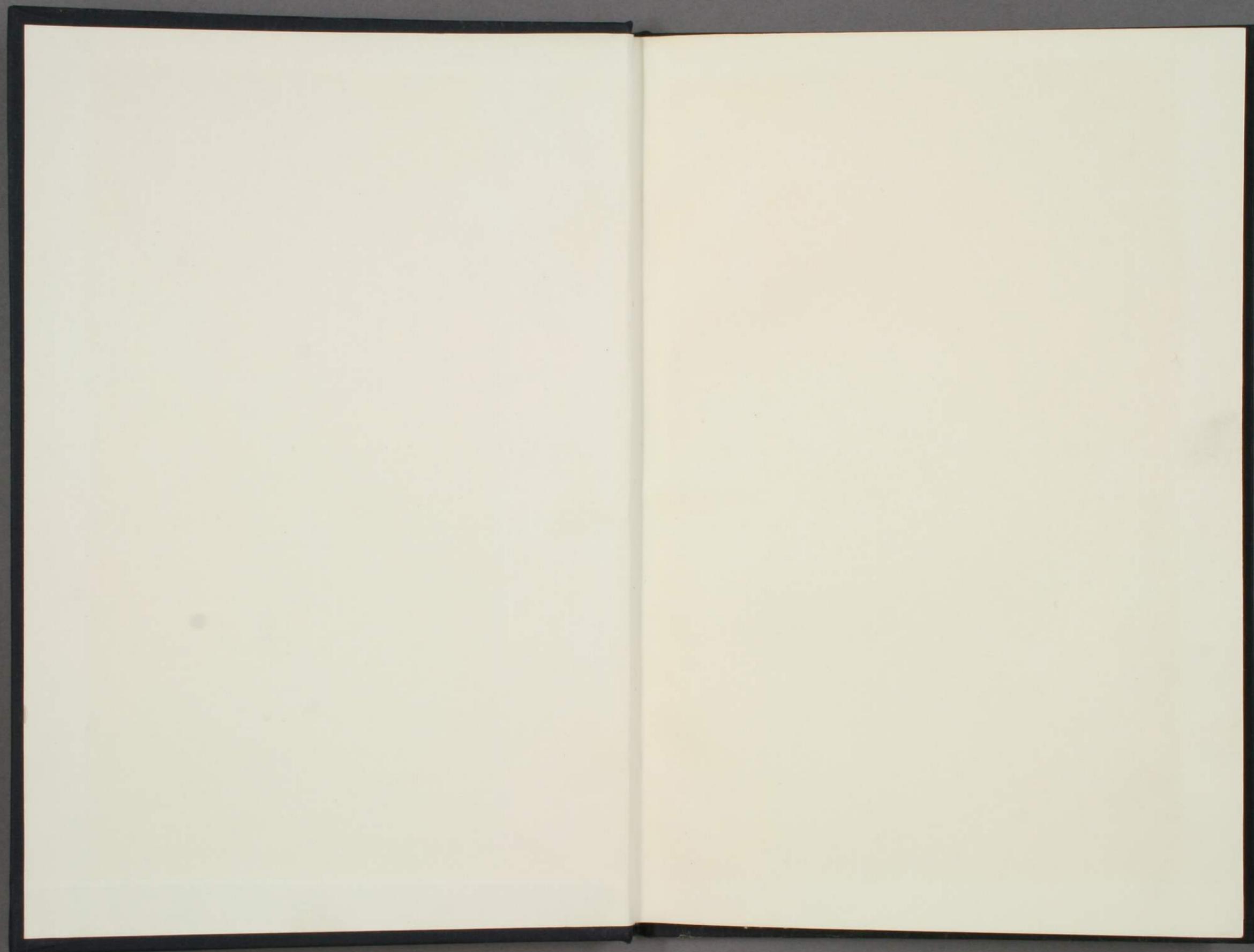
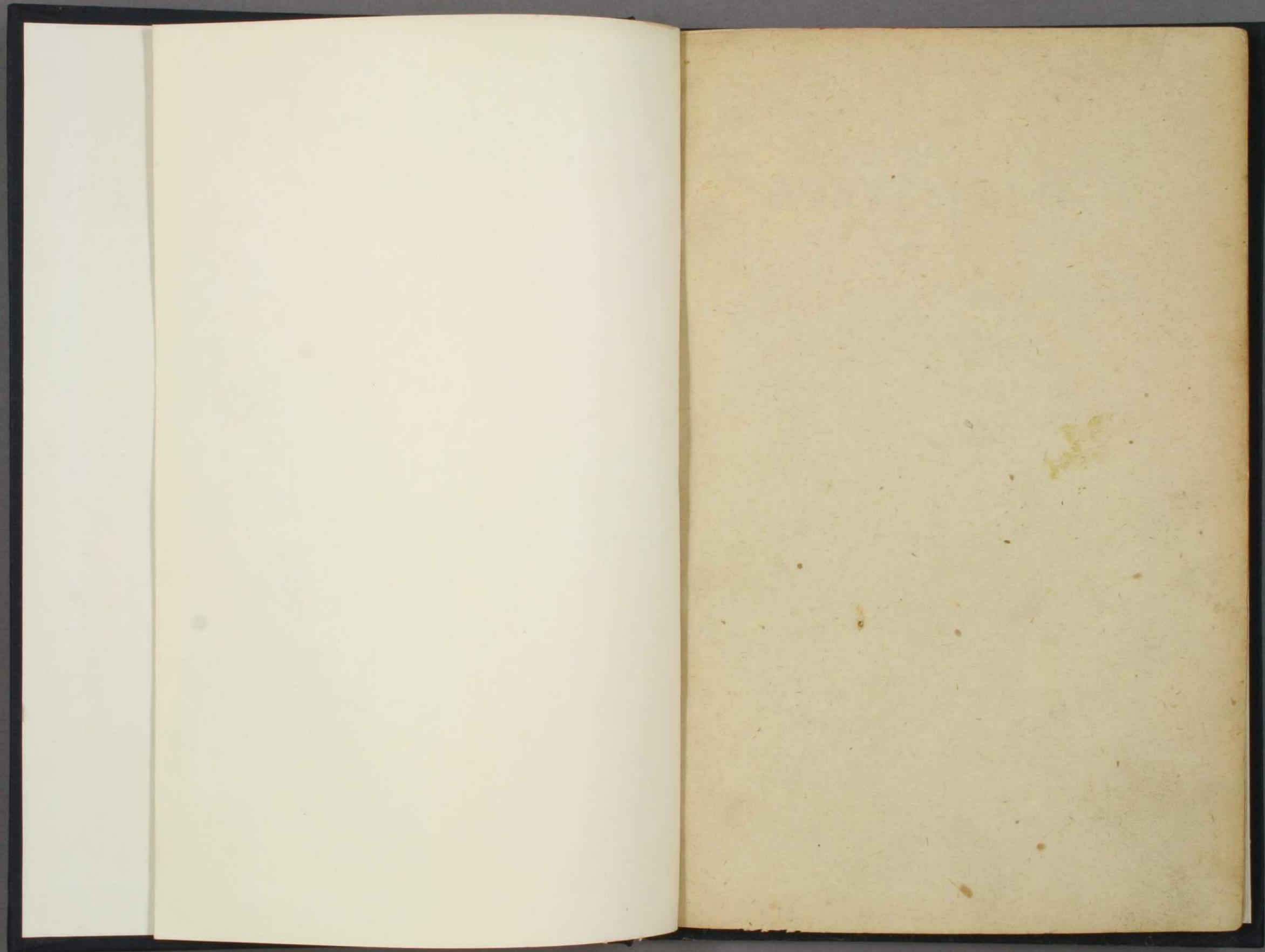


洋学文庫
文庫 8
E 155







Die
Naturlehre,



für

den Unterricht in Elementarschulen

bearbeitet

von

Dr. Johannes Crüger,
Königl. Seminar-director.

寄贈

長輔孫池田英男

Dreizehnte, verbesserte Auflage.

Mit 92 in den Text eingedruckten Holzschnitten.



Erfurt.

G. W. Körner's Verlagsbuchhandlung.

1872.

KG
2973

文庫8
E 155

Druck von B. G. Teubner in Leipzig.

64- 2609

昭和40年2月1日寄
池田英男氏贈

Inhalt.

S.	Seite
1. Das Loth.	1
2. Das Gewicht der Körper	2
3. Das Hinabgleiten von schrägen Flächen	2
4. Der freie Fall	3
5. Das Pendel.	4
6. Die Stellung eines ruhig hängenden Körpers	7
7. Gleichgewicht und Uebergewicht.	8
8. Feststehen und Umfallen	9
9. Der gleicharmige Hebel	11
10. Die gleicharmige Waage	13
11. Der ungleicharmige Hebel	14
12. Die feste Rolle	15
13. Der einarmige Hebel.	16
14. Die bewegliche Rolle	17
15. Das Hinabfließen des Wassers.	18
16. Die wagerechte Stellung der Wasseroberfläche.	20
17. Communicirende Gefäße	20
18. Der Springbrunnen	21
19. Das Aneinanderhängen fester und flüssiger Körper	22
20. Das Aneinanderhängen fester Körper	22
21. Die Haarröhrchenanziehung	22
22. Das Schwimmen	23
23. Das Kochen.	24
24. Die Verdunstung	25
25. Nebel und Wolken	26
26. Thau und Reif	27
27. Regen, Schnee und Hagel.	27
28. Die Sonnenstrahlen als Wärmequelle.	28
29. Das Brennglas	29
30. Die geradlinige Verbreitung des Lichtes	30
31. Der Schatten, seine Gestalt und Lage.	31
32. Die Magnetnadel	32
33. Die Anziehungskraft eines Magnets	34
34. Das Magnetisiren des Stahls	34
35. Wärme durch Reibung	35
36. Die Leitung der Wärme	36
37. Anwendung guter und schlechter Wärmeleiter	37
38. Ausdehnung der Körper durch Wärme	37
39. Das Thermometer	38
40. Das Schmelzen	40
41. Das Emporsteigen erwärmter Luft	41
42. Der Luftballon	42
43. Luftzug und Wind.	44
44. Die Entstehung des Schalles.	45
45. Die Höhe des Tons	45
46. Glastische Körper.	46
47. Das Echo.	47
48. Die Zurückwerfung des Lichts und die Dämmerung.	48

§. 2. Das Gewicht der Körper.

Versuch a. Legt man eine Kugel auf die Hand, so fühlt man, daß die Kugel einen Druck auf dieselbe ausübt.

Versuch b. Faßt man einen Streifen Papier an seinen beiden Enden, hält man ihn wagerecht, ohne ihn anzuspannen, und läßt man durch einen Andern einen Stein auf das Papier legen, so sieht man, daß der Stein die Mitte des Streifens hinabdrückt, weil er von der Erde angezogen wird.

Verwandte Erscheinungen sind folgende: Ein Stein drückt sich in den lockeren Boden ein, Lastwagen verursachen tiefe Geleise, Walzen zerdrücken die Erdschollen auf dem Acker, der Briefbeschwerer drückt die Briefe zusammen, und beim Einpacken legen wir zerbrechliche Sachen nie unter schwerere, von denen sie zerdrückt werden können.

Gesetz: Jeder Körper übt auf seine Unterlage einen Druck aus, welchen man sein Gewicht nennt.

§. 3. Das Hinabgleiten von schrägen Flächen.

Versuch. Liegt auf der wagerechten Tischplatte ein Buch und auf demselben eine Kugel, so ruht dieselbe, obwohl die Schwerkraft sie zur

Fig. 2.



Erde zieht; denn sie wird von dem Buche getragen, während sie auf dasselbe vermöge ihres Gewichts einen Druck ausübt. Sobald man aber die eine Seite des Buches erhebt, so daß es schräg liegt, rollt die Kugel hinab; giebt man dem Buch eine noch steilere Lage; und legt man dann die Kugel darauf, so rollt sie noch schneller abwärts.

Auf die Kugel wirkt die Schwerkraft; sie würde fallen, wenn sie gar nicht gehalten würde; sie liegt still und äußert nur einen Druck, wenn sie auf einer wagerechten Fläche liegt. Hält man das Buch mit der Kugel ein wenig schräg, so drückt sie etwas weniger, fällt aber zugleich, wenn auch langsam, da es ihr möglich ist, der Erde näher zu kommen. Giebt man dem Buche eine steilere Stellung, so wird die Kugel weniger getragen, fällt aber desto schneller.

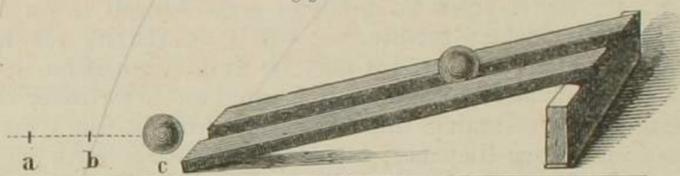
Verwandte Erscheinungen. Einen Wagen zu einer Anhöhe hinaufzuziehen, wird den Pferden desto schwerer, je steiler sie ist; ebenso macht es Mühe, eine steile Treppe zu ersteigen; die Schrotleiter, welche die Fuhrleute beim Aufladen gebrauchen, erleichtert das Hinaufbringen der Last desto mehr, je länger und je weniger steil sie angelehnt ist; man legt bei Bauten schräg aufsteigende Bretterbahnen oder Rampen an, um Baumaterialien, und vor Schneidemühlen, um die Baumstämme leichter hinaufzuschaffen.

Gesetz: Je steiler eine schräge Fläche ist, desto schneller bewegt sich ein Körper auf ihr hinab, und desto mehr Kraft ist nöthig, um ihn hinauf zu bringen.

§. 4. Der freie Fall.

Versuch a. Man giebt einem Buche oder zwei Linealen eine solche Stellung, daß sie eine sanft aufsteigende schräge Fläche bilden, und legt unten vor dieselbe auf den Tisch eine Kugel. Eine zweite Kugel läßt man von dem oberen Ende der schrägen Fläche hinabrollen, so daß sie die davor liegende Kugel trifft. Sie bewegt dieselbe vorwärts, bis zu einem Punkte b, den man sich merkt. Dies Verfahren wiederholt man, nachdem man das obere Ende der schrägen Fläche höher emporgehoben hat, ohne ihren unteren Endpunkt c zu verschieben.

Fig. 3.



Die in c liegende Kugel wird jetzt etwa bis zum Punkte a bewegt, weiter, als das erste Mal. Die hinabrollende Kugel hat jetzt eine größere Wirkung hervorgebracht; sie hat die andere Kugel mit einer größeren Gewalt angestoßen. Sie ist zu dieser größeren Gewalt dadurch gelangt, daß sie auf einer steileren schrägen Fläche hinabgerollt ist. Ein Körper, der auf einer steileren schrägen Fläche sich abwärts bewegt, hat aber eine größere Geschwindigkeit. Die hinabrollende Kugel zeigte also das zweite Mal darum eine größere Gewalt, weil sie eine größere Geschwindigkeit hatte. — Eine Kugel, die man auf einer Regalbahn sehr langsam, mit geringer Geschwindigkeit, schiebt, vermag keinen Regal umzuwerfen; schnell geschoben, wirft sie die Regal mit großer Gewalt über den Haufen. Eine Flintenkugel oder ein Schrotkorn, mit der Hand langsam geworfen, dringt nicht in Holz ein; aus einem Gewehr abgeschossen, hat sie eine große Geschwindigkeit und zertrümmert die Gegenstände mit merklicher Kraft. Wenn man die Hand langsam gegen die Tischplatte bewegt, so fühlt man keinen Schmerz; stößt man aber schnell dagegen, so kann man sich bedeutend verletzen.

Gesetz: Ein sich bewegender Körper übt dann eine größere Wirkung aus, wenn er sich mit größerer Geschwindigkeit bewegt.

Versuch b. Eine Kugel wird auf die Mitte der schrägen Fläche gelegt, rollt hinab und bewegt eine davor ruhende Kugel bis zu einem Punkte, den man sich merkt. Der Versuch wird wiederholt, doch mit dem Unterschiede, daß man die Kugel von dem höchsten Punkte der schrägen Fläche hinabrollen läßt. Jetzt bewegt sie die ruhende Kugel weiter; sie stößt auf dieselbe mit größerer Gewalt und übt eine größere Wirkung aus. Daraus schließen wir, daß die hinabrollende Kugel jetzt, da sie von der höchsten Höhe der schrägen Fläche ihre Bewegung ange-

fangen, eine größere Geschwindigkeit erlangt hat, als zuvor. Von der Stellung der Fläche kann dieser Zuwachs an Geschwindigkeit nicht herrühren; denn die schräge Fläche hat dieselbe Lage behalten. Nur der Unterschied ist eingetreten, daß die Kugel das zweite Mal von einem höheren Punkte sich hinab bewegt hat und darum längere Zeit unterwegs gewesen ist. Dabei ist ihre Geschwindigkeit größer geworden; eine Bewegung, bei der die Geschwindigkeit zunimmt, nennen wir eine beschleunigte Bewegung.

Versuch c. Wir nehmen einen Stein und lassen ihn aus der Entfernung von 20 Centimeter in die Hand fallen; dagegen wagen wir es nicht, wenn wir ihn hoch empor geworfen haben, ihn aufzufangen. Er würde unsere Hand mit zu großer Gewalt treffen und uns einen großen Schmerz bereiten. — Ein Hagelkorn, das wir aus geringer Höhe fallen lassen, hat nicht die Kraft, einen Halm zu knicken; aus einer Wolke herniederfallend, zerschmettert es das Getreide; diese verderbliche Gewalt verdankt es seiner Geschwindigkeit, und seine Geschwindigkeit verdankt es dem Umstande, daß es fallend einen größeren Weg durchlaufen hat. Wenn wir von einem Stuhle hinabspringen, treffen wir den Boden nicht mit großer Gewalt; wer aber das Unglück hat, aus dem Fenster eines oberen Stockwerks hinabzufallen, erfährt an der Quetschung und dem Brechen der Glieder die Gewalt des verderblichen Falles, wegen der während des Fallens wachsenden Geschwindigkeit.

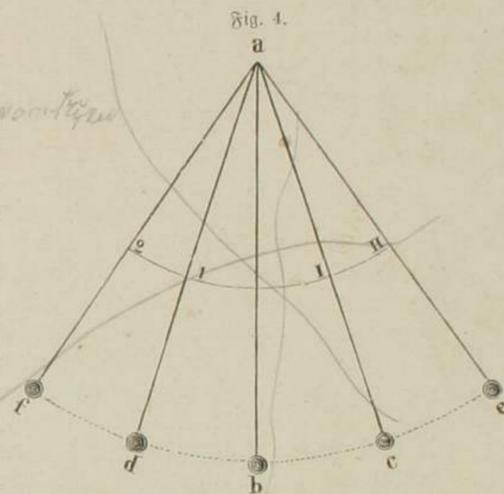
Gesetz: Je größer der Weg ist, den ein fallender Körper zurückgelegt hat, desto größer ist seine Geschwindigkeit. Die Bewegung des Fallens ist eine beschleunigte Bewegung.

Die Beschleunigung oder Zunahme der Geschwindigkeit erklären wir uns auf folgende Weise. Es liege eine Kugel auf dem Fußboden. Durch einen Schlag mit einem Stabe setzen wir sie in langsame Bewegung; aber gleich darauf, während sie sich noch bewegt, stoßen wir sie zum zweiten, zum dritten und vierten Male an. Da die Kugel schon durch den ersten Stoß eine bestimmte Geschwindigkeit empfangen hat, wird durch jeden der schnell aufeinander folgenden Stöße ein Zuwachs an Geschwindigkeit bewirkt. Ähnlich wirkt die Anziehungskraft der Erde auf einen fallenden Körper. Wenn er losgelassen wird, setzt sie ihn in Bewegung; während er sich bewegt, zieht ihn die Erde im zweiten Augenblicke von Neuem an und bewirkt, immer wieder ziehend, in jedem folgenden Augenblicke eine Vermehrung seiner Geschwindigkeit.

§. 5. Das Pendel.

Versuch a. Wenn ein Loth aus seiner lothrechten Richtung gebracht ist, kehrt es nicht sogleich in dieselbe zurück. Hebt man seine Kugel (bis e) empor, so daß der Faden eine schräge Richtung (ae) erhält, und läßt man sie dann los, so muß sie sich bewegen. Weil sie das Bestreben hat, der Erde so nahe, als möglich, zu kommen, sinkt sie nach einem tiefer gelegenen Punkte hinab, so daß der Faden lothrechte Richtung hat. Allein in diesem Punkte kann die Kugel nicht plötzlich

zur Ruhe kommen. Die Bewegung eines senkrecht hinabfallenden und die eines auf einer schrägen Fläche hinabgleitenden Körpers ist eine beschleunigte Bewegung. Die Kugel an dem Lothe hat sich in schräger Richtung (von e nach b) hinab bewegt; ihre Geschwindigkeit hat fortwährend zugenommen und ist am größten, wenn der Faden lothrechte Richtung hat. Diese Geschwindigkeit treibt sie weiter, nach der andern Seite hin. Der Faden gestattet ihr aber keine hinabsinkende, sondern nur eine aufsteigende Bewegung. Die Kugel muß sich daher nach oben bewegen; die Schwerkraft aber zieht sie nach unten, vermindert ihre Geschwindigkeit und nimmt sie ihr ganz, wenn sie in einem Punkte f angekommen ist,



der nicht ganz so hoch liegt, wie e. Nunmehr ergreift die Schwerkraft die Kugel wieder und zieht sie abwärts. Wieder nimmt ihre Geschwindigkeit beim Hinabsinken zu, treibt sie über die lothrechte Stellung des Fadens hinaus und führt sie auf der andern Seite bis zu einem Punkte e empor, der nicht so hoch liegt, wie der Punkt f, von dem sie hinabgefallen ist. In solcher Weise verharrt die Kugel eine Zeit lang in hin und hergehender oder schwingender Bewegung. Jeden Hingang und jeden Hergang nennt man eine Schwingung. Jeden hängenden, in Schwingungen versetzten Körper, beispielsweise ein schwingendes Loth, nennt man ein Pendel. Die Beobachtung lehrt, daß die Schwingungen eines Pendels immer kleiner werden und zuletzt ganz aufhören.

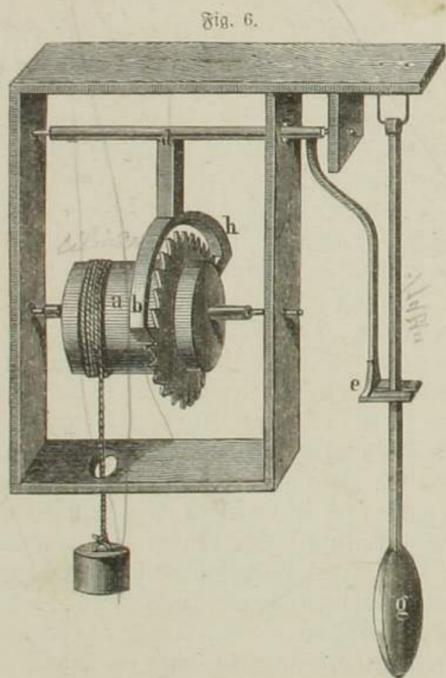
Versuch b. Läßt man das Pendel schwingen, und schlägt man den Takt nach seinen ersten, größeren Schwingungen, so gebraucht es zu den kleineren, späteren Schwingungen eben so viel Zeit, wie zu den ersten, größeren, und die Taktschläge werden mit allen Schwingungen übereinstimmen, wenn auch dieselben sehr klein geworden sind. Die Kugel des Pendels durchläuft den größeren Weg eb in derselben Zeit, in welcher sie nachher die kleinere Strecke eb zurücklegt. Sie bewegt sich nachher langsamer, weil sie sich durch einen kleineren Raum fallend hinab bewegt.

Gesetz: Die einzelnen Schwingungen eines und desselben Pendels haben gleiche Zeitdauer.

Versuch c. Fertigt man zwei Pendel an, ein längeres und ein kürzeres, und läßt man beide gleichzeitig ihre Schwingungen anfangen, so lehrt die Beobachtung: Ein kürzeres Pendel schwingt schneller, als ein längeres.

Hält man beide mit der einen Hand oben fest, und bringt man dann die Kugel b des kürzeren und die Kugel d des längeren Pendels in die in der Figur gezeichnete Stellung, so weichen die Fäden der Pendel fa und fe gleich stark von der lothrechten Richtung ab. Die Wege, welche die Kugeln schwingend durchlaufen (ab und cd), weichen gleich stark von der wagerechten Richtung ab und sind gleich schräg. Es ist ebenso, als ob die Kugeln a und c auf zwei gleich stark geneigten schrägen Flächen hinabrollten, welche ungleiche Länge haben. Stellt man zwei solcher Schrägflächen neben einander, und läßt man von ihren höchsten Punkten gleichzeitig zwei Kugeln hinabrollen, so gebraucht die eine Kugel kürzere Zeit, um die kürzere Fläche zu durchlaufen. So gebraucht auch die Kugel a des kürzeren Pendels zu ihrem Wege kürzere Zeit, und das kürzere Pendel muß schneller seine Hin- und Hergänge ausführen oder, was dasselbe ist, schneller schwingen.

Die bekannteste Anwendung des Pendels ist das Perpendikel oder Pendel an den Thurmuhren und Wanduhren. Eine Uhr soll



glenge Zeittheile angeben; die Schwingungen des Pendels abgeben gleiche Zeittheile an. Ein Pendel hört zuletzt auf zu schwingen. Das Pendel einer Uhr steht still, wenn das Gewicht nicht aufgezogen ist und sich nicht weiter abwärts bewegen kann. Somit ist die Bewegung des Gewichts die Ursache davon, daß das Pendel nicht still steht, und es wirkt zu dem gleichmäßigen Gange der Uhr zwei Bewegungen, die des Gewichts und die des Pendels, zusammen. — Die Schnur, an der das Gewicht hängt, ist um eine Walze a gewickelt, an welcher ein mit Zähnen versehenes Rad festsetzt. Sinkt das Gewicht, so werden die Walze, das Räderwerk und die Zeiger der Uhr umgedreht.

Wäre nun kein Pendel da, so würde das Gewicht mit zunehmender Geschwindigkeit hinabsinken, und die Uhr würde immer schneller

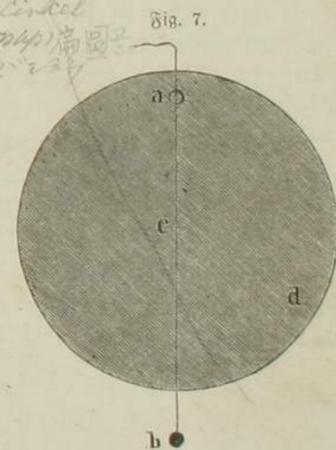
gehen. Damit ihr Gang gleichmäßig sei, bewegt das Pendel einen Haken, den Uhranker, welcher zwei Zähne (b und h) hat und mit denselben in ein Rad eingreift. Bei jeder Schwingung des Pendels tritt ein Zahn des Hakens zwischen die Zähne des Rades, hemmt seine Umdrehung und unterbricht eben so oft das Fallen des Gewichts. Da nun die Schwingungen des Pendels in gleichen Zeiträumen erfolgen, so fällt auch das Gewicht in gleichen Zeiträumen, welche zwischen zwei Unterbrechungen durch den Uhranker liegen. Die Bewegung des Gewichts geschieht abwärts; in jedem dieser gleichen Zeitabschnitte fällt es gleich viel, dreht folglich auch die Walze und die Zeiger gleichmäßig weiter. So setzt das Gewicht die Uhr in Bewegung; aber regelmäßig wird diese Bewegung durch den Dienst des Pendels. Daß es nicht zuletzt still stehe, bewirkt das Gewicht. Indem das Uhrgewicht die Walze und das daran befindliche Rad umdreht, drückt es einen Zahn des Steigrades gegen einen Zahn des Ankers; ein Zahn des Rades stößt bei jeder Schwingung einen Zahn des Ankers an, und so oft dieser angestoßen wird, wird auch das Pendel angestoßen und kann daher nicht aufhören zu schwingen, so lange die Uhr aufgezogen ist.

§. 6. Die Stellung eines ruhig hängenden Körpers.

Das Pendel hängt nur in einer einzigen Stellung ruhig. Hängen wir es an einem Nagel auf, so ist im Zustande der Ruhe der Faden von dem Aufhängepunkte lothrecht abwärts gerichtet, und die Verlängerung dieser lothrechten Linie geht durch den Mittelpunkt der Kugel. — Untersuchen wir, welche Stellung andere ruhig hängende Körper annehmen.

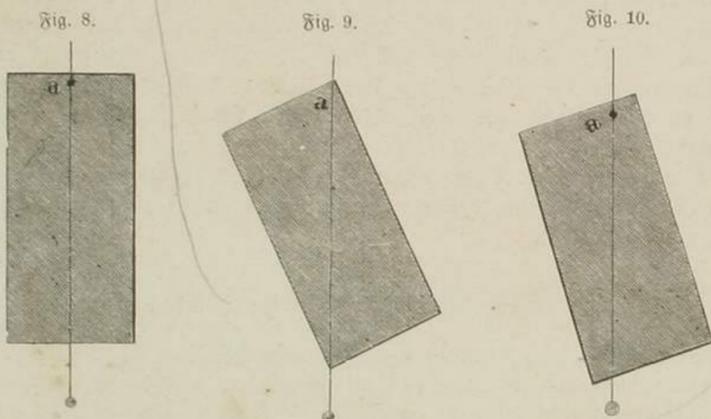
Versuch a. Wenn man eine kreisrunde Pappscheibe an einer nahe dem oberen Rande gelegenen Stelle a durchbohrt und durch die Bohrung eine Stricknadel schiebt, so hängt die Scheibe, und a ist der Aufhängepunkt. Während sie ruhig hängt, hält man ein Loth so, daß sein Faden durch den Aufhängepunkt a geht. Dann sieht man, daß rechts von dem Lothe die Hälfte der Scheibe und links von ihm die andere Hälfte liegt. Die Scheibe hängt also ruhig, wenn zu beiden Seiten des durch den Aufhängepunkt gezogenen Lothes gleiche Stücke der Scheibe liegen.

Versuch b. Steckt man durch einen rechts von dem Lothe gelegenen Punkt d der Scheibe einen Nagel, so wird dadurch die rechte Hälfte der Scheibe schwerer, und wenn sie zur Ruhe kommt, liegt links von dem Lothe ein größeres Stück, als rechts. Der Nagel in d strebt hinabzu-



1.2. melle
 sinken und schiebt die rechte Hälfte nach links unten; hat das links liegende, größere Stück dasselbe Gewicht, welches das rechts liegende sammt dem Nagel hat, so drängt es eben so sehr nach rechts oben, wie das Stück zur Rechten nach links unten drängt. Die Scheibe ist dann in Ruhe, und das durch den Aufhängepunkt gezogene Loth theilt sie in zwei gleich schwere Stücke.

Versuch c. Wir nehmen ein Buch oder ein Brett und fassen es zwischen zwei Fingern so lose, daß es hängt und sich nach der rechten und linken Seite beliebig bewegen kann. Fig. 8 stellt seine Stellung dar,



wenn der Aufhängepunkt in der Mitte einer Seite liegt; in Fig. 9 liegt er in einer Ecke; in Fig. 10 in einem beliebigen Punkte einer Seite. In allen Fällen liegen zu beiden Seiten des durch den Aufhängepunkt gezogenen Lothes gleich schwere Stücke des Buches.

Verwandte Erscheinungen bilden die Stellung eines hängenden Lineals, eines aufgehängten Spiegels oder Bildes, eines Hammers, den wir an einem Bindfaden aufhängen, die Stellungen der Küchengeräthe, Töpfe und Trichter. Bei allen bestätigt sich das

Gesetz: Von einem ruhig hängenden Körper liegen zu beiden Seiten des durch den Aufhängepunkt gezogenen Lothes gleich schwere Stücke.

§. 7. Gleichgewicht und Uebergewicht.

Ein hängender Körper wird in einem Punkte getragen, und dieser Punkt, der Aufhängepunkt, liegt über dem Körper. Nun kann aber ein Körper auch in einem Punkte getragen werden, der sich unter ihm befindet.

Versuch a. Legt man über einen wagerecht gehaltenen Finger ein Lineal (oder einen Stab) so, daß es nicht hinabfällt, so befinden sich zu beiden Seiten des Fingers gleiche Theile des Lineals. Die eine Hälfte wiegt so viel, wie die andere; daher kann keine hinabsinken und die andere emporbewegen; beide Hälften halten einander das Gleichgewicht.

Versuch b. Verschiebt man ein über den Finger gelegtes Lineal so, daß es nicht mehr in der Mitte unterstützt ist, so liegt auf der einen Seite des Fingers ein längeres Stück, als auf der andern. Das längere Stück hat mehr Gewicht und ist im Stande, sich hinabzubewegen und das kürzere Stück emporzubewegen. Das Gleichgewicht hat aufgehört; das größere Stück erhält das Uebergewicht und bringt das Lineal zu Falle.

Versuch c. Ist ein Lineal in der Mitte unterstützt, und auf die eine Hälfte ein Schlüssel gelegt, so erlangt die beschwerte Seite das Uebergewicht. Doch läßt sich das Gleichgewicht wieder herstellen, indem man das Lineal so verschiebt, daß das leere Ende desselben länger wird, als das andere. Wenn das eine Stück ohne den Schlüssel so viel Gewicht hat, als das kürzere mit dem Schlüssel, so tritt wieder das Gleichgewicht ein.

Gesetz: Wenn ein in einem Punkte unterstützter Körper (im Gleichgewicht) ruhen soll, müssen sich zu beiden Seiten des Unterstützungspunktes gleich schwere Stücke von ihm befinden. Wirkt auf der einen Seite des Unterstützungspunktes ein größeres Gewicht, so tritt auf derselben das Uebergewicht ein. Mit dem Eintreten desselben erfolgt eine Bewegung, ein Hinabfallen des Körpers.

§. 8. Feststehen und Umfallen.

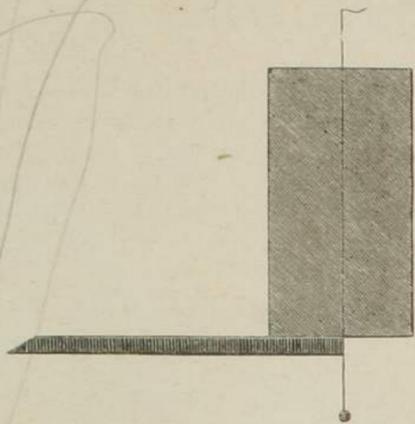
Ein Körper, der in einem unter ihm liegenden Punkte unterstützt ist, kann durch den leisesten Anstoß zu Falle kommen. Von den meisten Gegenständen, die im Leben gebraucht werden, Stühlen und Tischen, Gläsern und Flaschen, Leuchtern und Lampen, Schlitten und Wagen, verlangt man aber, daß sie feststehen. Deshalb unterstützt man sie in mehreren Punkten oder durch eine Fläche.

Stellt man ein Buch auf den Tisch, so wird es durch die Fläche, in der es denselben berührt, getragen; dieselbe ist viereckig. Die Fläche, welche ein Glas trägt, ist kreisförmig. Ein viereckiger Tisch oder ein Wagen ist in vier Punkten unterstützt und steht, da er nach innen, ohne zu zerbrechen, nicht fallen kann, eben so fest, als würde er von einer Fläche getragen. Die Unterstützung kann aber so beschaffen sein, daß die Gefahr des Umfallens eintritt.

Versuch a. Wenn man ein Buch, das auf dem Tische steht, so weit vorwärts schiebt, daß es über die Kante der Tischplatte hervorragt,

so fällt es zuerst noch nicht. Das frei hervorragende Stück des Buches ist kleiner und hat ein geringeres Gewicht, als das unterstützte Stück. Das Buch werde weiter vorgeschoben, so weit es möglich ist, ohne daß es fällt. Mit Hilfe eines Lothes, das man an die Kante des Tisches bringt, sieht man, daß jetzt das hervorragende Stück des Buches eben so groß, folglich von demselben Gewicht ist, wie das unterstützte Stück. Ein wenig weiter geschoben, erlangt der überhängende Theil ein größeres Gewicht und bringt durch sein Uebergewicht das ganze Buch zum Umfallen, indem es dasselbe um die Kante der Tischplatte dreht.

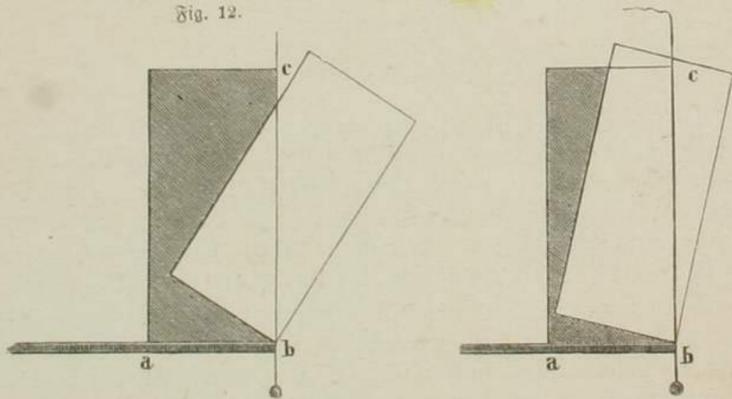
Fig. 11.



Versuch b. In die Gefahr des Umfallens kommt ein Körper entweder durch einen Stoß, oder wie ein Wagen, durch die Unebenheiten des Weges. In beiden Fällen verläßt der Körper seine lothrechte Stellung. Wir stellen ein Buch auf den Tisch; ab ist die zum Tragen desselben bestimmte Fläche. Wird es angestoßen, so dreht es sich um eine seiner Kanten b. An diese Kante halten wir ein Loth eb und bewegen dann das Buch langsam in die schräge Lage, die es durch einen

Fig. 13.

Fig. 12.



Stoß erhalten würde. Links von dem Lothe liegt in Fig. 12 und 13 der über der Fläche ab befindliche, unterstützte Theil; rechts von dem Lothe befindet sich der überhängende Theil. In der ersten Stellung, in Fig. 12, ist der überhängende Theil größer und schwerer und bringt den ganzen Körper zum Umfallen. In der zweiten Stellung, Fig. 13,

hat das überhängende Stück ein geringeres Gewicht, als das übrige Stück, und der Körper kehrt nach dem Stoß wegen des größeren Gewichts des über der Fläche ab gebliebenen Stückes in seine frühere Lage zurück, ohne umzufallen.

Verwandte Erscheinungen nehmen wir wahr an einem Wagen, der mit einem Rade in einen Graben gefahren ist, an einem Gefäß, unter dessen einer Seite ein Stein liegt, an einer Säule, deren unterer Theil schräg abgesehen ist.

