



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Handbuch der Physik zur Selbstbelehrung für jedermann

Spiller, Philipp

Berlin, 1865

Dritter Abschnitt. Gleichgewicht luftiger Körper.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-75469](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-75469)

Um das größte aller vorhandenen Schiffe, den früheren Leviathan, jetzigen Great Eastern, vom Stapel zu lassen, wirkte man auf den Quadrat Zoll mit 20000 Zentnern, wobei Metallzylinder eines Apparates von mehr als 7 Zoll Dicke zersprengt und die stärksten Doppelbalken wie Zündhölzer zerbrochen wurden.

In England wendete man u. a. eine hydrodynamische Presse an, welche mit einem Drucke sogar von 40000 Zentnern auf den Quadrat Zoll wirkte, um die stärksten Eisenplatten im kalten Zustande zu den Schiffspanzern zu krümmen.

Durch die hydraulische Presse lassen sich Holzarten im Stamme mit den verschiedenartigsten Farben durch und durch versehen, was für Fourniere sehr wichtig ist, da zugleich die Holzmaserung weit kräftiger hervortritt.

Dritter Abschnitt.

Gleichgewicht luftiger Körper.

Bedingungen des Gleichgewichts.

Die Bedingungen des Gleichgewichts für jeden Körper sind von dem Verhältnisse wenigstens zweier, auf diesen Körper wirkenden Kräfte abhängig. Sind diese Kräfte gleich und wirken sie einander entgegengesetzt, so ist Gleichgewicht vorhanden.

Wir wissen, wie bei einem festen Körper eine Kraft, welche in einem Punkte seiner Schwerlinie angreift, der Gravitationskraft zur Erde das Gleichgewicht hielt, oder wie zwei Kräfte, welche beide auch die Anziehungskräfte der Erde sein konnten, den festen Körper im Gleichgewichte hielten, wenn er um einen bestimmten Punkt drehbar war, und die Kräfte eine Drehung nach entgegengesetzten Richtungen hervorbringen wollten. Wir wissen auch wie bei tropfbaren Körpern die Schwere nur durch die Kohäsionskraft der sie als Gefäße umschließenden festen Körper im Gleichgewicht zu halten war, wozu eigentlich auch das die Meere umschließende Festland zu rechnen ist.

Anders aber verhält es sich mit den luftigen Körpern, welche als gewichtig zwar auch den Gesetzen der Schwere unterworfen sind, aber noch eine ihnen eigenthümliche Eigenschaft, die Spannkraft oder Expansivkraft, und einen damit in Verbindung stehenden, sehr hohen Grad von Elastizität besitzen.

Alle luftigen Körper haben nämlich das Bestreben, einen größeren Raum einzunehmen, wenn sie daran durch einen äußeren Druck nicht

verhindert werden. Hat man z. B. in der Tiefe des Wassers in einer thierischen Blase nur etwas Luft, welche die Blase nicht erfüllt; so schwillt sie um so mehr an, je weiter man sie nach dem Niveau bringt, weil dadurch der äußere Druck auf sie vermindert wird und bekommt außerhalb des Wassers ein noch größeres Volumen. Bringt man sie dann noch unter eine Glasglocke, aus welcher durch eine Luftpumpe, welche wir später werden kennen lernen, die sie umgebende Luft nach und nach beseitigt wird, so nimmt die in der Blase eingeschlossene Luft immer größere Räume ein und kann unter Umständen durch den von Innen wirkenden Druck die Blase sogar zersprengen.

Die Luft dehnt sich aber nicht blos dann aus, wenn der von außen auf sie ausgeübte Druck, sondern auch, wenn die Anziehungskraft der Erde auf sie sich vermindert, also wenn man mit abgeschlossener Luft von dem Erdmittelpunkte sich entfernt; indeß ist das nicht bedeutend und nicht zu verwechseln mit der Ausdehnung zufolge der Verminderung des äußeren Druckes beim Aufwärtssteigen in der Atmosphäre.

Endlich ist der Grad der Ausdehnbarkeit der luftigen Körper, sie mögen Gase oder Dämpfe sein, noch von einem allen Körpern, also auch ihnen eigenen Zustande, welchen man die Temperatur nennt, abhängig, indem ihre Ausdehnung mit Zunahme der Wärme wächst.

Sind die luftigen Körper ausdehnbar oder expansibel, so sind sie auch in gleichem Grade zusammendrückbar oder kompressibel oder besitzen die Fähigkeit einen kleineren Raum einzunehmen, was sie aber nicht blos bei der Zunahme des von außen auf sie ausgeübten Druckes, sondern auch bei der Abnahme ihrer eigenen Wärme thun. Diese Raumverminderung kann so weit gehen, daß ihre Molekel bei einer hinreichend großen Annäherung einen tropfbar flüssigen, ja sogar einen festen Körper bilden können. Bis jetzt ist es nur erst bei manchen Gasen gelungen sie zu tropfbaren oder selbst festen Körpern zu verwandeln, die Dämpfe aber sind ohne Ausnahme dieser Verwandlung fähig.

Daß die Eigenschaft der luftigen Körper, sich ausdehnen und zusammendrücken zu lassen, mit einem hohen Grade von Elastizität verbunden ist, zeigen sie, weil sie von selbst wieder den früheren Raum einnehmen, wenn die Kraft, welche sie ausdehnte und zusammendrückte, unter unveränderten sonstigen Umständen zu wirken aufhört. Läßt sich ein Stempel ohne Schwierigkeit, aber mit luftdichtem Verschlusse, in einem Zylinder von Glas oder Metall nach dem Boden hin drücken, so wird er durch die zusammengepreßte Luft zurückgestoßen, wenn die drückende Kraft zu wirken aufhört.

Wenn ein Metall, wie etwa beim Prägen von Münzen, zusammengedrückt und dichter geworden ist, so tritt eine rückwirkende Kraft nicht mehr hervor, und die angewendete lebendige Kraft kann insofern als verloren angesehen werden; wird aber ein luftiger Körper zusammengedrückt und ändert er hierbei nur die Dichte, nicht aber seinen Aggregatzustand,

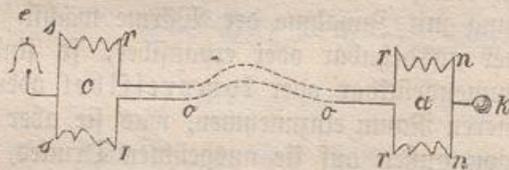
so tritt die rückwirkende Kraft ganz in demselben Maße als lebendige Kraft auf, wie die angewendete drückende Kraft.

Aus diesen Eigenschaften der luftigen Körper lassen sich alle Erscheinungen, welche sie darbieten, ableiten. Da die Dämpfe nicht als dauernde luftige Körper angesehen werden können, sondern vorzüglich durch die Wärme ihr Bestehen sichern, so werden sie am besten in der Wärmelehre abgehandelt, so daß wir hier zunächst nur von den eigentlichen Gasen sprechen wollen.

Gleichgewicht in einem geschlossenen Raum.

Aus den für die luftigen Körper bekannten Eigenschaften und den Bedingungen des Gleichgewichtes derselben ergeben sich ohne Schwierigkeit zwei gesetzmäßige Thatsachen:

- 1) in einem geschlossenen Raume ist die Expansivkraft der darin enthaltenen Luft an allen Stellen dieselbe, und
- 2) der auf irgend einer Stelle der abgesperrten Luft ausgeübte Druck pflanzt sich ungeschwächt durch die übrige Luft fort, bis die Expansivkraft überall dieselbe ist.



(Fig. 77.)

Diese Thatsache hat man zu Luftklingelzügen benutzt. Ihre Einrichtung läßt sich leicht aus folgenden Angaben erkennen. In Fig. 77 sind *a* und *c* zwei luftdicht abgeschlossene Behälter, jeder aus zwei Holzscheiben von wenigen Zollen Durchmesser bestehend, deren Ränder mit in Falten gelegtem Kautschuck oder Leder luftdicht an einander befestigt sind, so daß man sie einander nähern und von einander entfernen kann; die beiden Scheiben *rr* sind irgendwie befestigt und durch ihre Oeffnungen *oo* geht ein beliebig lauges und beliebig gerichtetes Kautschuckrohr, welches also die Behälter *a* und *c* mit einander verbindet. Wird die Scheibe *nn* am Knopfe *k* von *rr* weggezogen, also der Raum *a* erweitert, so strömt von *c* aus sofort durch das Rohr *oo* Luft dorthin und die Scheibe *ss* bewegt sich, weil der innere Druck auf sie vermindert ist, sofort nach *a* hin. Ist also an die Scheibe *ss* ein Metallklöppel angebracht, welcher an eine Glocke *e* schlägt, so hat man den gewünschten Glockenlaut; drückt man *nn* hinein, so wird die Glocke an der entgegengesetzten Seite angeschlagen.

Da mit jedem Zuge und Drucke nur ein Schlag gemacht wird, so läßt es sich wohl denken, daß man eine ähnliche Vorrichtung zum Telegraphiren anwenden könnte, wobei sich die Leitungsröhren im Erdboden anbringen und so gegen Zerstörung durch muthwillige Hände schützen

fließen. Die Anzahl und Schnelligkeit aufeinander folgender Laute könnte wie beim Morfeschen Schreibtelegraphen die verschiedenen Buchstaben bedeuten. Statt des Klöppels *x* ließe sich wohl auch ein Stift anbringen, wenn die Einrichtung etwas verändert würde, so daß durch ihn auf ein mit gleichmäßiger Geschwindigkeit vorüberbewegtes Papier Punkte und Striche gemacht werden könnten, wie beim Morfeschen Schreibtelegraphen.

Auf das Prinzip der ungeschwächten Fortpflanzung des Druckes, welches eigentlich auch schon bei dem Luftklingelzuge seine Anwendung fand und uns bereits von den tropfbaren Flüssigkeiten als ungemein wichtig bekannt ist, stützt sich ein in mehrfacher Beziehung belehrendes, bereits gelegentlich erwähntes Spielzeug, nämlich der fatesianische Taucher.



Ein etwa 8 Zoll hohes und $1\frac{1}{4}$ Zoll weites Zylindergefäß von Glas wird zum größten Theile, z. B. bis *nn* (Fig. 78) mit Wasser gefüllt; in das Wasser legt man eine kleine hohle Glasfigur, der man meist eine abenteuerliche Gestalt gibt, wie etwa die hirnverbrannte Phantasie zu Zeiten sich den Teufel vorgestellt hat, nämlich mit Hörnern, Pferdefüßen und einem gekrümmten röhrenartigen Schwänzchen *x*, welches am Ende offen ist. Das Körperchen muß gerade so tief eintauchen, daß eben nur die Hörnerspitzen über das Wasser vorragen. Sinkt es von selbst nicht so tief ein, so muß man es dadurch etwas schwerer machen, daß man Wasser in dasselbe schafft. Dieses geschieht, wenn man das Glaskörperchen, also auch die Luft in ihm, etwas erwärmt, wodurch ein Theil derselben sich durch das Schwänzchen entfernt. Bringt man es nun schnell unter kälteres Wasser, so dringt bei seiner Abkühlung etwas davon hinein, wodurch es mit Beibehaltung seines Volumens schwerer wird, also tiefer einsinkt; hat man die obige Tiefe erreicht, so verbindet man den Glaszylinder luftdicht mit einer recht nachgiebigen Kautschukplatte *k*.

Drückt man nun auf die Kautschukplatte mit einem Finger, so wird die Luft darunter in *a* zusammengedrückt, dieser Druck wird auf das Niveau *nn* und von da durch die ganze Flüssigkeit, also auch bis an die Oeffnung des Schwänzchens fortgepflanzt. Die Folge davon ist, daß etwas Wasser ins Körperchen dringt, welches die Luft in ihm zusammendrückt, wodurch es, ohne sein Volumen zu ändern, schwerer wird und sinkt. Man hat es vollkommen in seiner Gewalt es bis zu beliebigen Tiefen, *c* oder *e*, einsinken zu machen und hat somit zugleich den praktischen Beweis geliefert, daß mit vergrößerter Tiefe unter dem Niveau der Wasserdruck nach oben wächst, weil ja das Körperchen schwerer gemacht werden muß, um es in größeren Tiefen zum Schweben zu

bringen. Von einer nach unten vermehrten Dichtigkeit des Wassers kann für so niedrige Wassersäulen nicht die Rede sein.

Beim Nachlassen des Druckes auf k , vermindert sich auch der Druck der Luft auf nn und des Wassers auf x , so daß die im Körperchen abgesperrte Luft sich ausdehnen kann und einen Theil des Wassers her- austreibt. Geschieht letzteres schnell genug, oder in kurz auf einander- folgenden Absätzen, was man natürlich in seiner Gewalt hat; so dreht sich das Körperchen nach der der Oeffnung am Schwänzchen entgegen- gesetzten Richtung, was bei den Reactionerscheinungen seine Erklärung finden wird.

Gleichgewicht der Atmosphäre.

Auf das verbreitetste aller Gase, nämlich die atmosphärische Luft, wirkt zunächst die Schwere, und deshalb kann sie sich ungeachtet ihrer Expansivkraft in den Weltraum nicht entfernen, sondern ist mit allem, was in ihr sich befindet, in alle Ewigkeit an sie gefesselt. Jedes Lufttheilchen aber drückt wegen seines eigenen Gewichtes auf das unter ihm befindliche, dieses kann seitwärts nicht entweichen, weil die dort be- findlichen einen gleichen Gegendruck ausüben; es wird also zusammenge- drückt, ohne daß es sein Gewicht verliert. In diesem Zustande will es sich mit derselben Kraft, mit welcher es zusammengedrückt wurde, wieder ausdehnen und drückt nach allen Seiten, also auch nach unten hin mit dieser Kraft, die es durch das Gewicht des ersten Theilchens empfangen hat; also das dritte Theilchen darunter hat das Gewicht des zweiten und die dem Gewichte des ersten gleiche Expansivkraft desselben zu tragen. Diese Betrachtung gilt durch die ganze Atmosphäre und ergibt:

- 1) daß die Atmosphäre die kugelhähnliche Gestalt der Erde angenommen hat,
- 2) daß die Dichtigkeit und die Druckkraft der Atmo- sphäre im Zustande des Gleichgewichts nach der Erd- oberfläche hin zunimmt,
- 3) daß in ihrem Innern der Druck ein allseitiger ist, und
- 4) daß ein irgendwie ausgeübter Druck ungeschwächt nach allen Richtungen sich fortpflanzt.

Hat man an einer bestimmten Stelle der Erdoberfläche ein mit Luft aus dieser Stelle erfülltes Gefäß, so ist der Druck der inneren Luft auf die Gefäßwände ebenso groß, als der äußeren an demselben Orte zu derselben Zeit. Begibt man sich mit der abgesperrten Luft nach oben, so wird die Expansivkraft der inneren Luft um so mehr die der äußeren übertreffen, je höher man steigt, und es kann der Fall ein- treten, daß die Gefäßwände dem inneren Drucke nicht mehr widerstehen

können; begibt man sich nach unten, so wird der äußere Druck größer, als der innere.

