft an, wird dadurch schwerer und sinkt nun unter das Gewicht hinab. Bisweilen ist noch eine besondere Scala angebracht, auf welcher ein Zeiger die verschiedenen Grade der Flüssigkeit anzeigt. Doch ist auch dieses Instrument noch unzuverlässig, da das Salz die Flüssigkeit zu schwer wieder von sich giebt.

4) Mehr Vorzüge hat das von de Saussure erfundene Hygrometer. Er befestigte das eine Ende eines Menschenhaares in einer besonderen Vorrichtung, beschwerte das andere mit einem Gewichte von 3 Gran, während er das Haar selbst um einen Cylinder legte, welcher sich um eine Achse drehen konnte. An dieser befestigte er einen Zeiger, der auf einem Zifferblatte von großer Theilung die kaum bemerkbaren Drehbewegungen um die gedachte Achse angab. Dabei fand er, daß der Unterschied der größten Verlängerung und der größten Verkürzung eines 40 Zoll langen Haares 1 Zoll betrug.

## Sechstes Kapitel.

Das Licht mit allen daraus hervorgehenden Erscheinungen.

### §. 141. Was ist Licht? Woher kommt das Licht?

Das Licht ist eine äußerst feine Materie, Lichtmaterie, welche bewirkt, daß wir die uns umgebenden Gegenstände sehen können. Es ist diese Materie also die Bedingung alles Sehens oder Wahrnehmens der Gegenstände mittels des Auges, und es strömt dieselbe jedenfalls von gewissen Körpern hinweg nach anderen Körpern hin, welche denselben Stoff wieder zurückwerfen.

Anmerk. Die Lichtmaterie muß äußerst fein sein, denn wie viele Millionen Lichtstrahlen bringen nicht durch ein kleines, mit einer Nadel gestochenes Loch in einem Stück Papier, durch welches man eine ganze Gegend übersehen kann! — Die Lehre vom Licht heißt Optik.

Schwerk, Naturlehre.

## §. 142. Fortsetzung.

Da das Licht nicht für sich allein besteht, sondern sich von gewissen Körpern aus verbreitet, so theilt man die Körper in Rücksicht auf das Licht auch ein in ursprünglich leuchtende und in erleuchtete oder dunkle. Die ursprünglich leuchtenden Körper enthalten ihr Licht in sich selbst, oder entwickeln es aus sich selbst. Die erleuchteten Körper empfangen ihr Licht von den ursprünglich leuchtenden, und werfen es wieder zurück.

*Anmerk.* Leuchtende Körper sind die Sonne, alle Fixsterne, die Lichtflamme, glühende Körper, leuchtende Thiere, faulende Körper, Phosphor, Kerlichter, Sternschnuppen, elektrisirte Körper.

Dunkle oder erleuchtete Körper sind die Planeten, der Mond, die Erde und alle Körper auf ihr. Wir sehen sie nur mittels des von ihnen zurückgeworfenen Lichtes.

Man kann das Licht auch einteilen in ursprüngliches und mitgetheiltes.

## §. 143. Fortsetzung.

Es giebt auch Körper, welche die Eigenschaft besitzen, nach einer ihnen zu Theil gewordenen hinlänglich starken Erleuchtung, im Dunkeln noch eine längere oder kürzere Zeit hindurch fortzuleuchten. Man nennt sie Lichtsauer, Lichtträger, Lichtmagnete, weil sie gleichsam eine gewisse Menge Lichtstoff eingefogen haben, welche allmählich wieder von ihnen wegströmt.

*Anmerk.* Solche Körper sind der Schwefelbaryt, Schwefelkalk, durchglühete schwefelsaure Kalterde, durchglühete Kupferschaalen, Papier, Schnee.

Warum leuchten diese Körper aber nur im Dunkeln?