Gesetz: Ein theilweise unterstützter Körper fällt um, wenn der überhängende Theil ein größeres Gewicht hat, als der unterstützte.

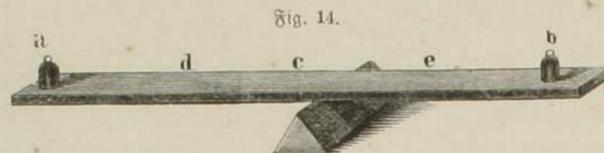
Lebende Wesen suchen ihre Glieder so zu bewegen, daß der überhängende Theil kein zu großes Gewicht hat. Lastträger halten sich vornüber, damit die Last sie nicht hintenüber zieht; umgekehrt halten wohlbeleibte Personen sich hintenüber; der Gärtner, der in der rechten Hand eine gefüllte Gießkanne trägt, hält sich nach links, damit die Gießkanne nicht zu weit nach rechts hervorrage. Wenn man die Hacken beider Füße hart an die Wand gesetzt hat, kann man sich nicht vornüber bücken, ohne zu fallen; steht man mit dem rechten Fuß dicht an der Wand, so kann man den linken Fuß nicht aufheben, ohne zu fallen, weil dann die linke Seite keine Unterstützung hat und ganz überhängt; wenn man sonst den linken Fuß aufhebt, so neigt man sich rechtsüber, damit nicht die linke Seite das Uebergewicht erlange. Die Künste der Seiltänzer beruhen auf der Geschicklichkeit, über der schmalen Unterstützung, die das Seil bildet, sich zu erhalten, so daß keine Seite des Körpers das Uebergewicht erlangt; die schwere Balancirstange, die sie in den Händen halten, wissen sie geschickt nach der linken Seite zu bewegen, wenn die rechte Seite ihres Körpers das Uebergewicht zu erlangen droht.

S. 9. Der gleicharmige Hebel.

In je weniger Punkten ein Körper getragen wird, desto weniger steht er fest, und desto leichter bewegt er sich. Wie man daher einem Körper, der recht fest stehen soll, eine große Unterlage giebt, so darf man umgekehrt, wenn man eines leicht beweglichen Körpers bedarf, denselben nur in einem Punkte unterstützen.

Versuch a. Ueber eine liegende dreikantige Säule, deren eine Kante nach oben gewandt ist, wird eine vierkantige Stange (ein Lineal oder ein etwas breiter Maßstab) so gelegt, daß sie eine wagerechte Stellung annimmt. Ist die Stange überall gleich dick, so tritt die wagerechte Stellung ein, wenn sie in der Mitte c unterstützt ist. Der Unterstützungspunkt c liegt also in der Mitte von ab. Stellt man nun ein Gewicht von einem Pfunde auf die Stange nahe ihrem einen Ende a,

so sinkt dies Ende hinab. Um die Stange in die wagerechte Richtung zurückzuführen und das Gleichgewicht wieder herzustellen, stellt man auf das andere Ende, und zwar in dem Punkte b, der genau eben so weit von dem Unterstützungspunkte liegt, wie a, auch ein Pfundstück. Dann ist das Gleichgewicht wieder hergestellt. Dasselbe geschieht, wenn man auf die Stellen a und b doppelt so große oder dreifache, einander gleiche Gewichte setzt.



Unsere Vorrichtung besteht aus einer Stange, die sich um einen festen Punkt drehen läßt. Eine Stange, die sich um einen festen Punkt drehen läßt, heißt ein Hebel. Zwei Gewichte oder zwei Kräfte wirken an dem Hebel; ein Gewicht wirkt in dem Punkte a, oder, wie man sich auszudrücken pflegt, eine Kraft greift in dem Punkte a an. a ist der Angriffspunkt der einen Kraft, b der Angriffspunkt der anderen. Die in dem Punkte a angreifende Kraft sucht das linke Ende des Hebels nach unten und das rechte nach oben zu drehen; die in b angreifende Kraft dagegen hat das Bestreben, die rechte Hälfte des Hebels nach unten und die linke nach oben zu bewegen. An einem Hebel wirken zwei Kräfte und suchen ihn in entgegengesetzten Richtungen zu drehen. Der Theil eines Hebels, welcher zwischen seinem Unterstützungspunkte und dem Angriffspunkte einer Kraft liegt, heißt ein Arm des Hebels. Unser Hebel hat zwei Arme ea und eb; dieselben sind gleich lang. Es ist ein gleicharmiger Hebel oder ein Hebel mit zwei gleichen Armen. Die beiden an ihm wirkenden Kräfte sind gleich, wenn er sich im Gleichgewicht befindet.

Versuch b. Wir nehmen kürzere oder längere Stangen und wiederholen mit ihnen den Versuch; oder wir behalten unsern Hebel bei und schieben die gleichen Gewichte a und b dem Unterstützungspunkte näher, so daß die von dem Unterstützungspunkte e gleich weit entfernten Punkte d und e die Angriffspunkte der beiden Kräfte werden. Dann bildet das Stück der ganzen Stange de den Hebel, und ed und ee sind die zwei gleichen Hebelarme. Auch dieser kürzere Hebel ist im Gleichgewicht, wenn die an ihm wirkenden Kräfte gleich sind.

Gebraucht man den gleicharmigen Hebel zum Heben einer Last, wovon er seinen Namen hat, so hat man nur den Vortheil, daß man mit der Kraft einer Hand abwärts drücken kann, um die Last hinauf zu bewegen. Entfernt man das eine Gewicht, so bildet das in dem Punkte a stehende Pfund die zu hebende Last. Die Hand greift in dem Punkte b an; die Kraft, die man anwenden muß, damit die Last nicht sinke, muß der Kraft von einem Pfunde gleichkommen. Man nennt von den zwei an dem Hebel wirkenden Gewichten eins die Last und das

andere die Kraft und kann das ^{erhalten}Ergebniß der Versuche folgendermaßen ^{aus}ausprechen:

Gesetz: Der gleicharmige Hebel ist im Gleichgewicht, wenn die Kraft der Last gleich ist.

§. 10. Die gleicharmige Wage.

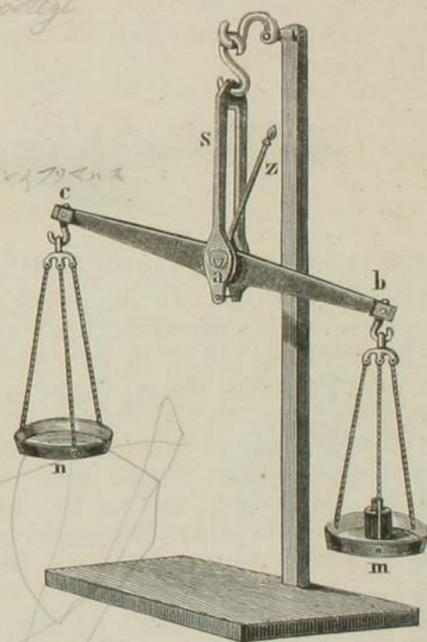
Der Hauptbestandtheil einer gleicharmigen Wage ist ein gleicharmiger Hebel cab aus Metall, welcher der Wagebalken heißt. Wenn wir seine beiden Arme ac und ab messen, finden wir, daß sie gleich lang sind. Den Unterstützungspunkt des Wagebalkens bildet die in seiner Mitte befestigte, runde oder dreikantige Are a, um welche der Wagebalken sich dreht. Die Are sammt dem Wagebalken wird von der Scheere s getragen und bewegt sich in den runden Zapfenlagern derselben mit Leichtigkeit. Oben an den

Wagebalken, senkrecht über der Are, ist eine kleine Stange, die Zunge z, befestigt, welche lothrechte Stellung hat, wenn der Wagebalken wagerechte Stellung annimmt, und sich bei den Schwingungen desselben mitten durch die Scheere bewegt. Oben in der Scheere befindet sich eine Spitze oder ein anderes Merkzeichen. Unter demselben befindet sich die Zunge, wenn sie lothrecht steht. An den beiden Enden des Wagebalkens hängen die Wageschalen, die gleich schwer sind.

Versuch a. Nimmt man die beiden Wageschalen vom Wagebalken ab, so stellt sich derselbe wagerecht. Stellte er sich schräg, so wäre der eine Arm schwerer, als der andere, und die Wage wäre nicht richtig. Ob seine Stellung aber genau wagerecht ist, sieht man an der Zunge; die an dem Ringe hängende Scheere muß, wie das Loth, lothrechte Stellung annehmen, und die Zunge muß gerade unter dem Merkzeichen stehen.

Versuch b. Werden beide Schalen wieder angehängt, so muß das Gleichgewicht eintreten. Wäre eine Schale schwerer, so würde die Wage unrichtig sein.

Versuch c. Stellt man in die eine Schale ein Trinkglas, so erhält diese Schale das Uebergewicht, der Wagebalken stellt sich schräg; die

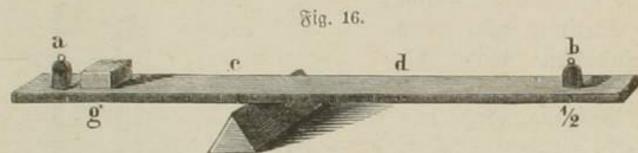


Zunge tritt aus der Scheere, giebt einen Ausschlag und zeigt dadurch das Uebergewicht an. Legt man in die andere Schale Gewichte, so kommt die Zunge der Scheere wieder näher und steht mitten in derselben, wenn das aufgelegte Gewicht eben so schwer ist, wie das Glas.

Versuch d. Ohne das Glas und die Gewichte herauszunehmen, nehmen wir die Schalen ab, vertauschen sie und hängen die zur Rechten hängende links an und umgekehrt. Nothwendig muß wieder das Gleichgewicht eintreten, oder die Wage wäre unrichtig.

§. 11. Der ungleicharmige Hebel.

Versuch a. Eine Stange theilen wir der Länge nach in drei gleiche Theile, ac , cd und db , und legen sie in dem Punkte c auf eine dreikantige Unterstüßung; dann liegt auf der linken Seite des Unterstüßungspunktes einer der drei gleichen Theile, und auf der rechten Seite liegen zwei derselben. Wir haben einen Hebel, aber einen ungleicharmigen, dessen einer Arm cb doppelt so lang ist, als der andere ca .



Weil der längere Arm das Uebergewicht hat, wollen wir auf den kürzeren ein Eisenstück g stellen und so verschieben, daß der Hebel im Gleichgewicht ist. Nun bringen wir zwei Kilogramm als Last und Kraft an. Das eine, welches die Last bildet, stellen wir auf den Endpunkt a des kürzeren Armes, das andere auf den Endpunkt b des doppelt so langen Armes. Dieser erhält das Uebergewicht. An dem ungleicharmigen Hebel hat die an dem längeren Arme wirkende Kraft das Uebergewicht, wenn sie eben so groß ist, wie die Last. Man will aber wissen, wie groß die Kraft sein muß, um der Last das Gleichgewicht zu halten. Stellt man ein halbes Kilogramm auf b , so tritt das Gleichgewicht ein. An dem doppelt so langen Arme braucht die Kraft nur halb so groß zu sein.

Versuch b. Hat der längere Arm, an welchem die Kraft wirkt, die vierfache Länge des kürzeren, so hält an ihm $1/4$ Kilogramm dem Kilogramm an dem kürzeren Arme das Gleichgewicht. An dem vier Mal so langen Arme muß die Kraft dem vierten Theile der Last gleich kommen. An einem sechs Mal so langen Arme muß die Kraft dem sechsten Theile der Last gleich sein. Um die Last zu heben, so daß sie sich emporbewegt, muß die Kraft nur wenig größer sein, als, je nach der Länge ihres Armes, der vierte oder sechste Theil der Last.

Gesetz: Je länger an einem Hebel der eine Arm ist, desto weniger Kraft wird an demselben erfordert, um die an dem andern Arme wirkende Last zu heben.

Anwendungen. Wir ersparen an Kraft, wenn wir uns bei unseren Arbeiten eines ungleicharmigen Hebels bedienen, und wir können mit Hilfe desselben Lasten heben und Arbeiten verrichten, die für die Kraft unserer Hände sonst zu schwer wären. Darum gebrauchen wir Hebe-bäume, unter die wir einen Stein schieben, Brecheisen, Spaten, Pumpenschwengel, Nußknacker, Scheeren, die in der Nähe der Are am besten schneiden.

§. 12. Die feste Rolle.

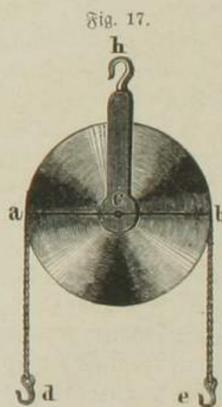
Wenn wir eine Rolle betrachten, so erkennen wir, daß sie eine kreisrunde Scheibe ist; an ihrem Umfange ist sie ausgehöhlt; durch ihren Mittelpunkt geht eine Are; um diese Are läßt die Scheibe sich drehen. Jede Rolle ist daher eine kreisrunde, an ihrem Umfange ausgehöhlte Scheibe, die sich um eine durch den Mittelpunkt gehende Are drehen läßt; die Are wird von einer Scheere getragen, deren beide Arme etwas über die Mitte der Rolle reichen.

Versuch a. Wird die Scheere mit einer Hand gehalten, über die Rolle eine Schnur geleitet, und werden an die Enden derselben gleiche Gewichte, zuerst etwa zwei Kilogramm, nachher zwei Pfundstücke, gehängt, so zeigt sich auf keiner Seite ein Uebergewicht.

Gesetz: Die Rolle ist im Gleichgewicht, wenn die Kraft der Last gleich ist.

Dies Gesetz lehrt uns, daß die Rolle für Last und Kraft dieselbe Wirkung hat, wie der gleicharmige Hebel. Der Mittelpunkt c der Rolle ist der Unterstüßungspunkt; die Stellen a und b , wo die Schnur die Rolle verläßt, sind die Angriffspunkte der Last und der Kraft. Die Hebelarme ca und cb sind gleich.

Versuch b. Durch eine Rolle, deren Scheere befestigt ist, wird das Heben einer Last nicht erleichtert; vielmehr wendet man eine solche Rolle in einer andern Absicht an. Läßt man an dem einen Ende der über die Rolle laufenden Schnur ein Gewicht lothrecht hinabhängen, und zieht man das andere Ende der Schnur in wagerechter Richtung nach der Seite, so wird durch die wagerechte Bewegung der Kraft eine lothrechte Bewegung der Last bewirkt, oder die wagerechte Richtung der Bewegung in eine lothrechte verwandelt. Die Rolle wird angewandt, um die Richtung einer Bewegung zu ändern. An Thüren sieht man Rollen, an denen die lothrechte Bewegung eines Gewichts eine wagerechte Bewegung der zu schließenden Thüre bewirkt; an der Kamme ziehen die Arbeiter abwärts, und der Kammkloß steigt empor.

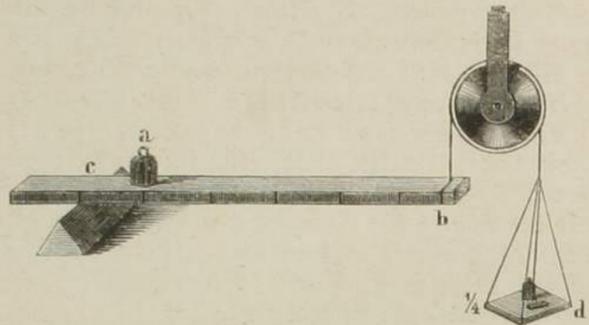


§. 13. Der einarmige Hebel.

Beim Heben großer Lasten wendet man Hebebaume an, welche auf den Erdboden gestützt werden; der Hebebaum ist ein Hebel; aber er ist an seinem einen Ende, nicht nach der Mitte zu, unterstützt; er hat statt zweier Arme nur einen und ist ein einarmiger Hebel.

Versuch. Wir legen eine Stange mit ihrem einen Ende *c* auf eine dreikantige Unterstüzung, so daß *c* der Unterstüzungspunkt wird. Um das andere Ende *b* der Stange binden wir eine Schnur und führen

Fig. 18.



dieselbe über eine Rolle hinweg. An das freie Ende der Schnur binden wir vier Fäden, die wir durch die vier durchbohrten Ecken eines Brettchens gezogen und so lang gemacht haben, daß dasselbe eine wagerechte Stellung annimmt. Faßt man mit einer Hand die Scheere der Rolle, und hebt man sie empor, so nimmt die Stange, welche den Hebel bildet, noch nicht wagerechte Stellung an, sondern ihr Ende *b* liegt tiefer. Darum legen wir auf das Brettchen *d* so viel Schlüssel und Nägel, daß es sich wagerecht stellt.

Da der ganze Hebel rechts vom Unterstüzungspunkte liegt, so greifen beim einarmigen Hebel Last und Kraft auf derselben Seite vom Unterstüzungspunkte an. Die Last, welche gehoben werden soll, drückt nach unten. Wir stellen daher als Last ein Kilogramm auf den Hebel, und zwar in dem Punkte *a*. Diesen Punkt wählen wir so, daß *ca*, die Entfernung der Last vom Unterstüzungspunkte, der vierte Theil des ganzen Hebels *cb* ist. Die Kraft greift beim einarmigen Hebel fast immer an seinem Ende, hier in *b*, an und bewegt dasselbe nach oben, um die Last zu heben. Um eine aufwärts gehende Bewegung zu erhalten, haben wir die Rolle angewendet, welche an der Größe der Kraft Nichts ändert, sondern nur an der Richtung der Bewegung. Legen wir daher auf das Brettchen *d* ein Kilogramm, so wirkt diese Kraft eben so, als griffe sie in *b* selbst an, und sucht *b* nach oben zu bewegen. Legen wir nach einander verschiedene Gewichte auf *d*, so tritt das Gleichgewicht ein, wenn wir $\frac{1}{4}$ Kilogramm nehmen. Die Entfernung der Last *a* von der Unterstüzung *c* ist der vierte Theil des ganzen Hebels; die Kraft ist der vierte Theil der Last. — Stellen wir die Last auf die Mitte des Hebels, so müssen wir ein halbes Kilogramm auf das Brett *d* stellen, um das Gleichgewicht zu

bewirken. — Eine Last von 3 Kilogramm, so aufgestellt, daß ihre Entfernung von *c* dem dritten Theile des Hebels gleichkommt, erfordert eine Kraft von 1 Kilogramm. Aus diesen drei Versuchen folgt das

Gesetz: Je näher dem Unterstüzungspunkte an dem einarmigen Hebel die Last angreift, desto geringere Kraft wird erfordert, um ihr das Gleichgewicht zu halten.

Da durch den einarmigen Hebel an Kraft gespart wird, findet er vielfache **Anwendungen.** An der Schiebkarre ist das Rad die Unterstüzung, und die Handgriffe bilden den Angriffspunkt der Kraft; bei einer von zwei Arbeitern fortgeschafften Trage liegt für Jeden die Unterstüzung in der Hand des Andern; Jeder muß desto mehr tragen, je näher ihm die Last ist. Auch Tabaks- und Häckelschneiden, Schlüssel, Stimmhämmer und Bohrer sind einarmige Hebel.

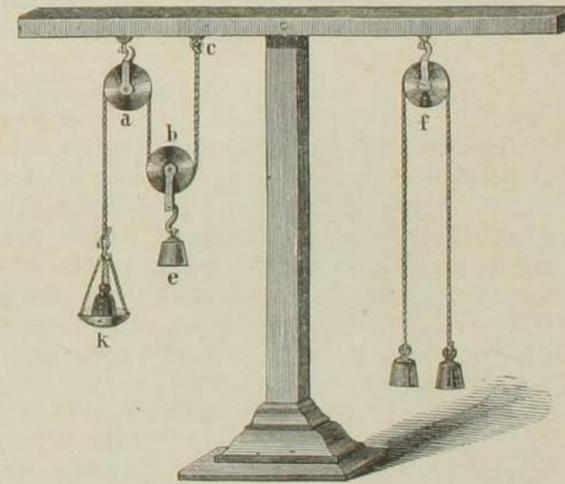
§. 14. Die bewegliche Rolle.

So wenig der gleicharmige Hebel eine Krustersparniß gewährt, ebenso wenig auch die feste Rolle, d. h. eine Rolle, deren Scheere befestigt ist. Häufig sieht man aber auf Schiffen und bei Bauten Rollen angewandt, deren Scheere beweglich ist.

Versuch a. Leitet man eine Schnur so unter einer Rolle *b* fort, daß die Scheere sammt einem an ihr hängenden Gewicht nach unten gekehrt ist, so kann man, indem man das eine Schnurende mit der linken Hand festhält, das andre Ende der Schnur mit der rechten Hand auf und nieder bewegen. Dadurch wird die Rolle sammt der Scheere und Last bewegt. Eine Rolle, deren Scheere sich sammt der Last auf und nieder bewegen läßt, heißt eine bewegliche Rolle.

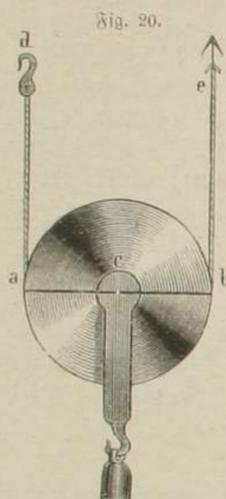
Versuch b. Um zu untersuchen, wie viel an Kraft durch eine bewegliche Rolle gespart wird, befestigt man an ein Gestell eine feste Rolle *a*, bindet das eine Ende *c* einer Schnur an das Gestell, leitet die Schnur zuerst unter der beweglichen Rolle *b* hinweg, dann über die feste Rolle *a* und hängt an das freie Ende der Schnur ein Brettchen oder eine Schale *k* von solchem Gewicht, daß das Gleichgewicht hergestellt ist. Hängt man nun an die bewegliche Rolle eine Last von 1 Kilogramm, so

Fig. 19.



tritt das Gleichgewicht ein, wenn in der Schale k eine Kraft von $\frac{1}{2}$ Kilogramm wirkt. Einer Last von 2 Kilogramm hält eine Kraft von 1 Kilogramm das Gleichgewicht.

Gesetz: An der beweglichen Rolle tritt das Gleichgewicht ein, wenn die Kraft halb so groß ist, als die Last.



Da zum Emporziehen der Rolle etwas mehr Kraft gehört, als zur Herstellung des Gleichgewichts, und da die Rolle selbst Gewicht hat, so wird durch ihre Anwendung fast die Hälfte an Kraft erspart. Die feste Rolle ist einem gleicharmigen Hebel ähnlich. Die bewegliche Rolle (in Fig. 20) hat ihren Unterstützungspunkt in a, an dem einen Ende des wagerechten Durchmessers ab. Die Last hängt in e, in der Mitte der beweglichen Rolle, und die Kraft greift in b, an dem andern Ende des Durchmessers, an. Die bewegliche Rolle wirkt daher, weil Last und Kraft auf derselben Seite vom Unterstützungspunkt aus angreifen, wie ein einarmiger Hebel. Die in e hängende Last ist halb so weit vom Unterstützungspunkt a entfernt, als die in b angreifende Kraft; deshalb muß die Kraft halb so groß sein, als die Last.

§. 15. Das Hinabfließen des Wassers.

Bisher sind unsere Versuche meistens mit festen Körpern, Holz und Metall, angestellt. Das wissen wir bereits von einem flüssigen Körper, dem Wasser, daß es beim Regen oder bei einem Wasserfall hinabfällt. Von der schrägen Fläche haben wir aber nur feste Körper hinabgleiten oder hinabrollen lassen.

Versuch a. Neigen wir über einem schrägen Brette ein Glas mit Wasser, so fallen zuerst kleine Wassermengen herab, die sich von dem übrigen Wasser trennen. Bei einem geneigten festen Körper würde das nicht der Fall sein. Die Theile eines flüssigen Körpers hängen mit geringer Kraft zusammen und lassen sich leicht von einander trennen; die eines festen Körpers lassen sich nur mit bedeutender Kraft von einander trennen. Ferner beobachten wir, daß kleine Mengen des Wassers Kugelgestalt annehmen oder Tropfen bilden, wie die Tropfen des Thaues, des Regens, der Thränen. Betrachten wir drittens das Wasser im Glase, so wird dasselbe, so hoch das Wasser steht, von demselben ausgefüllt; flüssige Körper nehmen die Form ihrer Behälter an.

Versuch b. Gießen wir eine größere Menge Wasser auf die schräge Fläche, so fließt es hinab. Einige Wassertheilchen schieben sich über die benachbarten, andere neben dieselben. Dies ungehinderte Gleiten der Wassertheile neben und über andere bezeichnen wir mit dem Worte „fließen“.

Verwandte Er-scheinungen sind folgende: Das Regenwasser fließt von den Dächern hinab; man legt Straßen und Dämme so an, daß sie in der Mitte erhaben sind und sich als schräge Flächen nach beiden Seiten senken, damit das Wasser ablaufe; Abzugsräben müssen etwas schräg angelegt werden. Vor Allem aber bilden die Flußbetten schräge Flächen, auf denen das Wasser hinabfließt. Je steiler (§. 3) das Bett eines fließenden Wassers

ist, desto geschwinder muß das Wasser darin fließen. Weil aber das Ufer viele Krümmungen und hervortretende Stellen hat, wird das Wasser oft aufgehalten, und dadurch sein Lauf langsamer. Wie es aber gegen das Ufer stößt, so trifft es auch auf alle im Flusse befindlichen Körper und sucht sie durch seinen Stoß zu bewegen. Darauf gründen sich die unterschlächtigen Wasserräder (Fig. 21); ringsum in dem Radfranz sind Schaufeln in der Richtung der Halbmesser angebracht; das sich bewegende Wasser

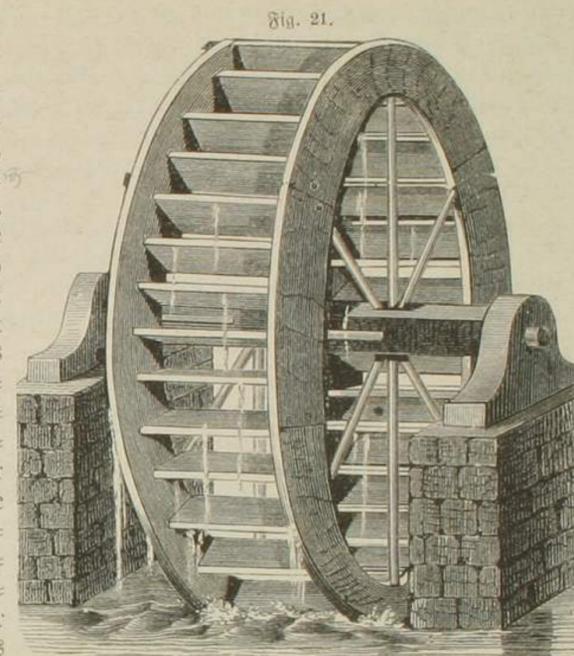
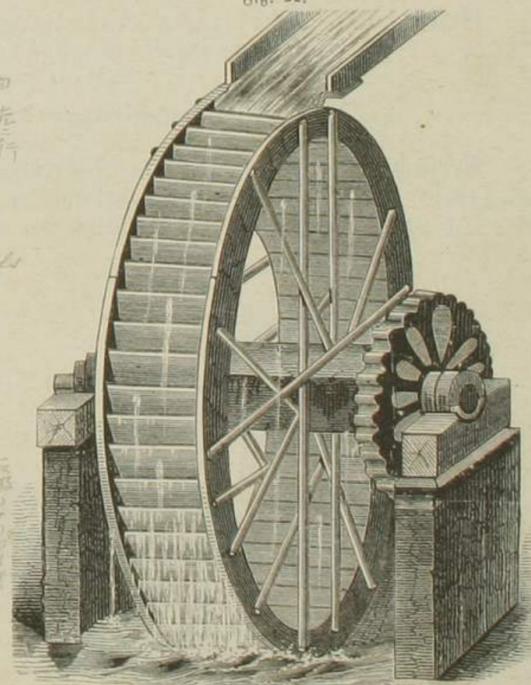


Fig. 22.



wirkt durch seinen Stoß unten auf das Rad, trifft die unterste, eintauchende Schaufel und schiebt sie vorwärts. In manchen Gegenden, besonders in Gebirgen, fehlt eine so große Wassermenge, als nöthig ist, um ein unterschlächtiges Rad zu treiben. Aber die Bäche fallen so steil herab, daß man sie von oben auf die Wasserräder leiten und das Gewicht des Wassers wirken lassen kann. Ein überschlächtiges Rad (Fig. 22) hat statt der Schaufeln ringsum in dem Radkranz Kasten oder Zellen. Das Wasser fällt in die oberen Zellen und drückt sie abwärts, fällt darauf in die nächsten Zellen und giebt so der einen Hälfte des Rades das Uebergewicht; unten angekommen, schütten die Zellen das Wasser aus und steigen leer empor, um sich oben wieder zu füllen und sich von Neuem abwärts zu bewegen.

§. 16. Die wagerechte Stellung der Wasseroberfläche.

Versuch a. Wird in ein Trinkglas Wasser gegossen, so ist die Flüssigkeit anfangs in unruhiger Bewegung; aber bald senken sich, durch die Schwerkraft genöthigt, die höheren Theilchen; die Flüssigkeit kommt zur Ruhe, und ihre Oberfläche bildet eine wagerechte Ebene.

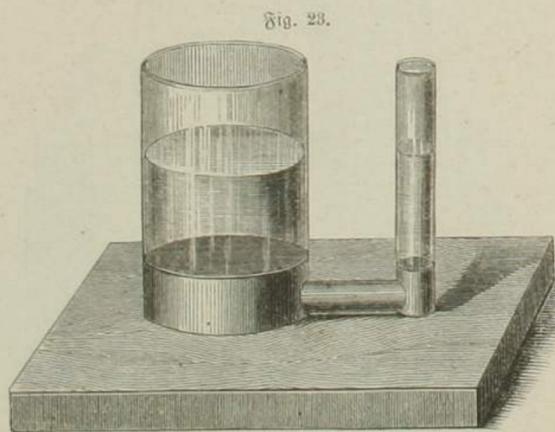
Versuch b. Nimmt man das Glas und hält es schräg, so sieht man die Wassermasse an der Seite des Glases, die man höher hält, sich senken, bis sich ihre Oberfläche wieder wagerecht gestellt hat.

Dieselbe Wahrnehmung machen wir überall an größeren und kleineren Gewässern; sobald die Flüssigkeit zur Ruhe kommt, gilt das

Gesetz: Die Oberfläche einer tropfbareren Flüssigkeit bildet zur Zeit der Ruhe eine wagerechte Ebene.

§. 17. Communicirende Gefäße.

Versuch a. Schiebt man in ein Trinkglas ein senkrecht, abschließendes Brettchen, das nicht ganz auf den Boden hinabreicht, so wird dadurch das Gefäß in zwei Abtheilungen getheilt, aus deren einer



das Wasser unten in die andere gelangen kann. Gießt man nun Wasser in das Glas, so stellt sich die Oberfläche wagerecht und in beiden Behältern gleich hoch.

Versuch b. Nimmt man eine Glasröhre von der Form eines großen lateinischen U oder zwei unten durch eine

Blechröhre verbundene Glasröhren, und gießt man Wasser in dieselbe, so stellt es sich in beiden Armen der Röhre gleich hoch, die Oberflächen des Wassers in beiden Armen liegen in derselben wagerechten Ebene.

Versuch c. Wenn man eine weite, oben und unten offene Röhre in ein Glas Wasser taucht, so stellt es sich darin eben so hoch, wie im Glase.

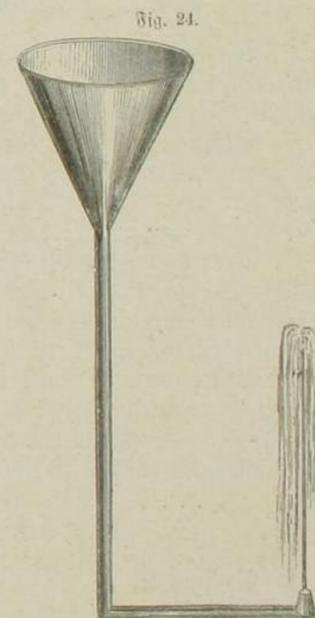
Ähnliche Erscheinungen zeigen die Flüssigkeiten in Theekannen und Gießkannen, in deren Innerem sie eben so hoch stehen, wie in den Ausgußröhren, das Del in den Lampen, das Wasser in einer Wasserleitung, die von einem Berge durch ein Thal zu einem andern Berge führt, und deren höchster Punkt nicht höher liegen darf, als die Quelle oder der Behälter, dessen Wasser weiter zu leiten ist. Bei allen diesen Erscheinungen sind zwei Gefäße oder Röhren unten so verbunden, daß die Flüssigkeit ungehindert aus der einen in die andere gelangen kann. Gefäße, die so mit einander verbunden sind, daß eine Flüssigkeit aus dem einen in die andere gelangen kann, heißen (communicirende oder) in Verbindung stehende Gefäße.

Gesetz: In zwei mit einander in Verbindung stehenden Gefäßen steht eine Flüssigkeit gleich hoch.

§. 18. Der Springbrunnen.

Versuch. An einen blechernen Trichter läßt man eine blecherne Röhre löthen, die zuerst 60 Centimeter lothrecht abwärts führt, dann 15 Centimeter wagerechte Richtung hat und zuletzt wieder 2 Centimeter lothrecht emporsteigt und oben mit einer kleinen Oeffnung versehen ist. Man gießt Wasser in den Trichter, bis derselbe und die Röhre sich füllt. Es springt ein aufsteigender Wasserstrahl aus der Oeffnung. Die Vorrichtung bildet einen Springbrunnen.

Die längere, mit dem Trichter versehene Röhre und die Springröhre machen in Verbindung stehende Gefäße aus. Wäre die Springröhre eben so hoch, wie der Trichter liegt, so würde in beiden das Wasser gleich hoch stehen. Da die Springröhre bei Weitem nicht so hoch hinaufsteigt, erreicht jedoch die Höhe des Trichters nicht, weil die hinabfallenden Wassertheilchen die aufsteigenden hinabdrücken.



§. 19. Das Aneinanderhängen flüssiger und fester Körper.

Abweichungen von dem Gesetz über communicirende Gefäße oder Röhren treten ein, wenn die Kraft des Anhangs (oder die Adhäsion) thätig ist.

Versuch a. Wird ein benetztes Stäbchen in ein Glas mit Wasser getaucht, so stellt sich rings um das Stäbchen die Flüssigkeit höher, als sonst im Glase. Zwischen dem Holze und Wasser ist eine Anziehungskraft thätig, das Wasser hängt sich an das Holz, macht es naß und wird von ihm emporgezogen.

Versuch b. Werden die sich berührenden Flächen an zwei dünnen Brettchen mit Wasser benetzt, so bleibt, wenn man das obere Brett emporhebt, das untere daran hängen.

Versuch c. Neigt man beim Ausgießen von Wasser das Gefäß nur wenig, so wird die Flüssigkeit von der Außenwand desselben angezogen, und, statt lothrecht zu fallen, läuft sie längs derselben hinab.

Gesetz: Flüssige und feste Körper, die einander berühren, werden durch eine anziehende Kraft an einander festgehalten, welche man die Kraft des Anhangs oder die Adhäsion nennt.

Anwendungen hiervon sind das Schreiben mit Tinte, das Malen und Anstreichen, das Leimen, das Kleben mit Kleister, das Löthen und Vergolden.

§. 20. Das Aneinanderhängen fester Körper.

Leim und Kleister haften noch, wenn sie fest geworden sind, daher ist es wahrscheinlich, daß auch zwei feste Körper, die einander berühren, sich gegenseitig anziehen und festhalten.

Versuch. Um dies darzuthun, durchschneidet man ein Stück elastischen Gummi's mit der Scheere in zwei kleinere Stückchen und drückt dieselben mit ihren frischen Schnittflächen, ohne diese mit den Fingern anzufassen, an einander. Sie haften an einander.

Verwandte Erscheinungen. Staub bleibt an der Decke eines Zimmers hängen; Ruß oder fein zertheilte Kohle setzt sich an den Schornstein und an Kochgefäße; Kalk und Farbestoffe hängen sich an die sie berührenden Kleider.

Anwendungen von der zwischen zwei festen Körpern wirkenden Kraft des Aneinanderhängens sind das Zeichnen, das Schreiben mit Kreide, das Aneinanderschweißen zweier Eisenstücke, das Plattiren oder Zusammenwalzen zweier Metallplatten.

§. 21. Die Haarröhrchenanziehung.

Versuch a. Taucht man eine Spritzröhre mit ihrer haarfeinen Oeffnung ein wenig in ein Gefäß mit Wasser, so steigt die Flüssigkeit in ihr empor. Die inneren Wände eines solchen Röhrchens, dessen Weite

kaum die Stärke eines Haares übersteigt, und das darum ein Haarröhrchen genannt wird, üben eine Anziehung gegen das Wasser aus; da die Röhre eng ist, unterstützen sich die gegenüberliegenden Wände und ziehen die Flüssigkeit mit vereinter Kraft empor. Sie steigt desto höher, je enger die Röhre ist. Dieser Wirkungsweise der Anhangskraft hat man den Namen Haarröhrchenanziehung gegeben.

Versuch b. In eine Flüssigkeit halte man das untere Ende von einem Stücke Löschpapier oder Zucker. Zwischen den Theilchen dieser Körper finden sich zahlreiche Zwischenräume oder Poren, kleiner, aber ähnlich denen in einem Schwamme. Die Innenwände derselben ziehen vermöge der Haarröhrchenanziehung die Flüssigkeit in die Höhe, bis sie damit angefüllt sind.

Verwandte Erscheinungen sind folgende: Ein Schwamm saugt Wasser ein; Tücher nehmen Feuchtigkeit auf; Del steigt in den Lampendochten, und die Tinte in der Spalte der Feder.

§. 22. Das Schwimmen.

Wir wollen feste Körper in eine Flüssigkeit bringen. Ein Stück Eisen sinkt im Wasser unter; ein Stück Holz schwimmt. Welche Körper schwimmen, lehren folgende Versuche.

Versuch a. Auf die eine Schale einer Wage stellt man ein ganz mit Wasser gefülltes Trinkglas und legt in die andere Wageschale so viel Gewichte, daß das Gleichgewicht hergestellt ist. Nimmt man nun das Glas von der Wage, und taucht man in das Wasser ein Stück Eisen, etwa einen Schlüssel, so erfolgt Zweierlei: 1) der Schlüssel sinkt unter; 2) etwas Wasser fließt aus dem Glase über. Wo jetzt der Schlüssel ist, war vorher Wasser, dies wurde von der übrigen Wassermenge getragen; wäre der Schlüssel nicht schwerer, als die verdrängte Wassermasse, so würde er auch getragen werden. Daß aber der Schlüssel mehr wiegt, läßt sich leicht darthun. Wäre nämlich der Schlüssel eben so schwer, wie eine gleich große Wassermenge, so müßte das Glas mit dem eingetauchten Schlüssel nach dem Verlust des verdrängten Wassers nicht schwerer sein, als zuvor, als es ganz mit Wasser gefüllt war. Setzt man es aber sammt dem Schlüssel wieder auf die Wage, so erhält es das Uebergewicht; der Schlüssel ist also schwerer, als die Wassermenge, die er verdrängt hat.