Da die Erdanziehung immer kleiner wird, je höher die Luft in der Atmosphäre sich befindet, und da in größeren Höhen ihre Expansivkraft wegen vermindelter Dichtigkeit geringer ist, als in kleineren, so muß es Orte geben, in welchen die Schwere und Expansivkraft der Luft einander aufheben und diese kann man in der angegebenen Beziehung als das Ende der Atmosphäre ansehen. — Da man Explosionen von Meteoriten, die in einer Höhe von 50 englischen Meilen stattfanden, an der Erdoberfläche noch hörte, so muß die Luft in dieser bedeutenden Höhe doch noch eine ziemliche Dichtigkeit haben, obwohl ihre Schwere hier schon geringer ist, als die Expansivkraft.

Die Luft hat in einer Stube dieselbe Spannkraft als im Freien in derselben horizontalen Schicht zu derselben Zeit. Es ist nicht möglich, daß die Dichtigkeit und auch die Spannkraft an zwei mit einander verbundenen Orten verschieden sei, weil der erhöhte Druck an einer Stelle auch eine sofortige Erhöhung an der anderen zeigen muß. Es reichen dazu die kleinsten Oeffnungen hin, und selbst durch ganz dicke Mauern stellt sich das Gleichgewicht her.

Die Diffusion der Atmosphäre.

Die atmosphärische Luft ist nicht ein einfacher Körper. Dies läßt sich auf folgende Weise zeigen.

Wenn man in einem abgesperrten Raume, welcher atmosphärische Luft enthält, etwas Quecksilber erhitzt, so vermindert sich das Volumen der Luft, und das Quecksilber verwandelt sich theilweise in einen rothen festen Körper; aber die Verminderung der eingeschlossenen Luft überschreitet nicht eine gewisse Gränze. Die zurückgebliebene Luft ist nicht mehr atmosphärische, denn ein Licht erlischt darin sofort und ein Thier erstickt. Wird nun der aus dem Quecksilber entstandene rothe Körper für sich stärker erhitzt, so entwickelt sich eine Lustart, in welcher ein glimmend hineingebrachter Stran mit lebhafter Farbe brennt, und sogar Stahl funkenprühend mit lebhaftem Glanze zerschmilzt.

Die in dem Gefäße zurückgebliebene Luft heißt Stickstoff, die aus dem rothen Körper entwickelte Sauerstoff und seine Verbindung mit dem Quecksilber ist Quecksilberoxyd. In 100 Raumtheilen atmosphärischer Luft sind stets 21 Raumtheile (23 Gewichtstheile) Sauerstoff und 79 Raumtheile (76 Gewichtstheile) Stickstoff. Die ihr noch beigemengten Antheile von Kohlensäure, Wasserdampf und Ammoniak sind von Umständen abhängig; in einem erhöhten Grade aber das Vorhandensein von Salz (in der Nähe der Meere und selbst bis auf 20 Meilen Entfernung), von Staub (wie der Wüstenstaub), von Blütenstaub verschiedener Gewächse, von Essen-, Hütten- und Höhenrauch u. a.

In den den Erdförper umgebenden 5,193154 Billionen Kilogrammen atmosphärischer Luft sind enthalten 3,990419 Stickstoff, 1,199619 Sauerstoff und 3116 Kohlenensäure. In 10000 Raumtheilen atmosphärischer Luft sind durchschnittlich etwa 4 Raumtheile Kohlenensäure enthalten. Der Ammoniakgehalt, welcher für das Gedeihen der Pflanzen wichtig ist, wie Gewitterregen zeigen, ist sehr veränderlich von 1 Zehnmilliontel bis 5 Hunderttausendtel gefunden worden.

Man hat berechnet, daß in Paris durch das Verbrennen und Athmen mindestens 3 Millionen Kubikmeter Kohlenensäure entwickelt werden (durch letzteres freilich nur 51000), man hat aber durch direkte Versuche in menschen erfüllten abgesperrten Räumen ihre Menge doch nur höchstens auf 0,01 gefunden, meistens geringer, so daß sie für die Gesundheit gerade nicht sehr gefährlich wird, zumal sie ungeachtet ihres größeren spezifischen Gewichtes wegen ihrer ziemlich hohen Temperatur beim Ausathmen sich mehr in die obersten Theile solcher Räume begibt, als nach unten, wo sie überhaupt durch den Zufluß kälterer Luft bald verdrängt wird. Hat das kohlen-saure Gas die Temperatur der atmosphärischen Luft, so läßt es sich in ihr auf kurze Zeit aus einem Glase in ein anderes übergießen wie Wasser und macht sich bemerklich, daß man ein Licht, auf welches man es gießt, auslöscht. Die Diffusion der in der Atmosphäre vorhandenen Gase setzt bald das normale Mischungsverhältniß wieder her, wenn es durch den Verbrauch des einen oder durch die Erzeugung des anderen gestört worden ist.

Hat man nämlich in zwei Gefäßen, die durch einen, wenn auch engen Kanal, z. B. ein Kapillarröhrchen, mit einander verbunden werden können, zwei Lustarten getrennt aufgefangen, z. B. Wasserstoff und Kohlenensäure, welche keine chemische Verwandtschaft zu einander besitzen, und stellt man dann die Verbindung her; so verbreitet sich jedes Gas auch in das andere Gefäß und erfüllt schließlich beide Gefäße mit überall gleicher Dichte und Spannkräft, als wäre das andere Gas gar nicht vorhanden. Diese Verbreitung, welche man Diffusion nennt, findet auch dann statt, wenn die beiden Gase dieselbe Spannkräft besaßen und das Gefäß mit dem leichteren Gase das obere ist: es steigt also hier die schwerere Kohlenensäure allmählig aufwärts, der leichtere Wasserstoff geht abwärts, bis das Gemenge in beiden Räumen überall eine gleiche Spannkräft hat.

Die Spannkräft, womit beide Gase schließlich den gegebenen ganzen Raum einnehmen, ist gleich der Summe der Spannkräfte, mit welchen sie einzeln diesen Raum einnehmen würden.

Wäre eines der Gefäße luftleer gewesen, so würde die Einstromung des Gases aus dem anderen Gefäße schneller geschehen, als es bei dem vorhandenen Widerstande eines anderen Gases geschieht. Es ist höchst auffallend, daß die Verbreitung der Gase durch vorhandene Widerstände

nur verzögert, nicht aber völlig aufgehoben werden kann, was eine Bestätigung der Porosität aller Körper ist. Man hat z. B. Wasserstoff in einer Glasflasche gesammelt, diese durch einen Glaspfropfen gut geschlossen, die Flasche so in Quecksilber umgestürzt, daß ein großer Theil des Halses damit bedeckt war, und hat nach 1 bis 1½ Jahren gefunden, daß das Wasserstoffgas zum Theil oder ganz durch atmosphärische Luft ersetzt war.

Ist zwischen zwei verschiedenen Gasen eine Scheidewand aus einem zwar festen, aber ziemlich porösen Körper, wie etwa einer thierischen Blase oder aus ungebranntem Thone u. a.; so durchdringen sie dieses Hinderniß mit ungleicher Kraft, selbst wenn ihre Expansivkraft ursprünglich dieselbe war.

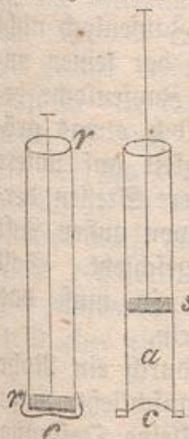
Die Diffusion hat einige Aehnlichkeit mit den Erscheinungen der Endosmose und Exosmose, wenn die Gase durch einen porösen Körper getrennt sind und Verwandtschaft zu einander haben.

Ist eine unbeschädigte Glasglocke über eine andere, die einen ganz feinen Riß hat und Wasserstoff enthält, gestürzt, befindet sich im Zwischenraume atmosphärische Luft, und sind die Gase durch Wasser in demselben Niveau abgesperrt, was ihre gleiche Expansivkraft anzeigt; so durchdringen diese beiden Luftarten den Riß mit großer Lebhaftigkeit in entgegengesetzter Richtung, aber das Wasserstoffgas rascher, was sich durch den Höhenunterschied der Sperrflüssigkeit zeigt.

Der Druck der freien Atmosphäre.

Wir haben bereits aus den Eigenschaften der luftigen Körper überhaupt und der atmosphärischen Luft insbesondere die Nothwendigkeit ihres nach allen Seiten hin gerichteten Druckes kennen gelernt. Wir wollen nun an einer Reihe von ganz einfachen Erfahrungen diesen Druck bestätigen und prüfen und dann seine Größe kennen zu lernen suchen.

Hat man bei einer offenen Röhre *rr* (Fig. 79) den in sie gut passenden Stempel *s* bis an das eine Ende *o* geschoben, dieses Ende luftdicht mit einer weichen Blase *c* verbunden und zieht man dann diesen Stempel zurück (2), so wird die Blase durch den Druck der äußeren Luft um so mehr in die Röhre gepreßt, je weiter der Stempel zurückgezogen wird und kann, namentlich wenn sie trocken ist und zwischen ihr und dem Stempel in *a* sich möglichst wenig Luft befand, leicht zerdrückt werden. Dieses geschieht bei allen Lagen der Röhre. — Hier ist also der Fall, daß auf die beiden Flächen der Blase ungleiche Kräfte wirken: von innen die geringe Druckkraft der wenigen und nach ihrer Raumerweiterung wenig dichten Luft, welche etwa noch in der Röhre war, bevor man den Stempel zurück-



(Fig. 79.)

zog; von außen der unveränderte und verhältnißmäßig große Druck der freien Atmosphäre.

Hält man eine offene Röhre mit der einen Mündung ins Wasser und saugt man durch die andere Luft aus ihr, so steigt das Wasser in der Röhre um so höher, je mehr man die Luft aus ihr saugt. Hier ist auch der Druck auf das innere Wasser durch das Saugen kleiner geworden, als der äußere, unverändert gebliebene ist.

Hat man ein Trinkglas bis an den Rand vollständig mit Wasser gefüllt, bedeckt man es mit einem Blatte Papier, welches man an den Rand ringsum dicht andrückt, legt man dann die eine Hand aufs Papier, kehrt das Glas um und wartet bis das im Innern in Bewegung gerathene Wasser zur Ruhe gelangt ist, so fließt das Wasser nicht aus, weil der auf das Papier von der Atmosphäre ausgeübte Druck es verhindert. Je enger das Glas ist, desto leichter gelingt es, weil sich das Wasser im Innern eher beruhigt und auf verschiedene Stellen des Papiers nicht mit verschiedener Kraft stößt.

Der Druck der Atmosphäre auf die Mündung eines gefüllten Gefäßes kann auch mittelbar durch eine tropfbare Flüssigkeit in einem anderen Gefäße ausgeübt werden, wenn sie die Mündung absperret. Ein mit Wasser gefülltes und so auf Wasser umgekehrtes Trinkglas, daß seine Mündung noch unter dem Niveau liegt, bleibt gefüllt.

Hierher gehört auch das Füllen von Gefäßen mit sehr engen Oeffnungen, nachdem man die innere Luft entweder durch Ausaugen oder anfänglich durch Erwärmen und dann, wenn schon etwas Flüssigkeit eingedrungen ist, durch das Kochen derselben beseitigt hat.

Ferner sammelt man verschiedene Lustarten in Flaschen dadurch, daß man diese zuerst mit Wasser, oder nach den Umständen mit Quecksilber, Del anfüllt, sie in der sogenannten pneumatischen Wanne auf den Spiegel der darin befindlichen Flüssigkeit derselben Art umstürzt und dann die Lustarten von unten in die Flaschen leitet.

Daß Flüssigkeit aus einer Tonne durch das enge Zapfenloch nicht abfließen will, wenn das Spundloch gut verschlossen ist, hat keinen anderen Grund, als den von der Atmosphäre auf die am Zapfenloche befindliche Flüssigkeit ausgeübten Druck. Ist das Zapfenloch etwas größer, so ist der von innen wirkende Druck der Flüssigkeit auf untere Theile der Oeffnung um so viel größer, als der auf obere Stellen derselben, daß dort tropfbare Flüssigkeit ausströmt, hier von außen Luft eindringt, was wegen Ungleichheit der Kräfte stoßweise geschieht. Soll also die Flüssigkeit mit einem Strahle herausdringen, so muß das Spundloch geöffnet oder wenigstens hinreichend gelüftet sein.

Wenn bei Thee- und Kaffeekannen das Ausgießen durch ein Rohr stattfindet, so muß der Deckel, zumal wenn er sich dicht anschließt, wozu noch die Dünste der warmen Flüssigkeit beitragen, eine kleine Oeffnung

haben, damit durch sie die äußere Luft eindringen und die Flüssigkeit beim Ausgießen allein ihrem Gewichte folgen kann.

Nimmt man die Oeffnung einer abgeschnittenen Federpose, deren anderes Ende noch geschlossen ist, in den Mund, saugt man von der darin befindlichen Luft einen Theil aus und verschließt die Oeffnung schnell mit der Zunge, so bleibt die Pose an der Zunge frei hängen, weil sie durch den äußeren, stärker wirkenden Atmosphärendruck festgehalten wird.

Wenn man aus einer nur mit Luft gefüllten Blase durch Saugen einen Theil der Luft entfernt, so fällt sie bei fortgesetztem Saugen mehr und mehr zusammen, weil der innere Druck gegen den äußeren immer kleiner wird.

Wenn man in die Körperhaut eine kleine Wunde macht, auf sie ein Gläschen setzt, aus welchem durch das Zurückziehen eines Stempels ein Theil der Luft fortgeschafft wird; so fließt das Blut aus der Wunde um so lebhafter, je stärker die Luftverdünnung im Gläschen ist, weil es der äußere Luftdruck aus der Entfernung um das Gläschen um so mehr hineinpreßt. Die Beseitigung eines Theiles der Luft im Gläschen kann auch durch die Wärme geschehen. Erkaltet das warm aufgesetzte Glas, so nimmt die innere Luft denselben Raum mit geringerer Dichtigkeit ein, und der Erfolg muß derselbe sein. Dies sind die Schröpfköpfe und künstlichen Bluteigel.