## §. 144. Stärke und Geschwindigkeit des Lichtes.

Die Erfahrung zeigt, daß sich das Licht in geraden Linien verbreitet, indem ein brennendes Licht nicht gesehen wird, wenn in die gerade Linie zwischen dasselbe und das

Auge ein undurchsichtiger Körper gebracht wird. Denkt man sich daher den leuchtenden Körper als einen Punkt, so kann man ihn als den Mittelpunkt einer Kugel, und das von ihm ausströmende Licht als deren Halbmesser denken, welche letztere gewöhnlich Lichtlinien oder Lichtstrahlen genannt werden. Fängt man einen Theil der Lichtstrahlen, welche vom leuchtenden Punkte ausgehen, mit einer Kreisfläche auf, so erhält man einen Lichtkegel; ist die Fläche eine dreis-, vier-, vieleckige, so erhält man eine Lichtpyramide.

## §. 145. Fortsetzung.

Je näher man einem leuchtenden Körper einen dunkeln bringt, desto stärker, je weiter, desto schwächer ist die Erleuchtung, welche er von jenem empfängt. Die Stärke des Lichtes nimmt nämlich ebenso ab, wie das Quadrat der Entfernung von dem leuchtenden Körper zunimmt, d. h. die Helligkeit, welche ein leuchtender Körper auf einer gewissen Fläche hervorbringt, verringert sich in eben dem Maße, wie das Quadrat der Entfernung dieser Fläche von dem leuchtenden Körper zunimmt.

*Anmerk.* Kann man 1. W. 1 Fuß weit von einem Lichte deutlich lesen, so muß man, um 2 Fuß weit eben so deutlich zu lesen, 4 Lichter, 3 Fuß weit 9 Lichter u. anzünden.

## §. 146. Fortsetzung.

Die Fortpflanzung des Lichtes geschieht mit einer so großen Geschwindigkeit, daß man sie für jede Entfernung auf der Erde als augenblicklich ansehen kann. Erscheinungen am Himmel haben gelehrt, daß sie jedoch wirklich nach und nach geschieht, nur aber so schnell, daß sie in 1 Sekunde 42000 geogr. Meilen beträgt. Die Geschwindigkeit des Lichtes ist daher 1 Million Mal größer als die

des Schalles, und  $1\frac{1}{2}$  Million Mal größer als die einer Kanonenkugel.

Anmerk. Der Däne Olof Römer berechnete diese Geschwindigkeit schon im Jahre 1675.

Das Licht der Sonne braucht, um auf die Erde zu kommen, nur etwa 8 Minuten, von dem entferntesten Planeten  $2\frac{1}{2}$  Stunde, vom nächsten Fixsterne über 6 Jahre. Wie weit sind diese Körper entfernt? Auf die umgekehrte Geschwindigkeit des Lichtes gründet sich die Erfindung des Telegraphen oder der Fernschreibemaschine.

§. 147. Undurchsichtige und durchsichtige Körper, schwarze Körper und Schatten der undurchsichtigen Körper.

Die Feinheit der Lichtstrahlen macht es begreiflich, daß das Licht selbst durch die Poren der Körper dringen kann, die dem Ansehen nach sehr dicht sind. Körper nun, welche das Licht mehr oder weniger durch sich hindurchlassen, heißen durchsichtige oder transparente Körper. Ihnen gegenüber stehen die undurchsichtigen oder intransparenten. Vollkommen durchsichtige Körper, welche alle Lichtstrahlen hindurchlassen, giebt es nicht. Schwarze Körper endlich sind die, welche wenig oder gar kein Licht zurückwerfen und doch nicht durchsichtig sind. Sie scheinen das empfangene Licht einzuschlucken oder sonst für unser Auge verschwindend zu machen.

Anmerk. Glas, Wasser, Luft sind durchsichtig; zerstoßenes Glas, eine große Menge Wasser, eine 130 Meilen dicke Luftschicht sind undurchsichtig.

Ganz schwarze Körper sieht man nicht, weil von ihnen keine Lichtstrahlen nach unserem Auge zurückgeworfen werden; man erkennt ihr Dasein nur an der erleuchteten Umgebung.

Durchscheinende Körper lassen nur einige Lichtstrahlen durch sich hindurch.

§. 148. Fortsetzung.