Versuch b. Man verschließt ein nicht zu kleines Medicinglas durch einen Kork und legt es in ein Gefäß mit Wasser; das Medicinglas schwimmt. Die Wassermenge, die denselben Raum einnimmt, wie das Glas, ist nur wenig größer, als die Wassermenge, welche im Innern des Glases Platz hat. Man legt die leere Medicinflasche in die eine Wageschale und in die andere so viele kleine Gewichte oder Schrotkörner, als nöthig sind, um das Gleichgewicht herzustellen; dann nimmt man das Fläschchen aus der Wageschale und füllt es mit Wasser. Darauf legt man in die leere Schale so viel Gewichte, als bereits in der andern liegen,

nimmt sie wieder heraus und legt sie alle in die eine Schale, so daß sich in dieser das doppelte Gewicht des leeren Medicingläschens befindet. Stellt man endlich das mit Wasser gefüllte Glas auf die leere Schale der Wage, so giebt es dieser das Uebergewicht; das gefüllte Glas ist mehr, als doppelt so schwer, denn das leere; das Wasser in dem Glase ist also schwerer, als das leere Glas, und das Glas, voll Luft, leichter, als die von ihm verdrängte Wassermenge. Darum schwimmt es.

Ähnliche Erscheinungen sind: Das Schwimmen des Eises auf dem Wasser, Kupferner Röhre, beladener Schiffe. Der Körper der meisten Menschen ist ein wenig leichter, als eine gleich große Wassermenge. Aber das Wasser versperrt uns Mund und Nase und hindert so das Athmen. Dadurch erschreckt, strecken die in's Wasser Fallenden die Arme heraus und athmen stark aus. Befinden sich die Arme außer dem Wasser, so sinkt, wenn wir nicht, wie beim künstlichen Schwimmen, geeignete Stöße gegen das Wasser ausüben, der Kopf unter Wasser, und indem wir das Gleichgewicht verlieren, kommen wir in die Gefahr, zu ertrinken. Durch starkes Ausathmen machen wir den Umfang unseres Körpers kleiner und verdrängen weniger Wasser; vielmehr müssen wir beim Sinken den Athem anhalten.

Gesetz: Ein Körper schwimmt, wenn er leichter ist, als die von ihm verdrängte Wassermenge.

§. 23. Das Kochen.

Das Wasser machen wir uns auch nützlich, indem wir seine Wärme verändern. Wir stellen ein Gefäß voll Wasser über Feuer; es wird immer wärmer, bis es anfängt zu kochen.



Während des Aufsteigens von der noch nicht genug erwärmten Flüssigkeit abgekühlt und dadurch gezwungen wird, in den flüssigen Zustand zurückzu-

Verfuch. Wird Wasser in einem Glase durch eine Lampe erhitzt, so zeigen sich bald kleine Perlen in dem Glase und steigen in die Höhe; es sind Luftblasen, die in dem Wasser enthalten sind. Ist die Flüssigkeit bedeutend heißer geworden, so erscheinen am Boden des Glases größere Blasen, die gleichfalls emporsteigen, anfangs aber wieder zergehen, ehe sie an die Oberfläche des Wassers gelangt sind. Dies sind Blasen von Wasserdampf, von Wasser, das durch die Wärme in den luftförmigen Zustand übergegangen ist, aber

kehren. Ist aber die ganze Flüssigkeit hinlänglich erhitzt, so steigen immer mehr Dampfblasen auf, sie setzen die ganze Flüssigkeit in wallende Bewegung, kommen bis an die Oberfläche des Wassers und zerplatzen daselbst. Die wallende Bewegung einer erwärmten Flüssigkeit, die durch das Aufsteigen von Dämpfen hervorgebracht wird, nennen wir Kochen oder Sieden.¹⁾ Je länger das Kochen dauert, desto mehr nimmt das Wasser ab, desto mehr wird in Dampf verwandelt.

Ähnlich ist der Vorgang bei jeder kochenden Flüssigkeit. Daher kochen Speisen ein, die man lange über Feuer stehen läßt; die Flüssigkeit verwandelt sich in Dampf, und dieser steigt auf. Das Fortfliegen der heißen Dämpfe wird durch den Deckel gehindert, den man auf ein Kochgefäß legt; wenn die heißen Dämpfe mit der Wärme nicht wegfliegen, so kommt die Wärme dem Wasser selbst zu Gute; deshalb wird es in einem Gefäße mit einem Deckel etwas heißer als in einem offenen Gefäße.

Gesetz: Durch die Wärme werden Flüssigkeiten in Dampf verwandelt.

§. 24. Die Verdunstung.

Nicht bloß beim Kochen geht eine Flüssigkeit in Dampf über, sondern auch bei geringer Wärme.

Verfuch a. Gießt man in eine Untertasse einige Tropfen Aether (Liquor, Hoffmannstropfen), so ist nach wenigen Augenblicken jede Spur von denselben verschwunden; die Tropfen haben sich bei der gewöhnlichen Luftwärme in Dampf verwandelt.

Ähnlich sind folgende Erscheinungen: Das Wasser, das man in einem offenen Glase an der Luft stehen läßt, vermindert sich von Tag zu Tage; nasse Wäsche trocknet, und das in den Straßen stehende Regenwasser verschwindet. Diese Dampfbildung geht langsamer vor sich, als beim Kochen, und ohne das Aufsteigen von Dampfblasen, und nur an der freien Oberfläche des Wassers. Man nennt sie Verdunstung.

Gesetz: Bei gewöhnlicher Luftwärme verdunsten die Flüssigkeiten, d. h. ihre obersten Schichten gehen langsam in Dampf über.

¹⁾ Um zu beobachten, was in dem Wasser vorgeht, wenn es kocht, muß man Wasser in einem Glase mit dünnen Wänden erhitzen, wozu sich am besten die sogenannten Kochgläser oder die Probirgläser eignen. Bei Anwendung eines Kochgläschens legt man über einen Dreifuß oder Untersatz von einer Kaffeemaschine ein aus Draht gebogenes Dreieck und stellt das Gläschchen unmittelbar darauf; beim Gebrauch eines Probirglases umwickelt man den Hals desselben mit Bindfaden und hält an dieser Stelle das Glas mit der Hand. Steht uns nur ein gewöhnliches Medicinglas zu Gebote, so legen wir auf den Dreifuß ein Blech und bedecken dasselbe mit einer fingerdicken Schicht von Sand, damit das Glas nicht springe; auf den Sand stellt man dann das Glas, das etwas über die Hälfte mit Wasser gefüllt und oben offen ist, und unter den Dreifuß eine brennende Spirituslampe.

Versuch h. Tröpfelt man Aether auf die Hand, so hat man an der benetzten Stelle das Gefühl von Kälte. Zum Verdunsten des Aethers ist Wärme nöthig, und diese muß die Hand hergeben.

Verwandte Erscheinungen sind die erfrischende Kühle nach einem Regen, nach dem Besprengen der Straßen, nach dem Baden, die Erkältung, die man sich leicht durch nasse Kleidung zuzieht, das nächtliche Wetter. Alle diese Erscheinungen führen auf das

Gesetz, daß bei jeder Verdunstung Kälte erregt wird.

§. 25. Nebel und Wolken.

In Folge der Verdunstung steigen von den Meeren und Flüssen, eben so von dem feuchten Erdboden große Mengen Wasserdampf empor.

Versuch. Bringt man in einem Topfe Wasser durch eine Spiritusflamme zum Kochen, so verdunstet ein Theil des Wassers. Betrachtet man aber den aufsteigenden Wasserdampf dicht über dem Kochgefäße, so nimmt man ihn durchaus nicht wahr; so lange der Wasserdampf seine Wärme behält, ist er vollkommen unsichtbar und durchsichtig. Daher kann die Luft große Mengen des aus Flüssen und Meeren aufsteigenden Dampfes enthalten, ohne daß wir ihn wahrnehmen. Je weiter sich aber der aufsteigende Dampf vom Kochgefäße entfernt, desto mehr verliert er von seiner Wärme, er kühlt sich ab und bildet nun in Gestalt weißer Wölkchen den sogenannten Schwaden, der aus kleinen, hohlen, den Seifenblasen ähnlichen Wasserbläschen besteht.

Ganz dasselbe, wie Schwaden, ist der von uns ausgeathmete Wasserdampf, der in kalter Jahreszeit sichtbar wird, und im Großen Nebel und Wolken. Aus Seen, Flüssen und sumpfigem Boden steigen Wasserdämpfe auf; ist die Luft kälter, als das verdunstende Wasser, so werden die Dämpfe in der Luft abgekühlt und bilden den Nebel. Werden die aufsteigenden Dämpfe erst in höheren Luftschichten abgekühlt, so bilden sie Wolken. Nebel sind Wolken, die auf dem Erdboden liegen; Wolken sind Nebel in höheren Luftschichten. Die Bewohner des Thales sehen oft die Bergspitzen in Wolken gehüllt, während die Wanderer auf den Höhen der Berge durch Nebel schreiten. — Die Federwolken, die weißen Wölkchen, welche herabhängenden Federn gleichen, schweben in größter Entfernung von der Erde; die Haufenwolken sind von der Gestalt einer Halbkugel, sie sind Wasserdampf, der, des Vormittags durch die aufsteigende Luft in kältere Gegenden emporgetragen, sich dort etwas abkühlt, aber sich wieder in wärmere Luftschichten niedersinkt, seine Wolkenform aufgibt und wieder unsichtbar wird; die Schichtwolken zeigen bei Sonnenuntergang eine große Farbenpracht, und die Regenwolken eine blauschwarze Färbung.

§. 26. Thau und Reif.

Versuch. Wird in ein Trinkglas, das auswendig rein ist, frisches, kaltes Brunnenwasser gegossen, so wird das Glas dadurch stark abgekühlt; die im Zimmer befindlichen, zum größten Theil ausgeathmeten Wasserdämpfe in der Nähe des Glases werden kälter, verdichten sich am Glase, und das Glas beschlägt. Wenn man im Winter ein Glas aus einem kalten Zimmer holt, so setzt sich beim Eintritt in ein geheiztes Zimmer der abgekühlte und verdichtete Wasserdampf als Thau an das Glas. So beschlägt auch ein Glas, wenn wir dagegen hauchen, und die Fensterscheiben, sobald die Luft im Freien sie abkühlt.

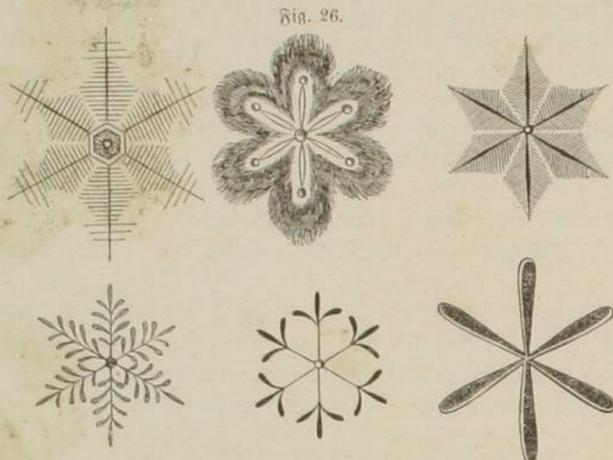
Es entsteht der **Thau**, wenn bei heiterem Himmel und ruhiger Luft nach Sonnenuntergang die Gegenstände auf der Erdoberfläche erkalten, und die rings um sie befindlichen Wasserdämpfe sich abkühlen; Gras und Blätter kühlen sich am schnellsten ab und werden daher am stärksten beschlägt; bei bedecktem Himmel hält die Wolkendecke, gleich einem Schirme, die Wärme auf der Erde zurück, und ein lebhafter Luftzug bringt wärmere Luft hinzu.

Sind die Gegenstände der Erdoberfläche so kalt, daß der Thau gefriert, wie im Winter der Thau an den Fensterscheiben gefriert, so entstehen feine Eiszadeln, die wir **Reif** nennen. Reif ist gefrorener Thau.

§. 27. Regen, Schnee und Hagel.

Wenn eine Wolke eine kältere oder feuchte Luftschicht berührt, so werden ihre Wasserbläschen verdichtet. Der Wasserdampf in der die Wolke umgebenden Luftmasse setzt sich an die Wasserbläschen, vergrößert sie und macht sie schwerer. Indem die einander benachbarten Wasserbläschen an Umfang und Gewicht zunehmen, kommen sie gegenseitig in Berührung, das Wasser fließt zusammen, bildet Tropfen und fällt als **Regen** herab. Entweder bewegt sich die Wolke und gelangt in eine kältere oder feuchte Luftmasse, oder ein kalter, feuchter Wind trifft auf die Wolke und verdichtet ihre Wasserbläschen; die anfänglich kleinen Tropfen wachsen unterwegs, indem sie die Luft, durch welche sie fallen, abkühlen und sich durch ihren Wasserdampf vergrößern. Im Sommer, besonders bei Gewittern, fallen die Regentropfen aus größerer Höhe herab und werden, indem sie auf dem längeren Wege fortwährend zunehmen, größer, als im Herbst, in welchem die Regenwolke oft sehr niedrig schwebt. Nach der Größe der Tropfen unterscheidet man Plazregen und Staubregen, nach der Verbreitung des Regens über einen kleinen Strich oder eine größere Landstrecke Strichregen und Landregen. Da es aus Wasserdampf entstanden, ist das Regenwasser meistens reines, nicht mit fremden Stoffen vermisches Wasser.

Der Schnee. Bei der größeren Kälte der Luft im Winter verwandeln sich die aus wärmeren Gegenden herübergewehten Wasserdämpfe in Wolken, die aus feinen Schneeflöckchen bestehen. Durch fortwährendes Ansetzen von Wasserdampf werden dieselben größer, vereinigen



sich zu Schneeflocken und sinken herab. Im Norden ist der fallende Schnee oft dem Staube ähnlich und wird Staubschnee genannt. Seiner lockeren Beschaffenheit wegen fällt der Schnee, wie eine Feder, nur langsam herab

und giebt im Verhältnis zu dem großen Raume, den er einnimmt, nur wenig Wasser. Fängt man in der Kälte Schneeflocken auf, und betrachtet man sie durch ein Vergrößerungsglas, so zeigen sie alle die regelmäßige Gestalt eines sechsseitigen Sterns mit mannigfachen, regelmäßigen Verzierungen.

Der Hagel. Der Hagel fällt nur im heißen Sommer und fast nur am Tage. Unter Sturm fallen, gewöhnlich bei einem Gewitter, aus dichten, grauröthlichen Wolken Eiskörner, welche aus einem undurchsichtigen Kerne und einer durchsichtigen Rinde bestehen und auf eine schmale, nicht sehr ausgebreitete Strecke eine verheerende Wirkung üben. Der Hagel ist gefrorener Regen; wie aber mitten im Sommer die Kälte entsteht, durch welche die Regentropfen zum Gefrieren gebracht werden, ist bis jetzt noch unbekannt.

Blicken wir zurück auf die Veränderungen, die mit dem Wasser vorgehen, so erkennen wir, daß es, aufsteigend und wieder niederfallend, einen großen Kreislauf vollbringt. Fortwährend steigt verdunstendes Wasser empor. Der Dampf wird entweder, wie beim Thau und Nebel, nahe der Erdoberfläche verdichtet, oder er steigt höher, wandelt sich in höheren Luftschichten zu Wasserbläschen um und bildet Wolken. Aus diesen fällt das Wasser als Regen, Schnee oder Hagel wieder nieder, verdunstet wieder und steigt von Neuem empor.

§. 28. Die Sonnenstrahlen als Wärmequelle.

Thau, Regen, Schnee und Hagel, überhaupt die wässerigen Lufterscheinungen, treten ein, wenn die Wärme geringer wird. Wir verdanken die Wärme den Strahlen eines anderen Himmelkörpers, der

Sonne. Es ist bekannt, daß es im Sonnenschein wärmer ist, als im Schatten. Aber nicht in jeder Stellung wird ein Körper gleich stark von den Sonnenstrahlen erwärmt.

Versuch. Wenn an einem von der Sonne beschienenen Orte die Hand von den Sonnenstrahlen sehr schräg getroffen und fast nur gestreift wird, so fühlt man, daß die Hand wärmer, und daß durch die Sonnenstrahlen Wärme erregt wird. Giebt man aber der Hand eine solche Stellung, daß sie unter rechten Winkeln von den Strahlen getroffen wird, so empfindet man eine größere Wärme, als zuvor.

Berwandte Erscheinungen sind die Hitze schräg stehender Pfähle, auf welche die Sonnenstrahlen fast rechtwinklig auffallen; die große Wärme der südlichen Abhänge von Bergen und Hügeln; das Schmelzen des Schnees auf den der Mittagssonne zugewandten Dächern, während er auf freiem Felde noch liegen bleibt.

Gesetz: Die Sonnenstrahlen erregen die größte Wärme, wenn sie rechtwinklig auf eine Fläche auffallen; je schräger sie einen Körper treffen, desto weniger erwärmen sie ihn.

Aus diesem Gesetze erklärt sich 1) der tägliche und 2) der jährliche Wärmewechsel.

1) Die Tischplatte möge die Ebene des Gesichtskreises für unsere Gegend, und eine Kugel die Sonne vorstellen. Hält man die Kugel an den Rand der Tischplatte, so fallen die von ihr (der aufgehenden Sonne) ausgehenden Strahlen sehr schräg, wie am Morgen. Je höher man aber die Kugel erhebt, desto weniger schräg treffen die Strahlen den Tisch; für den Mittag hat sie die höchste und der senkrechten nächste Stellung; am Abend ist sie wieder (bis auf den Rand der Platte) gesunken. Daher kommt bei der schrägen Richtung am Abend und Morgen die geringere Wärme.

2) Bewegt man die Kugel über die Tischplatte dermaßen, daß ihr Weg zuerst den Tagbogen der Sonne an einem Sommertage darstellt, so liegt der Bogen nach Süden zu, schräg gegen die Platte; er ist größer, als ein Halbkreis und erreicht darum eine bedeutende Höhe. Läßt man sodann die Kugel den Weg der Sonne an einem Wintertage zurücklegen, so liegt der Bogen wieder schräg nach Süden zu, ist weit kleiner, als ein Halbkreis und erricht nur eine geringe Höhe. Achet man darauf, wo die Sonne am Mittag beider Tage steht, so ergiebt sich, daß sie uns von ihrem höheren Stande am Mittage eines Sommertages ihre Strahlen unter einem größeren Winkel zusendet. Ferner ergiebt sich, daß, weil ihr Tagbogen im Sommer länger ist, ihre Strahlen dann auch längere Zeit wärmend wirken, als im Winter.

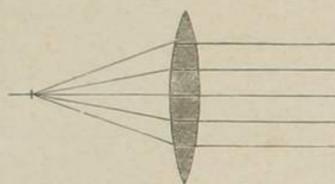
§. 29. Das Brennglas.

Die verschiedenen, nebeneinander herlaufenden Sonnenstrahlen treffen verschiedene, neben einander liegende Punkte. Träfen mehrere Strahlen einen und denselben Punkt, so würden alle ihre erwärmende Kraft auf diesen Punkt ausüben und ihn stärker erwärmen. Nun haben

wir in dem Brennglas ein Mittel, viele Sonnenstrahlen auf einen Punkt zu vereinigen. Ein Brennglas ist ein auf beiden Seiten erhaben geschliffenes Glas.

Versuch. Hält man ein Brennglas rechtwinklig gegen die Sonnenstrahlen und dicht dahinter ein Stück schwarzes Papier, so gehen

Fig. 27.



die Strahlen durch das Glas, und es zeigt sich auf dem Papier ein heller Kreis. Entfernt man das Papier weiter von dem Glase, so wird der helle Kreis kleiner, und das Glas zeigt die Eigenschaft, die auffallenden Sonnenstrahlen in einen kleineren Raum zusammenzudrängen. Wo die Wirkung vieler Sonnenstrahlen auf einen Punkt vereinigt ist, ist die Wärme größer. Deshalb fängt das Papier an zu rauchen und zu brennen. Der Punkt, in welchem das Brennglas die Sonnenstrahlen vereinigt, und in welchem es die größte Hitze hervorbringt, heißt der Brennpunkt.

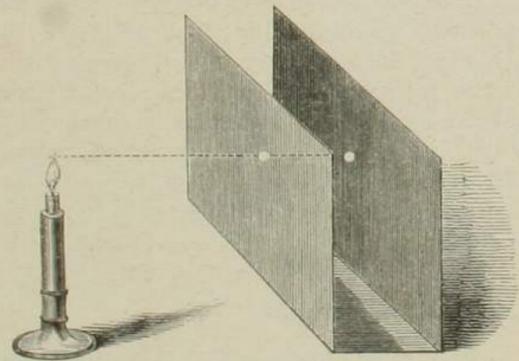
Zuweilen stehen mit Wasser gefüllte Karaffinen oder Glas- kugeln so, daß sie von den Sonnenstrahlen getroffen, und hinter ihnen befindliche Körper stark erwärmt und entzündet werden.

§. 30. Die geradlinige Verbreitung des Lichtes.

Durch ein Brennglas nehmen die Lichtstrahlen einen solchen Weg, daß mehrere in einen Punkt zusammenlaufen; einen anderen Weg nimmt das Licht, wenn es nicht durch ein Brennglas dringt.

Versuch. Um den Weg des Lichts in der Luft zu untersuchen, stellt man hinter einander, 6 Centimeter von einander entfernt, zwei senk-

Fig. 28.



rechte Stücke Pappe auf, von denen das vordere durchbohrt ist. Stellt man ein angezündetes Licht vor die durchbohrte Vorderwand, so zeigt sich eine runde Stelle an der Hinterwand hell beleuchtet. Die von der Flamme ausgehenden Strahlen sind durch die Oeffnung der Vorderwand bis zur Hinterwand gedrungen. Legt man ein Lineal über die Oeffnung der vorderen Wand, und giebt man ihm die Richtung nach der Flamme zu, so liegt die beleuchtete Stelle der Hinterwand in derselben geraden Linie, an derselben Kante des Lineals. Bewegt man das

Licht hin und her, so rückt auch die beleuchtete Stelle hin und her, und immer läßt sich mittels des Lineals zeigen, daß das Licht durch die Oeffnung bis zur Hinterwand einen geradlinigen Weg nimmt; die Flamme, die Oeffnung und die helle Stelle der Hinterwand liegen immer in einer geraden Linie.

Verwandte Erscheinungen. Wenn Sonnenstrahlen in ein mit Staub erfülltes Zimmer fallen, sehen wir, daß sie gerade Linien bilden; wenn wir zwischen eine Flamme und unser Auge ein Buch bringen und dadurch dem Lichte den geraden Weg versperren, so wird uns die Flamme verdeckt. Wir können durch eine krumme Röhre Nichts sehen.

Gesetz: Der Weg des Lichtes ist eine gerade Linie.

§. 31. Der Schatten, seine Gestalt und Lage.

Versuch a. (Die Entstehung des Schattens.) Hält man einen Stab oder ein Lineal so, daß es von den Strahlen der Sonne getroffen wird, und dahinter in einiger Entfernung einen Bogen Papier, so wird dieser von der Sonne beleuchtet; nur an einer Stelle wird ihm das Licht geraubt. Das Lineal läßt die Lichtstrahlen nicht hindurch, es ist undurchsichtig. Hinter ihm liegt darum eine Stelle, die nicht beleuchtet ist, weil das Licht in gerader Linie sich fortbewegt. Den unbeleuchteten Raum hinter einem beleuchteten, undurchsichtigen Körper nennen wir Schatten.

Versuch b. (Die Gestalt des Schattens.) Hält man ein viereckiges Stück Papier so, daß es von den Sonnenstrahlen rechtwinklig getroffen wird, und fängt man den Schatten mit einem Bogen Papier auf, so ist der Schatten viereckig. Fängt man den Schatten einer runden Scheibe auf, so ist der Schatten kreisrund. Die Gestalt des Schattens hat also Aehnlichkeit mit der Gestalt des Körpers, welcher den Schatten wirft.

Hält man eine runde Scheibe so, daß ihre Fläche den Sonnenstrahlen parallel ist, so hat der Schatten die Gestalt einer geraden Linie. Man hat nur die Stellung des schattenwerfenden Körpers verändert. Die Gestalt des Schattens richtet sich nicht bloß nach der Gestalt, sondern auch nach der Stellung des undurchsichtigen, beleuchteten Körpers.

Läßt man eine Kugel Schatten werfen, und fängt man denselben durch ein Stück Papier auf, das die Sonnenstrahlen rechtwinklig treffen, so mag man die Kugel drehen, wie man will, unter allen Umständen ist ihr Schatten kreisrund.

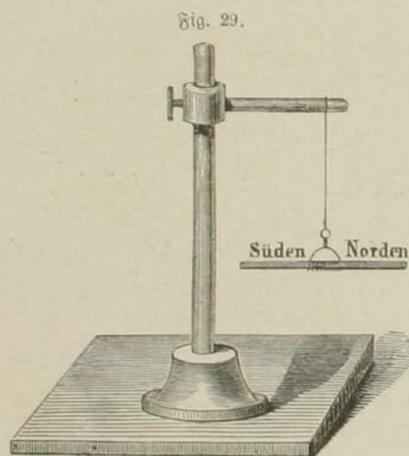
Versuch c. (Die Lage des Schattens.) Wenn die Vorderseite eines undurchsichtigen Körpers beleuchtet ist, so liegt der Schatten hinter demselben. Stellt man mitten auf den Tisch einen lothrechten Stab oder ein Buch, und hält man an den Rand des Tisches auf der Dfseite ein brennendes Licht, so fällt der Schatten des aufgestellten

Gegenstandes nach Westen. Bringt man die Flamme auf die Südseite so liegt der Schatten im Norden. Befindet sich das Licht auf der Westseite, so liegt der Schatten auf der Ostseite. Da nun die Sonne am Morgen im Osten steht, so muß der Schatten eines lothrechten Stabes dann nach Westen, am Mittag nach Norden und am Abend nach Osten fallen, und man kann mit Hülfe des Schattens die Himmelsgegenden finden.

§. 32. Die Magnetnadel.

Mit Hülfe des Schattens können wir nur bei Sonnenschein uns orientiren oder nach den Himmelsgegenden zurecht finden. Dagegen lassen sich die Himmelsgegenden zu jeder Zeit bestimmen mittels eines Magnets oder einer Magnetnadel.

Versuch a. Der Magnet, (welcher zu magnetischen Fischen oder Schwänen gehört), ist aus Stahl gearbeitet und hat die Gestalt eines kleinen Stabes. Man hängt ihn auf, indem man mit Wachs einen ungedrehten Faden an den Magnetstab befestigt und das obere Ende des Fadens mit der Hand hält oder an ein Gestell, etwa an ein Holzstäbchen bindet, das durch den Kork einer Flasche geschoben ist. So aufgehängt, muß der Magnet wagerecht schweben und sich frei bewegen können. Ehe er zur Ruhe kommt, schwingt er hin und her; endlich nimmt er eine bestimmte Stellung an und verharrt in derselben. Stoßen wir ihn an, so kehrt er in seine frühere Stellung nach mehreren Schwingungen zurück, und bringen wir ihn an eine andere Stelle des Zimmers, so nimmt er auch dort dieselbe Stellung an. Achten wir auf die Himmelsgegenden, so zeigt sich, daß der Magnet überall ungefähr die Richtung von Norden nach Süden anzeigt.

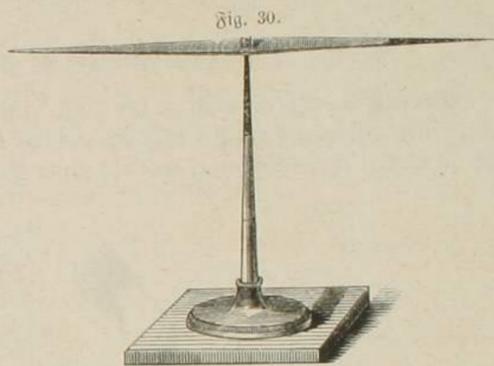


Gesetz: Ein freischwebender Magnet richtet sich so, daß er mit dem einen Ende nach Norden, mit dem andern nach Süden zeigt.

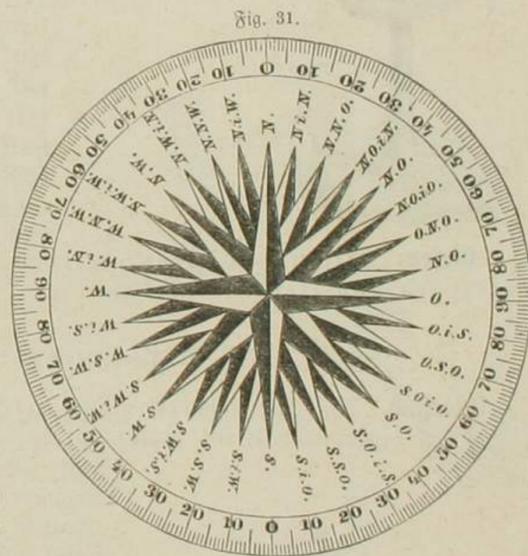
Die beiden Enden eines Magnetsstabes heißen die Pole desselben. Das Ende, welches nach Norden weist, heißt der Nordpol, das, welches nach Süden zeigt, der Südpol des Magnets. Die Eigenschaft des Magnets, wenn er sich frei bewegen kann, die Richtung von Norden nach Süden anzunehmen, nennt man die Richtungsfähigkeit des Magnets.

Versuch b. Wenn man eine magnetisirte Nähnadel frei beweglich aufhängt, so zeigt ihr einer Pol nach Norden, der andre nach Süden.

Gewöhnlich hängt man die Magnetnadel nicht an einem Faden auf, sondern läßt sie auf einer Nadelspitze schweben. Die Magnetnadel wird aus dünnem Stahlblech gearbeitet, in der Mitte breiter und nach den Polen spitz zulaufend. Mitten in die Nadel ist ein Hütchen von Messing eingefestigt, und dies wird auf eine lothrecht stehende Spitze gesetzt, auf welcher die Nadel sich leicht nach rechts und links bewegen kann. Sie stellt sich ungefähr, nicht ganz genau, nach Norden. Wenn man die Richtung einer Magnetnadel genau untersucht, so ergibt sich, daß ihr Nordpol von dem Nordpunkte um 16 Grad abweicht und fast nach Nordnordwesten zeigt.



Giebt aber die Magnetnadel eine Himmelsgegend an, so macht es keine Schwierigkeit, die andern zu bestimmen. Man zeichnet auf Papier einen Kreis, dessen Durchmesser man so groß wählt, als die Magnetnadel lang ist. Sodann zeichnet man zwei Durchmesser NS und OW des Kreises, die sich unter rechten Winkeln durchschneiden, und schreibt an die Punkte, wo sie die Kreislinie treffen, die Anfangsbuchstaben der vier Haupthimmelsgegenden N., D., S., W.



In der Mitte zwischen je zwei dieser Punkte werden dann die Zwischengegenden Nordost, Südost, Südwest und Nordwest eingetragen. Diese rosenartige Zeichnung, mit Hülfe deren sich die Richtung der Winde angeben läßt, führt den Namen Windrose.

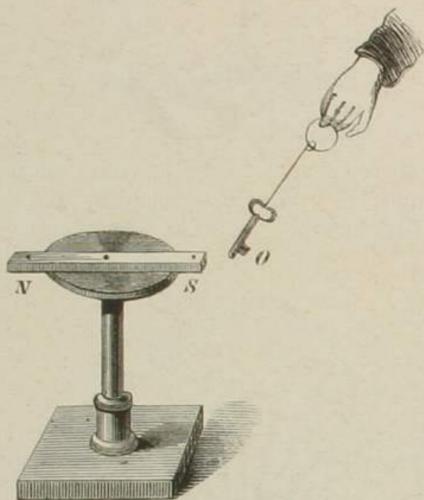
Die beiden Hauptbestandtheile eines Compasses sind die Magnetnadel und die Windrose. Man stellt die Magnetnadel auf die Mitte der

Windrose und dreht diese so, daß der mit Norden bezeichnete Punkt der Kreislinie östlich von dem nördlichen Ende der Nadel liegt; dann giebt die Windrose die Himmelsgegenden des Wohnortes an. Zum leichteren Transport wird die Vorrichtung in ein Kästchen mit einem Glasdeckel eingeschlossen.

§. 33. Die Anziehungskraft eines Magnets.

Versuch a. Wenn man in der Nähe einer freischwebenden Magnetnadel einen eisernen Schlüssel oder ein anderes Eisenstück bringt, so verläßt die Nadel ihre Richtung, und ihr einer Pol nähert sich dem Eisen.

Fig. 32.

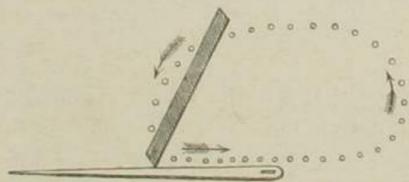


Gesetz: Eisen und Stahl werden von einem Magnet angezogen und ziehen denselben an.

§. 34. Das Magnetisieren des Stahls.

Versuch. Um eine Nähnadel magnetisch zu machen, legt man sie auf den Tisch und hält ihre Spitze mit der linken Hand fest. Dann stellt man den Nordpol des Magnets, der mit der rechten Hand gehalten wird, mitten auf die Nadel und streicht damit langsam die rechte Hälfte der Nadel von der Mitte bis zu ihrem Ende. Ist man am Ende angelangt, so bewegt man den Magnet mehrere Centimeter über das Ende hinaus, in derselben

Fig. 33.



Richtung weiter, hebt den Magnet lothrecht empor und bringt ihn, nachdem man einen Bogen in der Luft durchlaufen, mit demselben Pol wieder

auf die Mitte der Nadel. Dies Verfahren wird 20 bis 30 Mal wiederholt. Darauf wird der Magnet, entfernt von der Nadel, umgekehrt, so daß er den Südpol nach unten wendet, und in die linke Hand genommen, während die rechte die Nadel festhält. Der Südpol wird mitten auf die Nadel gesetzt, dieselbe damit bis an das linke Ende gestrichen, und der Magnet ebenso, wie vorhin, in einem großen Bogen zur Mitte zurückgeführt. Dies geschieht ebenfalls 20 bis 30 Mal. Hängt man die Nadel an einem Faden auf, so zeigt sie sich magnetisch und weist nach Norden.

§. 35. Wärme durch Reibung.

In der Haushaltung hat der Stahl eine andere Anwendung gefunden; man bediente sich seiner zum Feueranschlagen.

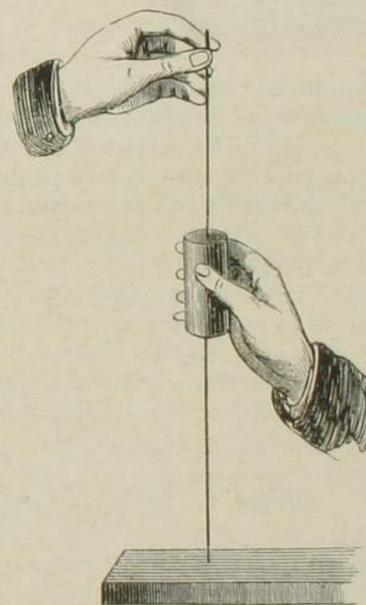
Versuch a. Nimmt man einen Feuerstein und einen Stahl und schlägt man beide an einander, so zeigen sich Funken, die abfliegen. Man hat schnell und mit großer Heftigkeit den Stahl am Stein gerieben; der Stein ist sehr hart, und die an einem Stahl durch häufigen Gebrauch entstandene Höhlung beweist, daß von dem Stahl etwas abgeschlagen wird. Die abfliegenden Funken sind also Stahlstückchen, welche durch die Reibung bedeutend erhitzt sind.

Versuch b. Reibt man eine Stricknadel, indem man einen über dieselbe geschobenen Kork schnell hin und her bewegt, so wird die Stricknadel stark erwärmt.

Versuch c. Wird ein Streichhölzchen auf einer glatten Fläche, etwa auf einem polirten Brette, nicht stark gestrichen, so entzündet es sich nicht, weil keine hinreichende Reibung da ist. Vielmehr ist es über die glatte Fläche fortgeglitten. Nimmt man aber einen Ziegel- oder Mauerstein und streicht das Hölzchen darauf, so entzündet es sich. Streicht man langsam mit dem Finger über den Stein, so fühlt man, daß er Unebenheiten besitzt; das Streichhölzchen stößt gegen die hervorragenden Stellen, reibt sich an ihnen, und durch diese Reibung wird die Wärme erregt.

Verwandte Erscheinungen sind folgende: Faßt man einen Bohrer oder eine Säge an, wenn sie eben gebraucht sind, so zeigen sie große Wärme; bei Wagenrädern wird durch das Schmieren die Reibung zwischen Rad und Are verhindert, sind die Räder nicht geschmiert, so können sie sich beim schnellen Fahren entzünden; Mühlsteine können einen Brand

Fig. 34.



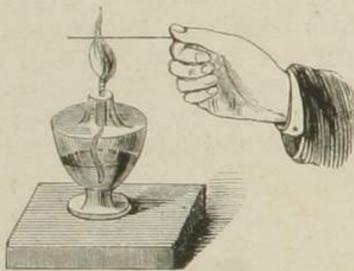
verursachen, wenn sie kein Getreide zu mahlen haben und sich an einander reiben; im Winter reiben wir die Hände aneinander, um sie zu erwärmen. Die Drechsler verzieren Holzarbeit mit schwarzen Ringen, indem sie dieselbe auf der Drehbank in schnelle, drehende Bewegung setzen und ein Stück harten Holzes dagegen halten; bei der eintretenden Reibung wird die Hitze so groß, daß die sich reibenden Stellen des Holzes verkohlen.

Gesetz: Durch Reiben wird Wärme erregt.

§. 36. Die Leitung der Wärme.

Soll der warme Ofen unserer Hand Wärme mittheilen, so berühren wir ihn mit der Hand; von den Theilchen des Ofens geht die Wärme zu den sie berührenden Theilen der Hand über.

Fig. 35.



Versuch a. Hält man eine kurze Stricknadel in die Flamme eines brennenden Lichtes, so wird nicht bloß das in der Flamme befindliche Stück der Nadel erwärmt, sondern man fühlt bald in einiger Entfernung von der Flamme eine solche Zunahme der Wärme, daß man die Hand weiter entfernen muß. Allmählich werden auch die weiter entfernten Stellen warm. Die Wärme hat sich von der Flamme aus den sie berührenden Theilen der

Stricknadel mitgetheilt, ist von diesen auf die nächsten Theile übergegangen und hat sich so immer weiter verbreitet.