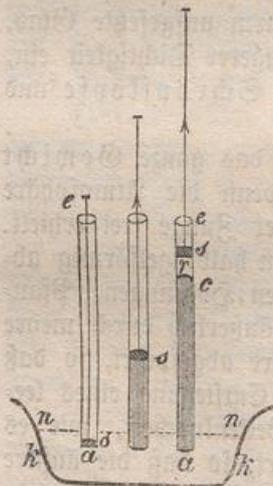
Es ist ein Glück, daß wir beim Gehen nicht das ganze Gewicht unserer Arme und Beine zu heben haben, denn die Atmosphäre hilft sie uns tragen, wie sie die Federpose an der Zunge frei erhielt. Die Arm- und Bein-Knochen befinden sich mit ihren halbkugelförmig abgerundeten Enden (dem Kopfe) in ebenso ausgetieften Höhlungen (Pfan- nen) anderer Knochen; der Zwischenraum ist aber äußerlich durch mehre sich luftdicht anschließende Häute von der Atmosphäre abgesperrt, so daß sie die Gliedmaßen an den Körper drückt und die Entstehung eines leeren Raumes verhindert. Wenn man daher den Beckenknochen, wie es bei Leichen wiederholt gemacht worden ist, durchbohrt, so daß die äußere Luft in den inneren Zwischenraum dringen kann, so fällt das Bein ab, was bei einer bloßen Durchschneidung der Muskeln noch nicht der Fall ist. — Da die Atmosphäre in höheren Schichten weniger dicht ist, als unten, so ist auch ihre Expansiv- oder Druckkraft dort geringer, und das Laufen muß uns auf hohen Bergen und Plateaus in der dünneren Luft mehr ermüden, als unten in der Tiefebene, namentlich wenn der Wechsel des Aufenthaltes schnell eingetreten ist; denn geschieht es langsam, so tritt eher eine Ausgleichung des Druckes ein.

Messung des Atmosphärendruckes.

Wie jede bestimmte Kraft auch nur einer bestimmten Leistung fähig ist, so muß dieses auch mit dem Drucke der atmosphärischen Luft

zu einer bestimmten Zeit und an einem bestimmten Orte der Fall sein. Um die Größe dieses Druckes zu erkennen, müssen wir die Bedingungen des Gleichgewichtes aufheben. Haben wir nämlich in der freien Atmosphäre irgendwo eine dünne Scheibe, so wird der Druck auf eine Stelle von gewisser Ausdehnung in der einen Seitenfläche durch den ebenso großen Gegendruck auf dieselbe Stelle in der entgegengesetzten Seitenfläche aufgehoben, und die Scheibe wird wenigstens durch diese zwei Kräfte nicht in Bewegung gesetzt, sondern sie bleibt im Gleichgewichte oder in Ruhe; wenn aber der Druck auf die eine Seitenfläche aufgehoben oder wenigstens vermindert werden könnte, so käme der auf die andere Seite wirkende zur Geltung und würde die Scheibe in seinem Sinne in Bewegung setzen, und zwar um so mehr, je größer sie ist.

Es wird zur Auffuchung eines Maßes für den Atmosphärendruck aber besser sein, statt eines festen und wenig leicht beweglichen Körpers eine tropfbare Flüssigkeit zu wählen, weil ihre Theile außerordentlich leicht verschiebbar sind, jedem geringsten Drucke nachgeben und ihn ungeschwächt durch ihr ganzes Innere fortpflanzen.



(Fig. 80.)

Hat man ein Gefäß *kk* (Fig. 80) mit Quecksilber, eine an beiden Enden offene Glasröhre *ae* von etwa 32 Zoll Länge, paßt in dieselbe ein Stempel *s* luftdicht ein, schiebt man diesen Stempel bis an das eine Ende *a* der Röhre, hält man dieses Ende unter das Quecksilber-Niveau *nn* (1) und zieht dann den Stempel aufwärts (2), so folgt ihm das Quecksilber sofort und ohne einen Zwischenraum zu lassen; denn die Atmosphäre drückt auf das Niveau *nn* des Quecksilbers, dieser Druck pflanzt sich durch das Quecksilber bis zur Mündung *a* der Röhre fort und preßt es nun aufwärts, weil dort ein Druck abwärts auf dasselbe nicht mehr vorhanden ist, indem er durch den Stempel gehindert wird einzutreten.

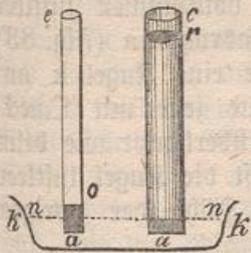
So folgt nun das Quecksilber dem Stempel eine Strecke aufwärts, bis es endlich bei noch weiterem Hinaufziehen des Stempels stehen bleibt, eine nach oben erhabene abgerundete Fläche bildend, so daß zwischen ihm und dem Stempel ein vollkommen leerer Raum *r* (3) entsteht, wenn nicht etwa das Quecksilber oder das Glasrohr etwas Luft in sich enthielten.

Wir sehen also, daß die Atmosphäre eine Quecksilberssäule von nur gewisser Höhe durch ihren Druck zu erzeugen und zu tragen vermag. Diese Säule reicht aber nicht von dem unteren Ende *a* der Röhre bis zu der höchsten Stelle *e*, sondern nur von dem Niveau *n* bis *e* und

beträgt, wenn wir den Versuch an dem Meerespiegel anstellen, so ziemlich 28 pariser Zolle oder $2\frac{1}{3} = \frac{7}{3}$ Fuß; denn das Stück von a bis n wird nicht durch die Atmosphäre getragen, sondern von dem Quecksilber im Gefäße, indem dieselbe Flüssigkeit in verbundenen oder kommunizirenden Behältern in gleicher horizontaler Höhe steht. Würde der Stempel, nachdem er oben angelangt ist, ganz aus der Röhre gezogen, so würde das Quecksilber in dieser sofort bis zum äußeren Niveau herabfallen. (Eigentlich würde es zuerst tiefer fallen, aber nach einigen Schwankungen sich bald ruhig ins Niveau einstellen.)

Die Höhe hängt durchaus nicht von der Weite und Gestalt der Röhre ab. Daß Haarröhrchen nicht genommen werden können, versteht sich von selbst.

Nimmt man statt des Quecksilbers eine andere Flüssigkeit, z. B. Wasser, welches 13,59 mal leichter ist als Quecksilber, so folgt sie dem Stempel zu einer sovielman größeren Höhe, wievielman die neue Flüssigkeit leichter ist, als die frühere; bei Wasser also 13,59 mal $\frac{7}{3}$ Fuß, d. i. 31,71 Fuß. Spiritus würde zu einer noch größeren Höhe aufsteigen, und so werden sich die Höhen verschiedener Flüssigkeiten, wie umgekehrt ihre spezifischen Gewichte verhalten, gerade so wie es für kommunizirende Röhren stattfand. Hätte die Luft überall die Dichtigkeit, wie sie an der Erdoberfläche stattfindet, so würde die Atmosphäre eine Höhe von etwas über 1 Meile haben. Die Dichtigkeit des Quecksilbers übertrifft die der Luft 10614mal, und die des Wassers 773mal.



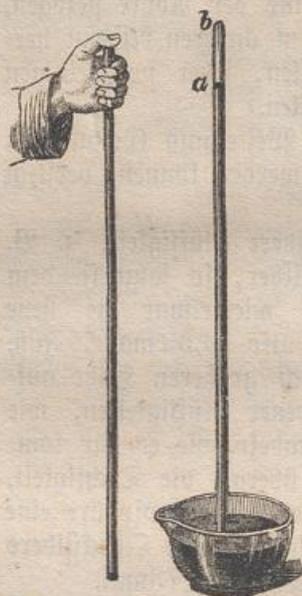
(Fig. 81.)

Diese Betrachtung gilt eigentlich auch schon für den obigen Versuch. Taucht man nämlich zwei gleiche oder ungleich weite offene Röhren (Fig. 81) ae und ac in ein Gefäß mit Quecksilber, so steigt es in beiden so hoch, daß ihr Niveau mit dem äußeren in derselben Ebene nn liegt. Füllt man nun in die eine ae einen Zoll Quecksilber bis o auf, so wird man in die andere 13,59 Zoll Wasser bis r füllen müssen, um das vorige Niveau zu bewahren. Das Quecksilber in den beiden Röhren von n ab abwärts und in dem Gefäße zwischen den Röhren dient nur dazu den Druck der aufgefüllten Flüssigkeiten fortzupflanzen, wie es schon bei den kommunizirenden Gefäßen entwickelt worden ist.

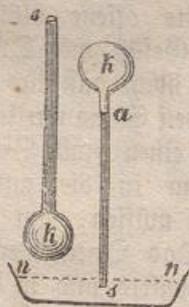
Nun kann man sich statt der durch die Röhre ar abgesperrten Wassersäule eben so gut auf das Quecksilber im ganzen Gefäße Wasser bis zu derselben Höhe r aufgegossen denken, ohne den Stand o des Quecksilbers in der Röhre zu verändern.

Im vorigen Versuche ist die freie atmosphärische Luft auf das Quecksilber im Gefäße ausgegossen gewesen, und sie vermochte es eine Quecksilbersäule von 28 Zollen oder eine Wassersäule von 31,71 Fuß

im kommunizirenden Rohre zu tragen. Daß in diesem Rohre der Luftdruck von oben beseitigt werden mußte, um die Größe des von unten wirkenden Druckes zu bestimmen, ist aus dem Angeführten klar. Es halten also eine Quecksilbersäule von 28 Zollen und die freie Atmosphäre einander das Gleichgewicht.



(Fig. 82.)



(Fig. 83.)

Wollen wir die Größe des Atmosphärendruckes auf eine Fläche von bestimmter Ausdehnung in Gewichten darstellen, so hat dies keine Schwierigkeiten. Da es gleichgültig ist, wie weit in den obigen Versuchen die Röhre ist, so wollen wir uns zunächst eine vorstellen, deren horizontaler Querschnitt grade ein Quadratfuß ist. Da ferner die Atmosphäre eine Wassersäule von 31,71 Fuß Höhe trägt, und in diesem Falle in der Röhre 31,71 Kubikfuß Wasser enthalten sind, von denen

Hat man keinen Stempel zu der Röhre, so kann der obige Versuch auch anders, und zwar so angestellt werden, wie es Torizelli, der Entdecker des Luftdruckes, gethan hat. Man schmilzt die eine Oeffnung der etwa 30 Zoll langen Glasröhre zu, füllt sie mit Quecksilber, hält auf die Mündung den Finger (Fig. 82, 1), kehrt die Röhre um, ohne Luft in dieselbe zu lassen, führt die Mündung unter das Niveau des Quecksilbers in einem Gefäße (2) und nimmt dann erst den Finger weg. Nachdem dies geschehen ist, so fällt das Quecksilber von dem verschlossenen oberen Ende sofort etwa um 2 Zoll bis a, so daß ba luftleer ist und das Quecksilber von a bis zum Niveau im Gefäße wie in dem früheren Versuche etwa 28 Zolle steht. Der obere leere Raum heißt die torizellische Leere.

Es ist klar, daß man diesen Versuch dazu benutzen kann, ein Gefäß vollkommen luftleer zu machen. Ist an das Glasrohr sa (Fig. 83) von etwa 30 Zollen Länge eine Kugel k angeblasen, füllt man sie und jene mit Quecksilber, und verfährt man überhaupt wie beim torizellischen Versuche, so ist die Kugel luftleer geworden, wenn as die Höhe der vorigen Quecksilbersäule ist.

Nachträglich kann man von s aus irgend eine Luftart in die Kugel aufsteigen lassen, um sie besonders zu untersuchen, wenn die Kugel sich abnehmen und absperren läßt.

jeder 66,1 Pfunde wiegt, so ist das Gewicht der ganzen Wassersäule 31,71 mal 66,1 Pfund, d. i. 2196,031 Pfunde; also:

die Atmosphäre übt auf jeden Quadratfuß einen Druck von mehr als 2000 Pfunden, und auf jeden Quadratzoll einen von fast 15 Pfunden aus.

Das auf der ganzen Erdoberfläche lastende Gewicht der Atmosphäre beträgt mehr als 100,000 Billionen Zentner. Wäre kein Atmosphärendruck vorhanden, so würden die Gewässer völlig verdunsten und die Pole würden nur Eismassen haben.

Wenn wir die Körperoberfläche eines erwachsenen Menschen zu 15 Quadratfuß annehmen, so wird dieser Mensch durch die Atmosphäre mit 15 mal 2196 Pfunden, d. i. mit fast 33,000 Pfunden gedrückt. Daß wir diesen enormen Druck nicht nur nicht übel, sondern unter den gewöhnlichen Umständen gar nicht empfinden, hat seinen Grund darin, daß nicht nur die Höhlungen im Inneren unseres Körpers, sondern auch alle Körperbestandtheile: die Knochen, Muskeln, Nerven, das Blut u. s. w. bis auf die Zellen, Luft von derselben Spannkraft enthalten, wodurch das Gleichgewicht hergestellt wird.

Vermag doch eine dünne Seifenblase von 3 Zoll Durchmesser den auf ihre Außenfläche wirkenden Druck von mehr als 400 Pfunden auszuhalten und zwar nur durch den Gegendruck der geringen Menge der eingeschlossenen Luft. Ebenso klar ist es, daß der Druck der Atmosphäre uns weder seitwärts noch abwärts pressen kann.

Begeben wir uns aber in kurzer Zeit auf hohe Berge oder, was auffallender wirkt, steigen wir mit einem Luftballon schnell in höhere Schichten der Atmosphäre, welche eine dünnere Luft enthalten; so drängt sich die Luft in unserem Körper zur Herstellung des gestörten Gleichgewichtes nach außen und namentlich geht das lufthaltige Blut nach der Oberfläche des Körpers. Daher röthen sich die Augen, man bekommt Ohrenstechen, es entsteht Nasenbluten, ja sogar aus Lippen und Zahnfleisch dringt das Blut, es erfolgt ein Andrang nach dem Gehirn, so daß, wie wir gelegentlich schon bemerkt haben, bei bedeutenden Erhebungen in kurzer Zeit Bewußtlosigkeit die Folge ist. Begibt man sich aber allmählig aus dichter Luft in dünnere, so findet zwischen der Dichtigkeit der in unserem Körper und außerhalb desselben befindlichen Luft eine solche Ausgleichung statt, daß wir eine unangenehme Empfindung nicht haben.

Begibt man sich schnell in dichtere Luft, wie es der Fall ist, wenn man sich in der Taucherglocke unter den Meeresspiegel herabläßt, so findet der umgekehrte Fall statt und es fällt, namentlich anfänglich, schwerer zu sprechen, weil die dabei aus den Lungen kommende Luft einen größeren äußeren Widerstand an der dichteren zu überwinden hat.

Barometer.

Der Druck der Atmosphäre ist weder an verschiedenen Orten zu derselben Zeit, noch an demselben Orte zu verschiedenen Zeiten stets derselbe. Die gewöhnlichsten Beobachtungen zeigen schon, daß die von der Luft getragene Quecksilbersäule am Fuße eines hohen Thurmes länger ist, als die in großer Höhe, daß sich die Länge der Säule bei veränderter Richtung des Windes, bei Veränderung des Feuchtigkeitszustandes der Luft und in anderen Fällen, z. B. bei Erdbeben, bei hereinbrechenden Stürmen mehr oder weniger bedeutend ändert. Man hat daher seit längerer Zeit schon in sehr verschiedener Weise Instrumente hergestellt, welche es gestatten, den Atmosphärendruck jederzeit genau zu bestimmen; sie heißen Barometer, Schweremesser für die Luft.