Wird das Licht von einem undurchsichtigen Körper aufgefangen, so muß es hinter ihm dunkel sein; es entsteht ein Schatten, d. h. Abwesenheit des Lichtes. Bei leuchtenden Körpern wird die Gestalt und Größe des Schattens bedingt durch die Gestalt und Größe sowohl des leuchtenden, als auch des beleuchteten Körpers und durch ihre Entfernung von einander. Denkt man sich z. B. Kugeln, so giebt es einen mit der Entfernung sich erweiternden abgekürzten Schattenkegel, oder einen unbegrenzten Schattencylinder, oder endlich einen Schattenkegel, je nachdem die leuchtende Kugel kleiner oder ebenso groß, oder größer als die beleuchtete ist. Im letzteren Falle giebt es einen Kernschatten und Halbschatten, d. h. einen vollkommenen und einen halbdunkeln Schatten, weil es hinter dem Körper einen Raum giebt, wohin von keinem Theile des leuchtenden Körpers Lichtstrahlen gelangen, aber auch einen Raum, der jenen umschließt, wohin von einigen Theilen des leuchtenden Körpers Lichtstrahlen gelangen, und da die Zahl derselben vom Kernschatten nach dem Lichtraume immer größer wird, so muß ein allmählicher Uebergang vom vollen Schatten zum Lichte stattfinden.

Anmerk. Sonnen- und Mondfinsternisse — Schlagschatten — Bewegung des Schattens.

§. 149. Die Zurückwerfung der Lichtstrahlen. (Fig. 20.)

Wenn ein Lichtstrahl auf einen dunkeln, undurchsichtigen Körper fällt, so wird er von diesem zurückgeworfen oder reflectirt; es müßte dem sein, daß der Körper ein schwarzer wäre, welcher das Licht gleichsam einschluckt und bei sich behält. Jedes zurückgeworfene Lichttheilchen, also auch jeder Lichtstrahl, d. i. eine ge-

radlinig hinter einander befindliche Reihe von Lichttheilchen, wird nach denselben Gesetzen reflectirt, wie alle elastischen Körper, die auf eine harte Fläche stoßen. Der Zurückprallwinkel oder Reflexionswinkel ist allemal dem Einfallswinkel gleich.

Anmerk. Das weiße Licht, das in unser Auge kommt, ist ein zurückgeworfenes, da die meisten Gegenstände erleuchtete Körper sind. Denkt man sich an der Stelle der zurückwerfenden Fläche AB die lothrechte Linie Ox, die mit den einfallenden Lichtstrahlen gleiche Winkel macht, so nennt man sie das Neigungsloth.

#### §. 150. Die Spiegel überhaupt.

Jeder undurchsichtige, auf der Oberfläche blanke Körper, worin man Gegenstände sieht, die in ihm selbst nicht enthalten sind, sondern vor oder neben ihm sich befinden, wird Spiegel genannt. Die Spiegel sind nun entweder natürliche, wie die Oberfläche eines stillstehenden Wassers, oder künstliche Spiegel, wie die Glaspiegel im Zimmer. Ist die Oberfläche des Spiegels eben, so heißt er ein ebener Spiegel oder Planspiegel, und läßt alle Gegenstände von derselben Gestalt und Größe erscheinen, wie sie wirklich sind. Ist die Oberfläche krumm, so hat man einen krummen Spiegel. Bei dieser Art kann die Oberfläche zunächst hohl sein, und dann entsteht ein Hohlspiegel, welcher alle Gegenstände vergrößert erscheinen läßt; oder sie kann erhaben sein, und dann entsteht ein erhabener oder Convexspiegel, in welchem die Gegenstände verkleinert erscheinen; oder endlich die Oberfläche des Spiegels ist nur nach gewissen Richtungen hohl und erhaben, nach anderen aber eben, und dann werden die Gegenstände verzerrt erscheinen.