Die Verbreitung der Wärme von jedem Körpertheilchen zu dem nächsten, von ihm berührten, wird die Leitung der Wärme genannt. Die Wärme wird von einem Körpertheilchen zu dem andern geleitet.

Versuch b. Bewickelt man eine Stricknadel nahe dem einen Ende mehrfach mit Bindfaden oder Papier, hält man die bewickelte Stelle in der Hand, und bringt man das andre Ende in die Flamme, so wird wenig Wärme von der Nadel zu dem Papier und von diesem zu der Hand geleitet. Bindfaden und Papier nehmen die Wärme langsam auf und verbreiten sie langsam weiter; sie sind schlechte Wärmeleiter. Das Metall, welches die Wärme schnell aufnimmt und schnell weiter verbreitet, ist ein guter Wärmeleiter.

Versuch c. Wird ein kurzer Holzstab, ein Strohalm oder ein Faden an dem einen Ende in eine Flamme gehalten, so beginnt er zu brennen, ohne daß in geringer Entfernung davon die Theile des brennenden Körpers eine Zunahme der Wärme zeigen. Auch diese Körper sind daher schlechte Wärmeleiter.

Gute Wärmeleiter sind die Metalle.

Schlechte Wärmeleiter sind Pelz, Wolle, Baumwolle, Seide und Leinwand, Stroh, Papier, Federn, Holz, Kohle und Asche, Schnee und Eis, Wasser und Luft.

Versuch d. Liegen auf einem heißen Ofen neben einander ein Schlüssel und ein Stück Holz, so empfangen beide gleich viel Wärme und werden gleich warm. Faßt man sie mit der Hand an, so scheint der Schlüssel viel wärmer; als guter Wärmeleiter leitet er schnell seine ganze Wärme zur Hand über, wogegen ein kaltes Eisenstück der Hand schnell viel Wärme nehmen würde. Gute und schlechte Wärmeleiter machen daher, wenn sie gleich warm sind, auf unser Gefühl einen ungleichen Eindruck.

§. 37. Anwendung guter und schlechter Wärmeleiter.

Weil gute Wärmeleiter die Wärme schnell weiter leiten, wendet man gute Wärmeleiter an, wenn man die Wärme schnell verbreiten will. Um Wasser schnell zu kochen, nimmt man eiserne Kochgefäße; eiserne Ofen werden schnell warm.

Da schlechte Wärmeleiter die Wärme langsam weiter leiten, so wendet man sie an, um die Wärme irgendwo zurückzuhalten, d. h. entweder, um die vorhandene Wärme zusammenzuhalten, oder um die eindringende Wärme abzuhalten. 1) Zum Zusammenhalten der vorhandenen Wärme dienen die Kleider, die im Winter aus sehr schlechten Wärmeleitern, Wolle und Pelz, genommen werden; die Bewickelung der Steigbügel mit Stroh oder Tuch und die Fußdecken in den Zimmern verhindern, daß die Wärme des Fußes verloren geht; die abgesperrte Luftmasse zwischen Doppeltüren und Doppelfenstern hält die Wärme des Zimmers zusammen; die Umhüllung der Bäume und Brunnen mit Stroh soll ihnen ihre Wärme erhalten, eben so verhindert der Schnee, daß der jungen Saat die Wärme geraubt wird. 2) Zum Abhalten der eindringenden Wärme dienen die hölzernen Handgriffe an Plätteisen und Theemaschinen, welche die Hand schützen; die aus Asche bestehende Füllung zwischen den Doppelwänden feuerfester Schränke; die Bedeckung eines Eiskellers mit Stroh; die Unterlage von Papier unter einem auf dem Ofen stehenden Glase; die Sandschicht, die wir auf ein Blech bringen, wenn wir Glasgefäße über der Spirituslampe erwärmen.

§. 38. Ausdehnung der Körper durch Wärme.

Bei der Wärmeleitung nimmt die Wärme in einem erwärmten Körper ihren Weg von einem Theilchen zum andern. Doch ist das nicht der einzige Vorgang, der in einem erwärmten Körper Statt hat; es geht mit jedem erwärmten Körper noch etwas Anderes vor.

Versuch a. Stellt man unter ein ganz mit Wasser gefülltes Kochfläschchen eine brennende Spirituslampe, so fließt etwas Wasser über, ehe es kocht. Warmes Wasser nimmt einen größeren Raum ein, als kaltes.

Versuch b. Man nimmt eine Thierblase, die Luft enthält, von derselben nicht ganz ausgefüllt, jedoch fest zugebunden ist. Diese Blase hält man in einiger Entfernung über der Spirituslampe. Die Luft in

der Blase wird erwärmt; die Blase wird gespannt und straff. Durch die Wärme wird also die Luft ausgedehnt.

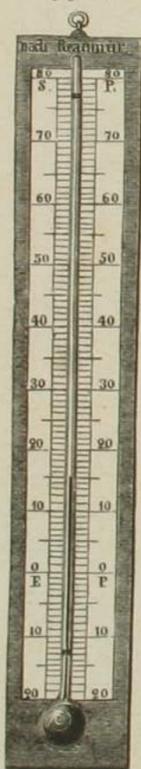
Verwandte Erscheinungen. Rothglühende Bolzen füllen das Plätteisen fast aus, obwohl sie bedeutend kleiner waren, ehe sie ins Feuer gelegt wurden; ein Topf, der sich kalt eben durch eine Ofenthüre schieben läßt, läßt sich heiß nicht wieder herausziehen, er ist durch die Erwärmung größer geworden; ein eiserner Wagenreif, den der Schmied glühend um ein Rad legt, zieht sich beim Erkalten zusammen und schließt fest an das Rad an. Gläserne Pfropfen kann man, wenn sie zu fest sitzen, dadurch losmachen, daß man um den Hals der Flasche einen Bindfaden legt und denselben so lange hin- und herzieht, bis durch das Reiben der Hals der Flasche erwärmt und weit genug ausgedehnt ist.

Stellt man ein Glas auf den heißen Ofen, so springt es leicht, weil ein Theil desselben sehr stark ausgedehnt wird; der Boden, der die heißen Kacheln berührt, wird wärmer und so weit ausgedehnt, daß er zu den Seitenwänden nicht mehr paßt und sich von ihnen löst.

Geßz: Durch die Wärme werden alle Körper ausgedehnt.

§. 39. Das Thermometer.

Fig. 36.



Wenn ein erwärmter Körper sich stark ausdehnt, so muß eine starke Erwärmung Ursache davon sein. Dehnt er sich nur schwach aus, so ist auch die Wärme, die ihn ausdehnt, schwächer. Wie die Wirkung, so die Ursache. Das Thermometer oder der Wärmemesser ist ein Werkzeug, an welchem sich die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme leicht beobachten läßt; aus der Stärke seiner Ausdehnung machen wir einen Schluß auf die geringe oder große Wärme, durch welche die Ausdehnung bewirkt ist.

Ein Thermometer besteht aus einer überall verschlossenen, unten mit einer Kugel versehenen Glasröhre; in derselben befindet sich ein flüssiges Metall, Quecksilber. Hält man das Instrument aufrecht, so daß die Kugel sich unten befindet, und berührt man die Kugel mit der Hand, so steigt das Quecksilber, weil es durch die Wärme der Hand ausgedehnt wird. Der Raum in der Glasröhre über dem Quecksilber ist leer, bei der Anfertigung des Thermometers war das obere Ende der Glasröhre offen, die Röhre wurde zum Theil mit Quecksilber gefüllt, dann erhitzte man die Röhre; dadurch wurde die Flüssigkeit ausgedehnt und füllte die ganze Röhre aus, und in diesem Augenblick schmelzte man die Röhre zu. Während des Erkaltes hat sich das Quecksilber zusammengezogen, und über demselben ist ein leerer Raum entstanden. Hätte man oben Luft gelassen, so würde sie, wie sie uns bei starkem Winde das Gehen erschwert, auch dem Steigen des

Quecksilbers Widerstand leisten; sie würde sich auch ausdehnen, wenn es wärmer wird.

Die Thermometeröhre ist gewöhnlich auf ein Brettchen oder Glas befestigt, und auf demselben ist eine Eintheilung angebracht, die von dem Franzosen Réaumur¹⁾ herrührt und bei allen gewöhnlichen Thermometern übereinstimmt. Man hat nämlich gefunden, erstlich, daß das Eis stets bei demselben Grade von Wärme, bei derselben Temperatur, schmilzt, und zweitens, daß das Wasser in ebenen Gegenden immer bei einer und derselben Temperatur kocht. Wenn man daher für ein Thermometer, das gefüllt ist, die Eintheilung anfertigen will, so taucht man seine Kugel zuerst in schmelzendes Eis; wegen der Kälte nimmt das Quecksilber einen kleineren Raum ein und hat einen niedrigen Stand; den Punkt, bis zu dem seine Oberfläche reicht, bezeichnet man an der Röhre und nennt ihn den Eispunkt oder Gefrierpunkt. Sodann hängt man das Thermometer in aufrechter Stellung in die Dämpfe dicht über einem Gefäß mit siedendem Wasser; dann steigt das Quecksilber; den Punkt, den es erreicht, bezeichnet man an der Glasröhre und nennt ihn den Siedepunkt. Den Raum zwischen beiden Punkten theilt man mit Hülfe eines Circels in 80 gleiche Theile und trägt auch über den Siedepunkt hinaus und unter den Eispunkt hinab solche Theile an. Jeder dieser Theile heißt ein Grad. An den Eispunkt schreibt man die Ziffer 0, an den nächsten Theilstrich darüber 1; reicht das Quecksilber bis dahin, so zeigt es einen Grad Wärme; reicht es bis zum Siedepunkte, so zeigt es 80 Grad Wärme. Die Grade unter dem Eispunkte nennt man Kältegrade; an dem ersten Theilstrich unter dem Eispunkte steht wieder 1, am zweiten 2; ist die Oberfläche des Quecksilbers an irgend einem Tage bis zum dritten Theilstrich unter den Eispunkt hinabgesunken, so zeigt es 3 Grad Kälte an. Alle Thermometer, deren Gradeintheilung auf diese Weise eingerichtet ist, stimmen mit einander überein; so viele Grad das eine zeigt, so viel giebt auch das andere an. Für beiderlei Grade hat man eine kurze Bezeichnung eingeführt. + 3°R heißt 3 Grad Wärme nach einem Thermometer, dessen Eintheilung nach Réaumur gemacht ist; - 3°R heißt 3 Grad Kälte nach Réaumur.

Versuch a. Hält man, nachdem die Hand trocken gerieben ist, ihre innere Fläche an die Kugel eines Thermometers, so steigt das Quecksilber auf 29 Grad Wärme. + 29° ist die Blutwärme unseres Körpers.

Versuch b. Im Zimmer muß man das Thermometer gleich weit von den Fenstern und von dem Ofen aufhängen, damit es die Wärme der Luft anzeige. 14 oder 15 Grad Wärme ist die gesündeste Zimmerwärme, die man beim Heizen nicht überschreiten soll.

Versuch c. Um die Wärme der Luft im Freien zu beobachten, darf man das Thermometer nicht in den Sonnenschein hängen, sondern man bringt es auf der Außenseite des Gebäudes, die im Schatten liegt, an. Wir haben im Winter gewöhnlich 5 bis 10 Grad Kälte, im Sommer 15 bis 20 Grad Wärme.

¹⁾ Sprich: Reaumur.

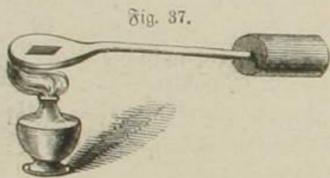
Versuch d. Wird die Kugel des Thermometers in schmelzendes Eis getaucht, so zeigt es 0 Grad. In kochendem Wasser stellt sich das Quecksilber auf + 80 Grad.

Am meisten gebrauchen Gärtner, Krankenwärter, Seidenbauer und Bierbrauer das Thermometer.

§. 40. Das Schmelzen.

Eine Wirkung der Wärme ist die Ausdehnung der Körper. Die Bezeichnungen „Eispunkt“ und „Siedepunkt“ führen uns auf eine andere Wirkung der Wärme. Ein flüssiger Körper wird (nach §. 23) durch die Wärme in Dampf verwandelt. Ein fester Körper, das Eis, schmilzt oder verwandelt sich in flüssiges Wasser. Eis ist aber nicht der einzige feste Körper, welcher bei größerer Wärme flüssig wird.

Versuch a. In einen Blechlöffel, über dessen Stiel zum ungehinderten Anfassen ein Korck geschoben ist, thut man ein Stück Blei und erhitzt es über einer Spirituslampe. Es behält eine Zeitlang seine Gestalt und schmilzt dann plötzlich. So schmelzen auch Eis und fast alle Metalle plötzlich, ohne daß sie vorher weich werden. Wachs, Butter, Fett und Eisen dagegen werden zuerst weich und dann flüssig.



Versuch b. Hält man in ein Gefäß mit Wasser, unter welchem eine brennende Spirituslampe steht, nahe der Oberfläche neben einander außer einem Thermometer ein Stück Talg, ein Stück Wachs und ein Stück Metall, so fängt, während die Wärme des Wassers steigt, zuerst das Talg an zu schmelzen. Das Thermometer zeigt 30 Grad. Später, bei 50 Grad, schmilzt das Wachs. Das Metall schmilzt auch bei der Siedehitze des Wassers noch nicht. Verschiedene Körper schmelzen daher nicht bei demselben Wärmegrade. Der Wärmegrad, bei dem ein Körper schmilzt, heißt sein Schmelzpunkt.

Gesetz: Feste Körper werden durch Wärme in flüssige verwandelt. Die Schmelzpunkte verschiedener Körper sind sehr verschieden.

Versuch c. Wird das in einem Löffel geschmolzene Blei in kaltes Wasser gegossen, so kühlt es sich ab, verliert seine Wärme und wird fest. — Oben an einem brennenden Lichte befindet sich geschmolzenes Talg, Stearin oder Wachs. Löscht man das Licht aus, so wird bei Abnahme der Wärme die geschmolzene Masse wieder fest.

Gesetz: Bei Verminderung der Wärme werden flüssige Körper fest.

Der Schmelzpunkt des Eises ist 0 Grad; Wasser gefriert bei 0 Grad. Wachs schmilzt bei 50 Grad; geschmolzenes Wachs fängt an, fest zu

werden, wenn seine Wärme bis auf 50 Grad gesunken ist. Daher werden flüssige Körper fest, wenn ihre Wärme bis auf ihren Schmelzpunkt abgenommen hat.

Rückblick. 1) **Feste Körper** leiten die Wärme; sie sind entweder gute oder schlechte Wärmeleiter. 2) Feste Körper werden durch Wärme ausgedehnt. 3) Sie schmelzen bei zunehmender Wärme, entweder leicht oder schwer, jenachdem ihr Schmelzpunkt niedrig oder hoch liegt. — **Flüssige Körper** leiten 1) die Wärme, mit Ausnahme des Quecksilbers, schlecht. 2) Sie werden durch Wärme ausgedehnt. 3) Sie sieden bei ihrem Siedepunkte; aber sie verdunsten bei jedem Grade von Wärme. 4) Bei Abnahme der Wärme werden flüssige Körper fest. — Die **Luft** leitet die Wärme schlecht und wird ebenfalls durch Wärme ausgedehnt.

§. 41. Das Emporsteigen erwärmter Luft.

In der Luft treten in Folge der Erwärmung Bewegungen derselben ein.

Versuch a. Hält man einen schmalen Streifen Goldschaum in einer Entfernung von 6 Centimeter über ein angezündetes Licht oder dicht an den oberen Theil des geheizten Ofens, so flattert der Streifen empor. Die Luft über dem Licht und an dem Ofen ist erwärmt, und der Goldschaum ist so beweglich, daß er durch die Luft bewegt wird. Da er emporgestiegen ist, so folgt, daß erwärmte Luft emporsteigt.

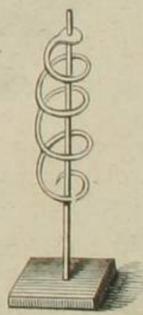
Verwandte Erscheinungen. Fallen Sonnenstrahlen in ein unlängst gereinigtes, noch mit Staub erfülltes Zimmer, so sieht man die Staubtheilchen sammt der durch die Sonnenhitze erwärmten Luft emporsteigen. Bringt man ein Thermometer in einem Zimmer zuerst in die Nähe des Fußbodens, dann in die Nähe der Decke, so findet man, daß in einem Zimmer die wärmere Luft sich oben befindet. Die wärmere Luft steigt daher empor.

Gesetz: Erwärmte Luft steigt in die Höhe.

Durch die Wärme wird die Luft ausgedehnt. Wird die Luft in einem Glase erwärmt, so nimmt sie einen größeren Raum ein, und ein Theil entweicht aus dem Glase. Es sind also weniger Lufttheilchen, die nach der Erwärmung das Glas füllen. Ein Glas voll warmer Luft ist daher leichter, als ein Glas voll kalter Luft. Wie ein Stück Holz, wenn wir es tief in Wasser tauchen, emporsteigt, um nach oben zu gelangen und zu schwimmen, so steigt auch die leichtere, wärmere Luft empor.

Versuch b. Auf dem Emporsteigen erwärmter Luft beruht ein Spielzeug, die tanzende Schlange. Aus dünnem Papier wird ein kreisrundes Stück, von der Größe eines Thalers, geschnitten und zu einem schlangenförmigen Streifen zerschnitten, wobei man am Rande beginnt, in einer Spirallinie mehrmals um den Mittel-

Fig. 38.

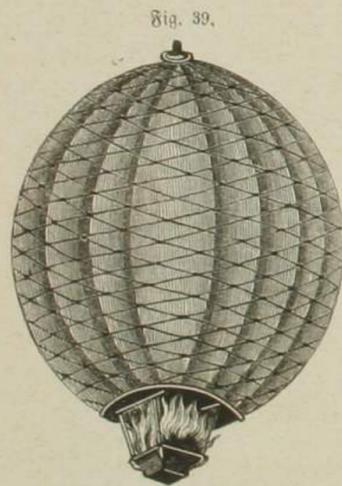


punkt herumschneidet und am Mittelpunkt selbst eine kleine Scheibe stehen läßt. An derselben faßt man die Schlange, die mit mehreren Windungen hinabhängt, mit der Hand und bringt sie über eine Lichtflamme oder in die Nähe des geheizten Ofens. Die emporströmende warme Luft hebt das untere Ende der Schlange empor; durch seine Schwere senkt es sich, wird wieder gehoben und tanzt auf und ab. Auch kann man der Schlange ein Gestell geben, indem man eine Stricknadel auf ein Brettchen befestigt und den Kopf der Schlange oben auf die Nadel feststeckt.

§. 42. Der Luftballon.

Eine Menge erwärmter Luft steigt wegen ihres geringen Gewichtes empor. Fertigt man nun eine Hülle von sehr geringem Gewicht und füllt man dieselbe mit erwärmter Luft, so muß sie emporsteigen, wenn die Umhüllung sammt der erwärmten Luft leichter ist, als eine eben so große Menge kälterer Luft, wie sie im Freien vorhanden ist. Darauf beruhen die Luftballons.

Versuch. Fertigt man einen Luftballon aus gewöhnlichem Papier an, so muß man ihm einen Durchmesser von mindestens 160 Centimeter geben. Man sucht möglichst dünnes, festes Schreibpapier aus und



klebt mit Stärkekleister immer acht Bogen ihrer Länge nach an einander, so daß man Streifen von der Breite eines Bogens und von mehr als $2\frac{1}{2}$ Meter Länge erhält. Solcher Streifen bereitet man sich sechs-zehn und schneidet sie, indem man ihnen in der Mitte ihre ganze Breite läßt, nach den beiden Enden spitz zu. Darauf hängt man an der Decke des Zimmers oder einem passenden Gestelle eine kleine, runde Pappscheibe in wagerechter Stellung auf, klebt einen der lanzettförmigen Papierstreifen mit seinem oberen Ende daran, klebt den zweiten dicht daneben und zugleich seiner Länge nach mit seinem Rande auf den Rand des ersten Streifens. So fährt man fort, bis alle 16 Streifen an die Pappscheibe und an einander befestigt sind. Unten behält der Ballon eine nicht zu kleine, runde Oeffnung, und man klebt die unteren Enden der Papierstreifen um eine zu einem Kreise gebogene Gerte oder um ein spanisches Röhrchen. An dasselbe hängt man unten mittels dünner Eisendrähte oder Klaviersaiten eine Schale aus dünnem Blech, in dieselbe wird Spiritus gegossen und angezündet. Der Ballon

steigt, sobald die in ihm enthaltene Luft durch die Spiritusflamme hinreichend erwärmt ist.

Die Erfinder des Luftballons sind die Brüder Montgolfier¹⁾, Besitzer einer Papierfabrik im südlichen Frankreich. Die Wahrnehmung, daß der Rauch stets emporsteigt, bewog sie, den Rauch eines Strohfeuers sammt der erwärmten Luft in kleine Ballons steigen zu lassen, und dieselben erhoben sich bis zur Decke des Zimmers. Im Jahre 1783 fertigten sie den ersten großen Luftballon aus dünner Leinwand und beklebten ihn inwendig mit Papier; unter der Oeffnung unten im Ballon hing ein mit Stroh gefüllter Feuerkorb. Als dasselbe angezündet ward, stieg der Luftballon zu einer bedeutenden Höhe. Lebende Wesen sind, wenn sie einem solchen Ballon sich anvertrauen, großer Gefahr ausgesetzt; die Flamme im Korbe kann um sich greifen, und der Ballon in Brand gerathen.

Nun hatte man schon früher das Wasserstoffgas, eine Lustart, entdeckt, welche weit leichter ist, als die gewöhnliche Luft. Daher kam der Professor Charles²⁾ zu Paris auf den Gedanken, einen kleinen Ballon aus Seidentaffet fertigen, diesen Stoff durch einen Firniß luftdicht machen zu lassen und den Ballon mit Wasserstoffgas zu füllen. Ein solcher Ballon ist überall verschlossen, und es wird kein Feuer darunter unterhalten.

Mit den ersten Luftballons war kein lebendiges Geschöpf emporgestiegen. Der jüngere Montgolfier brachte um seinen Ballon eine geflochtene Gallerie an, setzte darein ein Schaf, einen Hahn und eine Ente. Diese vollbrachten die Fahrt glücklich und kamen wohlbehalten wieder zur Erde.

Der erste Luftschiffer, welcher am 15. October 1783 in einem mit erhitzter Luft gefüllten Ballon aufstieg, war der Naturforscher Rozier³⁾; bei einer späteren Fahrt, wobei der Ballon in Brand gerieth, verlor er sein Leben. Heutzutage füllt man die Ballons mit einer billigeren, gleichfalls sehr leichten Lustart, mit Leuchtgas, demselben, das zur Gasbeleuchtung verwandt wird; unter einem solchen Ballon wird ebenfalls kein Feuer unterhalten; vielmehr ist er überall verschlossen, bis auf eine Oeffnung im oberen Theile, die von einer Klappe bedeckt wird. Unter dem Ballon hängt eine Gondel, in der die Luftschiffer sich befinden. Sie nehmen Säcke voll Sand mit und werfen dieselben hinab, wenn sie höher steigen wollen. Um zu sinken, öffnen sie die Klappe, durch welche dann Gas ausströmt. Den Ballon zu lenken, ist man nicht im Stande. Unter den Luftschiffen der neuesten Zeit hat der Engländer Green⁴⁾ große Berühmtheit erlangt; mit einem mit Leuchtgas gefüllten Ballon hat er unter anderen Luftfahrten eine von London nach Coblenz in 24 Stunden ausgeführt.

¹⁾ Sprich: Mongolfier.

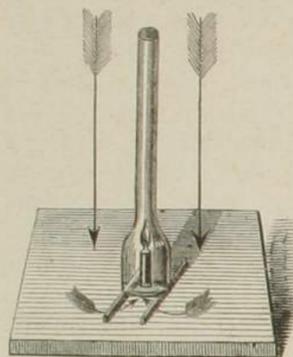
²⁾ Sprich: Scharl.

³⁾ Sprich: Rosier.

⁴⁾ Sprich: Green.

§. 43. Luftzug und Wind.

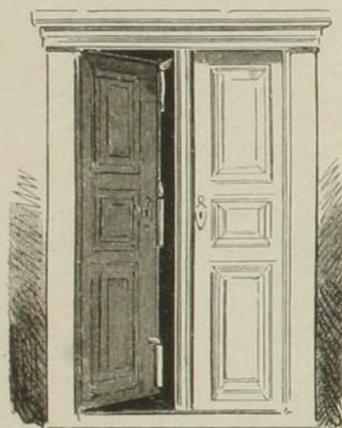
Fig. 40.



an den Zylinder. Die Bewegung des Goldschaums lehrt, daß die kältere Luft unten in den Zylinder einströmt.

Versuch a. Legt man neben ein kurzes, brennendes Licht zwei Holzstäbchen, und stellt man darauf einen Lampencylinder, so flattert ein Streifen Goldschaum, den man über den Zylinder bringt, viel heftiger aufwärts, als es geschehen würde, wenn kein Zylinder da wäre. Durch den Zylinder wird daher das Emporsteigen der Luft, der Luftzug, stärker. Die Luft wird zusammengehalten und drängt sich durch den engeren Raum mit größerer Geschwindigkeit empor. Um zu prüfen, wo die Luft herkommt, die im Innern des Zylinders aufsteigt, bringt man den Goldschaum unten

Fig. 41.



Verwandte Erscheinungen. Tritt man aus der Sonne in den Schatten, so fühlt man gleichfalls einen Luftzug; die Schornsteine bewirken im Großen dasselbe, was die Lampencylinder bewirken.

Gesetz: Die wärmere Luft strömt nach oben, und unten strömt kältere Luft der Wärmequelle zu.

Die Winde. Fortwährend findet ein Hinströmen von kälterer Luft nach wärmeren Stellen der Erde Statt. Ueber einer heißen Gegend des Erdbodens steigt die Luft auf, und nahe der Erdoberfläche dringen kältere Luftströmungen an ihre Stelle. Die Luft ist daher fortwährend in Bewegung, ihre Strömungen nennen wir Winde, und dieselben entstehen meistentheils durch stärkere Erwärmung

irgend einer Stelle des Erdbodens. Sehr regelmäßig zeigen dies die an den Küsten herrschenden Land- und Seewinde; bei Tage weht dort ein Wind vom Meere nach dem Lande, weil dies durch die Sonnenstrahlen schneller erwärmt wird; nach Sonnenuntergang bleibt das Wasser länger warm, und das Land erkaltet schneller, darum weht der Wind dann nach der See zu.

§. 44. Die Entstehung des Schalles.

Einen heftigen Wind nehmen wir durch zwei unserer Sinne wahr, durch unser Gefühl und durch das Gehör. Weil die sich bewegende Luft unsern Körper trifft, erregt sie unser Gefühl. Wenn der Wind einen festen Körper trifft, so hören wir ihn.

Fällt ein Stein auf den Fußboden, so vernehmen wir in dem Augenblicke, wo er denselben trifft, einen Schall. Hätte der Stein sich nicht bewegt, so hätten wir keinen Schall wahrgenommen. Die Ursache des Schalles ist also die Bewegung eines Körpers.

Versuch a. Schlägt man gegen ein Octablatt Papier, dessen einen Rand man mit der linken Hand festhält, mit der andern Hand, so tritt eine Bewegung des Papiers ein, und gleichzeitig erfolgt ein Schall. Die anstoßende Hand hat sich von rechts her bewegt. Darum ist eine Bewegung des Papiers nach der linken Seite erfolgt. Aber damit hat seine Bewegung nicht ihr Ende erreicht; es bewegt sich zurück nach der rechten Seite. Die Bewegung des Papiers ist ähnlich der des Pendels; sie ist eine schwingende Bewegung.

Versuch b. Läßt man in ein Glas voll Wasser ein kleines Stück Holz fallen, so vernimmt man beim Zusammenstoßen des Holzes und des Wassers einen Schall. Das Wasser aber ist in eine auf- und niedersteigende, schwingende Bewegung gerathen.

Verwandte Erscheinungen. Beim Zuschlagen einer Thür fühlen wir im ganzen Stockwerk eine schwingende Bewegung; fassen wir ein tönendes Weinglas an, und hemmen wir dadurch seine Bewegung, so hört es auf zu tönen; dasselbe ist mit einer Violin- oder Klaviersaiten der Fall; bei den Pfeifen und Blasinstrumenten setzen wir durch Hineinblasen die darin befindliche Luft in schwingende Bewegung; auch beim Knall einer Peitsche oder eines Gewehrs schwingt die Luft hin und her; bei heftigem Kanonenschuss treffen die Schwingungen, die sich in der Luft fortpflanzen, die Fenster und zerbrechen dieselben. Ueberhaupt verbreiten sich die Schwingungen in der Luft und kommen bis in unser Ohr.

Gesetz: Der Schall entsteht durch die schwingende Bewegung eines Körpers.

§. 45. Die Höhe des Tons.

Versuch. Spannt man einen Faden, der mit seinem einen Ende an einen Tischfuß gebunden, darauf empor über die Tischplatte geführt

und mit einer Hand hinter einem Holzstückchen niedergedrückt ist, mit der einen Hand das eine Mal stärker, als das andere, und bringt man ihn jedes Mal durch Anreißen mit einem Finger zum Tönen, so ist der Ton bei stärkerer Spannung höher. — So werden auch

Fig. 42.



beim Stimmen einer Violine oder eines Klaviers die Saiten, welche einen zu tiefen Ton geben, stärker gespannt. Beachten wir die Schwingungen des Fadens, wenn er am schwächsten gespannt ist und den tiefsten Ton giebt, so gehen sie so langsam vor sich, daß wir sie sehen können. Wird der Ton höher, so werden die Schwingungen wegen ihrer Schnelligkeit weniger sichtbar, bis sie so schnell erfolgen, daß sie sich unserer Beobachtung entziehen.

Gesetz: Ein Körper giebt einen desto höheren Ton, je schneller er schwingt.

§. 46. Elastische Körper.

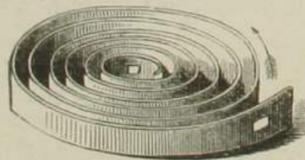
Ein Faden, den man zum Tönen bringt, kehrt nach seiner schwingenden Bewegung in seine frühere Lage zurück. Zu Saiteninstrumenten nimmt man Saiten, weil diese leicht in ihre frühere Lage zurückkehren; durch das Anreißen mit dem Finger werden sie ausgedehnt; allmählig zurückkehrend, ziehen sie sich wieder zusammen.

Versuch a. Zieht man ein Stückchen elastisches Gummi auseinander, und läßt man dann sein eines Ende los, so zieht es sich wieder zusammen und nimmt seine frühere Gestalt wieder an. — Wenn man umgekehrt das Gummi zusammendrückt, so dehnt es sich wieder zu seinem früheren Umfange aus.

Versuch b. Wickelt man um einen Bleistift in mehrfachen Windungen einen Draht, so entsteht eine Feder, ähnlich den Springsfedern in Sophas und Polsterstühlen. Etwas auseinander gezogen und dann sich selbst überlassen, zieht sie sich wieder zusammen; zusammendrückt und losgelassen, schnellt sie auseinander.

Ähnlich, wie eine angeschlagene Saite, wird die Sehne der Armbrust beim Spannen derselben ausgedehnt und zieht sich zusammen, indem sie in ihre frühere Lage zurückschnellt. In den Thürschlössern sind

Fig. 43.



Federn angebracht; öffnet man die Thür, so wird die Feder gespannt; läßt man die Thürklinke los, so wird sie durch die Feder hinabgedrückt. In den Taschenuhren befinden sich zwei spiralförmige Federn aus Stahl (von der in der Figur 43 gezeichneten Gestalt), eine größere und eine kleinere. Die größere vertritt die Stelle der Uhrgewichte; durch Umdrehen des Uhrschlüssels wird sie gespannt, dehnt sich allmählig wieder aus und dreht dabei das Räderwerk um; die kleinere Spiralfeder ist an dem

einen Ende befestigt, während ihr anderes Ende frei beweglich ist; sie schwingt hin und her und ersetzt das Pendel der Uhr.

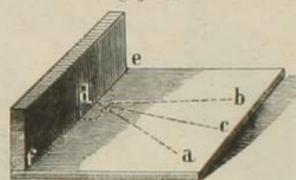
Die besprochenen Körper sind elastische Körper. Elastische Körper nehmen, wenn sie durch eine Kraft zusammengedrückt oder ausgedehnt sind, nachher ihre frühere Gestalt wieder an.

Versuch c. Wenn man einen Tisch dicht an eine Wand es rückt und einen Gummiball von dem Punkte e der Tischplatte so gegen die Wand rollt, daß er sie unter rechten Winkeln trifft, so kehrt der Ball auf demselben Wege zurück, den er beim Hingang durchlaufen hat.

Beim Zusammenstoßen mit der Wand ist der Ball eingedrückt. Befindet er sich dicht an derselben, so hat er, weil er elastisch ist, das Bestreben, sich wieder auszudehnen. Dies ist aber nur möglich, indem er sich von der Wand entfernt und zurückprallt. —

Läßt man den Ball in schräger Richtung die Wand treffen, so daß ad sein Weg ist, so prallt er auch in schräger Richtung wieder zurück; er bewegt sich eben so schräg nach der andern Seite und durchläuft den Weg db.

Fig. 44.



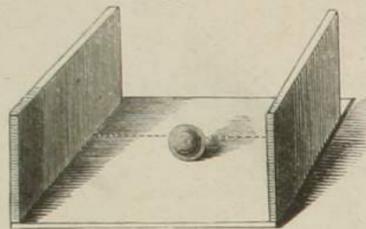
§. 47. Das Echo.

Wie ein elastischer Ball, so wird auch der Schall zurückgeworfen; und wie der unter rechten Winkeln eine Wand treffende Ball eben dahin zurückkehrt, woher er gekommen ist, eben so der Schall, wenn er als **Echo** zurückkehrt. Wo sich ein Echo findet, da findet sich auch eine zurückwerfende Wand, ein Felsen, eine Mauer oder ein Wald. Die Schwingungen eines schallenden Körpers theilen sich der Luft mit, die ihn umgiebt, und verbreiten sich, gleich den Wasserschwingungen um einen in's Wasser geworfenen Stein, nach allen Seiten. An einer Stelle treffen sie auf die zurückwerfende Wand. Durch dieselbe werden sie genöthigt, umzukehren und nach dem Ort ihrer Entstehung zurückzugehen. Kommt der zurückgeworfene Schall sehr schnell nach dem ursprünglichen, so ist unser Ohr nicht im Stande, beide zu unterscheiden, und vernimmt nur einen, aber stärkeren, Schall. So schnell, daß beide zusammenfallen, kommt der zurückgeworfene Schall in einem Zimmer, dessen zurückwerfende Wände nahe sind. Hier entsteht eine **Verstärkung** des Schalles; deshalb wird ein Redner in einem Zimmer leichter verstanden, als im Freien. — In größeren umschlossenen Räumen, in Kirchen und Sälen, kommt der zurückgeworfene Schall etwas später; sein Anfang fällt mit dem Ende des ursprünglichen Schalles zusammen, verlängert ihn und macht ihn undeutlich. Der theilweise mit dem ursprünglichen zusammenfallende Schall wird der **Nachhall** genannt. — Damit ein Echo entstehe, muß die zurückwerfende Wand hinreichend entfernt sein. Der zurückgeworfene Schall muß sich von dem ursprünglichen deutlich unterscheiden lassen; der Anfang des

zurückgeworfenen muß bei unserm Ohre später ankommen, als das Ende des ursprünglichen Schalles zu hören ist. Soll das Echo zwei Sylben wiederholen, so muß der Schall erst dann zurückkehren, wenn zwei Sylben gesprochen sind; die Schallschwingungen müssen doppelte Zeit unterwegs, und die zurückwerfende Wand muß doppelt so weit entfernt sein.

Wo das Echo einen Schall mehrere Mal wiederholt, da geschieht die Zurückwerfung durch mehrere Wände, die meistens einander gegenüber stehen.

Versuch. Bewegt man einen zwischen zwei lothrecht aufgestellten Brettern oder Büchern liegenden Gummiball mit hinreichender Kraft gegen das eine Brett, so wird er von diesem dem zweiten, von dem zweiten wieder dem ersten zugeworfen und kehrt von diesem öfter zurück. — So geschieht es auch bei dem mehrmaligen Echo. Ein zwischen zwei günstig gelegenen Wänden gesprochenes



Wort wird zuerst von der einen, dann von der andern Wand zurückgeworfen und vom Ohr vernommen.

§. 48. Die Zurückwerfung des Lichts und die Dämmerung.

Wie der Schall, so wird auch das Licht zurückgeworfen. Die Zurückwerfung des Schalles ist hörbar, die des Lichtes ist sichtbar.

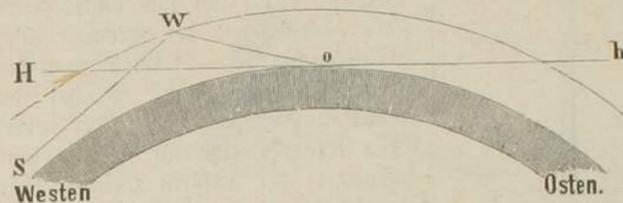
Versuch a. Legt man einen kleinen Spiegel waagrecht in den Sonnenschein, so nimmt man an einer Wand oder der Decke des Zimmers eine hell beleuchtete Stelle wahr, die vorher dunkel gewesen ist. Die von der Sonne kommenden Lichtstrahlen würden diese Stelle nicht getroffen haben, wenn der Spiegel nicht da wäre. Durch den Spiegel ist ihr Weg geändert, sie sind von ihm zurückgeworfen.

Versuch b. Hat man eine Lampe angezündet, aber die Glocke oder den Schirm der Lampe nicht aufgesetzt, und betrachtet man nun den Raum um den Fuß der Lampe, so wird man ihn ziemlich dunkel finden; es gelangen in denselben sehr wenige Strahlen von der Lampenflamme. Setzt man dagegen die Glocke auf die Lampe, so zeigt sich der Raum rings um ihren Fuß vorzugsweise erhellt. Jetzt kommen dorthin Lichtstrahlen, die früher einen andern Weg nahmen. Diese Aenderung ist durch den Lampenschirm hervorgebracht; die Strahlen, die von der Flamme nach allen Seiten hin ausgehen, fallen auf den Schirm und werden von ihm nach unten zurückgeworfen.