Wir wollen hier nur drei Arten anführen, nämlich das für gewöhnliche Zwecke dienende Phiolenbarometer (Gefäßbarometer), das zu wissenschaftlichen Zwecken verwendete Heberbarometer, welches mit Benützung eines besonders eingerichteten Maßstabes (Nonius) die Messung der getragenen Quecksilbersäule bis auf Hundertel einer pariser Linie gestattet, und das Aneroidbarometer, was für Reisen, namentlich auf dem Meere geeignet ist.



(Fig. 84.)

1) Das Gefäßbarometer. An eine oben geschlossene (Fig. 84) etwa 32 Zoll lange überall gleich weite Glasröhre von $2\frac{1}{2}$ Linien innerem Durchmesser schließt sich eine nur gegen 2 Zoll lange zweite, die zu einem oben offenen birnförmigen Gefäße ausgeblasen ist; der größte Theil der langen Röhre, die kurze und ein Theil des Gefäßes enthalten Quecksilber, der oberste Theil der langen Röhre ist aber luftleer. Diese Vorrichtung ist an einem Brettchen befestigt, auf welchem ein in Zolle und Unterabtheilungen eingetheilter Maßstab angebracht ist, der seinen Nullpunkt am Niveau des Quecksilbers im Gefäße hat. Es ist für die gewöhnlichen Beobachtungen nicht nothwendig, den Maßstab von unten an in seine Unterabtheilungen zu zerlegen, sondern erst, wie hier in der Zeichnung von 24 Zollen an, weil an der Erdoberfläche selbst das Quecksilber niemals tiefer fällt.

Das Füllen des langen Schenkels geschieht natürlich durch die Mündung des kurzen, indem man das Glasrohr so weit neigt, daß das Quecksilber über die Biegung weg in den langen Schenkel bis ans geschlossene Ende fließt. Hat man so den langen Schenkel gefüllt und bringt man dann das Instrument in die Lage der Zeichnung, so entsteht natürlich die torzelli'sche Leere und das Gefäß wird

zum Theil gefüllt. Es ist aber für die Richtigkeit des Instrumentes unerlässlich, daß der oberste Raum wirklich luftleer ist und bleibt. Dies zu bewirken, hat seine Schwierigkeiten und wird daher bei diesen Instrumenten leider meistens vernachlässigt. Das Quecksilber muß nämlich selbst durch lange anhaltendes Kochen von der in ihm enthaltenen Luft befreit werden, und die an den inneren Röhrenwänden mit großer Hartnäckigkeit anhaftende Luft kann auch nur durch das Kochen des Quecksilbers in ihr fortgeschafft werden.

Man fragt sich, welches ist bei diesem Instrumente die von der Atmosphäre getragene Quecksilbersäule, welche man den Barometerstand nennt? Es ist jedesmal die Säule in dem langen Schenkel, welche von dem hier durch den Strich angedeuteten Niveau des Quecksilbers im Gefäße bis ans Ende dieses Schenkels reicht, weil der Theil unter dem Striche nach dem Gesetze der kommunizirenden Röhren von dem Quecksilber im anderen Schenkel bis zum Niveau getragen wird.

Nur wenn das Niveau des Quecksilbers im Gefäße mit dem Nullpunkte des Maßstabes zusammentrifft, gibt dieses Gefäßbarometer den Barometerstand, also auch den Luftdruck richtig an; für jeden anderen Luftdruck aber um so ungenauer, je enger das Gefäß ist; denn vermindert sich der Luftdruck, so fällt das Quecksilber im langen Schenkel, steigt also im Gefäße, freilich um weniger, aber immer so, daß das jetzige Niveau über dem Nullpunkte des festen Maßstabes liegt. Wenn man also auf dem Maßstabe den neuen kleineren Barometerstand abliest, so ist er immer noch zu groß, weil von ihm noch die Erhebung des Niveaus im Gefäße abgezogen werden müßte.

Steigt dagegen bei wachsendem Luftdrucke das Quecksilber im langen Schenkel, so fällt es, wenn auch weniger, im Gefäße, und das neue Niveau ist unter dem Nullpunkte des Maßstabes, so daß zu dem abgelesenen Barometerstande noch diese Senkung addirt werden müßte, um den richtigen Barometerstand zu bekommen.

Auf diese Weise geben also die gewöhnlich gebräuchlichen Gefäßbarometer niedrige Barometerstände zu hoch und hohe zu niedrig an, wenn ihr Maßstab für einen mittleren Stand eingerichtet worden ist.

2) Von diesen Fehlern frei sind die für meteorologische und andere wissenschaftliche Zwecke eingerichteten Heberbarometer (Fig. 85). Der Unterschied dieses Barometers von dem vorigen besteht zunächst darin, daß der kürzere Schenkel kein Gefäß trägt, sondern um einige Zolle verlängert und genau gleich weit mit dem längeren ist, so daß das Quecksilber, wenn es im



(Fig. 85.) langen Schenkel steigt oder fällt, in diesem um gleichviel be-

ziehungsweise fällt oder steigt. Weil nun die Barometerhöhe stets von dem Niveau des Quecksilbers im kürzeren Schenkel als Nullpunkt zu rechnen ist, so muß die Einrichtung so getroffen sein, daß der Nullpunkt des Maßstabes immer mit diesem Niveau zusammen gelegt werden kann. Demnach kann man, wie hier in der Zeichnung, durch eine an dem unteren Theile des Glasrohres angreifende Schraube dieses mit dem Niveau des kürzeren Schenkels auf den Nullpunkt einstellen, oder, was noch zweckmäßiger ist, den Maßstab durch eine Schraube mit seinem Nullpunkte auf das Niveau bringen.



Da das Quecksilber sich im Glase nach oben halbkugelförmig abrundet oder eine konvexe Fläche bildet, so geschieht das genaue Einstellen unten in den Nullpunkt, so wie das Einstellen oben für das Ablesen am besten dadurch, daß man einen horizontal frei oder in einem Mikroskope ausgespannten schwarzen Faden als Berührungslinie der Quecksilbertuppe zu (Fig. 86.) erhalten sucht, wie es Fig. 86 angibt.

Feinere Instrumente schützt man vor dem Zerbrechen dadurch, daß man die Glasröhre fast vollständig in einer Holzumfassung verbirgt und von ihr nur die Theile oben und unten sichtbar werden läßt, in denen für gewöhnlich die Schwankungen des Quecksilbers stattfinden.

Um die Stellen des Glases, an denen im kürzeren Schenkel das Quecksilber mit der Luft in Berührung kommt, immer rein zu erhalten, was für das genaue Einstellen in den Nullpunkt wichtig ist, gibt man dem Instrumente in den Zwischenzeiten seines Gebrauches eine schräge Lage, so daß der leere Raum auch erfüllt wird. Wenn man nach dem Herablassen desselben beobachten will, so muß man darauf sehen, daß es genau im Lothe hängt, und daß das Quecksilber an der Röhre nicht haftet, was durch einige mäßige Schläge mit dem Finger an das Instrument vermieden wird.

Da das Quecksilber, wie jede andere Flüssigkeit, etwas Luft anzieht, so ist es nothwendig, das Barometer, wenn auch immer nur nach mehreren Jahren, auszulochen. Wenn beim Neigen des längeren Schenkels das Quecksilber nur einen matten oder gedämpften Schlag an den Verschuß gibt, so ist dies ein Zeichen, daß der obere Raum nicht absolut luftleer ist, und man wird in diesem Falle sogar oft ein Luftbläschen über dem Quecksilber erkennen. Solche Barometer sind untauglich, weil sie stets einen zu niedrigen Stand angeben, indem die abgesperrte Luft das Quecksilber etwas herabdrückt.

Damit der Verschuß beim Anschlagen des Quecksilbers nicht zerstoßen werde, läßt man die Röhre gegen das obere Ende sich etwas verengen und dann wieder erweitern, wodurch der Stoß geschwächt wird.

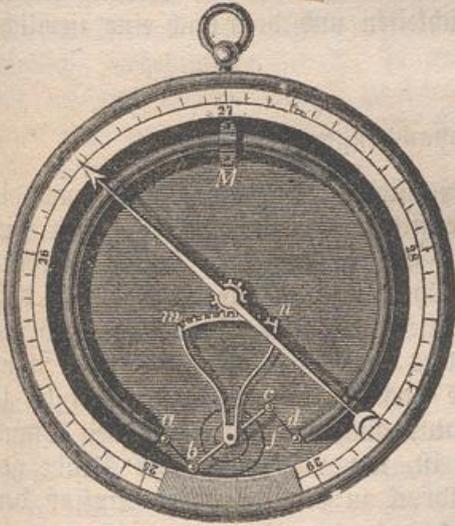
Will man das Instrument auf Reisen verwenden, so gibt man dem kürzeren Schenkel einen besonderen Verschuß, indem man einen kegelförmigen Kork, durch welchen ein Haarröhrchen geht, bis auf das Queck-

silber schiebt, nachdem dieses durch Neigen die torizellische Leere ausgefüllt hat. Trägt man ein Barometer auf kurze Strecken, so muß man es stets so schräg halten, daß die torizellische Leere ausgefüllt bleibt, weil sonst das Quecksilber durch die Schwankungen aus dem kürzeren Schenkel fließen würde.

3) Auf Seereisen lassen sich Quecksilberbarometer zu genauen Beobachtungen nicht anwenden, weil die nie ausbleibenden Schwankungen der Schiffe ein genaues Einstellen unmöglich machen, überdies aber sind sie Verletzungen und dem Verluste eines Theiles des Quecksilbers allzu leicht ausgesetzt. Auf dem Meere kommt es weniger auf eine zusammenhängende Reihe von feinen Beobachtungen an, als vielmehr auf die Beantwortung der Frage, ob der Luftdruck zu- oder abnimmt, und in welchem Maße dieses ungefähr geschieht.

Für solche Zwecke, so wie für Luftfahrten und Fußreisen, sind die Aneroidbarometer geeignet. Fig. 87 gibt das Bourdonsche Metallbarometer an.

Innerhalb einer kreisförmigen Metallkapsel befindet sich eine luftleere, flachgedrückte, also bandförmige Röhre von dünnem Messingbleche, welche fast einen vollständigen Kreis bildet. Sie ist nur in ihrer Mitte bei M an den Rand der dosenförmigen Kapsel befestigt, so daß sie übrigens ganz frei beweglich schwebt, indem die größere äußere Fläche der Kapselwand, die kleinere innere dem Mittelpunkte zu-



(Fig. 87.)

gewendet ist, und die schmalere Kanten der Röhre nach dem Boden und der Decke der Kapsel liegen. An den freien Enden a und e befinden sich zwei Drähte ab und dc, welche an den Enden eines Stäbchens bc angreifen, welches in seiner Mitte einen gezahnten Kreisbogen nm festhält; die Zähne dieses Bogens greifen in die Zähne eines kleinen Getriebes, dessen Axe den großen auf der Außenfläche befindlichen Zeiger trägt. Außerdem ist in der Mitte des Stäbchens bc eine dünne Spirale befestigt, deren Ende mit ab verbunden ist.

Da die innere Fläche der Röhre kleiner ist, als die äußere, so ist unter allen Umständen der Druck der Atmosphäre auf jene geringer, als auf diese. Nimmt nun dieser Druck zu, so nimmt er für die größere Fläche mehr zu, als für die kleinere, und die Röhre wird sich mehr krümmen müssen, der gezahnte Bogen bewegt sich von n nach m hin und die Spitze des Zeigers von links nach rechts. Nimmt der Atmo-

sphärendruck ab, so nimmt er für die äußere Fläche der Röhre mehr ab, als für die innere, und sie muß flacher werden, die Enden a und d müssen auseinander und der Zeiger muß zurückgehen, welche Bewegungen durch den Zug der Spirale unterstützt, aber nicht bewirkt werden dürfen.

Wenn man nun die gleichzeitig stattfindenden Barometerstände eines guten Heberbarometers auf den Umfang der Kapsel an die Stellen, welche der Zeiger jedesmal einnimmt, aufzeichnet, so leistet dieses Instrument wenigstens so viel, daß man Unterschiede des Luftdruckes von $\frac{1}{4}$ Linie Barometerstand noch wahrnehmen kann.

Zu leugnen ist zwar nicht, daß das Aneroidbarometer nach und nach etwas unempfindlicher wird, und daß man den Einfluß des Temperaturwechsels nicht in einer solchen Weise durch Rechnung beseitigen kann, wie wir es bei den Quecksilberbarometern später werden kennen lernen; es bietet aber viele Bequemlichkeiten und doch auch eine ziemliche Genauigkeit auf lange Zeit dar.

Barometerbeobachtungen.

Wir wissen bereits, daß die Expansivkraft der Luft, also auch die Kraft, mit welcher sie auf das Quecksilber des Barometers drückt, in einer Stube eben so groß sein muß, wie in derselben Horizontalebene außerhalb. Es zeigen ferner die gewöhnlichsten Erfahrungen schon, daß die Wärme, die Luft und die Metalle, hier das Quecksilber und die Skale oder den Maßstab des Barometers ausdehnen. Daraus folgt nun, daß bei demselben äußeren Luftdrucke das Barometer in der Stube je nach der Verschiedenheit der Temperatur auch einen verschiedenen Stand haben wird, daß man also genöthigt ist, um aus der in der Stube gemachten Beobachtung den wahren Luftdruck zu ermitteln, den Einfluß der Temperatur zu beseitigen.

Um nun vergleichende Beobachtungen für verschiedene Zeiten und denselben Ort oder für verschiedene Orte und dieselbe Zeit oder verschiedene Zeiten und Orte anstellen zu können, muß man alle Beobachtungen durch Rechnung so abändern, daß sie für dieselbe Temperatur, als welche man Null Grad angenommen hat, gelten.

Durch äußerst genaue Beobachtungen weiß man, daß sich das Quecksilber für jeden Wärmegrad nach Celsius um 0,00018, und Messing um 0,0000189 seiner Länge ausdehnt, und hat nun Tabellen entworfen, durch welche der beobachtete Barometerstand auf 0 Grad zurückgeführt wird. Bei Vernachlässigung des Einflusses einer höheren Temperatur des Quecksilbers wäre der Barometerstand zu hoch, und bei Nichtberücksichtigung dieses Einflusses auf die Metallskale zu niedrig angegeben worden.