#### §. 151. Die ebenen oder Planspiegel.

Im ebenen Spiegel erblicken wir also die Gegenstände ohne Vergrößerung, ohne Verkleinerung und ohne Verzerrung, und dieß hat folgende Bewandniß. Die Strahlen, welche von irgend einem Gegenstande auf den Spiegel geworfen werden, werden nach dem schon bekannten Gesetze reflectirt. Da man nun die Oberfläche des Spiegels wegen seiner Glätte als unzählig viele Ebenen ansehen kann, die alle einerlei Lage haben, so müssen wohl die aufgefallenen Strahlen in derselben Ordnung reflectirt werden, in welcher sie nach dem Spiegel hingingen. Das Auge empfängt nun die Strahlen in dieser Ordnung, folglich muß der Eindruck in ihm derselbe sein, als wenn es die Strahlen unmittelbar von dem Körper empfangen hätte. Sieht man nun einen Gegenstand nach der Richtung solcher zurückgeworfener Strahlen, so sagt man, man sehe das Bild des Gegenstandes.

Anmerk. Daß Körper mit rauhen Oberflächen, z. B. bloße Wände, keine Bilder erzeugen können, hat seinen Grund darin, daß eine solche Oberfläche eine unzählige Menge Ebenen zeigt, die alle eine verschiedene Lage haben, und welche die empfangenen Lichtstrahlen natürlich auch nach den verschiedensten Richtungen hin zurückwerfen.

#### §. 152. Fortsetzung. (Fig. 21.)

AB stelle den Durchschnitt eines Planspiegels vor; O sei ein leuchtender Körper vor demselben. Nach dem Gesetze der Zurückwerfung dürfte es nun scheinen, als ob alle von O auf den Spiegel gefallenen Strahlen von einem Punkte o herkämen, der eben so weit hinter dem Spiegel liegt, als O vor demselben. Ein Auge also, das nur die zurückgeworfenen Strahlen PL, QM, RN empfängt, wird den leuchtenden Punkt nicht in O, wo er wirklich ist, sondern in o zu sehen glauben.

Anmerk. Der Spiegel braucht nicht so groß zu sein als das Bild, das wir in ihm erblicken; je näher das Auge bei dem Spiegel ist, desto kleiner kann derselbe sein.

### §. 153. Fortsetzung.

Die verschiedene Stellung des Spiegels giebt auch dem Bilde des Gegenstandes eine verschiedene Lage. In die Stellung des Planspiegels lothrecht, so erhalten die Bilder in ihm eine ähnliche Lage, gegen die Horizontalebene, als die Gegenstände selbst haben, wie wir dieß bei den meisten Spiegeln in unseren Zimmern bemerken können. Es scheint uns aber auffallend, wenn wir die Lage der Bilder im Spiegel von der Lage der Gegenstände selbst, in Rücksicht auf den Horizont, auf den wir Alles zu beziehen pflegen, ganz verschieden erblicken. Dieß geschieht bei jeder anderen als der verticalen Stellung des Planspiegels, obschon die Bilder stets nach denselben Gesetzen entstehen und so weit hinter der Ebene des Spiegels liegen, als die Gegenstände vor derselben.

Anmerk. In einem horizontalen Spiegel erscheinen aufrecht stehende Gegenstände verkehrt — Wasserpiegel — Liegt der Spiegel unter einem Winkel von  $45^\circ$  gegen den Horizont, so erscheinen liegende Gegenstände stehend, und stehende liegend. Eine horizontal fortgerollte Kugel scheint aufwärts zu steigen.

### §. 154. Fortsetzung.

Durch den gleichzeitigen Gebrauch mehrer Planspiegel lassen sich die Bilder sehr vervielfältigen und überhaupt manche auffallende Erscheinungen zu Stande bringen. So erscheint z. B. im Winkelspiegel eine ganze Kreisfläche, während sich nur ein Theil derselben zwischen ihm befindet. Parallele Spiegel machen eine unendliche Menge von Bildern eines zwischen ihnen aufgestellten Gegenstandes. Auch kann man durch mehre gegen einander

gerichtete Spiegel Gegenstände sichtbar machen, an Orten, an denen man sie außerdem nicht sehen würde. Da jedoch bei jeder Zurückwerfung ein Theil des Lichtes verloren geht, so ist leicht einzusehen, daß, je mehr die Anzahl der Bilder sich vervielfältigt, oder je größer die Anzahl der Spiegel ist, durch welche uns ein Bild vor die Augen geführt wird, diese selbst desto schwächer und matter werden.