An Wandleuchtern befindet sich hinter der Kerze gewöhnlich ein Metallschirm, der die Stärke der Beleuchtung vermehrt, indem er uns die auf ihn fallenden Strahlen zuwirft. Dieser Schirm wird blank gehalten. Denn die Körper werfen desto mehr Licht zurück, je glatter ihre Oberfläche ist.

Die Dämmerung. Wie die Lampenschirme oder Lampenglocken, wirkt im Großen die Luft. Wenn die Sonne bereits untergegangen ist und uns ihre Lichtstrahlen nicht mehr auf geradem Wege zusenden kann, treffen einige derselben noch die Luftschichten des westlichen Himmels und werden von diesen uns zugeworfen. Daher die Dämmerung, das Halbdunkel nach Sonnenuntergang.

Fig. 46.



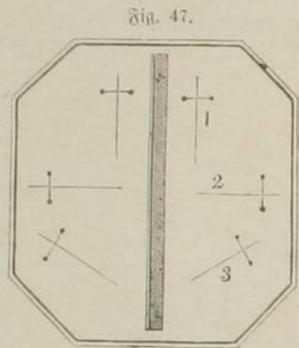
In der Zeichnung ist o ein Ort auf der Erde; in S steht die untergegangene Sonne; W sind Luftschichten des westlichen Himmels, welche von den Strahlen S W getroffen werden und uns dieselben zuwerfen, so daß diese den Weg W o nehmen. Am Morgen aber beleuchtet die Sonne, schon ehe sie beim Aufgange sich unseren Blicken zeigt, die Luftschichten des östlichen Himmels; diese werfen uns die auf sie fallenden Strahlen zu und bewirken so die Morgendämmerung, die den allmählichen Uebergang von der Finsterniß der Nacht zur völligen Tageshelle bildet.

§. 49. Der ebene Spiegel.

Der gewöhnliche oder ebene Spiegel wirft sehr viele Lichtstrahlen zurück. Er besteht aus einer Metallbelegung und einer Glasscheibe. Zur Belegung wird dünn gewalztes Zinn und Quecksilber verwandt. Da das Glas glatt ist, so wird auch das Metall, das sich dicht und fest an dasselbe hängt, blank und glatt und leistet dieselben Dienste, als wäre es polirt. Die glatte Metallbelegung ist die spiegelnde Fläche. Glas spiegelt zwar auch, doch, wie man an einem waagrecht auf dem Tische liegenden Stück Glas sehen kann, nur dann hinreichend deutlich, wenn man in schräger Richtung darauf sieht. Steht daher seitwärts von einem Spiegel ein brennendes Licht, und sieht man von der andern Seite her in schräger Richtung auf den Spiegel, so nimmt man zwei Bilder wahr; eins ist durch die Spiegelung im Glase, das andere durch die spiegelnde Belegung entstanden. Sieht man weniger schräg nach dem Spiegel, so ist das durch die Spiegelung im Glase entstehende Bild so schwach und so wenig deutlich, daß man es nicht wahrnimmt.

Versuche. Aus einem Bleistift und zwei in denselben geschobenen Stecknadeln kann man ein Kreuz bilden und untersuchen, wie das Kreuz sich in dem lothrecht gehaltenen Spiegel abbildet. 1) Lothrecht davor gehalten, erscheint das Kreuz in lothrechter Stellung abgebildet. Das Bild ist in Gestalt und Größe dem Gegenstande gleich. Es

liegt eben so weit hinter dem Spiegel, als der Gegenstand vor dem Spiegel. Entfernt man den Gegenstand weiter, so scheint auch das Bild weiter hinter dem Spiegel zu liegen. 2) Siebt man dem Kreuz wagerechte Stellung, und bringt man seinen Fuß nahe an den Spiegel, so liegt das Bild wagerecht; der Fuß des Kreuzes bildet sich nahe hinter dem Spiegel, der obere Theil des Kreuzes in größerer Entfernung ab. 3) Siebt man dem Kreuz eine schräge Lage, so hat das Bild ebenfalls schräge Lage; der obere Theil des Kreuzes erscheint weiter hinter dem Spiegel, der Fuß in geringer Entfernung abgebildet.



Gesetz: Die Bilder in einem ebenen Spiegel liegen eben so weit hinter dem Spiegel, als der Gegenstand vor demselben liegt, und haben mit ihm gleiche Gestalt und Größe.

Von dem Gegenstande geht Licht aus und bewegt sich nach allen Seiten in geraden Linien. Der Spiegel ist ähnlich einer zurückwerfenden Wand, von der ein Ball abprallt. Ist in Fig. 44 *ef* der Spiegel, und befindet sich in *b* der Gegenstand, so gehen von *b* Lichtstrahlen in der Richtung *bd* nach dem Spiegel und werden von ihm nach *a* zurückgeworfen. Ein in *a* befindliches Auge sieht daher das Bild in der Richtung *ad*. Das Bild erscheint aber nicht in dem Punkte *d*, sondern hinter dem Spiegel. Wenn wir nämlich einen Gegenstand in der Nähe betrachten, so erscheint er uns deutlicher und heller, als in der Entfernung; nahe bei einer Flamme leuchten die Strahlen mehr, als in der Ferne. Daher nehmen wir von einem schwach beleuchteten Gegenstande stets an, er sei entfernter. Dies wenden wir auf unser Bild im Spiegel an. Die Lichtstrahlen haben die Wege *bd* und *da* zurückgelegt. Kämen sie von *d* her, so würden sie größere Helligkeit besitzen und auf das Auge einen stärkeren Eindruck machen. Daher sieht das Auge zwar das Bild in der Richtung *ad*; wir urtheilen aber, daß es weiter entfernt, also in der Verlängerung von *ad*, hinter dem Spiegel liegt.

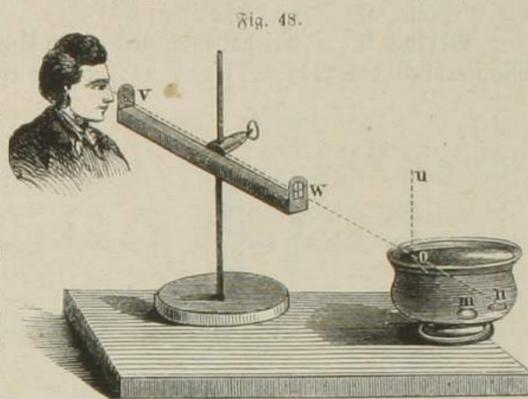
Außer den gewöhnlichen Spiegeln bieten ähnliche Erscheinungen der Wasserspiegel oder die Oberfläche eines Flusses oder Sees, welche in ruhigem Zustande die Gegenstände am Ufer abspiegelt, blankte Metallplatten und gut polirtes Holz.

§. 50. Die Brechung der Lichtstrahlen.

Versuch a. Hält man in ein mit Wasser gefülltes Trinkglas einen Bleistift in schräger Stellung, so scheint derselbe an der Oberfläche des Wassers eingebrochen. Wir sehen den Bleistift darum, weil er unserm Auge Lichtstrahlen zusendet; diese gehen jetzt nicht mehr bloß,

wie sonst, durch die Luft, sondern sie gehen durch Wasser, und aus dem Wasser in die Luft, und sobald sie aus dem einen dieser durchsichtigen Stoffe in den andern gelangen, ändern sie ihre Richtung; ihr Weg ist nicht mehr eine gerade Linie, sondern eine gebrochene; die Lichtstrahlen werden gebrochen.

Versuch b. In eine Obertasse oder eine Schüssel wird eine Münze *m* gelegt. Man stellt sich so, daß man in die Schüssel hineinsehen kann, die Münze aber durch den oberen Rand der Schüssel dem Auge verdeckt wird. Läßt man jetzt durch einen Andern Wasser in die Schüssel gießen, so erscheint das Geldstück gehoben, und man sieht es, ohne daß das Auge seine Stellung geändert hat. Die von der Münze ausgehenden Lichtstrahlen nehmen einen andern Weg, als zuvor, einen Weg, der eine gebrochene Linie *mowv* bildet. Um ohne Hilfe eines Andern den Versuch anzustellen, bezeichnet man durch ein Lineal die Richtung, in der die Münze im leeren Gefäß eben verdeckt ist.



Versuch c. Bei den beiden vorhergehenden Versuchen gingen die Lichtstrahlen in schräger Richtung aus einem durchsichtigen Stoffe in einen andern; beim Uebergange wurden sie von ihrer Richtung abgelenkt oder gebrochen. Stellt man dagegen den Bleistift lothrecht auf, und hält man das Auge darüber, so erscheint der Stab nicht gebrochen. Ebenso erscheint, wenn sich das Auge lothrecht über der Münze befindet, und dann Wasser in das Gefäß gegossen wird, die Münze nicht an einem andern Orte, als zuvor. Eine Brechung der Lichtstrahlen tritt folglich nur dann ein, wenn die Strahlen in schräger Richtung in einen andern durchsichtigen Körper übergehen.

Gesetz: Lichtstrahlen, welche in schräger Richtung aus einem durchsichtigen Körper in einen andern übergehen, werden beim Uebergange gebrochen.

Verwandte Erscheinungen. Klare Wasser erscheinen uns stets weniger tief, als sie sind, weil durch die Strahlenbrechung der Grund emporgehoben wird, und eben so erscheinen die Fische im Wasser stets an einem höheren Orte, als sie sich wirklich befinden.

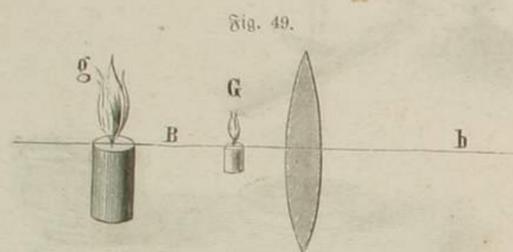
§. 51. Das erhabene Brillenglas.

Wie der Weg des Lichtes verändert wird, wenn es aus Wasser in die Luft gelangt, so wird seine Richtung auch durch dickere Gläser, z. B.

durch erhabene Gläser, eine andere, und die Gegenstände erscheinen uns, durch ein solches Glas betrachtet, anders, als sie sind.

Versuch a. Man nimmt ein auf beiden Seiten erhabenes Brillenglas oder ein Brennglas und zündet ein Licht G an. Dann schließt man das eine Auge, hält das Brennglas vor das andere und nähert sich dem Lichte bis auf mehrere Centimeter. Man erblickt das Licht in derselben, aufrechten Stellung, aber vergrößert. Daher dienen die erhabenen Gläser als Vergrößerungsgläser.

Versuch b. Dabei hat man noch einen Umstand unbeachtet gelassen. Man erblickt das Licht vergrößert; aber es erscheint nicht an derselben Stelle, wo es steht.



Man schließt das eine Auge, hält das Brennglas dicht vor das andere und betrachtet die Lichtflamme aus der nächsten Nähe. Dann aber entfernt man schnell das Brennglas nach der Seite hin, so daß man das Licht mit dem unbewaffneten Auge sieht, und man macht die Wahrnehmung, daß das Licht in Wirklichkeit dem Auge näher steht, als es, durch das Glas betrachtet, erscheint.

Gesetz: Einem Auge, welches sich dicht hinter einem erhabenen Brillenglase befindet, erscheinen die durch dasselbe betrachteten Gegenstände vergrößert und weiter entfernt.

Solchen Menschen, die viel im Freien leben und gewohnt sind, auf ferne Gegenstände ihre Augen zu richten, fällt es schwer, nahe Gegenstände deutlich zu erkennen; es vermindern sich im vorgerückten Alter die Flüssigkeiten im Auge; ältere Leute halten dann die Gegenstände, die sie sehen wollen, weit von dem Auge entfernt und können des Abends kaum anders lesen, als wenn sie das Buch hinter das Licht halten. Ihr Auge ist weitsichtig geworden und sieht nur weiter entfernte Gegenstände. Da nun ein erhabenes Brillenglas, wenn es sich dicht vor dem Auge befindet, uns nahe Dinge so darstellt, als ständen sie in größerer Entfernung, Weitsichtige aber Gegenstände in solcher Entfernung deutlich sehen, so sind die erhabenen Gläser passende Brillengläser für Weitsichtige.

§. 52. Das vertiefte Brillenglas.

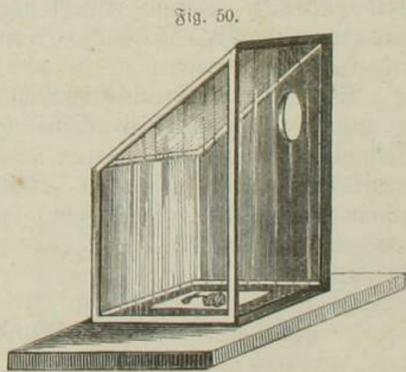
Versuch. Betrachtet man durch eine Brille mit hohl geschliffenen, vertiefsten Gläsern, wie sie von Kurzsichtigen getragen wird, aus der Entfernung von etwa einem Meter eine angezündete Kerze, so werden die von ihr kommenden Strahlen so gebrochen, daß das Licht verkleinert, aber sehr deutlich erscheint. Darauf hält man das Glas dicht

vor das eine Auge und sieht mit demselben unverwandt auf das etwas entfernte Licht; dann aber schiebt man das Glas schnell von dem Auge abwärts. Bei aufmerkamer Beobachtung findet man, daß das Licht in Wirklichkeit weiter entfernt ist, als es durch die Brille ausfiel. Durch vertiefte Gläser betrachtet, erscheinen uns die Gegenstände näher.

Manche Menschen erkennen nur Gegenstände, die durch einen kurzen Zwischenraum von ihrem Auge getrennt sind, sie sind kurzsichtig. Ein vertieftes Brillenglas bringt dem Auge entfernte Gegenstände näher; deshalb sind die vertiefsten Gläser passende Brillengläser für Kurzsichtige. Wäre das Glas aber zu sehr vertieft oder, wie man zu sagen pflegt, zu scharf, so würde es die Gegenstände dem Auge allzu nahe bringen und dasselbe gewöhnen, in noch geringerer Entfernung zu sehen, als es pflegt, und somit seine Kurzsichtigkeit noch vermehren. Darum ist bei der Auswahl einer Brille Vorsicht nöthig; darum schadet aber auch eine Brille einem gesunden Auge, und darum kann es keine Conservirbrillen geben. Die Schärfe der Brillen richtet sich nach Nummern, welche die Optiker ihnen geben; je kleiner die Nummer, desto schärfer ist die Brille.

§. 53. Der Guckkasten.

In der Vorderwand eines Guckkastens nehmen wir ein erhabenes Glas, ein Vergrößerungsglas, wahr. Demselben gegenüber ist oben, längs der schrägen oberen Wand des Kastens, ein Spiegel befestigt. Die Hinterwand des Guckkastens wird geöffnet, damit das Tageslicht oder Lampenlicht die zu betrachtenden Bilder, Gemälde von Landschaften oder Kunstwerken, hell genug beleuchte. Die Bilder werden so gelegt, daß sie für den Beschauer auf dem Kopfe stehen. Durch das erhabene Glas betrachtet, erscheinen sie aufrecht, vergrößert und in weiterer Entfernung.



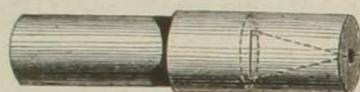
Versuch. Um zu finden, welche Dienste der Spiegel in seiner schrägen Stellung leistet, legt man eins der Guckkastenbilder oder einen anderen Gegenstand wagerecht auf den Tisch, so daß er für den Beschauer auf dem Kopfe steht. Darüber hält man in schräger Stellung einen kleinen Spiegel. Man nimmt in demselben ein aufrechtes Bild des liegenden Gegenstandes wahr. In einem schräg aufgestellten Spiegel bilden sich wagerecht liegende Gegenstände in lothrechter Stellung ab.

Das aufrechte Bild der Landschaft, welches im Spiegel erscheint, wird durch das erhabene Glas betrachtet und muß sich, durch dasselbe angesehen, dem Auge vergrößert und entfernter darstellen.

§. 54. Die Bilder in einem dunkeln Raume.

Man kann sich ohne Anwendung eines Glases oder Spiegels eine Vorrichtung anfertigen, in welcher die Gegenstände sich abbilden. Man

Fig. 51.



fertigt zwei Röhren aus Pappe, etwa von 15 Centimeter Länge, die eine etwas weiter als die andere; die engere schließt genau an die inneren Wände der

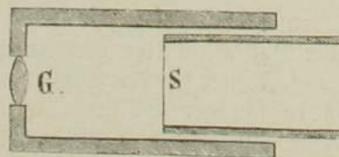
weiteren Röhre an und läßt sich in derselben hin- und herschieben. An einem Ende wird die weitere Röhre verschlossen durch ein Stück Pappe, in dessen Mitte man mit einer Nadel eine kleine Oeffnung sticht. Die engere Röhre bleibt gleichfalls an einem Ende zum Hineinsehen offen; an dem anderen Ende wird sie durch Stroh- oder Seidenpapier verschlossen, das über die Oeffnung geklebt wird. Mit diesem Ende wird die engere Röhre in die weitere geschoben.

Versuch. Hält man die Vorrichtung mit der durchstochenen Vorderwand gegen das Tageslicht, so sieht man bei einer passenden Stellung der engeren Röhre alle hell beleuchteten Gegenstände auf dem durchscheinenden Papier abgebildet, und zwar mit ihren natürlichen Farben, aber verkehrt. Daraus ergibt sich, daß alle Gegenstände Licht, und zwar farbige Lichtstrahlen aussenden und eben dadurch uns sichtbar werden.

Stellt man ein brennendes Licht vor die Oeffnung der Vorderwand, so geht von der höchsten Spitze der Flamme ein Strahl durch die Oeffnung abwärts und gelangt nach einer tieferen Stelle des Seidenpapiers; umgekehrt gehen die Strahlen von dem unteren Theile der Flamme durch die Oeffnung schräg nach oben. Die Flamme muß sich also verkehrt abbilden, weil die von ihr ausgehenden Strahlen sich durchkreuzen.

§. 55. Die dunkle Kammer und die Lichtbilder.

Fig. 52.



Das Innere beider Röhren ist mit dunklem, schwarzem Papier beklebt. Wird das Glas einem hellen Gegenstande zugewandt, und die innere

Röhre passend verschoben, so bildet sich derselbe auf dem Seidenpapier S ab, und zwar kleiner und bei weitem deutlicher, als bei dem vorhergehenden Versuche.

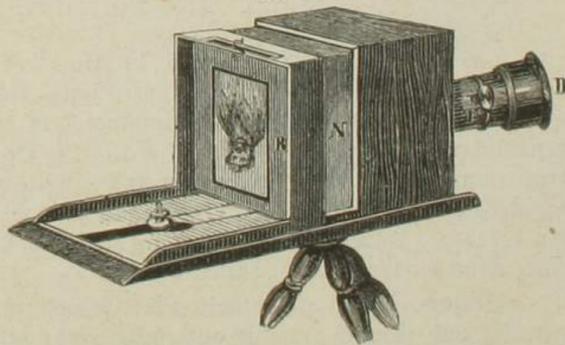
Der Grund davon liegt in den beiden Veränderungen, die mit der Vorrichtung vorgenommen sind. Die dunkle Bekleidung der inneren Wände bewirkt, daß kein fremdes Licht auf das Papier gelangt und das Bild undeutlich macht. Sie ist die Ursache, der die Vorrichtung den Namen „dunkle Kammer“ (oder camera obscura) verdankt. Wichtiger aber ist noch das erhabene Glas, welches an die Stelle der engen Oeffnung getreten ist. Durch die kleine Oeffnung konnten nur wenige der von dem Gegenstande ausgehenden Lichtstrahlen gelangen; darum war das Bild matt und wenig deutlich. Mit der Vergrößerung der Oeffnung allein wird diesem Uebelstande aber nicht abgeholfen; vielmehr würden die von irgend einem Theile des Gegenstandes kommenden Lichtstrahlen sich über einen großen Raum ausbreiten, und außerdem viel Licht von anderen Gegenständen eindringen und die Entstehung eines Bildes unmöglich machen. Das erhabene Glas läßt viele Lichtstrahlen hindurch, es hindert jene Ausbreitung, da es sie zu vereinigen strebt. Werden aber die Lichtstrahlen einander genähert, so wird das verkehrte Bild kleiner. So gründet sich die dunkle Kammer auf das

Gesetz: Durch ein erhabenes Glas werden entfernte Gegenstände verkehrt und verkleinert abgebildet.

Die Lichtbilder oder Photographien. Die camera obscura wird zur Anfertigung der Lichtbilder oder Photographien angewandt. Die Herstellung derselben beruht darauf, daß das Licht Veränderungen in zusammengesetzten Körpern hervorbringt und besonders Jodsilber und Chlorsilber in sehr kurzer Zeit in ihre Bestandtheile zersetzt. Man überzieht in einem dunklen Raume eine Seite einer Glastafel mit einer Flüssigkeit (Collodium), welche Jodsilber enthält, und bringt die Glastafel an die Stelle in der camera obscura, an welcher durch das erhabene Glas ein deutliches Bild eines Gegenstandes entworfen wird.

Die zum Photographiren dienende camera obscura in Fig. 53 besteht aus zwei Kästen, die sich in einander schieben lassen. Der weitere Kasten trägt eine Röhre, in welche bei D ein erhabenes Glas oder eine Zusammenstellung erhabener Gläser eingesetzt ist. In den engeren Kasten N paßt ein Rahmen R, in welchen die Glastafel geschoben wird. Das erhabene Glas bei D und

Fig. 53.



der kleinere Kasten lassen sich so stellen, daß auf der Glastafel in K ein deutliches Bild entsteht.

Durch die Einwirkung des Lichtes wird das Jodsilber in Jod und in Silber zerlegt, und diese Zerlegung tritt am vollständigsten an den hellsten Stellen des Bildes ein. Nach wenigen Sekunden wird die Glastafel aus der dunkeln Kammer genommen, und durch Uebergießen mit Gallussäure wird das Jod, wo es von dem Silber durch das Licht geschieden ist, ganz von der Tafel abgelöst. An den Stellen des Bildes, welche die hellsten Stellen des Gegenstandes darstellen, ist nur Silber übrig geblieben, aber schwarz geworden; dagegen sind die Stellen des Bildes, welche die dunkelsten Stellen des Gegenstandes darstellen, hell geblieben. Ein solches Bild, auf welchem sich die hellen Stellen des Gegenstandes dunkel und die dunklen Stellen des Gegenstandes hell darstellen, heißt ein **negatives Bild**. Damit das in der camera obscura entstandene negative Bild fortan nicht weiter durch das Licht verändert werde, wird es eine Zeit lang in eine Salzlösung getaucht. Das negative Bild wird dann benutzt, um eine beliebige Anzahl von positiven Bildern anzufertigen. Ein **positives Bild** ist ein solches, auf welchem die hellen Stellen des Gegenstandes hell, und die dunklen Stellen des Gegenstandes dunkel erscheinen. Man bereitet dazu photographisches Papier; dasselbe ist von Chlorsilber durchdrungen, wird unter die Glasplatte mit dem negativen Bilde gelegt und dem Tageslichte so ausgesetzt, daß dasselbe nur durch die Glasplatte zu dem Papier gelangen kann. Die hellen Stellen des negativen Bildes lassen am meisten Licht durch, unter ihnen wird das Papier dunkel; die dunklen Stellen des negativen Bildes dagegen lassen am wenigsten Licht durch, unter ihnen bleibt das Papier hell. Durch die Einwirkung des Tageslichtes wird daher das Chlorsilber zerlegt, so daß auf dem Papier ein positives Bild entsteht. Das Papier wird nachher in eine Salzlösung getaucht und dadurch gegen fernere Einwirkung des Lichtes geschützt.

§. 56. Das Mikroskop.

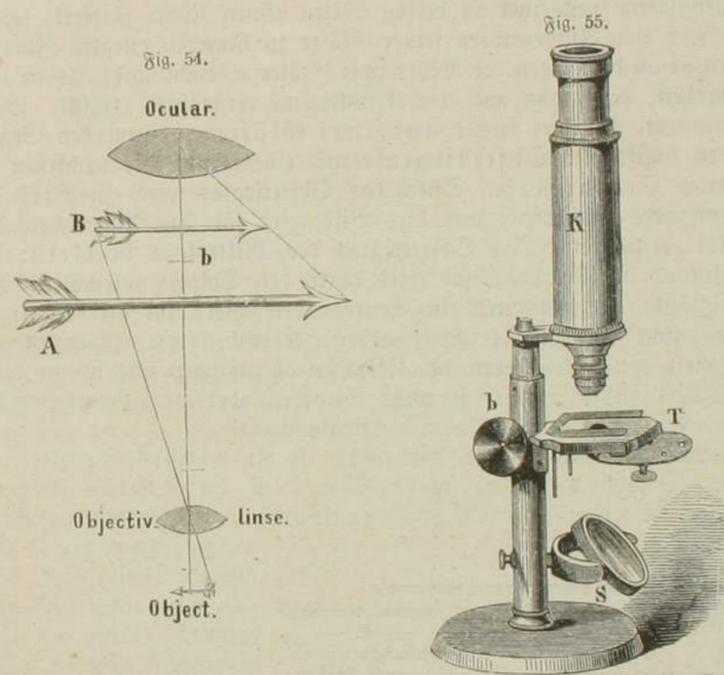
Das erhabene Glas wirkt 1) als Brennglas, indem es die Sonnenstrahlen in einen Punkt vereinigt. Es dient 2) als Vergrößerungsglas, weil nahe Gegenstände dem dicht hinter dem Glase befindlichen Auge größer erscheinen. Da 3) die Gegenstände in größerer Entfernung sich darstellen, wenn man sie durch ein solches Glas betrachtet, so ist es ein zweckmäßiges Brillenglas für Weitsichtige. Durch ein erhabenes Glas entstehen 4) umgekehrte Bilder, welche klein sind, wenn die Gegenstände entfernt sind.

Versuch. Wenn als abzubildender Gegenstand eine brennende Kerze gewählt und ziemlich entfernt aufgestellt wird, bildet sie sich durch ein erhabenes Glas umgekehrt und verkleinert ab. Rückt man sie dem Glase näher, so bleibt das Bild umgekehrt, wird größer und übertrifft zuletzt an Größe den Gegenstand.

Gesetz: Durch ein erhabenes Glas entstehen von nahen Gegenständen umgekehrte, vergrößerte Bilder.

Hält man ein zweites erhabenes Glas dicht an's Auge, und betrachtet man aus geringer Entfernung das vergrößerte Bild, das durch das erste Glas auf dem Papier entstanden ist, so erblickt man es noch ein Mal vergrößert. Darauf beruht das zusammengesetzte Vergrößerungsglas oder Mikroskop. (Fig. 54 und 55.)

Das Mikroskop besteht aus zwei erhabenen Gläsern, die an den Enden einer lothrecht aufgestellten Röhre K angebracht sind. Das untere Glas heißt das Objectivglas oder die Objectivlinse, weil es sich nicht weit von dem Gegenstande oder Objecte (dem Pfeile) befindet.

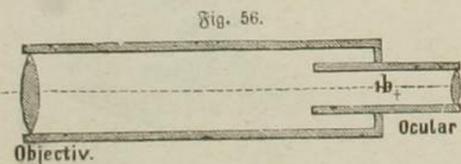


Durch das Objectivglas entsteht von dem nahen Gegenstande ein vergrößertes, umgekehrtes Bild B. Das Auge betrachtet dasselbe von oben her durch das Ocular oder Augenglas und erblickt das Bild vergrößert, etwas entfernter (in A). Ein gutes Mikroskop vergrößert 200 bis 500 Mal. Die kleinen zu beobachtenden Gegenstände werden unter das Objectivglas auf eine durchbrochene Platte T gelegt und sind dünn und durchsichtig. Unter derselben befindet sich ein Spiegel S, der das Tageslicht auf den Gegenstand zurückwirft und ihm die nöthige Helligkeit giebt. Damit man den Gläsern die passende Entfernung von dem Gegenstande geben könne, läßt sich die ganze Röhre höher und niedriger stellen und wird durch die Schraube b in dieser Stellung erhalten.

§. 57. Das Fernrohr.

Während das Mikroskop uns kleine Gegenstände, welche sich ohne Vergrößerungsglas nicht erkennen lassen, deutlich darstellt und uns den Blick in den wunderbaren Bau der kleinsten Gegenstände in der Pflanzen- und Thierwelt öffnet, dient das Fernrohr dazu, uns entfernte Körper deutlich sichtbar zu machen und uns die Wunder des Sternhimmels zu zeigen. Beide optische Instrumente, Mikroskop und Fernrohr, sind fast um dieselbe Zeit, um das Jahr 1600, und in demselben Lande, in Holland, erfunden. Ueber die Erfindung des Fernrohrs erzählt man, es hätten eines Tages die Kinder eines Brillenmachers mit Brillengläsern und einer an beiden Seiten offenen Röhre gespielt, welche der Vater zum Aufbewahren seiner Gläser zu benutzen pflegte. Zufällig hätten sie an die Enden der Röhre zwei Gläser gebracht und, als sie hindurchsahen, den Hahn auf dem Kirchturme vergrößert erblickt. Beide Instrumente bestehen ferner aus zwei Gläsern, einem den Gegenständen zugekehrten Objectivglase und einem zum Hindurchsehen bestimmten Ocularglase. Durch das Objectivglas wird ein Bild des Gegenstandes entworfen, und dies Bild wird für das Auge durch das Ocular vergrößert. Das Objectivglas des Mikroskops ist klein; der Gegenstand ist ihm nahe und wird durch den Spiegel beleuchtet. Die Gegenstände, die man durch ein Fernrohr betrachtet, sind entfernt; sie können nicht künstlich beleuchtet werden; deshalb kommt es darauf an, recht viele von ihnen kommende Strahlen aufzufangen und so ein deutliches Bild zu gewinnen; je mehr Strahlen aber aufgefangen werden sollen, desto größer muß das Objectivglas sein.

Das Objectivglas des Fernrohrs ist ein großes, erhabenes Glas. Durch dasselbe wird von dem entfernten Gegenstande ein umgekehrtes Bild entworfen. Durch das als Ver-

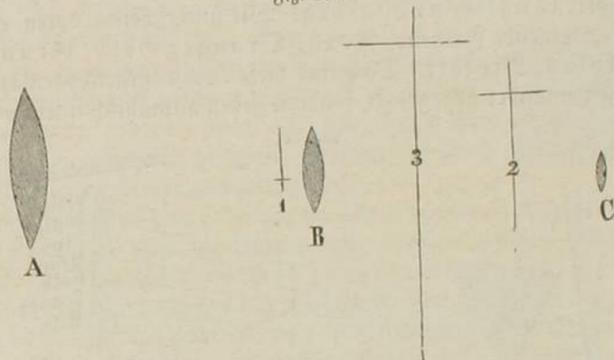


größerungsglas dienende Ocularglas sieht das Auge das Bild vergrößert, wenn es ihm hinreichend nahe ist. Damit man das Ocular in die richtige Entfernung von dem Objectivglase und dem Bilde bringen könne, sind beide in Röhren eingeseht, die sich in einander schieben lassen. Durch ein solches Fernrohr werden die Gegenstände hell, aber umgekehrt abgebildet. Es wird von den Astronomen gebraucht, denen es bei Betrachtung der Sterne nichts ausmacht, ob sie den oberen Theil der Himmelskörper unten sehen, und heißt das **astronomische Fernrohr**.

Für die Betrachtung irdischer Gegenstände hat man aber den Wunsch, dieselben aufrecht dargestellt zu sehen. Dies wird dadurch erreicht, daß man an die Stelle des Ocularglases ein Mikroskop setzt. Durch ein Mikroskop sehen wir einen nahen Gegenstand vergrößert

und umgekehrt dargestellt. Die durch ein Objectivglas entworfenen Bilder lassen sich aber eben so behandeln, wie die Gegenstände selbst. Das Bild ist uns nahe und umgekehrt; betrachten wir es durch ein Mikroskop, so muß es vergrößert und noch ein Mal umgekehrt, folglich aufrecht stehend erscheinen. In der Zeichnung 57 ist A das Objectivglas, und die beiden Gläser B und C bilden das Mikroskop. A entwirft von dem fernen Gegenstande das umgekehrte, kleine Bild Nr. 1. Das dem Bilde zugekehrte Glas B des Mikroskops entwirft, weil das Bild nahe ist, von

Fig. 57.



ihm ein wieder umgekehrtes, größeres Bild Nr. 2, und wird dies durch das Ocularglas C des Mikroskops betrachtet, so stellt es sich (in Nr. 3) vergrößert und etwas entfernter dar. Ein solches Fernrohr, das die Gegenstände aufrecht darstellt und zur Betrachtung irdischer Gegenstände bestimmt ist, heißt ein **Erdfernrohr**.

§. 58. Die Farben.

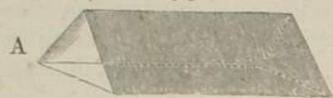
Legt man an eine gefüllte Wasserflasche einen Finger, und betrachtet man denselben durch die Flasche, so erscheint er in Folge der Strahlenbrechung vergrößert. Mit der Brechung der Strahlen ist noch eine andere Erscheinung verbunden, welche bei den Sonnenstrahlen am deutlichsten hervortritt.

Versuch a. Wird eine mit Wasser gefüllte Flasche so gestellt, daß die Sonnenstrahlen durch dieselbe hindurchgehen, so zeigen sich auf einem Papiere, das hinter der Flasche in geringer Entfernung gehalten wird, Farben, wie sie der Regenbogen hat, besonders Roth und Violett. Diese farbigen Strahlen sind aus den weißen Sonnenstrahlen entstanden. Denn wenn man durch ein Buch die Sonnenstrahlen vom Glase zurückhält, so verschwinden die Farben. Sie sind durch Brechung entstanden; denn bei Entfernung des brechenden Glases hören auch die Farben auf. Aus den weißen Sonnenstrahlen entstehen daher durch Brechung farbige Strahlen.

Versuch b. Weit vollkommener zeigen sich die farbigen Strahlen, wenn das Sonnenlicht durch ein Prisma gebrochen wird.

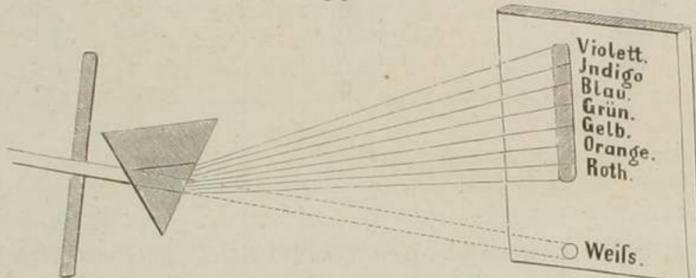
Ein Prisma ist eine dreieckige Säule aus einem durchsichtigen Stoffe*); es besteht aus massivem Glase oder ist hohl und wird mit Wasser gefüllt. Bringt man ein Prisma hinter einen Bogen von starkem Papier, in welchem eine kreisrunde Oeffnung den Sonnenstrahlen den

Fig. 58.



Durchgang gestattet, so entsteht nicht mehr, wie zuvor, unten auf der gegenüberstehenden Wand ein weißes Sonnenbild, sondern in Folge der Brechung erscheint das Bild der Sonne an der Wand höher, länglich und farbig. Wir unterscheiden darin, von unten nach oben, folgende Farben: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Dunkelblau, Violett. Doch sind diese sieben Regenbogenfarben nicht scharf gegen einander abgegrenzt, sondern gehen allmählich in einander über.

Fig. 59.



Aus diesen Versuchen geht hervor, daß das weiße Sonnenlicht aus den sieben Regenbogenfarben zusammengesetzt ist, oder, daß die Sonnenstrahlen aus farbigen Strahlen zusammengesetzt sind, deren Vereinigung weißes Licht bildet.

Die Brechung durch das Prisma trennt die farbigen Strahlen von einander. Würden sie durch die Brechung gleich stark von ihrer früheren Richtung abgelenkt, so würden sie nach der Brechung wieder eine und dieselbe Stelle treffen und weiß erscheinen. Bei der Brechung wird aber der violette Strahl weit mehr abgelenkt, als der rothe; nach der Brechung haben die farbigen Strahlen verschiedene Richtung und trennen sich, indem sie aus einander laufen. Daher entstehen bei der Brechung des weißen Lichtes Farben.

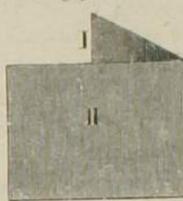
Die meisten Körper erscheinen uns farbig, ohne daß eine Brechung der weißen Lichtstrahlen stattgefunden hat. Das Laub der Bäume sendet uns grüne, ihre Blüthen rothe Strahlen zu, ohne daß eine Strahlenbrechung eingetreten ist. Auf die Körper auf der Erde fällt entweder unmittelbar das weiße Sonnenlicht oder das Tageslicht, wie es von der

*) Man läßt sich von einem Glaser zwei gleiche, viereckige Glasstreifen von 12 Centimeter Länge und 4 Centimeter Breite schneiden und kittet ihre unteren, langen Kanten mit Siegellack zusammen, während ihre oberen Kanten 4 Centimeter von einander entfernt bleiben. Die beiden Enden A und B der hohlen Säule verschließt man durch eingefittete dreieckige Brettchen und füllt das Prisma mit Wasser.

Luft zurückgeworfen wird. Wirft ein Körper das weiße auf ihn fallende Licht zurück, so erscheint er weiß und nicht farbig.

Versuch c. Nimmt man ein rothes Blatt Papier I, wendet die farbige Seite dem Tageslichte zu, und stellt man davor ein Blättchen II von weißem Papier, so erscheint dies an den dem rothen Papier nahen Stellen roth gefärbt. Von dem rothen Papier sind rothe Strahlen ausgegangen und auf das weiße Blatt gefallen. Wenn das weiße Tageslicht auf einen rothen Gegenstand fällt, so wirft dieser von allen farbigen Strahlen, aus denen Weiß besteht, nur die rothen zurück und nimmt die übrigen in sich auf. Ein grüner Körper wirft von den zusammengesetzten, weißen Strahlen nur die grünen zurück und macht die übrigen unwirksam. Färben wir einen Körper blau, so überziehen wir ihn mit der dünnen Schicht eines Stoffes, der von allen Strahlen nur die blauen zurückwirft.

Fig. 60.



Es entstehen daher auch durch die Zurückwerfung des Lichtes Farben, weil die Körper von den im weißen Licht enthaltenen farbigen Strahlen eine Art zurückwerfen. Weiß sind die Körper, welche alle Strahlen des weißen Sonnenlichtes zurückwerfen. Ist kein Licht da, wie in der Nacht, so können die Körper auch kein Licht zurückwerfen und sehen schwarz aus; schwarz nennen wir einen Körper, wenn er fast gar kein Licht zurückwirft.