Wenn an einem bestimmten Orte zu einer bestimmten Zeit der Luftdruck, also auch der Barometerstand ein gewisser ist, so wird er ein

kleinerer, wenn man sich senkrecht über oder nahe neben ihm erhebt. Blicke bei diesen Erhebungen die Temperatur der Luft überall dieselbe, so würde es keine großen Umstände machen, aus dem Fallen des Barometerstandes die Größe der Erhebung zu ermitteln, indem bei 0 Grad an der Erdoberfläche das Quecksilber um 1 Linie fällt, wenn man sich um 73 Fuß erhoben hat und bei weiteren Erhebungen um je 73 Fuß der Barometerstand gesetzmäßig immer um weniger abnehmen muß. Da aber die Luft nach oben kälter, also dichter wird, so drückt sie mehr, als es in derselben Höhe der Fall sein würde, wenn der Temperatur dieselbe wärmere geblieben wäre; also würde man die Erhebung nach dem beobachteten zu großen Barometerstande zu klein beurtheilen. Kommt man bei der Erhebung in der Atmosphäre in eine warme Luftströmung mit lockerer Luft, welche weniger drückt; so ist der Barometerstand niedriger, als er der betreffenden Erhebung zukommt, wenn die Temperatur dieselbe geblieben wäre, also beurtheilt man die Erhebung mit Beibehaltung der höheren Temperatur allzu groß. Will man in diesen Fällen also die wirkliche Erhebung ermitteln, so muß der Einfluß des Temperaturwechsels beseitigt werden, wobei zu berücksichtigen ist, daß eine Luftsäule für jeden Zentesimalgrad zunehmender Wärme sich um 0,003665 ihrer Länge ausdehnt.

Da das Barometer für die Beurtheilung von Witterungsverhältnissen entschieden ein höchst wichtiges Instrument ist, und da es hierbei nicht auf einzelne Beobachtungen, sondern auf große Reihen derselben ankommt, so wollen wir die dabei vorkommenden allgemeinen Verhältnisse anführen.

Wollte man den mittleren Barometerstand für einen Tag recht genau haben, so müßte man das Instrument in gleichen Zwischenzeiten recht oft, etwa stündlich, beobachten, die sämtlichen Beobachtungen addiren und die erhaltene Summe durch die Anzahl dividiren. Da dies aber schwer ausführbar ist, so hat man drei Zeiten des Tages zu ermitteln gesucht, von denen das Mittel der angestellten Beobachtungen fast genau mit dem vorigen zusammen fällt, und diese Zeiten sind 6 Uhr früh, 2 Uhr Mittags und 10 Uhr Abends. 7 Uhr früh ist weniger gut, als 6 Uhr.

Wenn man diese täglichen Mittel von fünf Tagen addirt und die Summe durch fünf dividirt, so bekommt man die fünftägigen Mittel, und in gleicher Weise kann man die monatlichen und die Jahresmittel für einen bestimmten Ort aus den Beobachtungen berechnen.

Hat man diese Beobachtungen und Rechnungen, bei welchen stets die für 0 Grad Temperatur berechneten Zahlen zum Grunde gelegt werden, für eine recht große Anzahl von Jahren angestellt, so hat man Resultate erreicht, aus denen sich das Gesetzmäßige des Atmosphärendruckes ermitteln läßt. Obwohl erst in den letzten Jahrzehnten mit ganz guten Instrumenten an sehr vielen Orten der Erdoberfläche, na-

mentlich in Europa, besonders in Deutschland, und vorzugsweise in Preußen, genaue Beobachtungen angestellt worden sind, so lassen sich doch bereits einige allgemeine Resultate angeben, wovon wir das Wichtigste anführen.

Es gibt regelmäßige Schwankungen, die sich nach Tages- und Jahreszeiten richten, und unregelmäßige. Jene werden durch diese, besonders in den gemäßigten Zonen, sehr verdeckt und können nur durch größere Beobachtungsreihen erkannt werden.

Bei diesen Betrachtungen ist es wichtig, den Barometerstand, wie er hervorgebracht wird durch den Druck der Luft und den in ihr enthaltenen Wasserdunst zu unterscheiden von dem Drucke der bloßen trockenen Luft, welchen man natürlich dadurch erhält, daß man von dem beobachteten Barometerstande den durch die in der Luft zu dieser Zeit gerade vorhandenen Dämpfe bewirkten abzieht. Der Dampfdruck muß natürlich besonders ermittelt werden, wozu wir in der Lehre von der Wärme die nöthigen Instrumente und Anleitungen geben werden. Zunächst betrachten wir den Gesamtdruck.

In Europa ist der Gang des Barometers so ziemlich folgender: zwischen 9 und um 10 Uhr vormittags und 10 Uhr abends steht es am höchsten, zwischen 3 und 4 Uhr nachmittags und um 4 Uhr früh steht es am tiefsten. Im Sommer rücken die Zeiten für den dem Mittage vorangehenden höchsten und nachfolgenden tiefsten Stand etwas von dem Mittage fort.

In den Tropen ist der Wechsel des Luftdruckes am regelmäßigsten, und es beträgt der Unterschied zwischen dem höchsten und tiefsten Stande 1,3 Linien; in den gemäßigten Zonen weniger (in Wien 0,4, in Paris 0,3); in den Polargegenden wird er nach und nach unmerklich. In höheren Regionen der Atmosphäre verschwinden diese Schwankungen auch nach und nach; auf dem Rigi z. B. betragen sie nur noch 0,1 Linie. Manche Inseln, wo ein fortwährender Ueberfluß an Wasserdampf ist, und manche Binnenländer, wo der Wasserdampf sehr fehlt, haben täglich nur einmal einen höchsten und tiefsten Stand.

In Betreff der jährlichen Schwankungen ist für unsere gemäßigte Zone zu bemerken, daß im Allgemeinen in den kältesten Zeiten des Jahres der stärkste Luftdruck stattfindet und in der warmen sich der niedrigste zeigt; doch sind auch hier zwei höchste Barometerstände, nämlich im Januar und August, und zwei tiefste, im April und Oktober, bemerklich, wobei der Unterschied zwischen dem mittleren höchsten und tiefsten Stande nur etwa $1\frac{1}{2}$ Linie beträgt.

Die unregelmäßigen Schwankungen bewegen sich in den Tropen nur innerhalb enger Gränzen und haben mit zunehmender geographischer Breite einen wachsenden Spielraum, so daß für das mittlere Deutschland zwischen den überhaupt vorkommenden höchsten und tiefsten Barometerständen ein Unterschied von fast $2\frac{1}{2}$ Zoll liegt. Durchschnittlich

ist der Unterschied bei 15 Grad nördlicher Breite 2 Linien, bei 25 Gr. Br. 4 Linien, bei 40 Gr. 8 Linien, bei 70 Gr. sogar 18 Linien.

Will man die Ursachen für die Aenderungen des Barometerstandes erforschen, so muß man Zweierlei berücksichtigen, nämlich daß durch die Zunahme der Wärme 1) die Dichtigkeit der Luft, also auch ihr Druck vermindert, 2) aber die Verdunstung des Wassers an der Erdoberfläche befördert und somit der Druck der Dünste vergrößert wird.

Es kommt bei dieser Verminderung und Vermehrung nicht blos auf die Tages- und Jahreszeiten und die geographische Breite eines Ortes an, sondern auch auf seine sonstige Lage und Umgebung. Inseln haben in der heißen Jahreszeit einen großen Dunstdruck aufzuweisen, wasserarme Binnenländer einen geringen, dort muß also der Gesamtdruck auf das Barometer größer sein als hier. Die große Auflockerung der Luft über dem Innern Asiens bringt dort einen niedrigen Barometerstand hervor, während er an den Orten, wohin die emporsteigende Luft abfließt, höher werden muß.

Die Abnahme des Dunstdruckes mit Zunahme der geographischen Breite wird durch folgende Tabelle deutlich:

Bei einer nördlichen Breite von 0 Gr. beträgt der Dunstdruck 8,0 Linien.

=	=	=	=	=	10	=	=	=	=	7,8	=
=	=	=	=	=	20	=	=	=	=	7,6	=
=	=	=	=	=	30	=	=	=	=	6,5	=
=	=	=	=	=	40	=	=	=	=	5,6	=
=	=	=	=	=	50	=	=	=	=	4,0	=
=	=	=	=	=	60	=	=	=	=	2,0	=
=	=	=	=	=	70	=	=	=	=	0,5	=

Während in den Tropengegenden der Dunstdruck am größten ist, muß der Druck der dunstfreien oder trockenen Luft am geringsten sein; in den Polargegenden ist es umgekehrt. Daraus ergibt sich, daß weder dort noch hier der Gesamtdruck am größten sein wird, sondern daß dies etwa bei 30 Grad Breite, in der sogenannten subtropischen Zone, der Fall ist. Ferner folgt, daß in unseren Breiten der zweite höchste Jahresstand des Barometers im August nur durch den überwiegenden Dunstdruck hervorgebracht ist, so daß wir ohne Dunstdruck nur einmal einen höchsten, also auch nur einmal einen tiefsten Barometerstand hätten, wie es in wasserarmen, natürlich aber auch in sehr wasserreichen Gegenden wirklich der Fall ist, weil in diesem Falle der Einfluß des Wasserdampfes ein während des ganzen Jahres sich ziemlich gleich bleibender ist.

Wie bei ruhiger Luft die regelmäßigen täglichen Schwankungen entstehen, läßt sich leicht nachweisen. Der erste höchste Stand wird dadurch hervorgebracht, daß in den unteren Schichten der Atmosphäre noch kältere Luft vorhanden ist, während in den oberen durch den Einfluß der Sonnenwärme die nebligen Dünste in Dampf verwandelt werden; bei

steigender Temperatur an der Erdoberfläche wird die ganze Luft darüber leichter, und da um 2 Uhr nachmittags die größte Wärme stattfindet, so ist um 3 Uhr, nachdem die aufgestiegene warme Luft theilweise seitwärts abgeflossen ist, der erste tieffte zu bemerken. Da sich aber durch die Wärme an der Erdoberfläche das Wasser mehr und mehr in Dämpfe auflöst, so muß das Quecksilber wieder steigen und erlangt erst abends 10 Uhr, nachdem sich in den tiefsten Schichten der Dampf niederschlagen und die Luft abgekühlt hat, das zweite Mal einen höchsten Stand, um dann in der Nacht bei fortwährender Niederschlagung der Dämpfe, ohne daß die Luft sich noch bedeutend abkühlt, das zweite Mal einen tiefsten Stand zu erlangen.

Die unregelmäßigen Schwankungen werden vorzüglich durch die Winde erzeugt, die nach ihren Richtungen kalte oder warme Luft zuführen und entweder das Wasser in Dampf auflösen, oder die Dämpfe in Wasser verwandeln.

Kommt bei uns ein Südwind, so bringt er vom Aequator her wärmere, dünnere, leichtere, aber mit mehr Dampf versehene Luft. Trifft nun diese Luft auf kältere, so entstehen aus den vorher unsichtbaren Wasserdämpfen Wolken und Regen und das Barometer sinkt; weht aber dieser warme Südwind längere Zeit über uns hinweg, so nimmt er noch mehr Wasser in Dunstgestalt auf, und das Barometer steigt. Wenn dagegen ein kalter, dichter und schwererer Polarstrom mit weniger Dampf ankommt, so wird er zwar die vorhandenen Dünste der wärmeren Luft, auf die er trifft, auch in Wasser verwandeln, was ein Fallen des Barometers bewirkt; wenn er aber andauert, so muß es steigen, und zwar mehr, als bei einem andauernden Südwinde.

Wir können also im Allgemeinen sagen, bei südlichen Winden fällt und bei nördlichen steigt das Barometer; bei Regen fällt es, bei heiterem Wetter, wenn die Luft mit unsichtbarem Dampf erfüllt ist, steigt es oder steht hoch.

Diese Betrachtungen sind es, welche dem Barometer den Namen Wetterglas gegeben haben, als ob man unter allen Umständen durch dasselbe das Wetter in voraus angeben könne, was durchaus nicht der Fall ist. Das Barometer für sich allein zeigt nichts weiter an, als den Druck der Luft und der in ihr in sehr verschiedener Menge enthaltenen Wasserdämpfe. Zur Beurtheilung des Wetters gehört noch die Untersuchung des Dunstdruckes, dessen Größe von der Menge und Temperatur der vorhandenen Wasserdämpfe abhängt, die Beobachtung des Windes nach Richtung, Wechsel und Dauer, und die Berücksichtigung der geographischen Lage des Beobachtungsortes.

Denken wir uns z. B., daß an einem Orte die Luft so viel Wasser in Dunstgestalt enthielte, als sie nur immer bei der betreffenden Temperatur zu tragen vermag, so kann heiteres oder trübes Wetter folgen, jenachdem ein warmer oder kalter Wind einbricht, weil jener

die Dünste noch mehr auflösen, dieser aber verdichten wird, so daß nur im letzten Falle Nebel oder Niederschläge entstehen.

Ferner wird es nicht gleichgiltig sein, durch welche Drehung ein Wind aus einer gewissen Richtung, z. B. ein Nordwind, entstanden ist, ob er nämlich vorher ein Nordwest oder Nordost war; für Deutschland wird nämlich jener Feuchtigkeit, dieser Trockenheit bringen, denn jener kam vorzüglich über Meere, dieser über Länder.

Endlich ist die geographische Lage bestimmend für den Wassergehalt der Winde aus gewissen Richtungen. Die Westwinde z. B. sind für das westliche Europa feucht, weil sie die Dünste des atlantischen Ozeans mit sich führen, aber für die Ostküste Nordamerikas sind sie trocken, weil sie das vom stillen Ozean aufgenommene Wasser größtentheils an der von der Norden nach Süden im Westen des Kontinents sich hinziehenden Gebirgswand abgesetzt haben.

Wir sehen also, daß es weggeworfenes Geld ist, wenn man sich ein Wetterglas mit den bekannten feststehenden Bezeichnungen, wie sie auf den häufig ausgedienten und dabei meist sonst noch schlechten Instrumenten enthalten sind, anschafft, um an ihm allein einen sicheren Anhaltspunkt fürs künftige Wetter zu haben. Bei anhaltend heiterem Wetter steht das Barometer hoch und bei anhaltend schlechtem tief; diese Thatfachen sind aber nur Folgen und keine Ursachen. Aber eines ist doch unzweifelhaft, nämlich schnelles und bedeutendes Fallen des Barometers kündigt einen hereinbrechenden Sturm, seltener nur ein bedeutendes Gewitter an. Der Grund davon liegt wohl darin, daß das nach unten wirkende Gewicht der Luft durch die horizontal wirkende Kraft des Windes vermindert wird, wie wir es früher bei einem schnell fahrenden Schlittschuhläufer oder Eisenbahnzuge erwähnten.

Durch eine sehr große Reihe von Beobachtungen auf der meteorologischen Station Posen veranlaßt, machte ich bereits vor einer Reihe von Jahren in den öffentlichen Blättern darauf aufmerksam, daß man diese Barometerbeobachtung benutzen solle, um auf telegraphischem Wege die Schiffer in den verschiedenen Häfen des benachbarten Meeres von dem Auslaufen abzuhalten oder andere durch Signale zurückzurufen. In der That sind an der englischen und zum Theil an der französischen Küste eine Menge von Stationen für solche Warnungssignale angelegt, durch welche schon so manches Schiff vor dem Untergange gerettet worden ist.

