

dem empfindlichen Papier liegende geschwärzte Collodionplatte längere Zeit nöthig, um eine bestimmte Färbung hervorzubringen. Die Intensität derselben ist ein Criterium für die innerhalb der gedachten Zeit zur Wirksamkeit kommenden chemischen Lichtmenge. Im zweiten Theil dieses Buches wird specieller von diesem Verfahren die Rede sein.

Bereits haben Bunsen und Roscoe mit ihrem Instrument zahlreiche Bestimmungen gemacht; hoffen wir, daß dasselbe bald von meteorologischen Stationen und intelligenten Photographen zu weiteren Forschungen über das chemische Wetter benutzt werden möge; dann ist die Zeit nicht mehr fern, wo wir etwas mehr geben können, als die bloßen Grundzüge einer chemischen Meteorologie. Dann werden wir vielleicht einmal im Stande sein, Linien gleicher, mittlerer chemischer Lichtintensität, ähnlich den Isothermen, um den Erdball zu ziehen.

Die optischen Instrumente.

Allgemeines.

Wir haben in dem vorhergehenden Capitel die chemische Intensität des Lichtes verschiedener Lichtquellen kennen gelernt.

Eine gegebene Quantität chemisch wirksamen Lichtes ist für sich allein nicht im Stande, auf einer sensiblen Fläche ein Bild zu erzeugen; sie würde höchstens ein Stück photographischen Papiers nur mehr oder weniger intensiv schwärzen. Eine solche schwarze Fläche ist aber kein Bild. Zur Erzeugung eines Bildes müssen wir gewisse Stellen der empfindlichen Schicht vor der Wirkung des Lichtes schützen, andere wieder denselben mehr oder weniger aussetzen. So erzeugen wir Abwechselungen von Licht und Schatten, und diese machen erst, sobald ihre Contouren den Umrissen von Gegenständen in der Natur entsprechen, ein Bild aus.

Wir erreichen diesen Zweck auf zweierlei Weise:

- 1) Indem wir diejenigen Gegenstände, von welchen wir Bilder zu erzeugen wünschen, unmittelbar mit der lichtempfindlichen Schicht zusammenpressen und so, das Original nach oben, dem Lichte aussetzen.

Das ist die directe Copirmethode; so kann man Pflanzenblätter, Zeichnungen u. s. w. reproduciren und erhält je nach den Umständen hierbei ein Bild, das in seinen Licht- und Schattenverhältnissen dem Original entspricht — ein Positiv, z. B. bei Willis' Anilindruck, Joubert's, Obernetter's und Leth's Kohleverfahren (siehe Seite 32); oder man erhält das Umgekehrte davon — ein Negativ (Fox Talbot's Verfahren, siehe Einleitung). Ein solches Negativ kann wieder zum Copiren positiver Bilder mit Hülfe des Lichts benutzt werden. Dieser Copirproceß ist der gewöhnliche photographische Druckproceß. In diesen Processen haben wir es also mit ebenen Originalen zu thun, die mit der empfindlichen Fläche zusammengepreßt dem

Lichte exponirt werden. Dieses Verfahren ist zur Entwerfung von Bildern körperlicher Gegenstände offenbar nicht geeignet; um diese zu photographiren, benutzt man eine andere Methode:

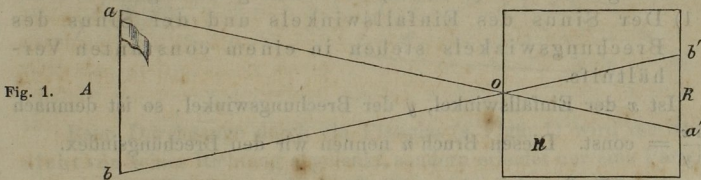
2) Man entwirft von körperlichen Gegenständen ein ebenes Bild mit Hülfe eines optischen Apparates, und läßt dieses auf die empfindliche Fläche wirken.

Der optische Apparat, den wir hier anwenden, ist die Camera obscura, jenes interessante, von Porta im 16. Jahrhundert erfundene Instrument, welches 3 Jahrhunderte lang nur für eine niedliche Spielerei galt, bis es durch Einführung in die Photographie zu immenser Wichtigkeit gelangte. Wäre dieses Instrument nicht vorhanden, die Photographie würde nur zur Copirung planer Körper verwendet werden können, während sie mit Hülfe der Camera alles bildlich zu fixiren im Stande ist, was chemisch sichtbar ist.

Nicophore Niépce hat dieses Instrument zuerst angewendet (siehe Einleitung).

Die Camera besteht in ihrer einfachsten Form aus einer wirklichen Kammer oder einem großen Kasten, in dessen Vorderwand ein feines Loch gebohrt ist. Auf der dem Loche gegenüberliegenden Wand sieht man, wenn der Kasten einem hell erleuchteten Gegenstande gegenübersteht, ein treues, verkleinertes und verkehrtes Bild des Gegenstandes, dessen Entstehung sehr einfach zu erklären ist.