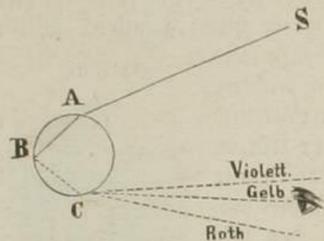
§. 59. Der Regenbogen.

Einen Regenbogen nehmen wir wahr, wenn wir eine regnende Wolke vor uns und die Sonne im Rücken haben. Er wird durch farbige, bogenförmige Streifen gebildet, von denen der rothe die höchste und äußerste Stelle einnimmt, und der violette am weitesten nach innen gelegen ist. Dazwischen befinden sich fünf Streifen, die in der Reihenfolge nach unten orange, gelb, grün, blau und dunkelblau gefärbt sind. Der Bogen erscheint bald größer, bald kleiner. Bei Sonnenaufgang und Sonnenuntergang bildet er einen vollständigen Halbkreis; je höher die Sonne steht, desto kleiner ist der Regenbogen; die Größe des Regenbogens hängt daher von dem Stande der Sonne ab. Ist die Regenwolke sehr klein, so bildet sich nur ein farbiges Bogenstück, eine Regengalle. Häufig sehen wir über dem Hauptregenbogen noch einen Nebenregenbogen, dessen Farben schwächer sind, und in welchem der rothe Streifen, umgekehrt im Vergleich zum Hauptregenbogen, die innere, der violette die äußerste Stelle einnimmt.

Da wir auch in dem niederfallenden Wasserstrahl eines Springbrunnens, in einem Wasserfall und an den Schaufelrädern der Dampfschiffe Regenbogen beobachten, so wird derselbe durch Wassertropfen bewirkt. An Thautropfen, die sich über einander befinden, ist bei Sonnenschein wahrzunehmen, daß jeder derselben dem Auge nur eine

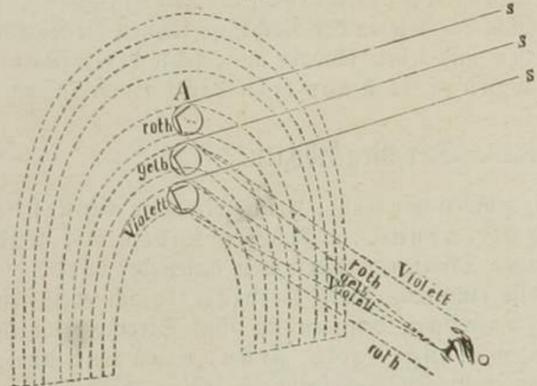
Art farbiger Strahlen zusendet; ein Tropfen erscheint roth, während ein an niedrigerer Stelle hängender sich in Violett oder einer andern Regenbogenfarbe darstellt. Hat man eine regnende Wolke vor sich, so liegen Tropfen genug über einander, um alle Regenbogenfarben darzustellen.

Fig. 61.



gebrochen und in farbige Strahlen zertheilt, von denen nur einer, nach der Zeichnung der gelbe, in's Auge gelangt, während die anderen unter oder über dem Auge fortgehen. Sonach werden die Sonnenstrahlen beim Eintritt in die Regentropfen gebrochen, von

Fig. 62.



ihrer dunkleren Hinterwand zurückgeworfen und beim Austritt aus dem Tropfen nochmals gebrochen und in farbige Strahlen zertheilt. (Fig. 62.) Jeder Tropfen sendet eine Art Strahlen zu; die im Kreise gelegenen Tropfen haben aber dieselbe Lage zur Sonne und zum Auge

§. 60. Das Abendroth und das Blau des Himmels.

Täglich beobachten wir am Himmel eine Farbenerscheinung, die Abend- und die Morgenröthe. Wenn man an einem kühlen Tage an ein von der Sonne beschienenes Fenster ein Gefäß mit siedend heißem Wasser stellt und durch den dichten Dampf aus einiger Entfernung nach der Sonne oder einer unterhalb der Sonne gelegenen Stelle des Himmels gewölbes schaut, so wird man nach einiger Zeit den Wasserdampf, etwa 60 Centimeter über dem Gefäße, röthlich und gelblich gefärbt

erblicken. Der sich abkühlende Dampf ist im Begriff, aus seiner Dampfform in die Nebelform überzugehen, und läßt in dieser Uebergangsstufe nur die rothen und gelben Lichtstrahlen hindurch. Am Abend werden Erdboden und Luft kälter, die Dämpfe gehen in Nebel über und lassen von den Sonnenstrahlen, die einen weiten Weg durch die Wasserdämpfe zurückzulegen haben, nur die rothen Strahlen durch. Sind die Dämpfe schon vorher zu Nebel geworden, dann erscheint kein Abendroth; aber die Luft ist überaus reich an Dämpfen, und es ist bald Regen zu erwarten. Am Morgen verdunstet das Wasser und durchläuft den Uebergang aus der flüssigen in die Dampfform, weil es langsam verdunstet, erst, wenn die Sonne hoch steht; nur bei feuchter Luft verdichten sich die Dämpfe früh und bewirken ein Morgenroth.

Sonst ist das Blau des Himmels Farbe. Kleine Massen durchsichtiger Körper, z. B. eine Glasscheibe, scheinen vollkommen durchsichtig. Legen wir aber mehrere weiße Glasscheiben auf einander, so zeigt sich, daß das Glas nicht vollkommen durchsichtig ist und eine grünlich blaue Färbung hat. So ist auch die Luft unvollkommen durchsichtig und zeigt, wenn wir durch größere Strecken sehen, ein schönes Blau.

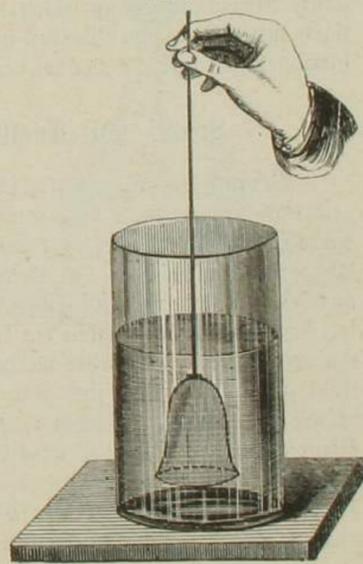
§. 61. Die Elasticität der Luft und die Taucherglocke.

Außer der unvollkommenen Durchsichtigkeit der Luft wissen wir von derselben, daß sie durch Wärme ausgedehnt wird und emporsteigt, daß ihre Bewegung den Namen des Windes führt oder eine schwingende ist und den Schall verbreitet. Aber sie hat außerdem eine wichtige Eigenschaft.

Versuch a. Wird eine Thierblase durch Hineinblasen ganz mit Luft gefüllt, fest zugebunden und dann mit dem Finger an einer Stelle eingedrückt, so wird die Luft darin zusammengedrückt. Läßt man den Finger wieder los, so dehnt die Luft sich aus und nimmt ihren früheren Raum wieder ein. So zeigt sich die Luft als ein elastischer Körper.

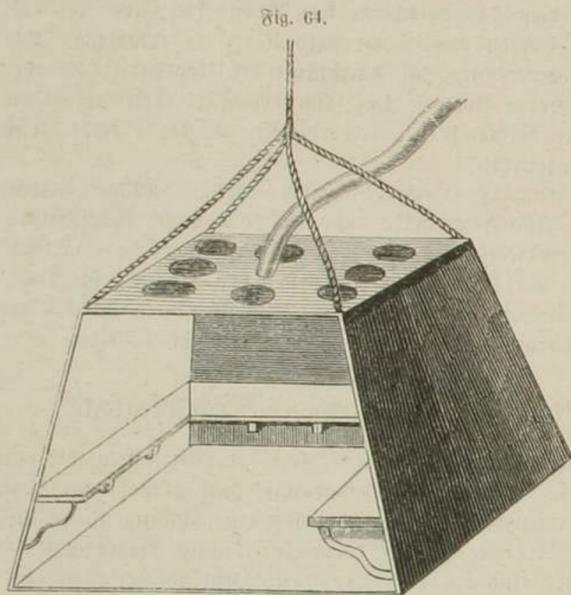
Versuch b. Drückt man in ein hohes, mit Wasser gefülltes Glas ein kleineres, umgekehrtes Trinkglas in lothrechtlicher Stellung abwärts, so dringt Wasser in dasselbe ein, und die in dem Glase enthaltene Luft wird zusammengedrückt. Wenn man das Glas weiter hinabdrückt, bis es ganz von Wasser bedeckt ist, so dringt zwar noch etwas Wasser in das Glas ein; allein niemals füllt es dasselbe ganz an, sondern in dem oberen Theile des Glases bleibt immer Luft. Wo aber Luft ist, da ist kein Platz für das Wasser. Die Luft in

Fig. 63.



dem Glase ist zusammengedrückt und strebt, sich wieder auszudehnen; läßt man daher die Hand, welche das Glas hinabdrückt, los, so schnell das Glas empor.

Wie in dem umgekehrten Glase oben immer Luft bleibt und nicht durch das Wasser verdrängt werden kann, so muß auch in einem großen, unten offenen Kasten, den man senkrecht in's Meer hinabläßt, oben Luft



bleiben, und Menschen können darin aushalten. Die Taucherglocken hatten sonst die Form einer großen Thurmglöcke, jetzt insgemein die Gestalt eines vierseitigen, zwei Meter hohen Kastens. Sie werden aus Gußeisen gearbeitet; ihre Decke ist an mehreren Stellen durchbrochen, und an denselben sind starke Gläser eingesetzt, durch welche das Tageslicht fallen kann. Im Innern

§. 62. Die Knallbüchse und das Blaserohr.

Versuch a. Die Knallbüchse wird aus einem Hollunderzweige gefertigt, indem man aus demselben das Mark austößt und aus Holz einen Stempel schneidet, der einen kurzen Handgriff und nicht ganz die Länge der Röhre hat. In kleinerem Maßstabe läßt sich die Knallbüchse aus einem langen, an beiden Enden offenen Federteile herstellen, in welchen sich mit Leichtigkeit ein kleiner Stempel aus Holz einschieben läßt. In beide Enden der Röhre werden Propfen eingetrieben, die aus rohen Kartoffeln geschnitten sind und luftdicht an die inneren Wände der Röhre anschließen. Schiebt man nun mittels des Stempels den einen Pfropfen weiter hinein, so wird die zwischen beiden Pfropfen in der Röhre befindliche Luft zusammengedrückt; sie hat das Bestreben, sich wieder auszudehnen; ihre Kraft ist jedoch noch nicht groß genug, um den andern Propfen hinauszutreiben. Drückt man aber den Stempel noch

weiter hinein, und preßt man so die Luft stärker zusammen, so fliegt der eine Pfropfen mit einem Knalle aus der Röhre.

Versuch b. Das Blaserohr ist eine 1 bis 2 Meter lange, sorgfältig ausgebohrte Röhre von Holz, in welche ein mit Zeug und Faden umwickelter Nagel genau paßt. Bläst man in die Röhre, so schafft man dadurch eine Menge Luft hinein und preßt sie zusammen; der Nagel wird etwas fortgetrieben. Bläst man stärker, und preßt man dadurch die Luft mehr zusammen, so erhöht man dadurch ihre Kraft, sich auszudehnen, und der Nagel wird hinausgetrieben; er fliegt desto weiter, je stärker man hineingeblasen hat.

Gesetz: Je mehr die Luft zusammengedrückt wird, mit desto größerer Kraft sucht sie sich auszudehnen.

§. 63. Der Heronsball.

Der Heronsball ist ein Springbrunnen, aus dem das Wasser durch den Druck zusammengedrückter Luft emporgetrieben wird. Man paßt auf ein Medicinglas einen Kork, den man vorher mit einem Stück Holz weich geklopft hat. Diesen Kork durchbohrt man in der Mitte mit einer runden Feile und macht die entstandene Oeffnung so groß, daß sich eine oben mit einer feinen Oeffnung versehene Glasröhre (Spritzröhre), die etwas länger ist, als das Medicinglas, streng durch den Kork hindurchschieben läßt. Ist dies geschehen, so füllt man die Flasche zur Hälfte mit Wasser, verschließt sie durch den Kork und schiebt die Glasröhre so weit abwärts, daß sie beinahe auf den Boden der Flasche hinabreicht. Die Flasche enthält oben Luft, unten Wasser; bläst man durch die Röhre mehr Luft hinein, so steigt diese in kleinen Blasen durch das Wasser empor und sammelt sich über dem Wasser. Hier befindet sich daher die Luft in zusammengedrücktem Zustande; sie sucht sich auszudehnen, drückt gegen das Wasser und treibt einen Strahl desselben durch die Glasröhre empor. Die beschriebene Vorrichtung hat ihren Namen „Heronsball“ von ihrem Erfinder Heron, der vor Christi Geburt zu Alexandria in Aegypten gelebt hat.

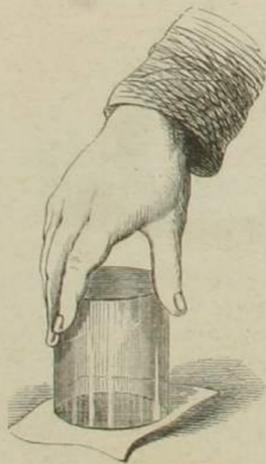


§. 64. Der Druck der Luft.

Versuch a. Ein hohes Glas wird mit Wasser gefüllt, und eine enge Glasröhre, oben und unten offen, nicht ganz so lang, als das Glas hoch ist, wird lothrecht in das Wasser getaucht. Die Röhre füllt sich mit Wasser, und nimmt man sie aus dem Wasser heraus, so fließt das Wasser, durch die Schwerkraft abwärts gezogen, hinaus. Nun taucht man die Röhre noch einmal ganz in das Wasser, so daß sie sich ganz mit Wasser füllt und nirgends in der Röhre Luft bleibt, verschließt die obere, noch unter Wasser befindliche Oeffnung der Röhre mit dem Finger und hebt sie aus dem Glase heraus, indem man den Finger auf der oberen Oeffnung festhält. Es fließt kein Wasser aus der Röhre, sondern alles Wasser bleibt darin. Das ist so zu erklären. In der Röhre ist keine Luft; aber rings um dieselbe befindet sich Luft. Auf der unteren Luftschicht, in der wir leben, lasten die oberen Luftschichten; auf ihr liegt eine Luftmasse, die mehrere Meilen hoch ist. Durch das Gewicht derselben wird die untere Luft zusammengedrückt, sie befindet sich in einem zusammengepreßten Zustande; darum strebt sie, sich nach oben und unten, nach rechts und links hin auszudehnen, und drückt gegen alle Körper. Daher übt die Luft nach allen Richtungen hin einen Druck aus. So drückt sie auch gegen die untere Oeffnung der Glasröhre und trägt das Wasser. Läßt man oben den Finger los, so fließt sogleich das Wasser hinaus; denn nun drückt die Luft oben eben so stark, als unten, und die Schwerkraft zieht das Wasser zur Erde.

Versuch b. Saugt man aus einem Fingerhute Luft aus, und verschließt man seine Oeffnung mit einer Lippe, so sitzt er an der Lippe fest. Die äußere Luft drückt ihn dagegen; wäre Luft in dem Fingerhute, so würde diese ihn so stark von der Lippe fort drücken, als die umgebende Luft ihn dagegen drückt.

Fig. 66.



Versuch c. Man füllt ein kleines Trinkglas ganz mit Wasser, drückt auf die Oeffnung ein glattes Stück Papier und hält die linke Hand darauf, während man mit der rechten das Glas umkehrt. Läßt man die linke Hand los, so fließt, wenn das Papier fest an den glatten Rand des Glases anschließt, kein Tropfen aus. Die Luft trägt die ganze Wassermenge. Weil die Luft nach oben drückt, sucht sie in das Wasser einzudringen, längs der innern Wände emporzusteigen und das Wasser herauszutreiben. Es kommt aber darauf an, daß sich im Glase keine Luft befindet; darum muß ihr Eindringen durch das Papier verhindert werden.

Verwandte Erscheinungen. 1) Aus einem vollen Fasse, dessen Spundloch geschlossen ist, fließt, wenn auch der Hahn offen ist, Nichts heraus, weil der Druck der Luft die Flüssigkeit zurückhält. 2) Beim Einathmen der Luft erweitern wir den Raum in der Brusthöhle und in den Lungen; dadurch wird die Luft darin verdünnt, und die äußere Luft wird durch den Druck der auf ihr lastenden Luftschichten hineingetrieben; beim Ausathmen verengern wir die Brusthöhle, und es muß aus ihr Luft ausströmen. 3) Ebenso verdünnt man die Luft im Munde beim Saugen und beim Tabakrauchen.

§. 65. Das Barometer.

Das Barometer (oder Wetterglas) ist eine über 30 Pariser Zoll lange, oben verschlossene Glasröhre, die unten wieder aufwärts gebogen und dort zu einer oben offenen Kugel erweitert ist. Im Innern der Röhre befindet sich Quecksilber. Mißt man die Höhe desselben, so findet man, daß es in der Röhre ungefähr 28 Pariser Zoll höher steht, als in der Kugel. Damit man nicht nöthig habe, mit einem Maßstab die Höhe der Quecksilbersäule zu messen, ist an dem Instrument selbst eine Zolleintheilung angebracht, in der jeder Zoll in 12 Pariser Linien getheilt ist. Weil aber die Höhe der Quecksilbersäule nur um einige Zolle wechselt, so reicht es hin, wenn oben der Raum vom 26. bis 30. Zoll, von der Oberfläche des Quecksilbers in der Kugel an gerechnet, in Pariser Linien und Zolle eingetheilt ist.

Versuch a. Um zu untersuchen, was sich in der Röhre über dem Quecksilber befindet, neigt man das Barometer vorsichtig so, daß es fast wagerecht liegt. Die Quecksilbersäule steigt dabei zur höchsten Spitze der Glasröhre empor. In dem Raum über dem Quecksilber ist also keine Luft, sondern es ist ein leerer Raum. Denn wäre Luft darin, so würde sie beim Neigen des Barometers durch das Quecksilber zusammengedrückt; dadurch würde ihre Elasticität vermehrt, und dadurch das Quecksilber verhindert, bis in die äußerste Spitze der Röhre vorzudringen. Beim Füllen des Barometers hat man nach und nach Quecksilber in die Kugel gethan, und aus dieser ist es in die Röhre gelangt; durch ein vorsichtig unter der Röhre unterhaltenes Kohlenfeuer hat man das Quecksilber darin ins Sieden gebracht; es entwickelten sich Quecksilberdämpfe, welche sammt dem Quecksilber die ganze Röhre erfüllt und die Luft daraus verdrängt haben.

Versuch b. Bringt man das Barometer in lothrechter Lage ins Freie, und beobachtet man den Stand des Quecksilbers an der Zolleintheilung, so kann es 27 Zoll hoch stehen; dann haben wir einen niedrigen Barometerstand; 29 Zoll ist ein hoher, 28 Zoll der mittlere Barometerstand. Im Barometer ist über dem Quecksilber in

Fig. 67.



der längeren Röhre keine Luft, sondern ein leerer Raum; in der Kugel ist Quecksilber und darüber eine Luftsäule, die mindestens 10 Meilen hoch ist und einen Druck auf das Quecksilber ausübt. Der Luftdruck ist daher so groß, daß er eine Quecksilbersäule von 28 Pariser Zoll oder 758 Millimeter Höhe trägt. Die Ursache, warum das Quecksilber im Freien so hoch steht, ist daher der Luftdruck. Nach der Höhe der Quecksilbersäule beurtheilen wir die Größe des Luftdrucks; ist er geringer, so trägt er eine niedrige Säule, und das Quecksilber fällt; bei zunehmendem Luftdrucke steigt es. Das Barometer dient zum Messen des Luftdrucks.

Versuch c. Bringt man das Barometer ins Zimmer, so bleibt es eben so hoch stehen, wie im Freien, und doch ist die Luftsäule, die nur bis zur Decke reicht, weit niedriger. Die untere Luftschicht im Freien wird von den darüber befindlichen Luftschichten zusammengedrückt. Daher trachtet sie, sich auszudehnen. Wäre nun die Luft im Zimmer weniger zusammengedrückt, so müßte aus dem Raume außerhalb des Gebäudes so viel Luft hereindringen, bis die Luft im Zimmer und die im Freien gleich sehr zusammengedrückt ist. Zwei gleich sehr zusammengedrückte Luftmassen üben aber einen gleichen Luftdruck aus. Deshalb ist der Luftdruck im Freien zu derselben Zeit eben so groß, wie der im Zimmer, und man kann das Barometer im Zimmer aufhängen und dadurch den Luftdruck messen, wie er im Freien stattfindet.

Häufig benutzt man das Barometer als Wetterglas. In der Regel zeigt das Steigen des Quecksilbers im Barometer heiteres, das Fallen trübes Wetter an. Bei uns bringen gewöhnlich Nordostwinde das Barometer zum Steigen; diese Winde kommen über große Länderstrecken und bringen schwere und trockene Luft, und darum wird es gemeinlich gutes Wetter, wenn das Barometer steigt. Südwestwinde nöthigen das Barometer zum Fallen und bringen, da sie über warme Länder und große Meere zu uns gelangen, leichtere und feuchte Luft mit; darum tritt häufig Regen beim Fallen des Barometers ein. Da aber das Barometer eigentlich nichts Anderes anzeigt, als ob der Druck der Luft zunimmt oder abnimmt, und das Wetter auch noch von anderen Ursachen abhängt, so kommt auch wohl Regen, wenngleich das Barometer steigt.

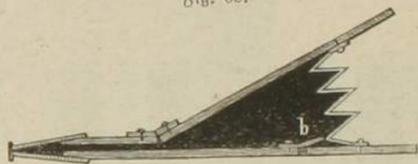
Das Barometer hat unverkennbare Aehnlichkeit mit dem Thermometer. Beide Instrumente bestehen aus Glasröhren, beide sind mit Quecksilber gefüllt, beide haben eine Eintheilung. Sie unterscheiden sich in folgenden Stücken: 1) Die Röhre des Thermometers ist überall verschlossen; die des Barometers ist oben verschlossen und unten, an der Kugel, offen, damit die Luft Zutritt habe. 2) Das Steigen des Quecksilbers wird im Thermometer durch die Wärme, im Barometer durch den Luftdruck bewirkt. 3) Die Eintheilung am Barometer ist eine Zolleintheilung oder Millimetereintheilung und nur am oberen Theile ausgeführt; die Eintheilung am Thermometer ist eine Gradeintheilung; die Länge der Grade richtet sich nach dem Abstände zwischen Eis- und Siedepunkt und ist an verschieden langen Thermo-

metern verschieden. 4) Während das Barometer eine bestimmte Länge hat, kann man den Thermometern eine verschiedene Größe geben.

§. 66. Der Blasebalg und das Ventil.

Auf der Wirkung des Luftdrucks beruht ein Werkzeug, das wir in vielen Haushaltungen antreffen, der Blasebalg, welcher zum Ansachen des Feuers dient. Er bildet einen von Holz und Leder umschlossenen Raum, der sich vergrößern und verkleinern läßt. Die Spitze des Blasebalgs geht in eine offene Röhre aus; eins der Bretter enthält eine Klappe *b*, die sich nur nach innen öffnet, durch welche zwar die Luft hinein, aber nicht wieder herauskommen kann. Eine solche Klappe, die der Luft oder dem Wasser den Durchgang nach einer Richtung öffnet, die Rückkehr aber versperret, heißt ein Ventil. Zieht man den Blasebalg auf, so verdünnt man die in demselben befindliche Luft; die äußere Luft drückt gegen die Klappe, öffnet sie und füllt den Blasebalg. Drückt man hingegen den Blasebalg zusammen, so drückt die in seinem Innern angesammelte Luft gegen das Ventil, kann es aber nicht öffnen, da es sich nur nach innen öffnet, den Weg nach außen aber der Luft versperret und durch dieselbe fest gegen das Brett gedrückt wird. Darum strömt nun die zusammengedrückte Luft zu der Röhre des Blasebalgs hinaus in das Feuer.

Fig. 68.

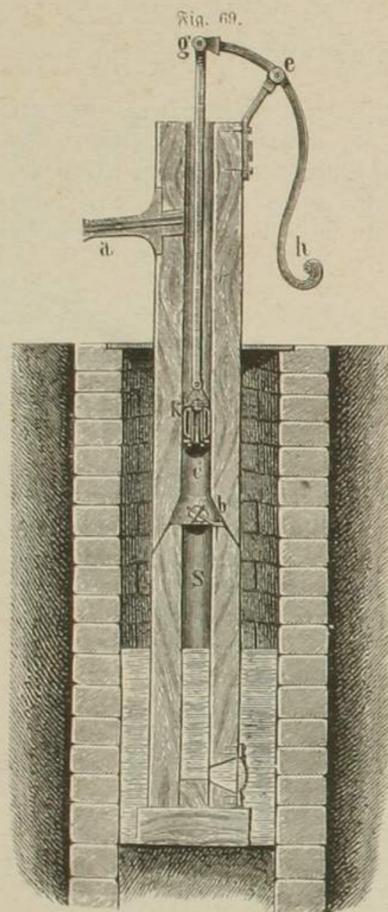


§. 67. Die Pumpe.

Versuch. Hat man eine Hollunderröhre oder Glasröhre mit einem Stempel aus Holz versehen, der unten mit Berg umwickelt ist, und den Stempel ganz in die Röhre hineingeschoben, so taucht man ihr unteres Ende in Wasser und zieht den Stempel empor. Unter den Stempel kann keine Luft gelangen, da ihr der Weg durch das Wasser versperret wird; die Luft drückt also bloß von außen auf das Wasser und treibt es in die Röhre hinein; zieht man daher den Stempel oben heraus, so sieht man, daß das Wasser in der Röhre bis oben emporgestiegen ist.

Eben so besteht der eine Haupttheil der Pumpe aus einem langen Rohre von Holz, dem sorgfältig ausgebohrten Pumpenrohre *se*; dasselbe reicht unten bis in das Wasser. In dem Pumpenrohre befindet sich ein genau anschließender, mit Leder umwickelter Kolben *k*; derselbe ist unten an die eiserne Pumpenstange befestigt, und die Pumpenstange läßt sich mittels des Pumpenschwengels auf und ab bewegen. Bewegt man die Pumpenstange aufwärts, so steigt das Wasser in dem Pumpenrohre unter dem Kolben empor. Wäre der Kolben massiv und nicht durchbohrt, und man bewegte die Pumpenstange abwärts, so würde dadurch auch das Wasser wieder hinabgedrückt. Darum ist der Kolben seiner ganzen Länge nach, von oben

bis unten, durchbohrt, und über ihm liegt eine Klappe, das Kolbenventil bei k, das sich nach oben öffnet. Bewegt man den Kolben niederwärts, so dringt das Wasser durch den Kolben; und hebt man nun den Kolben wieder, so hebt man zugleich das Wasser mit empor, da es sich durch seine eigene Schwere den Rückweg nach unten verschließt und das Ventil fest an den Kolben drückt. Das emporgehobene Wasser fließt zur Ausguföhre a der Pumpe hinaus. Damit endlich das einmal in das Pumpenrohr gestiegene Wasser unter dem Kolben nicht wieder in den Wasserbehälter herabsinke, hat das Pumpenrohr unten an seinem Boden eine Klappe, die sich ebenfalls nur nach oben öffnet, das Saugventil b.

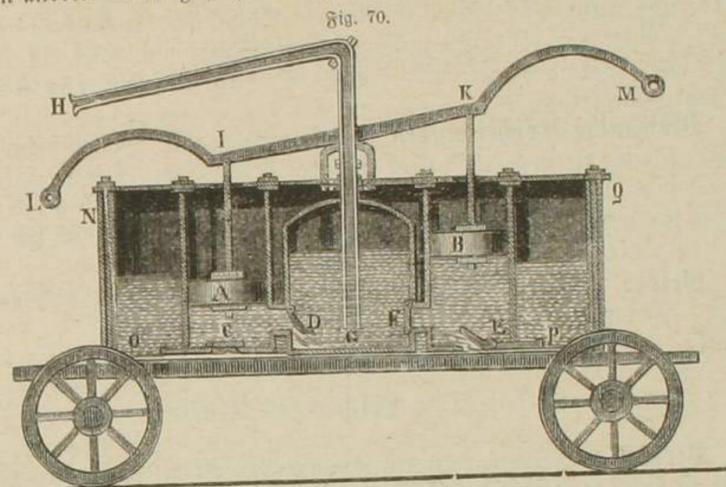


Ueberblickt man den Gang der Pumpe, so verschließt beim Hinabgehen des Kolbens das eingedrungene Wasser durch seine Schwere das Saugventil, öffnet sich aber, indem der Kolben durch das Wasser hindurch abwärts geht, das Kolbenventil und gelangt über den Kolben. Beim Emporheben des Kolbens wird das Kolbenventil durch den Druck der Luft und des Wassers geschlossen, und das über dem Kolben befindliche Wasser so hoch gehoben, daß es ausfließen muß; gleichzeitig wird aber auch unter dem Kolben ein luftleerer Raum hervorgebracht; die äußere Luft drückt auf das Wasser im Brunnen und treibt es wegen ihres Druckes durch das Saugventil bis an die untere Fläche des Kolbens.

§. 68. Die Feuerspritze.

Die Feuerspritze besteht zunächst aus einem wasserdichten, viereckigen Kasten NOPQ, der auf vier Rädern ruht und die Wasserlade heißt. Ueber demselben ist ein eiserner, zweiarmiger Hebel LM mit Handhaben angebracht, durch den zwei lothrechte, eiserne Stangen IA und KB in Bewegung gesetzt werden. Jede derselben trägt unten einen Kolben, A und B, der nicht durchbohrt ist und genau in ein metallenes Pumpenrohr paßt, in welchem er sich auf und abbewegt. Die Pumpenröhren, welche in dem

mit Wasser gefüllten Kästen stehen, haben unten Saug-Ventile, die sich nur nach oben öffnen, so daß, wenn der Kolben in die Höhe gezogen wird, das Wasser durch die Ventile in die Röhren eindringt, aber sich einen andern Ausweg suchen muß, wenn der Kolben hinabgedrückt wird.



Diesen Ausweg findet es durch eine Seitenröhre, welche in jeder Pumpenröhre über dem Saugventil angebracht ist und in einen ringsum verschlossenen Kasten, den Windkessel, führt. Wo die Seitenröhren in den Windkessel münden, haben sie Druckventile F und D, die sich nur nach dem Windkessel zu öffnen. Ist daher eine Pumpenröhre der Spritze durch Emporziehen des Kolbens mit Wasser gefüllt, und man drückt nun den Kolben A abwärts, so schließt sich ihr Saugventil C, und das Wasser wird durch die Seitenröhre und ihr Ventil D hindurch in den Windkessel gepreßt. Das Druckventil hindert das Wasser, beim nächsten Emporstiegen des Kolbens in die Pumpenröhre zurückzukehren. Da auf diese Weise Wasser in den Windkessel geschafft ist, so ist die Luft desselben in einen kleineren Raum zusammengedrückt; sie sucht ihre frühere Ausdehnung wieder zu gewinnen und das Wasser zu vertreiben. Der Windkessel hat die Einrichtung des Heronsballes; durch seinen oberen Boden führt luftdicht ein Rohr, das Standrohr GH, bis nahe auf seinen unteren Boden G hinab; an dies Rohr wird außerhalb des Windkessels der Spritzen-schlauch geschraubt. Aus demselben wird durch die Elasticität der im Windkessel verdichteten Luft ein ununterbrochener, zusammenhängender Wasserstrahl herausgeschleudert, während das Wasser aus den beiden Pumpenröhren stoßweise in den Windkessel gepumpt wird.

§. 69. Entstehung des Feuers durch Vermischung ungleichartiger Stoffe.

Ehe wir die Mittel zum Löschen des Feuers genauer betrachten wollen wir angeben, wodurch Feuer entstehen kann. Feuer kann

1) durch die Sonnenstrahlen entstehen, wenn dieselben durch ein Brennglas hindurchgehen, §. 29., 2) durch Reiben, §. 35. 3) Noch eine dritte Ursache, durch welche Feuer entstehen kann, giebt es.

Versuch. Legt man in eine Untertasse ein Stück von gebranntem Kalk, und gießt man darauf Wasser, so erhitzt sich der Kalk in hohem Grade. Weil bei dieser Vermischung von Wasser und Kalk ein hoher Grad von Wärme erregt wird, wird für das Löschen des Kalks Vorsicht erfordert.

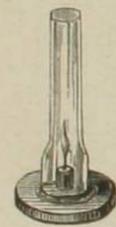
Verwandte Erscheinungen sind folgende: Mit Wasser vermischte Pflanzenstoffe, die in Haufen über einander liegen, Heu, Getreide, Flachs, selbst nasses Mehl und feuchte Kleie erhitzen sich stark; frisch geölte und gefirnigte Zeuge, welche fest auf einander gepackt sind, können sich von selbst entzünden.

Gefahr: Durch Vermischung ungleichartiger Stoffe wird Wärme erregt.

§. 70. Das Löschen des Feuers.

Versuch a. Steckt man ein brennendes Schwefelholz in Asche oder Sand, so erlischt das Feuer, weil dadurch die Luft abgesperrt ist.

Fig. 71.



Versuch b. Wird ein kurzes Licht auf den Tisch gestellt, und angezündet, und darüber ein Lampencylinder gestellt, so daß unter ihm hindurch keine frische Luft zur Flamme gelangen kann, so erlischt das Licht bald. Zum Brennen ist also vor allen Dingen nöthig, daß frische Luft zur Flamme hinzutreten kann.

Das Feuer erlischt, sobald der Luftzutritt gehindert wird. Daher löscht man brennendes Fett, indem man es überdeckt; brennende Gebäude sucht man so einzureißen, daß der Sitz der Flamme verschüttet und gegen das Hinzutreten frischer Luft geschützt wird; brennende Schornsteine überdeckt man mit nassen Säcken, um das Weiterbrennen zu verhüten.

Versuch c. Man stellt unter einen Dreifuß eine brennende Spirituslampe, legt auf denselben ein Metallblech, überdeckt dies mit einer dicken Lage Sand und legt auf den Sand einige Streichhölzchen. Dieselben werden zwar erwärmt werden, aber nicht eher zu brennen anfangen, als bis ein Thermometer, das mit seiner Kugel auf den warmen Sand gestellt wird, fünfzig und einige Grad zeigt. Zum Brennen ist also zweitens ein höherer Wärmegrad nöthig.

Versuch d. Könnte man einem brennenden Körper seine Wärme entziehen, so würde das Feuer erlöschen. Wird über eine Lichtflamme ein Blechlöffel gehalten und immer tiefer in die Flamme hineingebracht, so erlischt die Flamme. Das Metall ist ein guter Wärmeleiter, nimmt die Wärme schnell auf und raubt sie der Flamme.

Feuer läßt sich durch Absperrung der Luft und durch Abkühlung löschen.

Wenn man das Feuer durch Wasser löscht, so bringt man beide Mittel auf ein Mal in Anwendung; zunächst wird durch Verdunstung des Wassers Kälte erregt; zugleich hindern aber auch die sich bildenden Wasserdämpfe den Zutritt der Luft zu dem brennenden Körper.

§. 71. Das Leuchtgas.

Zur Beleuchtung wendet man in größeren Städten Leuchtgas an.

Versuch. Man bereitet Leuchtgas auf folgende Weise. Ein Probirglas wird zur Hälfte mit feinen Holzspänen oder mit zerstoßenen Steinkohlen gefüllt; für das Glas wird ein genau passender Kork ausgesucht und weich geklopft. Dann wird der Kork mit einer runden Feile durchbohrt, und eine dünne, wenige Centimeter lange Glasröhre oder ein kurzes Stück von einem thönernen Pfeifenrohr hindurchgesteckt, so daß es nur wenig in das Gefäß hineinragt. Nun hält man das Glas, indem man es in der Nähe des Pfropfens faßt, schräg über einer brennenden Spirituslampe. Es bildet sich in dem Glase eine Luftart, ein luftförmiger Stoff, er dringt aus der Röhre hervor und hat einen unangenehmen Geruch. Hält man ein brennendes Licht vor die Röhre, so fängt der herausströmende Stoff an, mit heller Flamme zu brennen. Man gewinnt also aus den Steinkohlen oder dem Holze durch Erhitzung einen Stoff, welcher der gewöhnlichen Luft ähnlich ist, sich jedoch durch seine Brennbarkeit von ihr unterscheidet; man nennt alle Luftarten auch Gase; unser Gas ist Leuchtgas. Es ist dieselbe Luftart, die man im Großen in Gasbeleuchtungsanstalten dadurch gewinnt, daß man Steinkohlen in großen Röhren erhitzt.

Fig. 72.



§. 72. Die Flamme.

Versuch a. Bläst man ein Licht mit langer Schnuppe aus, so sieht man aus ihm einen luftförmigen Stoff, ein Gas, emporströmen. Dies Gas läßt sich anzünden und ist ebenfalls Leuchtgas. Die Flamme besteht aus brennendem Gase.

Versuch b. Thut man in ein Probirglas etwas Brennöl oder Wachs, Stearin oder Talg, setzt man einen durchbohrten Kork mit einer kurzen Röhre auf, und erhitzt man das Glas über der Spirituslampe, so entwickelt sich Leuchtgas, welches brennt, wenn man ein Licht in die Nähe bringt.

Aus jedem brennbaren Körper entwickelt sich bei starker Erhitzung Leuchtgas.

Hat man ein Licht oder eine Lampe angezündet, so wird Del oder Talg in Leuchtgas verwandelt, und dies bildet, indem es brennt, die Flamme. Körper, aus denen sich durch Erhitzung kein Leuchtgas entwickeln läßt, können nicht mit Flamme brennen, sondern nur glühen.

§. 73. Lichtflamme und Lampen.

Verfuch. Betrachtet man die Flamme eines Lichtes genau, so nimmt man mitten in derselben einen dunkeln Kern wahr. Hält man ein Zündhölzchen schnell in diesen dunkeln Kern hinein, so entzündet es sich später, als wenn man es auswendig an die Flamme hält; eben so wird ein dünner Eisendraht, eine dünne Stricknadel oder eine Klaviersaite zuerst an der äußeren Seite der Flamme glühend. Der dunkle Kern besteht aus Leuchtgas, das durch die Hitze aus dem Talg oder Wachs entwickelt wird, aber nicht brennt, weil die Luft zu ihm keinen Zutritt hat. Nur ringsum, wo die Luft frei hinzutreten kann, brennt das Gas mit heller Flamme.

Fig. 73.