Es bleibt der Zukunft vorbehalten, aus den bereits angestellten, ungemain zahlreichen und den noch lange Zeit hindurch anzustellenden Beobachtungen ein noch gründlicheres System der Meteorologie aufzubauen, durch welches wir nicht bloß das Geschehene zu erklären im Stande sind, sondern auch, wenn auch nur die nächsten Ereignisse vorherzubestimmen vermögen.

Barometrische Höhenmessung und Mariottes Gesetz.

Sehr wesentliche und wenig unsichere Dienste leistet uns das Barometer in der Geographie, nämlich zu den Höhenmessungen.

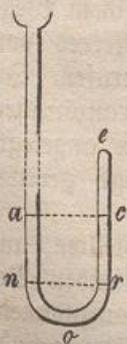
Wenn wir auch Bedenken tragen müssen, in diesem Werke eine Anleitung zu dem Verfahren für Höhenmessungen zu begründen, so müssen wir der Wichtigkeit der Sache wegen doch Einiges anführen und schließlich eine Formel angeben, nach welcher diejenigen Leser, welche im Stande sind, mit Logarithmen zu rechnen, Höhenbestimmungen vornehmen zu können.

Selbst wenn man auch nur in einem höheren Gebäude mit einem Barometer von dem untersten nach dem obersten Stockwerke geht, findet man, daß das Quecksilber fällt. Dieses Fallen beträgt, wenn man vom Meerespiegel an 73 Fuß oder fast 4 Meter aufwärts steigt, 1 pariser Linie; steigt man nun weitere 73 Fuß aufwärts, so kann das Quecksilber nicht wieder um 1 Linie fallen, sondern um weniger, weil die Luft nach oben zu weniger dicht ist, oder, wenn man es wieder um 1 Linie wollte fallen sehen, so müßte man höher, als 73 Fuß steigen.

Dieses Fallen des Barometerstandes steht aber mit dem Steigen in der Atmosphäre nicht in einem willkürlichen, sondern in einem gesetzmäßigen Zusammenhange, denn die Dichtigkeit der Luft steht bei einer bestimmten Temperatur im graden Verhältnisse zu dem Drucke, welchem sie ausgesetzt ist, und welchen sie auch wieder ausübt, denn mit der Dichtigkeit wächst ihre Expansivkraft im graden Verhältnisse und das Volumen im umgekehrten.

Es hat keine Schwierigkeit dieses auch für die zukünftigen Betrachtungen, namentlich bei der Beurtheilung der Wirkungen des Dampfes höchst wichtige, nach Mariotte benannte Gesetz durch die Erfahrung zu bestätigen.

Man nimmt eine überall genau gleichweite zweischenk-
lige Glasröhre (Fig. 88), von welcher das Ende des lan-
gen Schenkels offen und trichterförmig, der kürzere e ge-
schlossen ist. Gießt man bei lothrechtlicher Stellung der Dop-
pelröhre etwas Quecksilber ein, so wird es die Luft im kür-
zeren Schenkel zwar zusammendrücken und wegen des da-
durch hervorgebrachten größeren Widerstandes nicht so hoch
stehen, als im längeren Schenkel; aber man kann es durch
Herauslassen einiger Luftblasen, indem man das Instrument
neigt, leicht dahin bringen, daß das Quecksilber in beiden
Schenkeln bei lothrechtlicher Stellung des Instrumentes genau
in derselben Horizontalebene sein Niveau hat, z. B. in n
und r. Ist dies erreicht, so drückt die im kürzeren Schen-
kel abgesperrte Luft auf das Quecksilber desselben ebenso
stark, als die freie Atmosphäre auf das Quecksilber des offenen Schen-



(Fig. 88.)

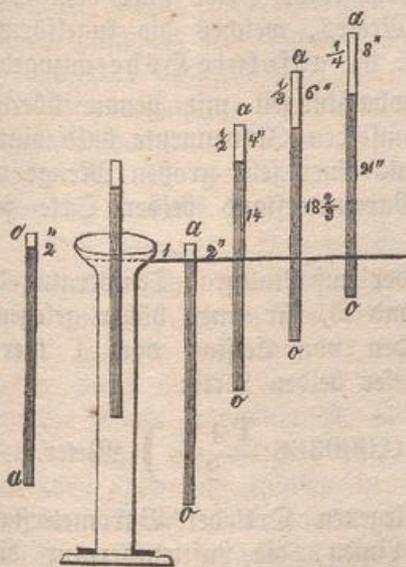
fels und die abgesperrte Luft ist dem Drucke einer Atmosphäre ausgesetzt.

Füllt man nun bei unveränderter Lage des Instrumentes auf n so viel Quecksilber, daß durch seinen Druck die Luft im kürzeren Schenkel, welche zuerst den Raum re einnahm, auf die Hälfte ihres Volumens beschränkt ist, nämlich auf ce , wenn $ce = \frac{1}{2} re$ ist; so zeigt es sich, daß die Länge der Quecksilbersäule, welche von dem Niveau des c oder von a aus bis ans Ende reicht, dem grade stattfindenden Barometerstande gleich ist, daß also auf a ein doppelter Atmosphärendruck lastet, welcher bis c ungeschwächt fortgepflanzt wird, daß also auch die auf die Hälfte ihres früheren Volumens zusammengedrückte Luft dem doppelten Atmosphärendrucke das Gleichgewicht hält.

In gleicher Weise würde der dreifache Atmosphärendruck die Luft auf den dritten Theil ihres Raumes beschränken u. s. w. Das Gesetz hat sich bei einem Drucke, welcher das Hundertfache eines Atmosphärendruckes angibt, noch als richtig gezeigt.

Von anderen Luftarten werden manche durch Vermehrung des Druckes tropfbar und dann nimmt ihre Expansivkraft an der Gränze dieser Verwandlung ab.

Daß das obige Gesetz nicht bloß für einen größeren, sondern auch für einen kleineren Druck gilt, als für den einer Atmosphäre, läßt sich auf folgende Weise zeigen.



(Fig. 89.)

Eine überall gleich weite Glasröhre oa , von etwa 36 Zollen Länge (Fig. 89), wird bis auf etwa 2 Zolle mit Quecksilber gefüllt, die Mündung o verschlossen, unter das Quecksilberniveau eines hinreichend langen Zylinderglases gebracht und dann der Verschluss aufgehoben.

Es ist natürlich, daß beim Umkehren der Röhre die 2 Zoll Luft aufwärts an den Verschluss steigen und dort auch 2 Zoll von der Röhrenlänge einnehmen, ferner daß beim Deffnen der Röhre dicht unter dem Niveau das Quecksilber in ihr mehr fällt und nicht eine so hohe Säule bildet, als beim Versuche von Torizelli, weil über dem Quecksilber Luft ist, welche einen Theil des Atmosphärendruckes aufhebt, und zwar um so weniger,

je länger die Röhre ist, je mehr also die 2 Zoll Luft sich ausbreiten können.

Drückt man die Röhre in den Zylinder hinab, so verengt sich der Raum für die abgesperrte Luft mehr und mehr, ihre Druckkraft auf das Quecksilber wächst, bis sie endlich der von der äußeren Luft gleich ist, wenn das Quecksilber in der Röhre mit seiner Kuppe im Niveau des Quecksilbers im Zylinder steht. Die Luft nimmt dann in der Röhre wieder 2 Zolle ein, wie es nebenbei angedeutet ist.

Zieht man die Röhre dann aufwärts, so vergrößert sich sowohl die Länge der Luft-, als auch die der Quecksilbersäule, aber in einer ganz gesetzmäßigen Weise: nimmt nämlich die Luft einen 2, 3, 4 . . . mal größeren Raum ein (4, 6, 8 . . . Zolle), so gehören dazu Quecksilbersäulen, die von dem zu dieser Zeit stattfindenden Barometerstande (z. B. von 28 Zollen) $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$. . . sind, also 14", 18 $\frac{2}{3}$ " 21" . . . , so daß zu dem vollen Barometerstande $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$. . . fehlen und die abgesperrte Luft nur noch $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$. . . von dem ganzen Atmosphärendrucke erleidet, wobei ihre Dichtigkeit auch nur $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$. . . von der früheren ist.

Diese Betrachtungen gelten in aller Strenge natürlich nur dann, wenn die Temperatur der Luft und des Quecksilbers unverändert bleibt, aber führen mit ihrer Berücksichtigung dazu aus der Größe der gleichzeitig oder wenigstens in einer ganz kurzen Zwischenzeit beobachteten Barometerstände zweier ungleich hohen Orte den Höhenunterschied, d. i. die relative Höhe oder auch die Höhe eines Ortes über dem Spiegel des unter diesem Orte gedachten Meeres, welches die kugelförmige Gestalt der Erde verlangen würde, d. i. die absolute Höhe anzugeben.

Kann man nicht gleichzeitige Beobachtungen mit genau übereinstimmenden Instrumenten oder mit demselben Instrumente bald hintereinander anstellen, so muß man den aus einer sehr großen Menge von Beobachtungen erhaltenen mittleren Barometerstand beider Orte zum Grunde legen.

Wenn für einen bestimmten Ort der auf Nullgrad Temperatur des Quecksilbers zurückgeführte Barometerstand B, für einen höher gelegenen Ort b, die Lufttemperatur nach Graden von Celsius dort T hier t heißt, so ist der Höhenunterschied x dieser beiden Orte:

$$18398 (\log B - \log b) \left(1 + 0,000366 \frac{T+t}{2} \right) \text{ Meter.}$$

Wäre z. B. für den niedrig gelegenen Ort der Barometerstand 334,5 Linien, für den höheren 302,6 Linien, die Lufttemperatur dort 16° C., hier 7° C.; so wäre der besondere Ausdruck:

$$18398 (\log 334,5 - \log 302,6) \left(1 + 0,000366 \cdot \frac{16+7}{2} \right)$$

Ausrechnung:

$$\frac{16+7}{2} = \frac{23}{2} \text{ ist } 11,5, \text{ multipliziert mit } 0,000366, \text{ gibt}$$

als Produkt	0,0042090,	dazu
addirt	1,	gibt
	<u>1,0042090</u>	

$$\begin{array}{l} \log 334,5 \text{ ist } 2,5243961 \\ \log 320,6 \text{ ist } 2,5059635 \\ \hline \text{ihr Unterschied } 0,0184326 \end{array}$$

Also der obige Ausdruck ist jetzt:

$$18398 \cdot 0,0184326 \cdot 1,0042090.$$

Durch Ausführung der beiden Multiplikationen erhält man:

340,82 Meter als Höhenunterschied der beiden Orte.

Bei einer Erhebung von 8 Meilen würde der Barometerstand nur noch 1 Millimeter betragen und die Dichtigkeit der Luft so gering sein, wie man sie nur durch die besten Luftpumpen erreichen kann; bei 13000 Fuß Höhe ist die Dichtigkeit etwa $\frac{1}{2}$ von der an der Oberfläche des Meeres. — Bei 760 Millimeter Barometerstand und 0° Temperatur wiegt ein rheinländischer Kubikfuß trockene Luft 39,98 Gramme oder 656,47 preußische Gran.

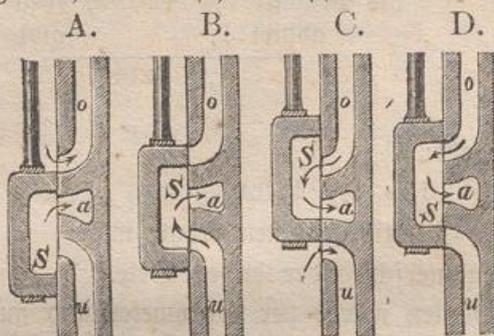
Von den Ventilen und Hähnen.

Da wir in den folgenden Betrachtungen öfterer werden Veranlassungen haben, Vorrichtungen anzuwenden, um zwei, drei oder vier Räume entweder mit einander zu verbinden oder sie ganz oder theilweise von einander abzuschließen, so wollen wir, um späterer Einschaltungen und Unterbrechungen überhoben zu sein, hier das Wesentlichste davon im Zusammenhange anführen. Bei manchen dieser Vorrichtungen ist es gleichgiltig, ob die Räume tropfbare Flüssigkeiten, Gase oder Dämpfe enthalten; manche dagegen sind nur für besondere Zwecke geeignet.

Die Ventile können bei Luftpumpen zunächst Blasenventile sein, welche sehr dauerhaft sind. Man nimmt ein recht gleichmäßig dickes und mit keinem Fett überzogenes Stück einer Schweinsblase und bindet dasselbe naß auf die recht eben, aber matt geschliffene Metallplatte, durch welche die zu verschließende kleine Oeffnung geht. Nachdem die Blase getrocknet ist, schließt sie sehr genau und unterbricht die Verbindung. In einiger Entfernung von der in der Metallplatte befindlichen Oeffnung müssen in die Blase einige kleine Löcher gestochen werden. Durch unbedeutende Hebungen und Senkungen der Blase wird die Verbindung hergestellt oder unterbrochen.

Die Scheibenventile sind entweder Klappen, welche sich nach einer Seite hin öffnen lassen, oder Schieber, welche hin und her geschoben werden können, und heißen im letzten Falle auch Schieberventile.

Die Klappenventile bestehen wie bei den Straßenpumpen entweder aus Sohlenleder, welches einseitig befestigt, dabei beweglich angebracht und beschwert ist, oder aus Metallplatten.



(Fig. 90.)

Die Schieberventile sind je nach den Zwecken sehr verschieden geformt. Wir wollen eines anführen, wie es bei Dampfmaschinen brauchbar ist. In Fig. 90 führe der Kanal o nach der einen und u nach der anderen durch den Kolben gebildeten Abtheilung des Stiefels, a stehe mit der äußeren Luft (oder mit dem Kondensator)

in Verbindung und S sei der an einer Stange befindliche Schieber mit zwei über einen hohlen Raum hervorragenden ebenen Flächen, welche bei ihrer mittelst der Stange bewirkten Bewegung die Mündungen der beiden Kanäle genügend bedecken. Die Luft, das Wasser oder der Dampf haben rings um die Außenfläche des Schiebers und die Stange ungehinderten Zutritt, können aber, je nach der Stellung der Schieberflächen von dem oberen oder dem unteren Kanale abgehalten werden.

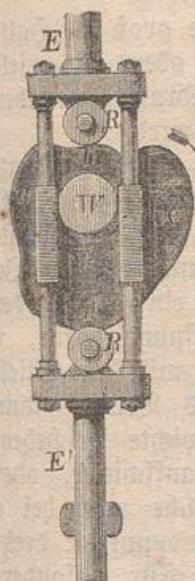
In Fig. A. wird durch den oberen Kanal o dem oberen Theile des Stiefels Dampf zugeführt und aus dem unteren Theile u kann der Dampf nach a entweichen.

In Fig. B. ist der Schieber so weit hinaufgerückt, daß das Entweichen von unten zwar noch stattfindet, aber der Zutritt sowohl nach oben als auch nach unten noch unterbrochen ist, weshalb der entwickelte Dampf (oder die atmosphärische Luft) sich um die Außenfläche des in einem abgesperrten Raume sich bewegenden Schiebers verdichten (kondensiren) muß und dann durch seine Ausdehnung (Expansion) bei der weiteren Benutzung um so kräftiger wirkt, je mehr dieses stattfand.