Anmerk. 1. Die Spiegelkasten — die Kaleidoscope — Raubersperspective.

Anmerk. 2. Zeigen Planspiegel ein verzerrtes Bild, so liegt dieß an der Unebenheit ihrer Oberfläche.

### §. 155. Die krummen Spiegel.

Eine größere Mannigfaltigkeit als die Planspiegel bieten die krummen Spiegel dar, unter welchen die concaven oder Hohlspiegel die merkwürdigsten und nützlichsten sind. Ein von einer undurchsichtigen Kugel abgeschnittenes Stück, das auf der inneren Fläche recht glatt und blank ist, giebt einen Hohlspiegel ab und zwar einen hohlen Kugelspiegel oder einen sphärischen Hohlspiegel.

### §. 156. Fortsetzung. (Fig. 22.)

Die Strahlen, welche unter irgend einem Winkel in den Hohlspiegel fallen, werden ebenfalls nach dem bekannten Gesetze zurückgeworfen. Der Halbmesser oder Durchmesser der Kugel, woson der Spiegel nur einen Theil (Segment) ausmacht, heißt der Halbmesser oder Durchmesser des Hohlspiegels. Der Mittelpunkt jener Kugel ist auch der Mittelpunkt des Spiegels. Die Mitte des Spiegels aber ist der Punkt *e*, der in der Mitte der Spiegelfläche liegt. Alle Strahlen, welche in der Richtung eines Halb- oder Durchmessers einfallen, sind sogenannte

Perpendicularstrahlen, d. h. solche, welche mit der Spiegelfläche einen rechten Winkel machen, und auch perpendicular, d. h. in sich selbst zurückgeworfen werden. Eine gerade Linie, welche durch den Mittelpunkt des Spiegels und auf die Mitte  $c$  desselben losgeht, wird Achse des Spiegels genannt. Unter Breite des Spiegels versteht man eine Sehne  $AB$ , oder eine gerade Linie, die von einem Punkte des Spiegelrandes über die Mitte hinweg bis zum gegenüberliegenden Punkte geht.

§. 157. Fortsetzung.

Wenn Strahlen mit einander parallel auf den Hohlspiegel fallen, so werden sie alle so zurückgeworfen, daß sie vor der Spiegelfläche in einem gewissen Punkte  $f$  zusammenreffen, welcher Brennpunkt (Focus) heißt. Denkt man sich bei jedem einzelnen Strahle den Reflexionswinkel dem Einfallswinkel gleich, so ist leicht zu finden, daß alle zurückgeworfenen Strahlen den Punkt  $f$  treffen müssen. Befinden sich in diesem Punkte leicht entzündbare Körper (Holz, Papier *ic.*), so werden sie in Brand gesetzt oder schmelzbare Körper werden geschmolzen; daher der Name Brennpunkt.

§. 158. Fortsetzung.

Jeder Hohlspiegel ist zugleich ein Brennspiegel. Hierbei hat man gefunden, daß seine Brennweite, d. h. die Entfernung seines Brennpunktes  $f$  von der Spiegelfläche  $c$ , also die Linie  $fc$ , immer dem halben Halbmesser, oder dem vierten Theil des Durchmessers des Spiegels gleich ist.

§. 159. Fortsetzung.

Der Brennspiegel ist um so vollkommener und wirksamer, je glatter und blanker seine zurückwerfende Hohlfläche ist, je breiter er ist und je kleiner der Brennpunkt ist, worin er die aufgefangenen Sonnenstrahlen vereinigt. Das Zurückwerfen der Sonnenstrahlen geschieht dann desto vollkommener. Ist er recht breit, so fängt er mehr Sonnenstrahlen auf, die er zu einem Punkte verdichtet; und ist der Brennpunkt recht klein, so ist die Verdichtung der Strahlen recht groß.