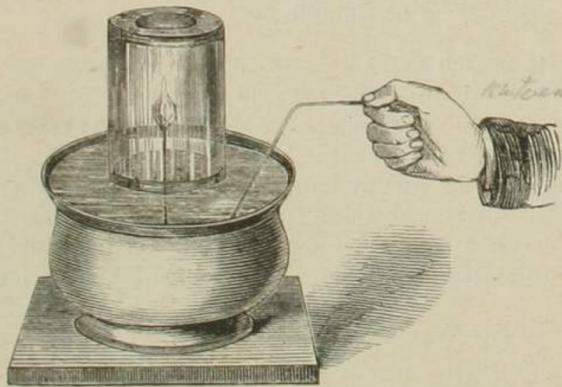


Könnte die Luft von unten in das Innere der Flamme dringen, so würde auch das Leuchtgas im Innern brennen; der dunkle Kern würde wegfallen, und man würde ein helleres Licht erhalten, wie es die Dellampen mit cylinderförmigem Docht geben. Eine solche Lampe hat doppelte Luftlöcher; die einen lassen die Luft so emporsteigen, daß sie zur Flamme auswendig Zutritt hat, durch die anderen strömt die Luft in's Innere der Flamme durch den hohlen Dochthalter. Eine solche Lampe brennt darum so hell, weil sie doppelten Luftzug hat.

§. 74. Der Stickstoff.

Die Luft in unserer Atmosphäre, die wir zum Unterschiede von anderen Luftarten atmosphärische Luft nennen, hat die Eigenschaft, die Flamme zu unterhalten, und ist zum Verbrennen unentbehrlich.

Fig. 74.



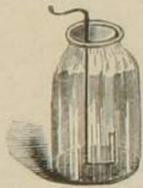
Man befestigt an das eine Ende eines gebogenen Drahtes etwas Baumwolle, taucht diese in Spiritus und hält sie über dem Wasser in einer Schüssel. Der Spiritus wird angezündet und schnell ein Trinkglas so darüber gestürzt, daß sein Rand ringsum in das Wasser eintaucht. So

Glases, hineingetrieben durch den Druck der das Glas umgebenden Luft. Ein Fünstel der im Glase enthaltenen Luft ist durch das Verbrennen verzehrt worden.

Der Umstand, daß die Flamme erloschen ist, zeigt, daß die übrig gebliebenen $\frac{4}{5}$ der im Glase enthaltenen Luft nicht im Stande sind, das Feuer zu unterhalten. Die atmosphärische Luft besteht aus zwei Luftarten; die eine, welche ein Fünstel von der Atmosphäre ausmacht, unterhält das Feuer; die andere, welche vier Fünstel einnimmt, vermag es nicht zu unterhalten.

Verfuch b. Man schiebt, während der Rand des Glases sich unter Wasser befindet, eine Pappscheibe von unten unter des Glases Oeffnung, drückt sie fest dagegen und kehrt das Glas um, so daß es aufrechte Stellung erhält. Nun bringt man ein (nach Fig. 75) unten an einen zweimal umgebogenen Draht befestigtes brennendes Licht in das Glas in demselben Augenblicke, in welchem man die Scheibe von ihm wegnimmt. Das Licht erlischt sogleich. Von den beiden Luftarten der Atmosphäre ist im Glase die eine zurückgeblieben. Dieselbe ist nicht brennbar, auch nicht fähig, die Flamme zu unterhalten. Thiere ersticken darin. Deshalb heißt die gefundene Luftart Stickstoff.

Fig. 75.



Die atmosphärische Luft enthält vier Fünstel Stickstoff.

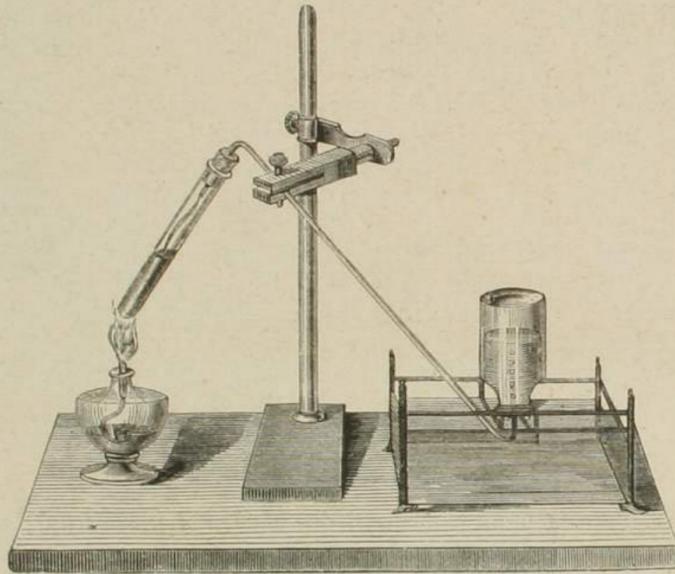
§. 75. Der Sauerstoff.

Die Luft ist, wenn wir durch kleine Massen derselben sehen, durchsichtig; der Stickstoff ebenfalls; daher muß auch ihr anderer Bestandtheil durchsichtig und farblos sein. Der Stickstoff ist zum Unterhalten des Brennens und Athmens nicht tauglich. Aber ein Theil der Atmosphäre ist stets umhüllt und umgeben von vier Theilen Stickstoff; und doch giebt dies eine Fünstel der atmosphärischen Luft die Eigenschaft, Flamme und Leben zu unterhalten. Der zweite Bestandtheil der Luft muß daher diese Eigenschaft in hohem Grade besitzen; eine kleine Flamme muß darin hell auflodern, und das Leben eines Thieres muß schnell darin verrinnen.

Hält man mit Hülfe einer Zange eine blank geschabte Kupfermünze eine Zeit lang in eine Spiritusflamme, so bekommt sie nach und nach ein anderes Ansehen; zuletzt erhält sie einen schwarzen Ueberzug. Zugleich ist sie schwerer geworden; es ist also ein anderer Körper hinzugekommen. Der beim Verbrennen thätige Bestandtheil der Luft ist hinzutreten und hat sich mit dem Kupfer verbunden. Den schwarzen Ueberzug nennt man Kupferoxyd. Ausgeglühtes Eisen oder Hammer Schlag ist ebenfalls schwerer geworden, als das Eisen vorher war; es besteht aus Eisen und dem gesuchten Bestandtheil der Luft; es ist Eisenoxyd. Aus rothem Quecksilberoxyd kann man den zweiten Bestandtheil der Atmosphäre gewinnen.

Versuch a. In ein Probirglas werden 6 Gramm rothes Quecksilberoxyd geschüttet, und ein durchbohrter, gut anschließender Kork darauf gesetzt. Durch die Bohrung des Korks wird, luftdicht passend, eine gläserne oder vom Klempner aus Blech gearbeitete Röhre von der Form eines liegenden lateinischen S geschoben. Diese Vorrichtung hängt man an einem Gestell so hoch auf, daß die Spitze von der Flamme einer Spirituslampe den Boden des Probirglases berührt.

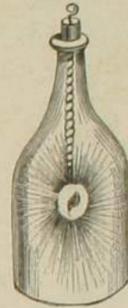
Fig. 76.



Die untere Oeffnung der Röhre läßt man in eine Wanne oder Schüssel mit Wasser tauchen, so daß das Wasser 2 Centimeter darüber steht. Sodann füllt man ein Medicinglas mit Wasser, verschließt die Oeffnung mit einem Finger, kehrt es um, taucht es in das Wasser der Schüssel und hält es, nachdem man den Finger von der Oeffnung hinweggezogen, über der Mündung der S-förmigen Röhre. Jetzt schiebt man die angezündete Lampe mit der anderen Hand vorsichtig unter das Probirglas, bewegt sie darunter hin und her und stellt sie darunter. Bald steigen Luftblasen aus der Röhre in das Medicinglas; es ist zuerst gewöhnliche Luft, dann aber steigen Blasen von der gesuchten Luftart auf, und zugleich beschlägt das Probirglas mit Quecksilber. Das Quecksilberoxyd wird durch Wärme in seine Bestandtheile zerlegt; der eine ist Quecksilber; der andere, die Luftart, heißt Sauerstoff. Ist das Medicinglas leer von Wasser und mit Luft angefüllt, so verschließt man es unter Wasser mit einem Kork, kehrt es um und stellt es verkorkt zu einem späteren Versuche hin. Ebenso verfährt man mit den anderen Gläsern. Sind drei Gläschen mit Sauerstoff gefüllt, so entfernt man zuerst die Schüssel von der Röhre, dann die Lampe von dem Probirglase.

Versuch b. Man steckt an eine Stricknadel etwas Zündschwamm, zündet ihn an und taucht ihn in das erste der mit Sauerstoff gefüllten Gläser; während der Schwamm in der atmosphärischen Luft nur glimmt, brennt er im Sauerstoff mit heller Flamme. In das zweite Glas bringt man eine glimmende Holzkohle, in das dritte eine spiralförmig gewundene, zuvor in einem Licht glühend gemachte Klaviersaiten. Beide Körper verbrennen lebhaft. Der Sauerstoff unterhält also die Flamme mit großer Lebhaftigkeit. Kleine Thiere, in Sauerstoff gebracht, fühlen sich zuerst sehr wohl; bald aber scheint ihre Lebenskraft sich aufzureiben. Die atmosphärische Luft besteht aus einem Theil Sauerstoff und vier Theilen Stickstoff.

Fig. 77.



§. 76. Die Dampfmaschine.

Die luftförmigen Körper, das Leuchtgas, der Sauerstoff, der Stickstoff und die atmosphärische Luft stimmen darin überein, daß ihre Theile keinen gegenseitigen Zusammenhang haben, und dadurch unterscheiden sie sich von den flüssigen (S. 14), deren Theile mit geringer Kraft zusammenhängen. Ferner sind alle luftförmigen Körper elastisch; alle werden durch die Wärme ausgedehnt und steigen empor, wenn sie durch Erwärmung leichter geworden sind. Dieselben Eigenschaften hat ein durch Verdampfen entstehender Körper, der Wasserdampf, der deshalb zu den luftförmigen Körpern gehört, sich aber von den übrigen dadurch unterscheidet, daß er bei geringer Abkühlung sich in einen flüssigen Körper verwandelt. Der Wasserdampf ist geeignet, als bewegende Kraft Maschinen zu treiben.

Versuch. Man unwickelt einen dünnen Holzstab an dem einen Ende mit Berg und bildet auf diese Weise einen Kolben, der genau in ein Probirglas paßt. Ein Viertel des Glases füllt man mit Wasser und bringt dasselbe, bevor man den Kolben aufsetzt, über einer Spirituslampe zum Kochen. Es steigen Dämpfe auf und verdrängen nach und nach alle Luft aus dem Glase. Dringen sie aus der Oeffnung des Probirglases hervor, so setzt man den Kolben auf, entfernt die Lampe und schiebt, während das Wasser kälter wird, den Kolben bis auf die Oberfläche des Wassers hinab. Bringt man nun das Glas wieder über die Lampe, so bilden sich von Neuem Dämpfe, werden durch die Wärme ausgedehnt und erlangen allmählich eine solche Kraft, daß sie den Kolben emportreiben.

Fig. 78.



Dieser Versuch lehrt uns einen Körper durch Dampf in Bewegung setzen und hat auf die Erfindung der Dampfmaschinen geführt, welchen der Engländer Jacob Watt seit dem Jahre 1764 ihre jetzige Vollkommenheit gegeben hat.

Die für uns wichtigsten Dampfmaschinen sind die Locomotiven (Dampfswagen), die erst in unserem Jahrhundert in Gebrauch gekommen

sind. Vorn, unter dem Schornstein der Locomotive, liegen neben einander zwei gußeiserne, starke Cylinder, die Dampfscylinder D, in wagerechter Stellung. In jedem Dampfscylinder bewegt sich ein Kolben, dessen Stange auf der linken Seite luftdicht durch den Cylinder führt.

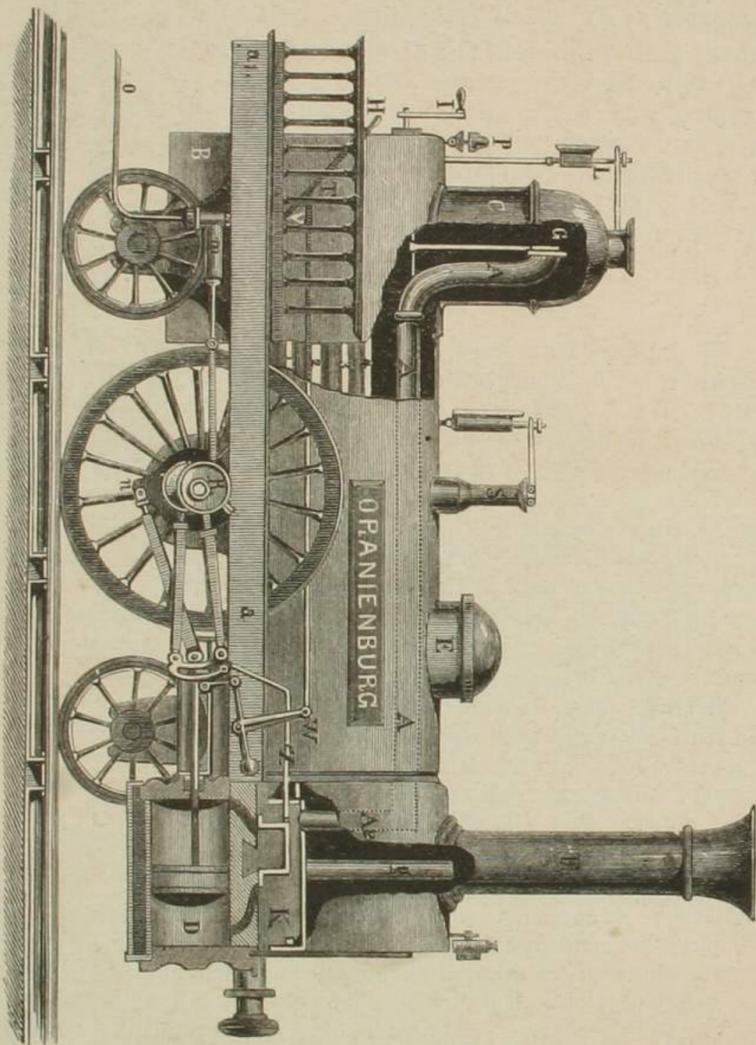


Fig. 71.

Mittels einer besonderen Vorrichtung, des über dem Cylinder befindlichen Schiebers, wird der Dampf einmal in den Theil des Dampfscylinders rechts von seinem Kolben geleitet, und dann bewegt sich der Kolben nach der linken Seite; darauf gelangt der Dampf vermöge einer anderen Stellung jener Vorrichtung auf die linke Seite des Kolbens, und für den Dampf auf der rechten Seite, der bereits seine Dienste gethan hat,

thut sich eine Oeffnung auf, damit er in den Schornstein entweichen kann. Eben so wird der schon gebrauchte Dampf auf der linken Seite des Kolbens durch eine Oeffnung in den Schornstein getrieben, wenn auf der rechten Seite frischer Dampf eintritt. Durch den Dampf, der stoßweise in den Schornstein entweicht, wird das Geräusch in einer Locomotive hervorgebracht, und der Luftzug im Feuerraume vermehrt, was bei stehenden Dampfmaschinen durch die Höhe des Schornsteins erreicht wird. Auf diese Weise bewegt sich jeder der zwei Kolben sammt seiner Kolbenstange wagerecht hin und her. Die Kolbenstangen greifen an die Achse des großen Mittelrades, drehen dieselbe sammt dem daran feststehenden Rade um und setzen so den Wagen in Bewegung.

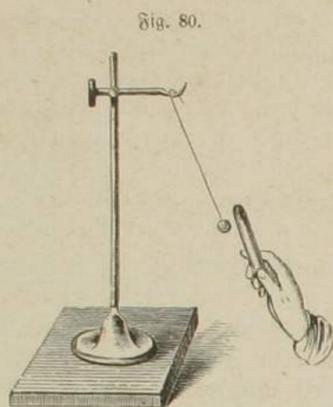
Der weite Raum der Locomotive von dem Schornstein bis zum Feuerraume B ist der Dampfkessel. In ihm befindet sich Wasser, und durch dasselbe führen von dem Feuer aus in den Schornstein mehr, als hundert metallene Röhren, in welche das Feuer hineinschlägt, damit das Wasser recht erhitzt werde und viel Dampf liefere. Der Dampf sammelt sich oben, besonders in der kuppelartigen Erhöhung der Locomotive, und gelangt von hier durch die Röhre A in die Dampfscylinder. Oben haben die Locomotiven Sicherheitsventile, Klappen L und S, die sich nur nach oben öffnen und durch Federn oder Gewichte hinabgedrückt werden, bis die zu stark gewordene Dampfkraft sie öffnet, oder der Locomotivenführer den Dampf, wenn er nicht wirken soll, ausströmen läßt, damit die Maschine still stehe.

§. 77. Die elektrische Anziehung.

Die Betrachtung des Dampfzuges und der Eisenbahn bietet Gelegenheit, noch zwei Beobachtungen zu machen. Erstlich fallen die Drähte ins Auge, welche, von hölzernen Stangen getragen, längs der Eisenbahn dahinlaufen und zum elektrischen Telegraphen gehören. Das Zweite ist die Wolkenbildung im Kleinen, die der aus der Locomotive ins Freie strömende Dampf darstellt; das oft dunkle Aussehen dieser kleinen Wolken erinnert an die Regenwolken, aber auch an eine andere Art dunkler Wolken, die sich an heißen Sommertagen plötzlich bilden, an Gewitterwolken oder elektrische Wolken.

Die alten Griechen nannten den Bernstein Elektron und wußten von ihm, daß er, wenn er gerieben wird, kleine, leichte Körper anzieht. Diese Anziehungskraft des geriebenen Bernsteins nannten sie Elektrizität. Wir kennen jetzt noch mehr Körper, in welchen durch Reiben dieselbe Kraft erregt wird.

Versuch a. Ein Lampencylinder oder eine Siegellackstange wird mit einem Stück Wollzeug gerieben und dann leichten Körpern aus beliebigem Stoffe, Sandkörnern, kleinen Federn, Papierschnitzeln, Binsenmark, genähert. Durch Reiben werden Glas und Siegellack elektrisch und ziehen leichte Körper an. (Fig. 80.)



Versuch b. Ein 2 Centimeter breiter Streifen Schreibpapier wird über einem Lichte oder auf dem Ofen stark durchwärmt. Darauf legt man ihn auf den Tisch, hält das eine Ende des Streifens mit der linken Hand fest und reibt ihn mit einem Stück von elastischem Gummi. Nachdem man mehrere Mal schnell über den Streifen dahingestrichen, reißt man ihn vom Tische los und hält ihn über leichte Körper. Er zieht dieselben an.

Daraus ergeben sich folgende **Gesetze**:
I. Durch Reiben wird Elektrizität erregt. II. Ein elektrischer Körper zieht leichte Körper an.

§. 78. Der elektrische Funke.

Versuch a. Nähert man bei warmem Wetter oder in einem geheizten Zimmer einem starkgeriebenen Lampencylinder den Knöchel eines Fingers, so springt von dem Cylinder ein kleiner Funke zur Hand über, begleitet von einem schwachen Geräusch, einem Knistern. Die Hand fühlt ein schwaches Stechen. Die Elektrizität ist von dem Cylinder zum Finger übergegangen. Durch Reiben war sie auf der Glasröhre angehäuft worden. Wie zusammengepreßte Luft jeden Ausweg benutzt, um sich wieder auszudehnen, so breitet sich auch die Elektrizität aus, indem sie zu dem Finger übergeht. Ist sie in dem Knöchel geblieben, so muß derselbe leichte Körper anziehen. Das thut er keineswegs; eben so wenig zieht die Hand etwas an. Daher muß man annehmen, daß die Elektrizität von dem Glaszylinder zur Hand und von dieser nach dem Fußboden und der Erde sich verbreitet hat.

Versuch b. Auf dem geheizten Ofen wird ein Quartblatt Papier stark durchwärmt, auf den Tisch gelegt und mit Gummi gerieben. Wenn man es vom Tische losgerissen hat und ihm einen Finger nähert, so sprüht diesem aus der Entfernung von 2 Centimeter ein Funke entgegen.

§. 79. Leiter der Elektrizität.

Versuch a. Reibt man einen Lampencylinder, und nähert man ihm einen Metallgegenstand, z. B. einen Schlüssel, so springt von dem Cylinder zu ihm ein Funke über. Nähert man aber dem Cylinder ein Ende einer Siegellackstange, so springt zu dieser kein Funke über; die Elektrizität nimmt ihren Weg nicht über den Siegellack.

Versuch b. Man befestigt an das obere Ende eines Lampencylinders einen gewundenen Draht, so daß er aus dem Cylinder hervorragt, reibt den Cylinder und nähert das freie Ende des Drahtes leichten

Körpern; sie werden angezogen; der Draht ist elektrisch geworden. Von dem Cylinder ist die Elektrizität zu dem nächsten Theile des Metalles, von diesem zu dem folgenden übergegangen und hat sich so über den ganzen Draht verbreitet. Von einem Körper, über den sich die Elektrizität ungehindert verbreitet, sagt man: Er leitet die Elektrizität, oder: Er ist ein Leiter der Elektrizität.

Leiter der Elektrizität sind die Metalle und die Körper lebender Wesen.

Versuch c. Bringt man statt des Drahtes eine Stange Siegellack in die obere Oeffnung des Cylinders, und reibt man den Cylinder, so zeigt das hervorragende Ende des Siegellacks keine Anziehung und bleibt unelektrisch. Die Elektrizität des Cylinders verbreitet sich nicht über den Siegellack. Siegellack leitet die Elektrizität nicht und ist ein Nichtleiter der Elektrizität.

Bringt man an die Stelle des Siegellacks in unserm Versuche nach einander eine trockene Glasröhre und ein Stück Seidenzeug, so findet man, daß Glas und Seide gleichfalls Nichtleiter sind. Nichtleiter der Elektrizität sind Glas, Siegellack und Seide.

§. 80. Das Gewitter.

Aus einer großen Glasscheibe von einem Meter Länge und Breite erhält man nach dem Reiben derselben große Funken, welche mit dem Blitze Aehnlichkeit haben. Daher vermuthete man, daß das Gewitter eine elektrische Erscheinung sei.

Daß dies wirklich so ist, bewies der Nordamerikaner Franklin um die Mitte des vorigen Jahrhunderts. Als ein Gewitter heraufzog, ließ er einen Drachen steigen, an den ein Metalldraht befestigt war. Von dem Drahte führte eine leinene Schnur herab, die gleichfalls ein Leiter der Elektrizität ist, und unten an die Schnur war ein Schlüssel gebunden. Als der Gewitterregen begann, näherte Franklin seine Hand dem Schlüssel und erhielt aus demselben elektrische Funken. Aus der Wolke war Elektrizität zu dem Drachen übergegangen und hatte von hier ihren Weg über die Schnur bis zu dem Schlüssel genommen. Als später ein Franzose diesen Versuch wiederholte, durchflocht er die Schnur, damit sie besser leitete, mit Metalldraht und erhielt beim Herannahen eines Gewitters aus der Schnur des Drachen Funken von 3 Meter Länge, von einem heftigen Knalle begleitet; auch zeigte sich die elektrische Anziehung; Strohhalme wurden aus der Entfernung von einem Meter angezogen. So ist bewiesen, daß die Gewitterwolken elektrische Wolken sind.

Zwar ist es noch unbekannt, wodurch die Wolke elektrisch wird. Doch tritt vor einem Gewitter stets eine schnelle Wolkenbildung ein. Bei schwüler, stiller Luft bildet sich eine niedrige, dichte Wolke, die schnell zunimmt. Bald bilden sich ähnliche Wolken in den benachbarten Gegenden der Luft, und in Kurzem ist der vorher heitere Himmel mit Wolken bedeckt, die sich einander nähern. Endlich vereinigen sie sich zu

einer großen, düsteren Gewitterwolke, und es bricht ein Sturmwind los, als letzter Vorbote des heranziehenden Gewitters.

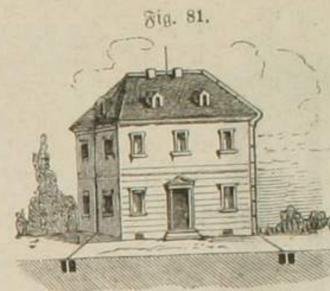
Der Blitz ist ein großer elektrischer Funke. Sein Weg ist eine Zickzacklinie. Indem er bei seiner schnellen Bewegung die Luft vor sich hertreibt, preßt er sie zusammen; nun ist sie ein schlechterer Leiter, und der Blitz springt wiederholt zur Seite ab. Die meisten Blitze fahren aus einer Wolke nach einer andern. Geringer ist die Zahl der Blitze, welche einschlagen, das heißt, Gegenstände auf der Erdoberfläche treffen. Hohe, gut leitende Gegenstände sind dem Einschlagen am meisten ausgesetzt; hohe Körper, weil sie der Gewitterwolke am nächsten sind, und gute Leiter darum, weil die Elektrizität durch sie am schnellsten zu dem feuchten Erdreich gelangen kann. Daher bieten Thürme und hohe Häuser, einzeln stehende Bäume und der aus einem Schornstein aufsteigende Rauch dem Blitz Wege, die er häufig einschlägt. Bei seinem weiteren Fortgange bewegt er sich längs der besten Leiter und folgt Dachrinnen, Ofenröhren und anderen festen Körpern. Dünnere Metallgegenstände schmelzt er; Holz wird gespalten und zersplittert; lebende Wesen werden in der Regel augenblicklich getödtet, weil durch den Schlag die Thätigkeit der Nerven vernichtet wird.

Der Donner ist im Großen dasselbe, wie das Knistern, das den kleinsten elektrischen Funken begleitet. So oft der Blitz von seinem Wege abspringt, so oft erfolgt ein neuer Donnerschlag; durch diese Reihe von Donnerschlägen entsteht das Rollen des Donners und wird, besonders in Gebirgsgegenden, durch das Echo verstärkt. Wie der elektrische Funke und das Knistern gleichzeitig eintreten, so geschehen auch Blitz und Donner, Sichtbares und Hörbares, in demselben Augenblicke. Wenn wir aber aus der Ferne einem Holzhauer zusehen, so sehen wir ihn früher den Schlag ausführen, als wir es hören. Beim Abfeuern einer Kanone sehen wir aus der Entfernung den Blitz früher, als wir den Knall hören. Das Licht bewegt sich schneller bis zu unserm Auge, als der Schall zu unserm Ohre gelangt. Wenn wir den Blitz schon gesehen haben, ist der Schall des Donners noch unterwegs und langt erst später bei uns an.

Als Vorsichtsmaßregel beim Gewitter gilt, daß man sich von hohen und gut leitenden Gegenständen fern halte. Man muß sich von eisernen Ofen, Kronleuchtern, Drahtzügen, großen Spiegeln entfernen; man läßt das Feuer auf dem Herde ausgehen und vermeidet die Nähe des Schornsteins. Der sicherste Platz ist in der Mitte des Zimmers, dessen Fenster zu verschließen, kein Grund vorhanden ist. Im Freien ist es unbesonnen, sich unter einzeln stehende Bäume, in die Nähe von Thürmen oder Häusern zu stellen, an denen Wasser herabrinnt.

Weil der einschlagende Blitz guten Leitern folgt, kam Franklin auf den Gedanken, dem Blitze den Weg, den er nehmen soll, durch eine gute Leitung vorzuschreiben, und erfand den Blitzableiter. Ein Blitzableiter besteht aus zwei Stücken, der Auffangestange und der Ableitungstange. Die Auffangestange ist eine lothrecht auf den

Dachstuhl befestigte Eisenstange. Sie ragt über das Haus hervor, damit bei einer sehr nahen Gewitterwolke die Stange, und kein anderer Theil des Gebäudes, getroffen werde. Oben ist sie vergoldet, damit sie nicht roste. An ihren unteren Theil ist die Ableitungstange befestigt, die von Eisen oder Kupfer gearbeitet und, damit sie nicht roste, mit einer gut leitenden Farbe überstrichen ist. Sie wird über das Dach und an dem Gebäude abwärts und in einiger Entfernung davon tief in den feuchten Erdboden geführt. Schlägt der Blitz in den Ableiter ein, so folgt er, ohne Schaden zu thun, der Ableitungstange, und die Elektrizität verbreitet sich schnell über den Erdboden weiter. Ein Blitzableiter schützt die Theile des Gebäudes, die von der Auffangestange doppelt so weit entfernt sind, als sie die höchsten Theile des Gebäudes überragt; eine Auffangestange von 6 Meter Höhe schützt also einen Kreis, der einen Halbmesser von 12 Metern hat.

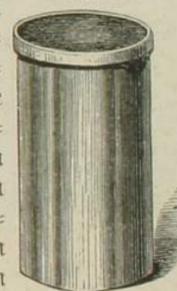


§. 81. Die Berührungselektricität.

Die durch Reiben entstehende Elektrizität nennt man Reibungselektricität, und die Elektrizität der Gewitterwolken hat dieselben Wirkungen. Wir vermögen aber noch auf eine andere Weise Elektrizität hervorzubringen.

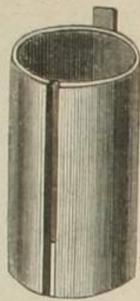
Versuch a. In ein Trinkglas stellt man einen 10 Centimeter hohen und 6 Centimeter weiten Thonbecher, der aus der Masse der thönernen Pfeifen gearbeitet ist. Durch einen solchen Thonbecher sickert eine hineingegossene Flüssigkeit langsam hindurch; die Außenseite wird feucht, ohne daß Tropfen herabrinnt. Den Thonbecher stellt man in ein Trinkglas, aus welchem er ein Wenig oben hervorragt; zugleich muß das Trinkglas eine solche Weite haben, daß zwischen seinen inneren Wänden und dem Becher ringsherum ein Raum von der Breite eines Fingers frei bleibt. Dadurch werden zwei gesonderte Räume gebildet, der eine innerhalb des Thonbeckers, der andere rings um denselben.

Fig. 82.



Sodann läßt man ein starkes Zinkblech schneiden, so hoch, wie der Thonbecher. Es wird zu einer Röhre gebogen, welche den Thonbecher mit geringem Spielraum umschließt. Oben und unten bleibt die Zinkröhre offen und von oben bis unten aufgeschlitzt. Oben läßt man einen 2 Centimeter hohen Zinkstreifen stehen und an diesen einen 30 Centimeter langen Kupferdraht mit seinem einen Ende löthen. Die Zinkröhre

Fig. 83.

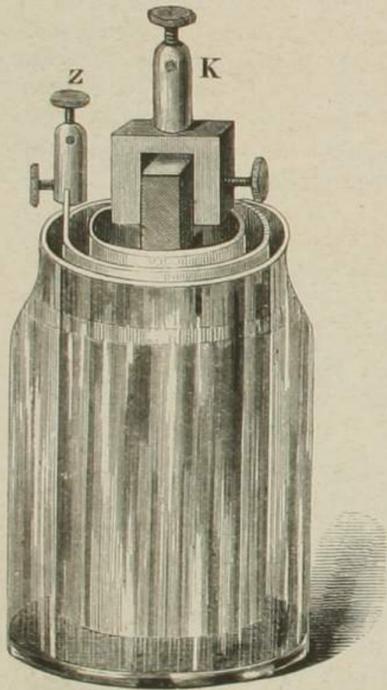


wird in den Raum zwischen Thonbecher und Glas gestellt, und in diesen Raum wird verdünnte Schwefelsäure gegossen, die aus einem Theil Schwefelsäure und zehn Theilen Wasser besteht.

In den Thonbecher wird concentrirte, d. i. unverdünnte, Salpetersäure gegossen, und in diese eine Kohlenplatte gestellt, an die ein Kupferdraht befestigt ist.*)

Bringt man die mit einem Messer blank geschabten Enden der Kupferdrähte sehr nahe an einander, so zeigt sich zwischen ihnen ein kleiner, heller Funke. Das ist ein

Fig. 84.



Zeichen davon, daß Elektricität erregt wird. Es ist das Zink in Verührung mit einer Flüssigkeit, mit Schwefelsäure; zweitens ist Kohle in Verührung mit Salpetersäure; drittens ist ein Thonbecher angewandt, durch welchen die Flüssigkeiten hindurchdringen und sich gegenseitig berühren. Somit sind Metall und Kohle in Verührung mit zwei Flüssigkeiten.

Gesetz: Durch die gegenseitige Verührung von Flüssigkeiten mit Metall und Kohle wird Elektricität erregt.

Die durch Verührung fester Körper mit flüssigen hervorgebrachte Elektricität wird zum Unterschiede von der Reibungs-Elektricität Verührungs-Elektricität oder nach dem italienischen Arzte Galvani, der sie gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts entdeckte, galvanische Elektricität (Galvanismus) genannt. Eine zur Erzeugung galvanischer Elektricität angewandte Vorrichtung heißt eine

*) Der Thonbecher kann auch mit Kohls gefüllt werden. Man zerfährt Kohls, wie sie zur Heizung verwandt werden, zu einem grüblischen Pulver, schüttet etwas davon in den Thonbecher, den man auf eine Untertasse gestellt hat, und gießt in ihn einige Tropfen concentrirter, d. h. unverdünnter, Salpetersäure, die jede Apotheke liefert. Darauf wird wieder etwas Pulver in den Thonbecher geschüttet und wieder mit Salpetersäure angefeuchtet. In dieser Weise fährt man fort, bis fast der ganze Becher mit Kohlspulver gefüllt ist. Oben in denselben stellt man ein größeres Kohlsstück, windet um dessen oberen, hervorragenden Theil mehrmals ein Ende eines blankgeschabten Kupferdrahtes, von dem ein 30 Centimeter langes Ende frei bleibt. Um den unteren Theil des größeren Kohlsstücks wird Kohlspulver herumgelegt, damit das Kohlsstück fest stehe.

galvanische Kette; wie die Glieder einer Kette einander berühren, berührt darin Zink die Schwefelsäure, die Schwefelsäure die Salpetersäure, die Salpetersäure die Kohle; von der Kohle nimmt die Elektricität ihren Weg über den leitenden Kupferdraht, wenn er den andern berührt, zu dem vom Zink kommenden Leitungsdraht und zum Zink.

Verjudh b. So oft man die Enden der Leitungsdrähte einander bis zur Verührung nahe bringt, erscheint ein elektrischer Funke. Weil die Verührung der Flüssigkeiten mit Metall und Kohle nicht unterbrochen ist, findet in einer galvanischen Kette eine ununterbrochene Elektricitäts-Erregung Statt.

Verjudh c. Drückt man das eine Ende des einen Leitungsdrahtes auf einen Schlüssel (oder Löffel) fest, und nähert man einer andern Stelle des Schlüssels den andern Draht bis zur Verührung, so erscheint ein Funke. Die Elektricität der Kohle gelangt durch die beiden Drähte und den Schlüssel zum Zink. Sind die Drähte durch den Schlüssel in leitende Verbindung gesetzt, so geht die Elektricität der Kohle zuerst von der galvanischen Kette hinweg und kehrt dann über die leitenden Metalle zu ihr zurück, und dieser Kreislauf dauert so lange, als Alles in gegenseitiger Verbindung steht.

Gesetz: Die galvanische Elektricität vollbringt einen Kreislauf von der galvanischen Kette hinweg und zu ihr zurück.*)

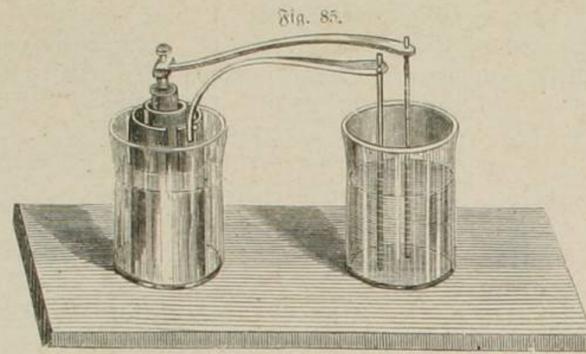
Die sich bewegende galvanische Elektricität nennt man den galvanischen Strom.

§. 82. Die Galvanoplastik.

Verjudh a. Man schüttet Kupfervitriol, ein blaues Salz, in ein Trintglas und übergießt es mit Wasser; das Kupfervitriol löst sich auf, und es bildet sich eine Flüssigkeit von blauer Farbe. Darauf nimmt man einen blank geschabten Kupferdraht und eine nicht verrostete Stricknadel. Mit der einen Hand drückt man das obere Ende des Kupferdrahtes an den von der Kohle kommenden Leitungsdraht der galvanischen Kette; mit der andern hält man das obere Ende der Stricknadel gegen den vom Zink kommenden Leitungsdraht der Kette. Ohne

So vorbereitet stellt man den Thonbecher in das Glas, schiebt über ihn die Zinkröhre und gießt zu derselben in den äußeren Raum um den Thonbecher verdünnte Schwefelsäure, die eine Fingerbreite niedriger steht, als der obere Rand des Glases.

*) Zum Gelingen der Versuche ist es nöthig, daß die Enden der Leitungsdrähte blank geschabt werden. Sind die folgenden Versuche angesetzt, so ist die Kette aus einander zu nehmen. Das Zink wird mit Sand oder Ziegelmehl geschauert und abgetrocknet. Die Kohle wird getrocknet. Der Thonbecher, der vorsichtig zu behandeln ist, damit er nicht zerbruche oder Risse bekomme, wird ausgespült und bleibt mehrere Tage in einer mit Wasser gefüllten Schüssel liegen; nachdem er trocken geworden, darf er nicht in der Nähe von Metall aufbewahrt werden, weil er noch Salpetersäure enthält, und diese die Metalle angreift.



Ueberzug wird desto stärker, je länger man die Nadel in der Auflösung läßt.

Das Kupfer, das sich an die Stricknadel gesetzt hat, macht einen Bestandtheil des Kupfervitriols aus; Kupfervitriol ist ein zusammengesetzter Körper. Die galvanische Elektrizität nimmt ihren Weg durch denselben. Der zusammengesetzte Körper wird in seine Bestandtheile zerlegt, und das Metallstück, welches den vom Zink kommenden Draht berührt, zieht das Kupfer aus der Kupfervitriol-Auflösung an sich.

Gesetz: Durch die galvanische Elektrizität werden zusammengesetzte Körper in ihre Bestandtheile zerlegt.

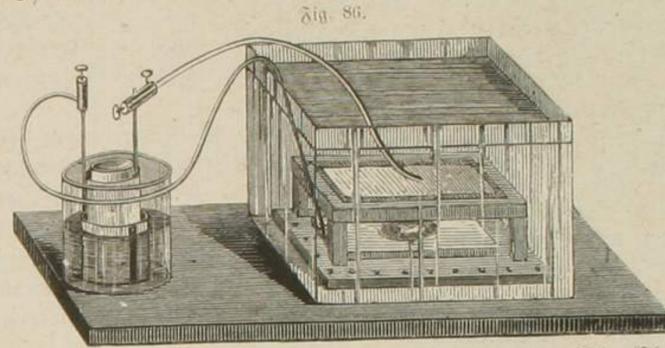
Bringt man an die Stelle der Kupfervitriol-Auflösung andere Auflösungen, in denen Gold oder Silber enthalten ist, so kann man in ähnlicher Weise galvanisch vergolden oder versilbern.