In Fig. C. ist der Schieber so weit hinauf bewegt, daß der Dampf nur durch den unteren Kanal u in den unteren Raum des Stiefels gelangen, der aber im oberen befindliche nach a entweichen kann.

In Fig. D. ist der Schieber auf dem Rückwege begriffen, sperrt den unteren Kanal, gestattet aber dem Dampfe noch nicht den Zutritt in den oberen Raum, aus welchem er noch nach a entweicht, weshalb derselbe vor dem Eintritte in den oberen Raum sich auch verdichtet, wie es in Fig. B. für den unteren Raum stattfand.

Soll das Schieberventil seinen Zweck, namentlich auch, wie in diesem Beispiele, als Expansionschieber erfüllen, so müssen seine Bewegungen sehr regelmäßig in den genau abgegränzten Zeitabschnitten während der ganzen Bewegung des Kolbens sich vollenden. Dies thut die Maschine selbst zuverlässiger, als irgend eine Menschenhand. Zu



(Fig. 91.)

diesem Zwecke ist die Ase W des sogenannten Schwungrades, dessen Zweck wir bei den Maschinen selbst näher werden kennen lernen, zugleich die Ase einer unruunden Scheibe (Fig. 91), so daß beide in genau derselben Zeit eine Umdrehung machen. Diese Scheibe hat nicht einen kreisförmigen, sondern aus den Bogen von vier Kreisen mit verschiedenen Radien und demselben Mittelpunkte zusammengesetzten Umfang. An diesem Umfange schleifen bei ihrer Drehung die Stahlrollen, welche an den Enden zweier, in festen Rahmen beweglichen Stangen E und E' angebracht sind, so daß diese auf und ab oder hin und her geschoben werden, jenachdem sie auf einen größeren oder kleineren Radius der Scheibe treffen.

Bei der gezeichneten Lage hat die Stange E die tiefste Stellung, welche der Figur 90, A entspricht; hat sie sich um den vierten Theil der ganzen Drehungszeit fortbewegt, so ist a unter der oberen Rolle und der Schieber steht wie Figur B, in welcher Lage er so lange verharret, als seine Rolle noch den Bogen desselben Radius berührt; ist d unter der Rolle, so hat der Schieber die höchste Stellung in Figur C, um dann den Rückweg anzutreten.

Es ist klar, daß man den Umfang der unruunden Scheibe für jede beliebige, der Expansion des Dampfes gewidmete Zeit einrichten kann.

Eine andere Art von Verschluß wird durch die Regel- und Kugelventile bewirkt, und die letzteren zerfallen noch in Druck- oder Hebelventile.



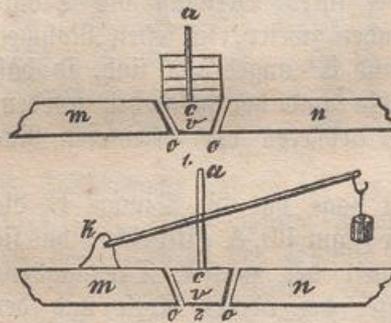
(Fig. 92.)

Sollen die Räume n und r (Fig. 92) von zylindrischen Röhren abwechselnd in Verbindung gesetzt und von einander abgesperrt werden, so dient dazu ein Regelventil: v ist ein abgekürzter Keil von Metall, dessen Mantel in eine Vertiefung genau eingeschliffen ist; von seiner oberen größeren Fläche geht eine kurze Stange v c mit einem Knopfe oder Querstücke lose durch die Oeffnung einer Querleiste a a. Das Spiel auf- und abwärts kann nur bis zu dieser Leiste gehen und dadurch wird die Verbindung hergestellt und unterbrochen. Statt des Keils kann eine Kugel in eine halbkugelförmige Vertiefung, in welcher von unten aus die Verbindung stattfindet, eingelassen werden.

Um das Zerspringen der Dampfkessel nicht eintreten zu lassen, wendet man Druck- oder Hebelventile an, welche durch die Spannkraft der Dämpfe eher geöffnet werden, als der Kessel in Gefahr ist, durch sie zersprengt zu werden.

Es ist durch die Erfahrung festgestellt worden, wie groß die Haltbarkeit des Kessels bei einer gewissen Metallstärke ist, oder wie viele Atmosphärendrucke, die man in Pfunden auf einen Quadratzoll angeben kann, der Kessel zu ertragen vermag, ehe er zersprengt wird.

Ist nun eine Oeffnung von gewisser Größe, z. B. einem Quadratzolle vorhanden, so wird man dieselbe durch ein Ventil schließen, welches mit einer geringeren Kraft angedrückt wird, als es die höchste Spannkraft, welche der Kessel ohne Gefahr vertragen kann, anzeigt. In

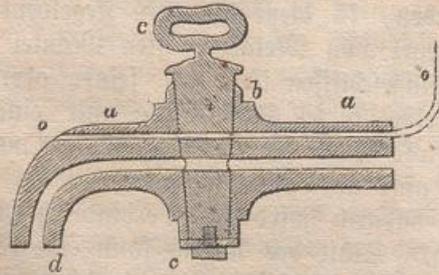


(Fig. 93.)

Fig. 93 bedeutet *mn* ein Stück der Kesselwand, *oo* die Oeffnung darin, *v* das hineinpassende Ventil mit dem Stiele *ca*. Die Belastung des Ventils kann entweder (1) durch Gewichte geschehen, die man auf den Stiel aufschiebt, oder (2) durch Gewichte, welche man bei *e* an den um den festen Endpunkt *k* drehbaren Hebel anhängt. Für besondere Zwecke, wie bei den Aeolipilen, kann das Ventil auch durch eine elastische Feder angedrückt werden. Es ist natürlich, daß das Ventil durch die Dämpfe um so eher herausgeworfen werden, je weniger es belastet ist. Das Einrosten desselben muß natürlich verhindert werden, um nicht Gefahr herbeizuführen.

Daß solche Ventile auch zur Messung des Druckes von tropfbaren und anderen luftigen Körpern als Dämpfen angewendet werden können, ergibt sich aus dem Obigen von selbst.

Endlich dienen noch die verschiedenartigen Hähne zur Herstellung und Aufhebung der Verbindung zweier oder mehrerer Räume. Sie bestehen aus einem Rohre, Gehäuse und Schlüssel.



(Fig. 94.)

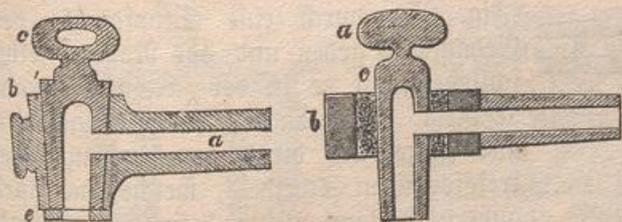
1) Der Guericke'sche oder einfache Hahn (Fig. 94) besteht aus einem zylindrisch durchbohrten und gegen das eine Ende gebogenen Rohre *aad*, welches gegen seine Mitte stärker gearbeitet ist, damit in dieses Gehäuse *be* eine etwas weitere kegelförmige Durchbohrung, welche lothrecht durch die erste geht, gemacht werden kann. In diese Oeffnung ist der mit einem Handgriffe *c* versehene Schlüssel *i* genau eingeschliffen. Der Schlüssel ist senkrecht so durchbohrt, daß, wenn er die Oeffnung schließt, das Bohrloch der Röhre mit dem des Schlüssels beim angemessenen Drehen zusammentrifft.

Der Schlüssel, so wie die Oeffnung des Gehäuses sind deshalb kegelförmig, damit bei der während des Gebrauches durch die Reibung unvermeidlichen Abnutzung immer noch ein dichter Verschluss stattfindet. Weil aber in diesem Falle der Schlüssel tiefer in das Gehäuse dringt, wird seine Durchbohrung nicht zylindrisch, sondern länglich rund (elliptisch) mit dem größeren Durchmesser in der Längsrichtung gemacht. Damit endlich der Schlüssel durch den Druck der ausströmenden Flüssigkeit nicht emporgehoben werde, wird er unten bei e durch ein breiteres Querstück, welches in ihn eingeschraubt werden kann, fest an das Gehäuse geschraubt.

Wird der Schlüssel um den vierten Theil seines Umfanges gedreht, so steht seine Durchbohrung auf der des Rohres lothrecht und die Verbindung ist aufgehoben. Um die innere Stellung auch äußerlich zu erkennen, ist der Griff länglichrund in der Richtung der Durchbohrung gemacht.

Benutzt man den Hahn zur Verbindung zweier Gefäße, so ist das Rohr grade; will man aber Flüssigkeiten aus Gefäßen durch ihn ablassen, so ist das eine Ende d gekrümmt, wie es die Zeichnung angibt; er heißt dann Faßhahn. Damit die tropfbare Flüssigkeit aus dem Zapfenloche eines Fasses durch einen Hahn abgelassen werden kann, ohne das Spundloch für den Zutritt der äußeren Luft zu öffnen, müssen Rohr und Schlüssel noch eine feine Durchbohrung oo haben, durch welche die äußere Luft nur während des Ablassens in das Faß und dann über die Flüssigkeit eindringt.

Statt atmosphärischer Luft kann man aus einem besonderen Gefäße z. B. Kohlensäure hineinlassen, wie es beim Abzapfen gegorner Flüssigkeiten angemessen ist, um sie vor dem Verderben zu bewahren.

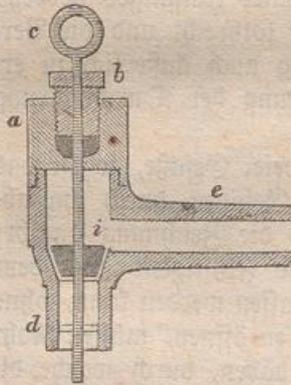


(Fig. 95.)

das verdickte Gehäuse geschlossen, der in dasselbe eingepaßte Schlüssel ce ist von seinem spitzeren Ende an der Länge noch bis etwas über die Oeffnung des Rohres a eingebohrt und zur Verbindung beider Kanäle noch eine Seitenverbindung angebracht. Beim Absperren ist es angemessen, den Schlüssel um die Hälfte seines Umfanges zu drehen, obwohl bei nicht großen Bohröffnungen der Zweck schon durch eine Vierteldrehung erreicht wird. Auch hier wird der Schlüssel durch die Flüssigkeit, sowohl beim Verschlusse, als auch beim Fließen nach oben gedrückt und er muß daher unten auch angeschraubt werden können.

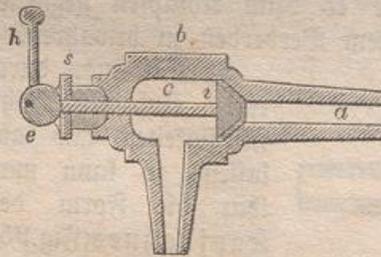
Ist der Hahn aus Holz gemacht, so füttert man des besseren Verschlusses wegen den Kopf mit durchbohrtem Korkholze aus, welches nach seiner Abnutzung leicht erneuert werden kann.

3) Eine recht bequeme Art von Hähnen sind die Ventil- oder Klapphähne, besonders wenn sie die Einrichtung haben, daß sie sich nach dem Gebrauche durch den Druck der Flüssigkeit von selbst schließen, wie ich es an den öffentlichen Trinkanstalten in Nordamerika meist gefunden haben, und wie es bei unseren Wasserleitungen nachzuahmen wohl angemessen wäre, weil ein unwillkürliches Laufen nicht stattfindet, indem nach dem jedesmaligen Gebrauche der Verschuß von selbst geschieht.



(Fig. 96.)

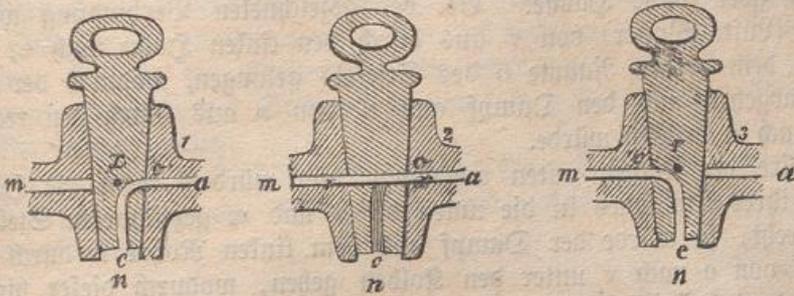
Der Haupteinrichtung nach ist es ein Kopfhahn. Das Gehäuse a (Fig. 96) trägt oben eine Stopfbüchse b, durch welche wasserdicht eine runde Metallstange mit einem Griffe c geht; an der Stange ist ein Regelventil i befestigt, welches zum besseren Anschlusse mit Leder oder Guttapercha umgeben ist, und zum Abschlusse des vom Gehäuse nach unten ausgehenden Rohres dient. Damit das Ventil immer in grader Richtung gehe, ist die Stange durch eine Oeffnung in einem Querstücke d geführt. Bei der in der Zeichnung dargestellten Lage des Ventils ist das Wasser im Rohre e abgesperrt und kommt erst in den Fluß, wenn das Ventil aufwärts gezogen wird.



(Fig. 97.)

Statt dieser Einrichtung kann die Ventilstange in der Richtung des Rohres (Fig. 97) durch eine Stopfbüchse des Gehäuses b gehen und das Rohr a selbst schließen, wie es in der Zeichnung grade geschieht. Das Ende s der Stange wird hier festgedrückt durch den Umfang einer kreisförmigen Scheibe e, welche um einen außerhalb ihrer Mitte befindlichen Punkt (exzentrisch) mittelst des Griffes h drehbar ist. Dreht man nun h weg, so kann sich s dem Drehpunkte nähern, das Wasser stößt durch seinen Druck das Ventil auf und fließt unten am Gehäuse aus; dreht man h aber hin, so drückt die Scheibe das Ventil wieder hinein. Die gradlinige Bewegung des Ventils wird durch die Form des hohlen Raumes im Gehäuse bedingt.

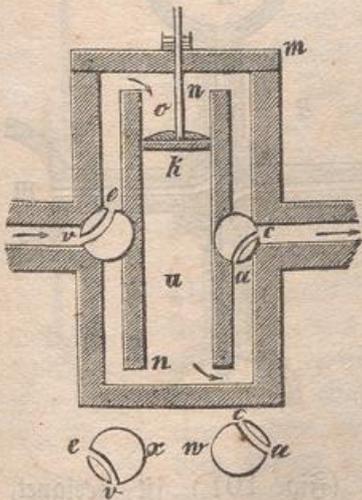
Es läßt sich nun auch leicht eine solche Einrichtung denken, daß der Wasserdruck selbst die Zufuhröhre abgesperrt, und ein Druck mit dem Finger die Verbindung herstellt, so daß, wenn letzterer aufhört, der Abfluß auch aufhört.