Anmerk. Bei den Kugelspiegeln ist der Brennpunkt mehr ein Brennraum; die parabolischen Hohlspiegel sind in dieser Beziehung wirksamer und vollkommener.

Der sächsische Edelmann v. Lichirnsaußen fertigte vor mehr als 100 Jahren sehr wirksame kupferne Brennspiegel — der Franzose Buffon machte einen Brennspiegel von 200 Fuß Brennweite, aus 168 mit Stanniol und Quecksilber belegten Glasspiegeln — Archimedes soll auf diese Weise die Stadt Syrakus befreit haben, indem er die Flotte des römischen General Marcellus durch Brennspiegel in Brand steckte.

§. 160. Die erhabenen Spiegel. (Fig. 23.)

In erhabenen oder Convexspiegeln werden die parallel einfallenden Lichtstrahlen nicht wie in den Hohlspiegeln in einen Punkt vereinigt, sondern zerstreut. Denkt man sich die zurückgeworfenen Strahlen rückwärts, hinter die Spiegelfläche verlängert, so kommen sie alle in einem eingebildeten Punkte zusammen, welcher deshalb auch eingebildeter Brennpunkt genannt wird. Die Entfernung dieses Brennpunktes, die eingebildete Brennweite, ist ebenfalls, wenn der Convexspiegel ein Kugelspiegel ist, dem halben Halbmesser gleich.

## §. 161. Fortsetzung.

Jeder Gegenstand, welcher vor einen erhabenen Spiegel gebracht wird, zeigt ein verkleinertes Bild, und zwar ein um so kleineres, je kleiner der Converspiegel oder vielmehr die Kugel ist, von welcher der Spiegel nur ein Stück ausmacht. Das Bild erscheint immer näher an der Spiegelfläche, als der Gegenstand selbst sich vor derselben befindet. Es wird bei einem und demselben Spiegel desto kleiner, je weiter der Gegenstand von der Spiegelfläche wegrückt, bleibt aber stets aufrecht.

Anmerk. Es giebt auch Cylinderspiegel, welche aus einer metallenen Walze bestehen, deren krumme Seitenfläche schön polirt ist, die Bilder aber dünn und lang verzerrt; ebenso auch Kegelspiegel. Die Lehre von der Zurückwerfung des Lichtes heißt Catoptrik.

## §. 162. Die Brechung der Lichtstrahlen.

(Fig. 24.)

Wenn Lichtstrahlen unter einem spitzigen Winkel aus einer gewissen durchsichtigen Materie in eine andere gleichartige, dichtere oder dünnere, z. B. aus dünner Luft in dichtere, oder auch in eine andere ungleichartige dichtere oder dünnere Materie, z. B. aus Luft in Wasser, übergreifen, so behalten sie ihre Richtung nicht bei, sondern sie werden beim Eingange in die andere Materie davon abgelenkt, d. h. sie werden gebrochen. Das Brechen geschieht aber nicht, wenn sie perpendicular oder unter rechten Winkeln hineinschießen; alsdann fahren die Strahlen in derselben Richtung oder gerade hindurch.

Anmerk. Je spitziger der Winkel ist, unter welchem ein Strahl einfällt, desto stärker ist seine Brechung (Refraction).

Man spricht hierbei auch vom Einfallswinkel und Brechungswinkel. Als die physische Ursache der Brechung nimmt man eine Anziehung zwischen der brechenden Materie und dem Lichte an.

## §. 163. Mancherlei auf Strahlenbrechung sich gründende Erscheinungen.

Da unser ganzer Erdbörper auf allen Seiten von einem brechenden Mittel, der Luft, umgeben ist, und überdies ein anderes brechendes Mittel, das Wasser, sich so häufig bei uns findet, so erfahren wir die Wirkungen der Strahlenbrechung sehr häufig. Sie macht, daß wir viele Gegenstände an einem anderen Orte zu sehen glauben als da, wo sie sich wirklich befinden. Solche auffallende Erscheinungen sind vorzüglich folgende.