Versuch h. Man biegt das Ende des vom Zink kommenden Drahtes der galvanischen Kette abwärts und giebt ihm unten die Form eines kleinen wagerechten Ringes, so groß, daß ein Groschen darauf liegen kann, reinigt den Groschen, so daß er überall eine frische metallische Oberfläche zeigt, und legt ihn auf den Ring. Während er fest darauf gehalten wird, überzieht man mit Hilfe eines brennenden Lichtes die untere Seite des Ringes und der Münze, ihren Rand und das hinabführende Stück des Leitungsdrahtes mit Wachs oder Talg. Der andere Leitungsdraht wird ebenfalls abwärts gebogen, und beide in das Glas mit Kupfervitriol eingetaucht. So läßt man die ganze Vorrichtung wenige Tage stehen und gießt an jedem Tage einige Tropfen nicht verdünnter Schwefelsäure zu dem Zink in der galvanischen Kette. Kupfer setzt sich an den oberen Theil der Silbermünze und bildet zuletzt eine zusammenhängende Masse. Man nimmt dann die Münze sammt dem Kupferüberzug aus der Flüssigkeit heraus und trennt ihn mittels eines Messers von dem Geldstück. Der Kupferüberzug stellt einen getreuen, vertieften Abdruck der Münze dar.

So nimmt man von den Kupferplatten, die zur Anfertigung von Kupferstichen gestochen sind, zuerst vertiefte Abdrücke, bringt auch diese wieder in Kupfervitriol und erhält auf galvanischem Wege davon einen zweiten Abdruck, der in allen Stücken der ursprünglichen Platte vollkommen gleichkommt. Auch kleinere Büsten bildet man auf galva-

sie von den Leitungsdrähten zu entfernen, taucht man beide, den kurzen Kupferdraht und die Nadel, in die Auflösung von Kupfervitriol. Bald überzieht sich die Stricknadel mit Kupfer; sie wird verkupfert. Der

nischem Wege nach, indem man sie zuerst mit einem metallischen Pulver überzieht und dann in die Kupfervitriollösung bringt. Größere Gegenstände lassen sich nur stückweise nachbilden und müssen nachher aus ihren Theilen zusammengesetzt werden. Die Kunst, von Münzen, ihren

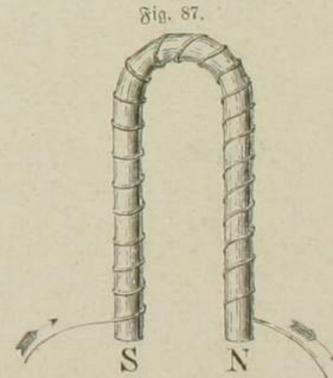


Kupferplatten oder Figuren Metallabdrücke durch galvanische Elektrizität anzufertigen heißt die „Galvanoplastik“. Dabei vertritt die Elektrizität die Stelle eines bildenden Künstlers und arbeitet fast ohne Beihülfe der Menschenhand.

§. 83. Der Elektromagnet.

Die galvanische Elektrizität übt auf Eisen eine besondere Wirkung aus. Man läßt von einem Schlosser ein walzenförmiges Stück von weichem Eisen in Gestalt eines Hufeisens schmieden; es erhält die Stärke eines Fingers, jeder Arm 9 Centimeter Länge, der eine ist von dem andern 3 Centimeter entfernt, und ihre

Enden werden eben gefeilt. So vorgerichtet läßt man das Eisen mit Lehm umhüllen, noch einmal ins Feuer legen und, nachdem es längere Zeit durchglüht ist, ohne Anwendung des Wassers in der Luft abkühlen. Dies Hufeisen umwickelt man mit Seidenzeug, wobei nur die beiden glatt gefeilten Enden oder Pole der Arme frei bleiben, und bindet das Zeug mit einem Faden fest. Sodann nimmt man einen Kupferdraht von 4 Meter Länge und windet ihn um das bewickelte Eisen. Man fängt, indem man ein 30 Centimeter



langes Ende Draht hängen läßt, an dem einen Ende des Hufeisens an zu wickeln, und hört an dem Ende des andern Armes auf, an dem wieder ein 30 Centimeter langes Ende übrig bleibt. Endlich trennt man, wenn etwa zwei benachbarte Windungen sich berühren, dieselben von einander und schabt die beiden Enden des Drahtes blank. — Wirkamer wird die Vorrichtung, wenn man die beiden Arme des Eisens mit 30 und mehr

Meter besponnenen Drathes umwindet; man legt dann die Windungen dicht neben und auf einander; eine metallische Berührung tritt zwischen den Windungen nicht ein, weil sie besponnen sind.

Versuch a. Drückt man das eine Drathende des Hufeisens gegen einen Draht der galvanischen Kette, und deren anderen Leitungsdraht gegen den anderen Draht des Hufeisens, und bringt man vor seine Enden oder Pole einen Schlüssel oder ein anderes Stück Eisen, so wird derselbe von dem Hufeisen angezogen.

Das Eisen, das vorher Nichts anzog, ist magnetisch geworden (§. 33). Die Elektrizität der galvanischen Kette geht von der Kohle durch den Leitungsdraht, durch die Windungen um das Hufeisen herum und kehrt durch den andern Leitungsdraht zur Kette zurück. Wäre die Umwicklung mit Seide nicht da, so würde die Elektrizität nicht um das Eisen herum strömen, sondern in das Eisen selbst übergehen und auf dem kürzesten Wege zur Kette zurückkehren. So aber ist sie genöthigt, das Eisen zu umströmen.

Gesetz: Eisen wird magnetisch, wenn es in mehrfachen Windungen von der Elektrizität umströmt wird. Ein Eisenstück, das durch die Elektrizität zu einem Magnet gemacht wird, heißt ein Elektromagnet.

Versuch b. Trennt man den einen Leitungsdraht der Kette von dem einen Draht des Elektromagnets, so verliert dieser seine magnetische Kraft und läßt das Eisenstück, das er vorher trug, fallen. Der Elektromagnet hat also keine bleibende magnetische Kraft. Die Elektrizität umströmt, weil die Drähte getrennt sind, und die Leitung unterbrochen ist, den Elektromagnet nicht. Daher zieht er nichts oder nur sehr wenig an.

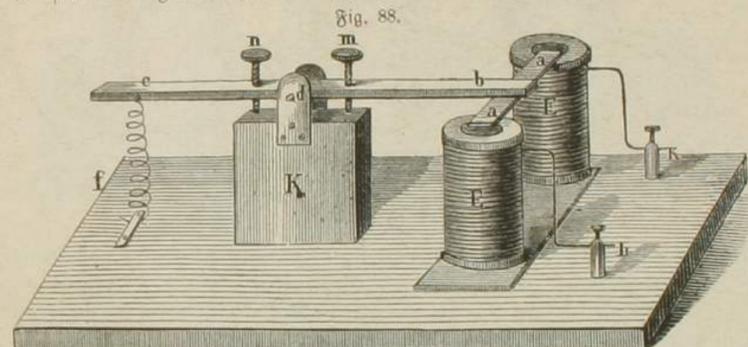
Gesetz: Ein Elektromagnet verliert seine magnetische Kraft, sobald die Elektrizität aufhört, ihn zu umströmen.

§. 84. Der elektrische Telegraph.

Versuch. Den vorübergehenden Magnetismus eines Elektromagnets kann man auf folgende Weise benutzen, um aus der Entfernung Zeichen zu geben.

Man befestigt auf ein wagerecht liegendes Brett einen Elektromagnet E so, daß er seine Pole nach oben wendet; außerdem bringt man über einem hölzernen Träger K einen zweiarmigen Hebel bc aus Holz an, der sich um den Punkt d dreht. Der rechte Arm b des Hebels trägt über den Polen des Elektromagnets ein Eisenstück a; ein solches Eisenstück, das von einem Magnet angezogen wird, heißt der Anker des Magnets. Den linken Arm des Hebels zieht eine aus Messingdraht gewundene Feder f abwärts und entfernt dadurch den Anker a von dem Elektromagnet. Eine durch den Hebel bc gezogene Schraube n hindert eine zu weite Entfernung des Ankers vom Elektromagnet, eine zweite Schraube m hindert die unmittelbare Berührung zwischen Anker und Elektromagnet. Diese Vorrichtung stellt man in einem

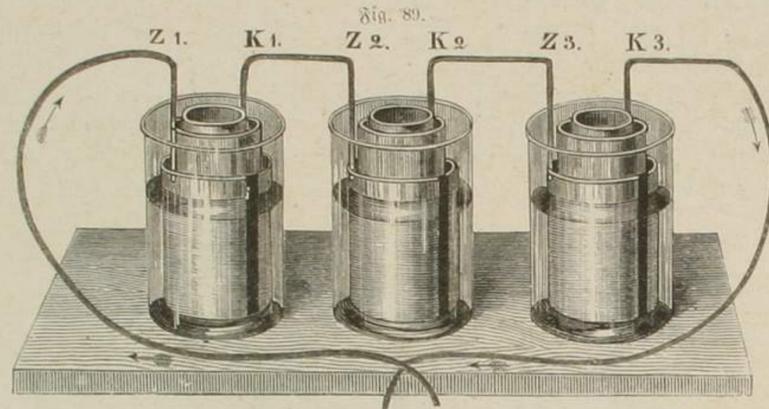
Zimmer auf; in einem anderen Zimmer stellt man eine galvanische Kette auf. Den Elektromagnet verbindet man mit der galvanischen Kette durch zwei Kupferdrähte, die an die beiden Drahtenden des Elektromagnets festgeschraubt werden; das andere Ende des einen Kupferdrahts schraubt man außerdem an einen Draht der galvanischen Kette, das freie Ende des andern Kupferdrahts nimmt man, indem man bei der galvanischen Kette steht, in die Hand und berührt damit den freien Draht der Kette. Dadurch wird für den galvanischen Strom eine ununterbrochene Leitung hergestellt, und die Elektrizität strömt von der Kette durch den einen Leitungsdraht zu dem Elektromagnet hin, um ihn herum und durch den anderen Leitungsdraht von dem Elektromagnet zur Kette zurück. Da die Elektrizität sich sehr schnell bewegt, so zieht in demselben Augenblick, in welchem die Leitung hergestellt wird, der



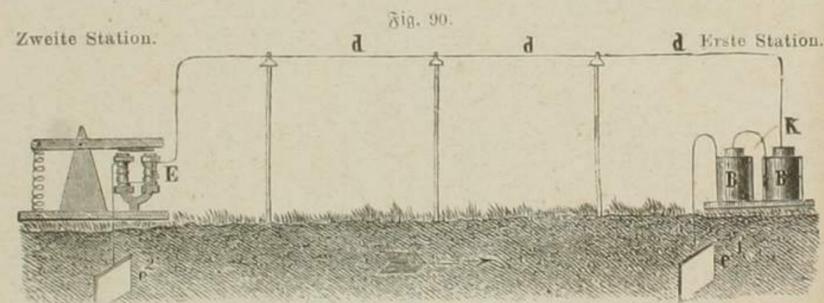
Elektromagnet seinen Anker an. Unterbricht man die Leitung, indem man einen Leitungsdraht von der Kette entfernt, so kann die Elektrizität den Elektromagnet nicht mehr umströmen; derselbe verliert seine Anziehungskraft, und die Feder f entfernt den Anker a von dem Elektromagnet. Stellt man, indem man in der Nähe der galvanischen Kette steht, die Drahtleitung auf einen Augenblick her, so wird der Anker auf einen Augenblick von dem Elektromagnet angezogen. Stellt man die Leitung auf längere Zeit her, so wird der Anker auf längere Zeit angezogen. Die Anziehung des Ankers auf einen Augenblick und die Anziehung auf längere Zeit bilden zwei Zeichen, und aus ihren Wiederholungen und Stellungen lassen sich nach einer besonderen Zeichensprache alle Buchstaben zusammensetzen.

Wäre erstlich die magnetische Kraft des Elektromagnets nicht eine vorübergehende, wäre zweitens die Geschwindigkeit der Elektrizität nicht eine große, und leiteten drittens nicht einige Körper die galvanische Elektrizität, so könnten nicht durch die galvanische Elektrizität Zeichen auf weite Entfernungen hin gegeben werden. Der elektrische Telegraph beruht daher auf der vorübergehenden magnetischen Kraft des Elektromagnets, auf der großen Geschwindigkeit der Elektrizität und der Leitungsfähigkeit einiger Körper. Die **Geschwindigkeit der Elektrizität** ist so groß, daß sie 24000 Meilen in einem Augenblicke (einer Sekunde) durchläuft. Ist daher die in einer

Stadt aufgestellte galvanische Kette durch zwei Kupferdrähte mit dem in einer andern, meilenweit entfernten Stadt aufgestellten Elektromagnet verbunden, so wird derselbe in demselben Augenblicke magnetisch, in welchem in der ersten Stadt die ununterbrochene Leitung hergestellt wird. Nur ist für die Entfernung von mehreren Meilen die Electricität einer einzigen galvanischen Kette zu schwach, und es muß eine **galvanische**

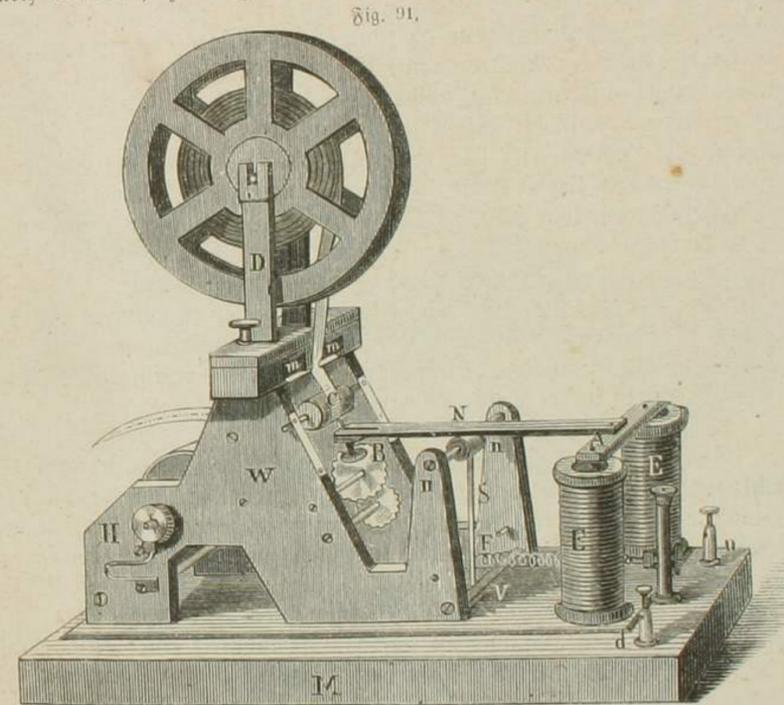


Batterie angewandt werden oder eine Zusammenstellung von mehreren galvanischen Ketten, bei welcher die Kohle der ersten Kette mit dem Zink der zweiten, die Kohle der zweiten Kette mit dem Zink der dritten etc. durch Drähte verbunden sind, wie in Figur 89. Die nach der andern Stadt oder Station führenden Leitungsdrähte müssen an das Zink der ersten Kette und an die Kohle der letzten befestigt werden.



Aber für die **Leitung** von einer Stadt oder Telegraphenstation nach der andern werden nicht zwei Drähte angewendet; sondern es werden ein Draht und der feuchte Erdboden als Leiter benutzt. Von der Kohle K der galvanischen Batterie BB in der ersten Station führt ein Draht zu dem Elektromagnet in der zweiten Station. Der Draht ist ein Kupferdraht oder ein dicker Eisendraht, wird von 6 Meter hohen Stangen getragen und von Porcellanglocken gehalten, die an den oberen Theil der Stangen befestigt sind. Das Porzellan ist ein Nichtleiter der Electricität und hindert dieselbe, von dem Drahte unterwegs in die

Erde überzugehen und durch den Erdboden zur Batterie zurückzukehren. Die zweite Leitung bildet der feuchte Erdboden; auf jeder Station ist eine große Metallplatte in die Erde eingegraben, und von ihr führt auf der ersten Station ein Draht zum Zink der Batterie, auf der zweiten Station führt von der Metallplatte e^2 ein Draht zu den Windungen des Elektromagnets. Ist daher die Leitung hergestellt, so nimmt die Electricität von der Kohle K der galvanischen Kette, durchströmt die von Stangen getragene Drahtleitung dd und die Drahtwindungen des Elektromagnets E auf der zweiten Station; aus diesen gelangt sie durch den Draht zur eingegrabenen Metallplatte e^2 , bewegt sich durch den feuchten Erdboden zurück zu der Metallplatte e^1 auf der ersten Station und kehrt durch den Draht zurück zum Zink der galvanischen Batterie BB.



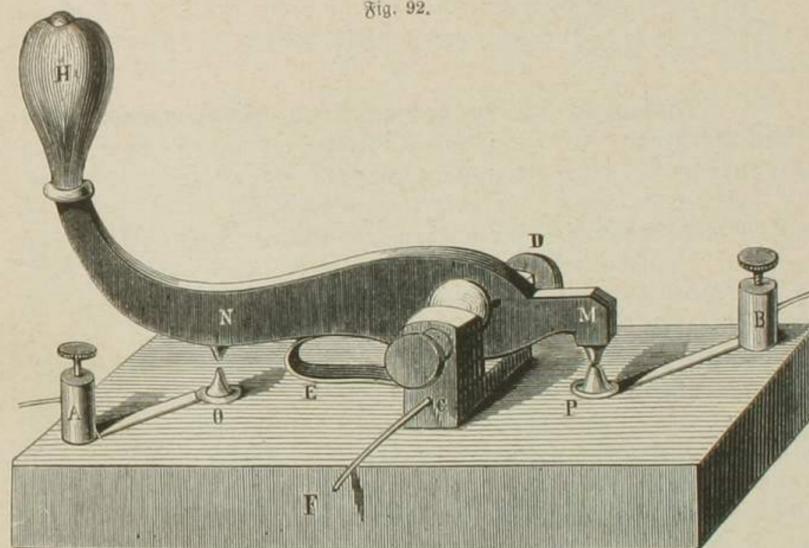
Die Einrichtung der Telegraphen ist sehr verschieden. Der **Schreib- oder Drucktelegraph**, der am meisten in Gebrauch ist, besteht der Hauptsache nach aus zwei Vorrichtungen, aus dem Schreibapparat und dem Schlüssel. Der Schreibapparat schreibt oder druckt die von einer entfernten Station kommenden Zeichen, die zusammen eine Depesche ausmachen, auf einen Papierstreifen; mit Hilfe des Schlüssels giebt der Telegraphenbeamte die Zeichen. Den ersten Bestandtheil des **Schreibapparats** bildet ein lothrecht auf ein Brett befestigter Elektromagnet E; seine Arme sind 8 Centimeter lang, und seine Pole liegen oben. Ueber den Polen schwebt eine Eisen-

platte, der Anker A; derselbe wird getragen von einem zweiarmigen Hebel ANB, der sich nach oben und unten bewegen kann. An den Hebel ist ein lothrechter Stab S, und an diesen ist eine Messingsfeder F befestigt, welche den Anker A von den Polen des Elektromagnets zu entfernen sucht. Durch den linken Hebelarm ist der Schreibstift B geschraubt; er ist aus Stahl gearbeitet, und seine stumpfe Spitze ragt oben aus dem Hebel hervor. Ueber dem Schreibstift ist eine drehbare Walze angebracht, dieselbe ist einer zweiten Walze so nahe, daß sie, wenn sie sich drehen, einen 2 Centimeter breiten Papierstreifen mit sich fortziehen. Ihre Bewegung erhalten die Rollen durch ein Räderwerk, und dieses wird durch ein Gewicht oder eine starke Uhrfeder getrieben. Das lange Papierband wickelt sich von einer größeren Rolle D ab, welche man den Papierträger nennt. Der Schreibapparat drückt zweierlei Zeichen in das Papier, Striche und Punkte. Wird auf der anderen Station die ununterbrochene Leitung auf einen Augenblick hergestellt, so zieht der Elektromagnet E des Schreibapparats den Anker A an und drückt auf einen Augenblick den Schreibstift gegen das Papier, so daß ein Punkt entsteht. Stellt der Telegraphenbeamte auf der entfernten Station die Leitung auf längere Zeit her, so drückt der Schreibstift länger gegen das Papier, und indem dieses durch das Räderwerk bewegt wird, entsteht auf ihm ein Strich. Mit Hilfe einer besonderen Zeichensprache werden Buchstaben, Zahlen und Satzzeichen durch Zusammenstellungen von Punkten und Strichen bezeichnet; so bedeutet · · · J, — T, — — M. Zwischen den Zeichen für einen Buchstaben und den Zeichen für den nächsten Buchstaben bleiben Zwischenräume, und noch größere Zwischenräume werden am Ende der Wörter gelassen. Das Wort „R o m m“ sieht in der Telegraphenschrift so aus:

Die zweite Hauptvorrichtung des Schreibtelegraphen heißt der **Schlüssel** oder Taster und dient, die Zeichen zu geben, oder die Leitung auf kurze oder längere Zeit herzustellen. Auf einem Brett sind metallene Ständer CD angebracht; von ihnen wird ein metallener Hebel von der Gestalt einer Thürklinke HM getragen. An die Unterfläche des Hebels ist eine kleine Messinggäule, der Hammer N, gelötet, und senkrecht unter dem Hammer ist auf das Grundbrett eine Messinggäule O befestigt, welche der Amboß heißt. Eine Feder E entfernt den Hammer etwas von dem Amboß. In der Nähe des Schlüssels ist die galvanische Batterie aufgestellt; der von der Kohle kommende Draht ist an den Amboß geschraubt; der vom Zink der Batterie kommende Draht führt zu einer in die Erde gegrabenen Metallplatte. An die metallenen Ständer CD des Schlüssels ist das eine Ende eines Kupferdrahts FC geschraubt, der, von Stangen getragen, nach der andern Station führt und dort an den Draht des Elektromagnets im Schreibapparat geschraubt ist, während das andere Drahtende des Elektromagnets an eine in die Erde gegrabene Platte gelötet worden ist. Bei der gezeichneten Ruhelage des Schlüssels ist die Leitung zwischen Hammer und Amboß unterbrochen; die Leitung wird daher nicht von Electricität durchströmt.

Drückt aber der Telegraphenbeamte den Hebel des Schlüssels nieder, so daß Hammer und Amboß sich berühren, so ist eine ununterbrochene Leitung hergestellt. Die galvanische Electricität geht aus von der Kohle der Batterie, kommt durch den Draht A zum Amboß O, geht auf den Hammer N, den metallenen Hebel und den metallenen Ständer D über und gelangt durch die Drahtleitung nach der andern Station. Dort durchströmt die Electricität die Drahtwindungen des Elektromagnets und nimmt dann ihren Weg zur Metallplatte, die in den Erdboden eingegraben ist. Durch die feuchte Erde wird die Electricität nach der in der Nähe der Batterie eingegrabenen Platte zurückgeleitet und vollendet ihren Weg, indem sie zum Zink der Batterie gelangt.

Fig. 92.



Weil beim Niederdrücken des Schlüssels die Leitung nirgends unterbrochen ist, und der Draht des Elektromagnets von Electricität durchströmt wird, zieht der Elektromagnet im Schreibapparat der entfernten Station den Anker an und drückt den Schreibstift gegen das Papier. Soll eine Depesche beginnen, so drückt der Telegraphenbeamte auf der ersten Station den Schlüssel mehrere Mal schnell hinter einander nieder und bewirkt dadurch auf der zweiten Station eine sich wiederholende Bewegung des Ankers und des Hebels im Schreibapparat. Der Telegraphist auf der empfangenden Station wird dadurch aufmerksam gemacht und setzt das Uhrwerk in seinem Schreibapparat in Bewegung. Nun kommt die Depesche an; das Niederdrücken des Schlüssels auf einen Augenblick bewirkt, daß im Schreibapparat ein Punkt entsteht; ein längeres Niederdrücken des Schlüssels hat zur Folge, daß der Schreibstift einen Strich zeichnet. Ein besonderes Zeichen · · · · · bezeichnet den Schluß der Depesche.

Rückblick.

Alle Naturerscheinungen lassen sich in sechs Gruppen vertheilen, in Bewegungsercheinungen, Erscheinungen des Schalles, der Wärme, des Lichts, magnetische und elektrische Erscheinungen.

A. Bewegungsercheinungen an festen, flüssigen und luftförmigen Körpern. Alle irdischen Körper haben das gemeinsam, daß sie schwer sind, oder daß sie von der Erde angezogen werden (§. 1). Die Schwerkraft bewirkt, daß ein nicht unterstützter Körper fällt, und daß ein unterstützter Körper einen Druck auf seine Unterlage ausübt, den man das Gewicht des Körpers nennt (§. 2). Während des Fallens nimmt die Geschwindigkeit des fallenden Körpers zu; seine Bewegung ist eine beschleunigte (§. 4).

I. Die Schwerkraft bringt zuerst **an den festen Körpern** besondere Erscheinungen der Bewegung und des Gleichgewichts hervor. Feste Körper (§. 15) sind solche, deren Theile sich nur mit bedeutender Kraft von einander trennen lassen; flüssige Körper sind solche, deren Theile mit geringer Kraft zusammenhängen; luftförmige Körper sind solche (§. 76), deren Theile keinen Zusammenhang haben. Die festen Körper werden entweder in einem oder mehreren Punkten unterstützt. In einem Punkte sind die hängenden Körper unterstützt; ein Körper hängt dann ruhig, wenn zu beiden Seiten des durch den Aufhängepunkt gezogenen Lothes gleich schwere Stücke liegen (§. 7). Ist ein Körper zwar in mehreren Punkten, aber nur theilweise unterstützt, so fällt er um, wenn der überhängende Theil mehr wiegt, als der unterstützte. Aus festen Körpern werden folgende Maschinen angefertigt: Die schräge Fläche, das Pendel, der Hebel, die Rollen und die Wasserräder.

1. **Von der schrägen Fläche** gilt das Gesetz: Je steiler eine schräge Fläche ist, desto schneller bewegt sich ein Körper auf ihr hinab, und desto mehr Kraft ist nöthig, um ihn hinaufzubringen (§. 3).

2. **Vom Pendel** gelten die Gesetze: 1) Die einzelnen Schwingungen eines und desselben Pendels haben gleiche Zeitdauer. 2) Ein kürzeres Pendel schwingt schneller, als ein längeres. Wichtig ist die Anwendung des Pendels in den Uhren (§. 5); dieselben Dienste leistet in Taschenuhren die kleinere Spiralfeder (§. 46).

3. **Der Hebel** hat entweder zwei Arme, oder einen Arm. Der Hebel mit zwei gleichen Armen ist im Gleichgewicht, wenn die Kraft der Last gleich ist (§. 9); die Hauptanwendung des gleicharmigen Hebels ist die gleicharmige Wage (§. 10). Je länger an einem ungleicharmigen Hebel der eine Arm ist, desto weniger Kraft ist an demselben anzuwenden. Je näher dem Unterstützungspunkt des einarmigen Hebels die Last angreift, desto geringere Kraft wird erfordert (§. 11 u. 13).

4. **Die Rollen** werden eingetheilt in feste und bewegliche. Die feste Rolle ist im Gleichgewicht, wenn die Kraft der Last gleich ist. An der beweglichen Rolle tritt das Gleichgewicht ein, wenn die Kraft halb so groß ist, als die Last (§. 12 u. 14).

5. **Die Wasserräder** sind entweder unterschlächtig oder ober-
schlächtig (§. 15).

II. **Bei den flüssigen Körpern** kommen folgende Stücke in Betracht: Ihre Oberfläche, ihre Stellung in communicirenden Gefäßen und ihr Verhalten gegen eingetauchte Körper (§. 16—22).

1. Die **Oberfläche** einer tropfbaren Flüssigkeit bildet zur Zeit der Ruhe stets eine wagerechte Ebene.

2. In zwei **communicirenden Gefäßen** steht eine Flüssigkeit gleich hoch. Auf diesem Gesetz beruhen die Springbrunnen; Abweichungen aber von dem Gesetz werden durch die Kraft des Anhangs und durch die Haarröhrchenanziehung hervorgebracht.

3. Hinsichtlich des Verhaltens einer Flüssigkeit **gegen eingetauchte Körper** sind die zwei wichtigsten Fälle der, daß die Flüssigkeit den Körper trägt, so daß er schwimmt, und der, daß sie ihn nicht zu tragen vermag. Ein Körper schwimmt, wenn er leichter ist, als die von ihm verdrängte Wassermenge. Ist er schwerer, so sinkt er unter.

III. **Die Bewegungsercheinungen an den luftförmigen Körpern** werden theils durch ihre Elasticität, theils durch ihren Druck (in Folge der Schwere) hervorgebracht.

1. Ueber die Elasticität der Luft gilt das Gesetz: Je mehr die Luft zusammengedrückt wird, mit desto größerer Kraft sucht sie sich auszudehnen. Vorrichtungen, die auf der Elasticität der Luft beruhen, sind die Taucherglocke, die Knallbüchse, das Blaserohr und der Heronsball (§. 61—63).

2. Das Vorhandensein des Luftdrucks wird bewiesen durch die Versuche mit dem Fingerhut, der gefüllten Glasröhre und dem umgekehrten Trinkglase (§. 64). Das Gesetz über den Luftdruck ist folgendes: Die atmosphärische Luft übt nach allen Richtungen hin einen Druck aus. Das Werkzeug zum Messen des Luftdrucks heißt das Barometer (§. 65). Auf dem Luftdruck beruhen die Vorgänge des Athmens und Saugens (§. 64) und folgende Vorrichtungen: der Blasbalg, die Pumpe und die Feuerspritze (§. 66—68).

Außer der atmosphärischen Luft sind folgende luftförmige Körper die bekanntesten: das Leuchtgas, welches zur Gasbeleuchtung verwandt wird und sich aus jedem mit einer Flamme brennenden Körper entwickelt (§. 71—73), der Stickstoff (§. 74), der Sauerstoff (§. 75) und der Wasserdampf (§. 23, 24).

B. Die zweite Gruppe von Naturerscheinungen bilden die Erscheinungen des Schalles. Der Schall entsteht durch die schwingende Bewegung eines Körpers. Die Schallwellen werden gewöhnlich durch die Luft fortgepflanzt. Je schneller ein Körper schwingt, einen desto höheren Ton giebt er. Durch die Zurückwerfung des Schalles wird eine Verstärkung desselben oder ein Nachhall oder ein Echo hervorgebracht (§. 44—47).

C. Die dritte Gruppe von Naturerscheinungen machen die Erscheinungen der Wärme aus.

I. **Erregt** wird Wärme durch die Sonnenstrahlen (§. 28), durch Reiben (§. 35), durch Vermischung ungleichartiger Stoffe (§. 69) und durch die Elektrizität beim Gewitter (§. 80).

II. Die beiden Hauptwirkungen der Wärme sind 1) die Ausdehnung der Körper, 2) das Schmelzen fester und das Verdampfen flüssiger Körper.

1. Daß die Ausdehnung in Folge der Erwärmung eintritt, lehrt das Ueberfließen des Wassers aus einem erwärmten, vollen Gefäß und das Anschwellen einer mit Luft gefüllten Blase (§. 38). Auf der Ausdehnung durch Wärme beruht das Werkzeug zum Messen der Wärme, das Thermometer (§. 39).

Eine Folge von der Ausdehnung der Luft ist, daß erwärmte Luft leichter wird und emporsteigt (§. 41). Eine Anwendung dieses Emporsteigens ist der Luftballon (§. 42). Ferner erklärt sich aus dem Gesetz, daß die wärmere Luft nach oben strömt, und daß unten kältere Luft der Wärmequelle zuströmt, die Entstehung des Luftzugs und der Winde (§. 43).

2. Die zweite Wirkung der Wärme ist das Schmelzen fester und das Verdampfen flüssiger Körper. Feste Körper werden durch Wärme in flüssige verwandelt; die Schmelzpunkte verschiedener Körper sind verschieden; bei der Verminderung der Wärme werden flüssige Körper wieder fest (§. 40). Flüssige Körper werden durch die Wärme in Dampf verwandelt. Die Dampfbildung kann bei geringer Wärme Statt finden und geht dann nur an der Oberfläche der Flüssigkeiten vor sich; sie heißt Verdunstung (§. 24). Weil zur Verdunstung Wärme verwandt wird, wird bei jeder Verdunstung Kälte erregt (§. 24). In Folge der Verdunstung ist die Luft reich an Wasserdämpfen; werden dieselben durch einen festen Körper abgekühlt, so bilden sich Thau und Reif; werden die Wasserdämpfe durch kältere Luft abgekühlt, so bilden sich Nebel und Wolken, Regen, Schnee und Hagel (§. 25—27). Die Dampfbildung kann aber auch im Innern einer Flüssigkeit vor sich

gehen; dies geschieht beim Sieden oder Kochen (§. 23). Der durch Sieden gewonnene Wasserdampf dehnt sich desto mehr aus, je mehr er erhitzt wird, und wird zum Treiben der Dampfmaschinen angewandt (§. 76).

III. Die Wärme verbreitet sich durch Leitung; Wärmeleitung ist die Verbreitung der Wärme von jedem Körperteilchen zu dem nächsten, von ihm berührten. Man unterscheidet gute und schlechte Wärmeleiter (§. 36, 37).

D. Vierte Gruppe. Erscheinungen des Lichts. Zu betrachten sind dabei folgende Stücke:

I. Die geradlinige Verbreitung des Lichts. In der Luft verbreitet sich das Licht stets in gerader Linie (§. 30). Die erste Folge davon ist der Schatten, der unbeluchtete Raum hinter einem beleuchteten, undurchsichtigen Körper (§. 31). Die zweite Folge von der geradlinigen Verbreitung des Lichts bilden die umgekehrten Bilder in einem dunklen Raum (§. 54).

II. Die Zurückwerfung des Lichts durch die Luft, durch welche die Dämmerung entsteht, und durch ebene Spiegel, durch welche Bilder der Gegenstände entstehen (§. 48, 49).

III. Die Brechung des Lichts oder die Ablenkung der Lichtstrahlen, welche in schräger Richtung aus einem durchsichtigen Körper in einen anderen übergehen (§. 50), besonders die Brechung durch Glas.

IV. Die optischen Instrumente, die Brillen, der Guckkasten, die dunkle Kammer, mittels deren die Photographien angefertigt werden, das Mikroskop und die Fernröhre (§. 51—57).

V. Die Farben. Die Farben entstehen durch Brechung, durch welche das weiße Sonnenlicht in die sieben Regenbogenfarben zerlegt wird, oder, wie die natürlichen Farben der Körper, durch Zurückwerfung. Die farbigen Erscheinungen in der Atmosphäre sind der Regenbogen, das Abendroth und das Blau des Himmels (§. 58—60).

E. Die Naturerscheinungen der fünften Gruppe sind die magnetischen Erscheinungen. Ein Magnet hat zwei Haupteigenschaften. Erstlich richtet er sich, wenn er frei schwebt, so, daß er ungefähr von Süden nach Norden zeigt. Zweitens zieht ein Magnet Eisen und Stahl an. Die wichtigste Anwendung des Magnets ist die Benutzung im Compaß. Magnetisirt wird Stahl durch Streichen mit einem Magnet (§. 32—34).

F. Die sechste Gruppe von Naturerscheinungen bilden die elektrischen Erscheinungen. Erregt wird Elektrizität entweder durch Reiben, oder durch die gegenseitige Berührung von Flüssigkeiten mit Metall oder Kohle. Die erste Art der Elektrizität heißt Reibungs-
elektrizität, die zweite Berührungselektrizität.

I. **Die Reibungselektricität** hat folgende Wirkungen: 1) Sie bringt Bewegungen hervor, weil ein elektrischer Körper leichte Körper anzieht; 2) sie bewirkt eine Lichterscheinung, den elektrischen Funken; 3) sie verursacht einen Schall, das Knistern, das den Funken begleitet. In großem Maßstabe treten dieselben Erscheinungen beim Gewitter auf, wobei auch Wärmeerscheinungen hervortreten. Geleitet wird die Elektricität besonders durch Metalle; auf die Leitungsfähigkeit der Metalle gründet sich der Blitzableiter (§. 77—80).

II. **Die Berührungselektricität** bringt folgende Wirkungen hervor: 1) eine Lichterscheinung, den elektrischen Funken; 2) die Zerlegung zusammengesetzter Körper, die bei der galvanischen Vergoldung und der Galvanoplastik Anwendung findet; 3) magnetische Erscheinungen; Eisen wird magnetisch, wenn es in mehrfachen Windungen von Elektricität umströmt wird; die magnetische Wirkung hört auf, sobald der galvanische Strom aufhört. Die wichtigste Anwendung von der magnetisirenden Kraft der Berührungselektricität ist der elektrische Telegraph. Die Leitung der Berührungselektricität geschieht dabei durch Metalle und durch den feuchten Erdboden, welche die Elektricität mit sehr großer Geschwindigkeit durchströmt (§. 81—84).



In der Verlagsbuchhandlung von **G. W. Körner** in **Erfurt** sind erschienen:

Grüger, Dr. Joh., Lehrbuch der Physik. Mit 318 in den Text eingedruckten Holzschnitten. gr. 8. Eleg. broch. (VIII und 376 S.) Preis 1 Thlr. 10 Sgr. (Auf 12 Exemplare 1 Freieremplar.)

Grüger, Dr. Joh., Die Physik in der Volksschule. Ein Beitrag zur methodischen Behandlung des ersten Unterrichts in der Physik. Zehnte, verbesserte Auflage. 1870. Preis 10 Sgr.

Grüger, Dr. Joh., Grundzüge der Physik, mit Rücksicht auf Chemie als Leitfaden für die mittlere physikalische Lehrstufe methodisch bearbeitet. Vierzehnte, verbesserte und nach metrischem Maß und Gewicht umgearbeitete Auflage. 1871. Preis 18 Sgr.

Grüger, Dr. Joh., Schule der Physik, als Anleitung zur Anstellung einfacher Versuche und populäre Entwicklung der wichtigsten Naturgesetze für Schule und Haus bearbeitet. Siebente, verbesserte Auflage (nach metrischem Maß und Gewicht umgearbeitet). Mit 482 Abbildungen. 1870. Preis 2 Thlr.

(Die Zusätze in der neuen Auflage betreffen besonders die pneumatische Beförderung von Depeschen, das Aneroidbarometer, die Vibrographen, die Overtöne, den atlantischen Telegraphen, die elektrischen Uhren, die Operngucker, die Wundercamera und die Hygrometer.)