Es sei A ein heller Gegenstand, K die Kammer mit der Oeffnung o .



Offenbar können von dem Punkte a der Fahne durch das Loch nur Lichtstrahlen nach dem Punkte a' der Kammerwand gelangen, ebenso wie von dem Fußpunkte b nur Strahlen nach b' kommen können. So bildet sich jeder Punkt des Gegenstandes A einzeln auf der Rückwand R ab, und diese zeigt somit ein verkehrtes Bild, das um so größer ist, je weiter die Rückwand R von dem Loche o entfernt ist, in demselben Maße aber auch lichtschwächer wird. Stehen die Gegenstände vor o senkrecht und die Wand R senkrecht, so ist das Bild vollkommen correct, und das ist ein großer Vortheil dieser Lochbilder vor vielen Linsenbildern, die oft sehr stark „verzeichnet“ sind. Ferner hat dieser Apparat die Eigenthümlichkeit, von nahen und fernen Gegenständen gleich scharfe Bilder und ein Gesichtsfeld von über 100° zu liefern, was keine Linse im Stande ist. Das Bild hat

aber den Nachtheil, daß es sehr lichtschrach und unscharf ist, da jeder Punkt des Gegenstandes ein Strahlenbündel von dem Durchmesser der Oeffnung nach der Wand R sendet und demnach darauf einen Kreis von demselben Durchmesser zeichnen wird.

Mit Hülfe solcher einfachen Vorrichtung, wie oben angegeben, z. B. einer photographischen Camera, an der man statt eines Objectivs ein Stück Blech mit einem feinen Loche (Nähnadelloche) anbringt, lassen sich leicht Bilder sonniger Landschaften aufnehmen. Ich machte mit 6 Zoll Abstand der Rückwand vom Loche ein solches in 5 Minuten.

In der practischen Photographie findet diese Art von Lochcamera keine Anwendung.

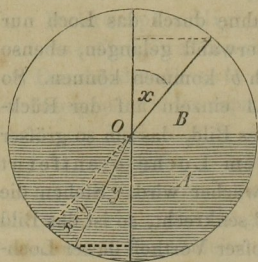
In der Photographie wenden wir, um mit Hülfe der Camera Bilder zu erzeugen, nicht Löcher, sondern Linsen an; diese haben den Vortheil größerer Lichtstärke und größerer Schärfe, indem sie, richtig construiert, im Stande sind, das Bild eines Punktes auch mathematisch genau als Punkt wiederzugeben. Dagegen haben sie ein kleineres Gesichtsfeld als die Lochcamera, und eine geringere Tiefe, d. h. weniger Fähigkeit, Gegenstände, die in verschiedener Entfernung liegen, scharf abzubilden. Die Linsen beruhen auf der Brechung des Lichtes, die wir jetzt näher studiren wollen.

Wir haben bereits oben erörtert, daß, wenn ein Lichtstrahl aus einem durchsichtigen Medium B in ein anderes A übergeht, in der Regel eine Richtungsveränderung stattfindet, die man mit dem Namen Brechung bezeichnet (s. S. 122). Für diese gelten folgende Gesetze:

- 1) Der Sinus des Einfallswinkels und der Sinus des Brechungswinkels stehen in einem constanten Verhältnifs.

Ist x der Einfallswinkel, y der Brechungswinkel, so ist demnach $\frac{\sin x}{\sin y} = \text{const.}$ Diesen Bruch n nennen wir den Brechungsindex.

Fig. 2.



- 2) Einfallswinkel und Brechungswinkel liegen in einer Ebene.

Die Differenz zwischen Einfallswinkel und Brechungswinkel ($x - y$) heißt die Ablenkung, welche der Strahl bei der Brechung erlitten hat. Diese Ablenkung ist einerseits abhängig vom Einfallswinkel und wächst in viel stärkerem Verhältnifs als dieser*). Ferner ist die Ablenkung abhängig vom Brechungsindex; je größer derselbe, desto größer ist die

*) Z. B. für $x = 10^\circ$ beträgt die Ablenkung $2^\circ 35'$ }
 - $x = 20^\circ$ - - - - $3^\circ 2'$ } Differenz: $0^\circ 27'$
 - $x = 30^\circ$ - - - - $4^\circ 14'$ - $1^\circ 12'$

Ablenkung. Der Brechungsindex ist nun für verschiedene Substanzen sehr verschieden; er wechselt z. B. bei jeder Glassorte mit der chemischen Zusammensetzung. So ist er

für Flintglas*)	1,664,
- Crownglas	1,543,
- Wasser	1,336,
- Diamant	2,470.

Der Brechungswinkel ist stets kleiner als der Einfallswinkel, wenn der Strahl aus einem schwächer brechenden Medium, z. B. Luft, in ein stärker brechendes, z. B. Glas, übergeht; er ist größer als der Einfallswinkel, wenn der Strahl die entgegengesetzte Richtung nimmt.