- 1) Ein gerader Stab, zum Theil in's Wasser getaucht, erscheint gebrochen.
- 2) Ein Finger in ein Glas Wasser getaucht und von der Seite betrachtet, erscheint doppelt.
- 3) Fische, Steine etc. scheinen im klaren Wasser höher zu stehen oder zu liegen, als es wirklich der Fall ist.
- 4) Die Gestirne, die im Zenith ausgenommen, scheinen höher zu stehen, als sie sind.
- 5) Die Morgen- und Abenddämmerung. — Das Bild der Sonne erscheint uns eher als sie selbst.
- 6) Die an den schwedischen Küsten, an der Meerenge zwischen Kalabrien und Sicilien, an der Nordsee, in den afrikanischen Sandwüsten etc. bisweilen vorkommenden äußerst merkwürdigen Luftspiegelungen, welche oft das Bild ganzer Gegenden, bald abwärts gefehrt, bald aufwärts stehend, zeigen.
- 7) Die Neben Sonnen und Nebenmonde.
- 8) Die Höfe um Sonne und Mond; die Heiligen schein um Lichte.
- 9) Das Blinkern der Fixsterne.

Anmerk. Alle diese Erscheinungen sind optische Täuschungen.

§. 164. Brechung der Lichtstrahlen in geschliffenen Gläsern.

Wenn wir durch eine gewöhnliche Fensterscheibe Gegenstände betrachten, so sehen wir sie von derselben Gestalt und Größe, als wenn das Glas nicht da wäre. Gleichwohl müssen alle Lichtstrahlen durch das Glas hindurch und werden nicht nur beim Eingange, sondern auch beim Austritte gebrochen. Da nämlich wegen gleicher Dicke der Glastafel die beiden brechenden Flächen des Glases mit einander parallel sind, so bekommen die aus dem Glase wieder herausfahrenden Strahlen wieder dieselbe Richtung, die sie beim Eintritt hatten.

§. 165. Fortsetzung.

Die zu vielen Flächen geschliffenen, sogenannten polyedrigen Gläser oder Rauteugläser, zeigen den durch sie betrachteten Gegenstand, z. B. ein Licht u. eben so viele Male, als sie Flächen enthalten. Jede Fläche bricht nämlich die von einem Gegenstande darauf fallenden Strahlen, und da jede Fläche eine andere Lage hat, so kommen die von jeder Fläche gebrochenen Strahlen nach anderen Richtungen in unser Auge. Da nun so viele verschiedene Richtungen als Flächen da sind, so sieht man auch den Gegenstand eben so viele Male.

§. 166. Die Linsengläser.

Als außerordentlich wichtig und nützlich erscheinen die sogenannten Linsen- oder Augengläser, die nach einer Kugelkrümmung entweder erhaben oder hohl geschliffen sind; denn sie sind die Brenngläser, Vergrößerungsgläser und Ferngläser. Alle Strahlen, welche parallel in diese Gläser einfallen, kommen nicht wieder parallel heraus, sondern entweder zusammenfahrend (conver-

girend) oder auseinanderfahrend (divergirend). Zusammenfahrend kommen die Strahlen wieder heraus, wenn die Gläser in der Mitte dicker sind, als nach dem Rande zu. Alle diese Gläser heißen erhabene oder Convergläser. Auseinanderfahrend kommen die Lichtstrahlen wieder heraus, wenn die Gläser in der Mitte dünner sind, als nach dem Rande zu. Alle solche Gläser heißen vertiefte, Hohlgläser, Concavgläser.

§. 167 Fortsetzung.

Man unterscheidet 3 Arten von erhabenen Gläsern und 3 Arten von Hohlgläsern. \*) Die convergen sind entweder doppelt convex, d. h. auf beiden Seiten erhaben, oder planconvex, d. h. auf einer Seite eben, auf der andern erhaben, oder mondförmig (Meniskus). Die concaven Gläser sind entweder doppelt concav, d. h. auf beiden Seiten hohl, oder planconcav, d. h. auf einer Seite hohl, auf der andern eben, oder concavconvex, d. h. auf einer Seite hohl, auf der andern erhaben. Sie alle heißen Linsengläser, deren Vorderseite allemal die nach dem Gegenstande hingekehrte Seite ist.