Die durchsichtigen Medien haben nun eine sehr verschiedene Gestalt. Sie sind entweder von ebenen oder krummen Flächen begrenzt. Ein von zwei parallelen ebenen Flächen begrenztes Mittel nennen wir ein Planglas (s. Figur 3), ein von zwei gegen einander geneigten begrenztes Mittel nennen wir ein Prisma (s. Figur 4).

Fig. 3.

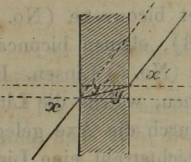
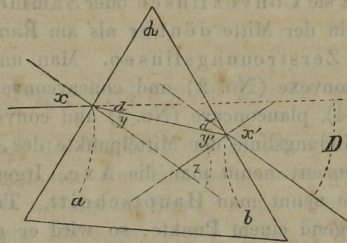


Fig. 4.



Beim Durchgange durch ein Planglas (s. Figur 1) wird der Strahl nicht von seiner Richtung abgelenkt, sondern erleidet nur eine Parallelverschiebung**). Diese ist um so stärker, je dicker das Planglas ist. Beim Durchgange durch ein Prisma aber findet eine Richtungsveränderung statt, wie dies die Figur versinnlicht. Der Strahl wird bei der ersten Brechung bei a um den Winkel $x - y$ abgelenkt, bei der zweiten Brechung bei b um den Winkel $x' - y'$; die Totalablenkung ist die Summe beider $= D$. Der Winkel, den die Flächen des Prismas mit einander bilden (α), heißt der brechende Winkel. Diese Totalablenkung wächst mit dem Brechungsindex, dem brechenden Winkel des Prismas (α) und mit der Einfallrichtung. Sie ist

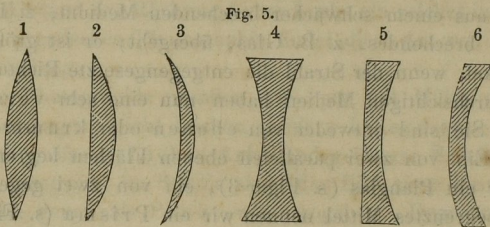
*) Hier ist angenommen, daß der Strahl aus Luft in die gedachten durchsichtigen Substanzen übergeht.

***) Es ist nemlich in Fig. 1 $\sin x = n \sin y$,
 $\sin x' = n \sin y'$,
 $y = y'$, demnach auch $\sin y = \sin y'$ und folglich $\sin x = \sin x'$, also $x = x'$.

für dasselbe Prisma ein Minimum, wenn der ein- und austretende Strahl gleiche Winkel mit der Glasfläche bilden *).

Von den einfachen Linsen.

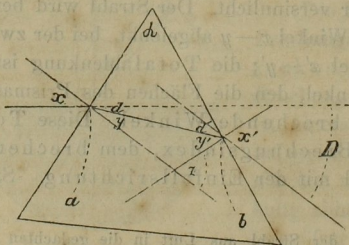
Die von krummen Flächen begrenzten Medien nennt man Linsen. Die Begrenzungsflächen unserer gewöhnlichen Linsen sind Kugelsegmente; man nennt sie deshalb sphärische Linsen. Die Form der in der Praxis gebräuchlichen Linsen erhellt aus beistehenden Figuren.



Die Nummern 1, 2, 3 sind in der Mitte dicker als am Rande, man nennt sie Convexlinsen oder Sammellinsen. Die Nummern 4, 5, 6 sind in der Mitte dünner als am Rande, sie heißen Concavlinen oder Zerstreuungslinsen. Man unterscheidet biconvexe (No. 1) planconvexe (No. 2) und concavconvexe (No. 3), ebenso biconcave (No. 4), planconcave (No. 5) und convexconcave (No. 6) Linsen. Die Verbindungslinie der Mittelpunkte der Kugelflächen, welche die Linse begrenzen, nennt man die Axe. Irgend eine durch die Axe gelegte Ebene nennt man Hauptschnitt. Trifft ein Lichtstrahl eine Linse an irgend einem Punkte, so wird er genau so gebrochen, als träte er eine an gedachtem Punkte gelegte Berührungsebene; das Einfallslot ist daher stets der Radius der betreffenden Kugelfläche. An jede

*) Die Totalablenkung D läßt sich aus folgenden Formeln berechnen:

Fig. 4.



$$D = d + d' = x - y + x' - y'$$

$$= x + x' - (y + y')$$

$y + y' = z$ (als Außenwinkel vom Dreieck)

z aber $= \alpha$ (weil seine Schenkel auf den Schenkeln von α senkrecht stehen);

demnach $D = x + x' - \alpha$.

Ferner hat man, wenn n der Brechungsindex ist:

$$\sin x = n \sin y,$$

$$\sin x' = n \sin y' = n \sin (\alpha - y).$$

Ist α sehr klein, ferner x sehr klein, so kann man auch setzen $x = ny$, und $x' = n(\alpha - y)$, da

für kleine Winkel die Sinus gleich den Bogen sind; dann wird $D = ny + n(\alpha - y) - \alpha = (n-1)\alpha$, d. h. die Ablenkung proportional dem brechenden Winkel des Prismas.