Anmerk. Bei den mondförmigen Gläsern ist der Durchmesser der äußern Seite kleiner, als der der innern; bei den concavconvexen umgekehrt.

§. 168. Fortsetzung.

Alle convergen Gläser sind Sammlungsgläser, welche die in sie einfallenden Strahlen näher zusammenbringen; alle concave Gläser sind Zerstreuungsgläser, welche die Strahlen weiter auseinander bringen. Hieraus erklärt

\*) Die Gestalt dieser Gläser läßt sich leicht durch Zeichnungen, am besten aber durch wirkliche Exemplare veranschaulichen.

sich auch, daß die convergen Gläser zugleich Brenngläser sein können, da sie die Lichtstrahlen in einen einzigen Punkt, den Brennpunkt, vereinigen.

Anmerk. Ihre Brennweite läßt sich ebenso bestimmen, wie bei den Brennsiegeln.

#### §. 169. Fortsetzung.

Alle convergen Gläser sind aber auch Vergrößerungsgläser (einfache Mikroskope). Hält man sie nahe an einen Gegenstand, so daß dieser zwischen die Gläser und den Brennpunkt kommt, so erscheint er vergrößert, und zwar um so mehr, je gewölbter sie sind, d. h. je kleiner der Durchmesser der Kugel ist, wovon die erhabene Fläche einen Theil ausmacht. Rückt man das Glas weiter von dem Gegenstande hinweg, so daß letzterer sich im Brennpunkte befindet, so sieht man ihn nur noch sehr undeutlich, oder gar nicht. Rückt man nun das Glas noch ein wenig weiter, so daß der Gegenstand hinter den Brennpunkt kommt, so sieht man auf der oberen, nach dem Auge hin-gekehrten Fläche des Glases ein umgekehrtes verkleinertes Bild von dem Gegenstande. Dieses Bild wird um so kleiner, je weiter man das Glas von dem Gegenstande hinwegrückt.

#### §. 170. Fortsetzung.

Alle Hohlgläser verkleinern, bringen aber das Bild der Gegenstände dem Auge näher, als die Gegenstände selbst sich befinden. Sie verkleinern desto mehr, je kleiner die Kugeln sind, wovon die hohlen Flächen des Glases Abschnitte ausmachen.

#### §. 171. Die Farben.

Mit der Brechung der Lichtstrahlen hängt auch die merkwürdige Erscheinung der Farbenzerstreuung zusammen. Das Licht wird nämlich durch die Brechung gleichsam zertheilt, und erscheint uns dann unter verschiedenen Farben. Man kann diese Erscheinung besonders deutlich wahrnehmen, wenn man das Sonnenlicht auf ein Prisma fallen läßt, und das Farbenbild hinter demselben auf einer weißen Wand oder einem weißen Papier auffängt. Hierbei unterscheidet man dann der Reihe nach folgende Farben: roth, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau, violet, von denen die rothe Farbe am wenigsten, die violette am meisten gebrochen ist. Fängt man eine dieser Farben wieder durch ein zweites Prisma auf, so läßt sie sich nicht weiter zerlegen, obschon man deshalb noch nicht alle sieben Farben für einfach anzusehen braucht.

#### §. 172. Fortsetzung.

Vereinigt man die Farben des Prismas wieder, so geben sie zusammen das weiße Licht, woraus sie entstanden sind. So oft überhaupt diese Farben verbunden werden, selbst wenn sie von verschiedenen Lichtstrahlen her rühren, bringen sie uns die Empfindung vom weißen Lichte hervor. Daraus ist zu erklären, warum Gläser mit parallelen Oberflächen keine Farben zeigen, eben so, warum die Gegenstände, durch ein Prisma betrachtet, nur an den Rändern oder da, wo Licht und Schatten an einander grängen, farbig erscheinen.

#### §. 174. Fortsetzung.

Das weiße Licht kann daher nicht als ein einfaches, sondern es muß vielmehr als ein aus den verschieden-