(Fig. 98.)

4) Der Senguerd'sche Hahn (Fig. 96) ist in zweifacher Weise durchbohrt, um drei verschiedene Räume a, m, n in beliebiger Weise paarweise mit einander zu verbinden. Steckt der Schlüssel im Gehäuse, in welches die beiden Räume a und m mittelst Röhren münden, so geht die eine Bohrung (1) von o aus in einer flachen Krümmung nach dem spitzeren Ende c des Schlüssels, wodurch die Räume a und n verbunden werden; dreht man den Schlüssel um den vierten Theil seines Umfanges in zweite Lage, so ist der Anfang o seiner ersten Durchbohrung durch die innere Wandung des Gehäuses bedeckt und eine zweite lothrecht durch den Schlüssel geführte Bohrung xr verbindet die Räume a und m; dreht man noch weiter und wieder um den vierten Theil, so tritt o an die Mündung des m, x und r sind bedeckt und es ist die Verbindung zwischen m und n hergestellt.

5) Von diesem für Luftpumpen geeigneten Hahne unterscheidet sich der Zweiweghahn, welcher für Dampfmaschinen brauchbar ist. Die Bohrung geht von dem Umfange des Schlüssels lothrecht nach der Ache hin und in einer Krümmung unter einem rechten Winkel wieder nach außen, so daß die Oeffnungen um $\frac{1}{4}$ des Umfanges von einander entfernt sind.

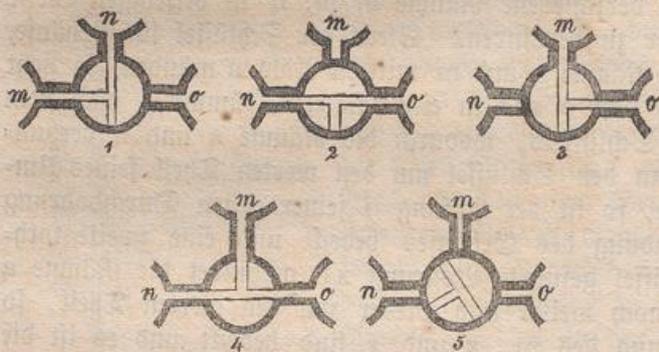


(Fig. 99.)

Seine Anwendung wird durch die Zeichnung (Fig. 99), worin sein Querschnitt viermal sichtbar ist, bald deutlich werden. mm sei ein Metallzylinder, k ein darin luftdicht beweglicher Kolben, dessen Stange durch eine Stopfbüchse s geht. Sowohl sein oberer Raum o, als auch sein unterer u sei durch Seitenrohre einerseits mit einem Dampfkessel, andererseits mit der äußeren Luft oder einem kalten Raume (Condensator) in Verbindung. An den beiden Stellen, wo die Seitenrohre rr mit den Verbindungsrohren zusammen treffen, befin-

den sich zwei solche Hähne. Bei der gezeichneten Verbindung würde Dampf (Luft, Wasser) von *v* aus durch den linken Hahn nach *e*, von da nach dem oberen Raume *o* des Stiefels gelangen, wodurch der Kolben herabgehen und den Dampf aus *u* von *a* aus durch den rechten Hahn nach *c* drücken würde.

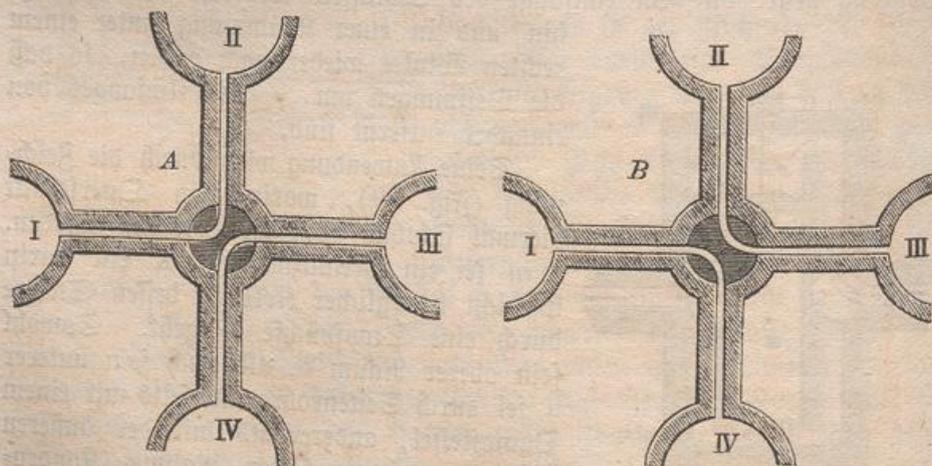
Wäre der Kolben unten angelangt und würden dann die Hähne um $\frac{1}{4}$ ihres Umfanges in die unten bei *x* und *w* gezeichneten Stellungen gedreht, so würde der Dampf aus dem linken Rohre *r* durch den Hahn *x* von *e* nach *v* unter den Kolben gehen, wodurch dieser hinauf und der dort befindliche Dampf durch den Hahn *w* von *c* nach *a* ausgedrückt würde. So kann durch abwechselnde und rechtzeitige Drehung der beiden Hähne das Spiel des Kolbens unterhalten werden.



(Fig. 100.)

von den drei Räumen *m*, *n* und *o* je zwei verbindet: *m* mit *n*, *n* mit *o*, *m* mit *o*, oder alle drei, oder wie er alle drei von einander abschließt.

6) Der Dreiweghahn. Bei diesem Hahne ist der Schlüssel einmal durch seine Mitte ganz durchbohrt und die zweite Bohrung geht rechtwinklich auf der ersten bloß bis zu seiner Mitte. Fig. 100 zeigt im Querschnitte wie er

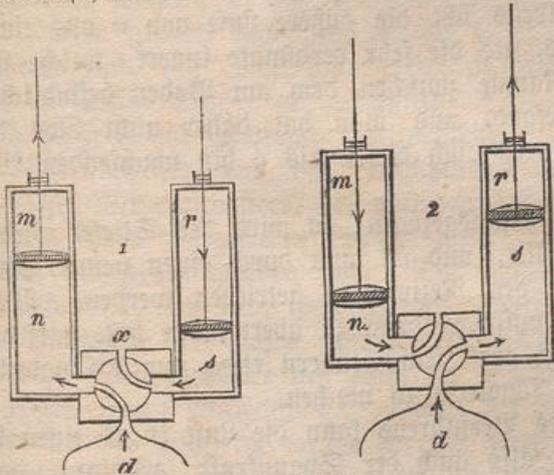


(Fig. 101.)

7) Der Leopoldische Vierweghahn (Fig. 101) ist geeignet, um von vier Räumen zwei und zwei miteinander zu verbinden oder von

einander zu trennen. Es sind nämlich bei ihm zwei mit einander nicht in Verbindung stehende Durchbohrungen, also ringsum in einem Kreise vier Oeffnungen, von denen jede von der nächsten um einen Quadranten entfernt ist. In der Stellung A ist einerseits I mit II und III mit IV verbunden, in der Stellung B aber ist I mit IV und II mit III in Verbindung gesetzt.

Man kann diese Hähne bei solchen Dampfmaschinen anwenden, bei welchen der verbrauchte Dampf ins Freie geleitet wird, also bei Hochdruckmaschinen.



(Fig. 102.)

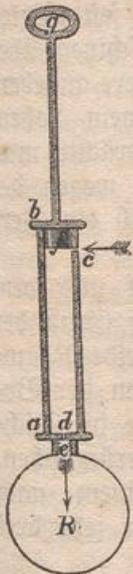
können; in der zweiten Zeichnung sind n und x, so wie d und s verbunden und die Kolben bewegen sich in entgegengesetzter Richtung.

Fig. 102 stellt das Spiel eines solchen Hähnes im Querschnitte dar. In der ersten Zeichnung werden von den vier Räumen d, n, s und x die Räume d und n einerseits und s mit x andererseits verbunden. Räume also aus d Dampf, so würde derselbe von n aus den linken Kolben aufwärts drücken, und der Dampf von s aus ins Freie durch x entweichen

Kuftpumpen.

Es wird nicht selten nothwendig, die Luft in einem abgeschlossenen Raume entweder zu verdichten oder zu verdünnen. Die besonders dazu eingerichteten Instrumente nennt man Kuftpumpen, welche also Verdichtungs- und Verdünnungspumpen sein können; bisweilen aber versteht man unter Kuftpumpen nur die zur Verdünnung der Luft geeigneten Pumpen.

1) Die Verdichtungspumpe. Es sei (Fig. 103) ab ein metallner Zylinder oder Stiefel, gegen das eine Ende sei eine Seitenöffnung c angebracht; in denselben Paffe ein massiver Stempel oder Kolben f luftdicht, welcher durch eine Stange mit einem Griffe g oder auf irgend eine andere Weise hin und her bewegt werden kann; von dem Boden des Stiefels aus gehe eine kurze Röhre bis in ein metallnes Gefäß R, den Rezipienten, und gegen



(Fig. 103.)

das Ende der Röhre sei eine sich nach letzterem öffnende Klappe bei e, oder ein Ventil.

Wenn der Stiefel von e aus mit Luft erfüllt ist, und man bewegt den Kolben nach dem Boden hin, so wird die Luft im Stiefel verdichtet, das Ventil dadurch aufgedrückt und der größte Theil der Luft begiebt sich nach dem Rezipienten R, so daß jetzt hier verdichtete Luft sich befindet.

Hört die Bewegung des Kolbens auf, und tritt er den Rückweg an, so verschließt die verdichtete Luft von R aus das Ventil. Bei dieser Zurückbewegung des Kolbens übt die äußere Luft von c aus einen größeren Druck auf ihn aus, als die sehr verdünnte innere, welche sich etwa noch in dem kleinen Raume zwischen dem am Boden befindlichen Kolben und dem Ventile befand, und man hat daher nicht blos die Reibung zu überwinden, sondern auch diesen bis c hin wachsenden Widerstand.

Ist der Kolben über c hinausgezogen, so wird der Stiefel wieder mit atmosphärischer Luft gefüllt, und sie kann durch einen neuen Stoß auch wieder größtentheils in den Rezipienten getrieben werden. Weil man oft einen mehrfachen Atmosphärendruck zu überwinden hat, darf der Querschnitt des Stiefels nicht groß sein, sondern etwa nur 1 Quadrat-zoll, um die Arbeit nicht zu schwierig zu machen.

Durch Fortsetzung dieses Verfahrens kann die Luft in R einen so hohen Grad der Dichtigkeit, also auch der Spannkraft, erlangen, daß selbst ein starkes Metallgefäß zersprengt wird, was höchst gefährlich ist, weil die Explosion die Metallstücke mit großer Kraft fortschleudert. Man darf also für ein Gefäß von gewisser Stärke und Stoffbeschaffenheit die Verdichtung nicht bis zu einer erfahrungsmäßig festgesetzten Gränze treiben. Wir werden bei Gelegenheit der Dampfmaschinen über diese, selbst durch Landesgesetze festgestellten Gränzen das Nähere angeben.

Hätte man den Rezipienten mit kalter Luft bis zu einem hohen, aber noch ungefährlichen Grade von Spannkraft erfüllt, und brächte man ihn dann ins Warme, z. B. in den Sonnenschein, so kann wegen der durch die Wärme erzeugten namhaften Ausdehnung auch noch ein Zersprengen stattfinden.

Kennt man das Raumverhältniß zwischen dem Stiefel und dem Rezipienten, so läßt sich aus der Anzahl der Kolbenstöße der Grad der Verdichtung leicht berechnen. Nehmen wir z. B. an, daß beide Räume gleich sind, und vernachlässigen wir den kleinen Raum zwischen der Bodenfläche und dem Ventile, so ist nach dem ersten Kolbenstoße die Dichtigkeit der Luft im Rezipienten das Doppelte von der ursprünglichen, denn die Luft aus zwei gleichen Raumtheilen befindet sich in einem; nach dem zweiten Stoße ist sie das Dreifache, weil der Rezipient jetzt drei Raumtheile von Luft enthält u. s. w.

Verdichtungspumpen werden zu verschiedenen Zwecken gebraucht.

Sollen Taucher in ihrer Glocke längere Zeit in der Tiefe eines Gewässers sich aufhalten, um dort verschiedene Arbeiten zu verrichten, so muß man ihnen durch eine Verdichtungs- oder Druckpumpe in Schläuchen immerfort frische Luft zuführen, so daß am Rande der Taucherglocke stets Luftblasen entweichen.

Wird eine Kautschuckflasche von geringem Durchmesser in heißem Wasser oder in Aether erweicht, so kann sie durch zeitweises Hineinpumpen von Luft, oder Hineinlassen von verdichteter Luft außerordentlich ausgedehnt werden, so daß sie einen Durchmesser bis zu 3 Fuß bekommt.

Um in großen Aquarien, wie sie z. B. in New-York in Barnums Museum sind, den Wasserthieren das zu ihrem Wohlfinden unentbehrliche lufthaltige Wasser zu verschaffen, wird in die Behälter von unten durch Röhren und Schläuche fortwährend atmosphärische Luft gepumpt.

Unentbehrlich sind die Verdichtungspumpen zur Herstellung von künstlichen Mineralwässern, die man vorzüglich mit Kohlensäure versorgt, nachdem ihnen die anderen Stoffe, welche die verschiedenen Zwecke verlangen, beigegeben worden sind. Der ganze Apparat besteht aus drei Haupttheilen: aus dem Gasentwickelungsgefäße mit der zum Reinigen und Sammeln des Gases nöthigen Vorrichtung, aus der Druckpumpe und dem Wasserbehälter mit einer zur Vertheilung des Gases im Wasser angemessenen Einrichtung. Durch die Maschine zum Füllen und Verforken des Wassers, welche für sich besteht, muß die Berührung des Wassers mit der äußeren Luft möglichst vermieden werden.

Die verdichtete Luft wird ferner als bewegende Kraft bei den Windbüchsen angewendet. Gibt man dem Rezipienten eine längliche abgerundete Form, annähernd an die eines Flintenkolbens, und richtet man ihn so ein, daß er von der Pumpe kann ab- und an einen Flintenlauf geschraubt werden; so bedarf es nur noch einer starken Stahlfeder mit einem Stifte, welcher beim Zurückschlagen der gelösten Feder das Ventil nach dem Rezipienten einen Augenblick aufstößt, um einen Theil der verdichteten Luft ins Rohr zu lassen, wodurch eine Kugel oder Schrotkörner, die man zwischen zwei Pfropfen in den Lauf gebracht hat, mit gleicher Kraft, wie durch Schießpulver, herausgeschleudert werden können. Der Knall ist hierbei viel unbedeutender, weil nicht noch an der Mündung des Laufes eine besondere Gasentwicklung stattfindet, wie es beim Schießpulver zum Theil stattfindet, sondern weil die treibende Kraft auch außerhalb des Laufes vorzüglich nach dieser einen Richtung wirksam ist.

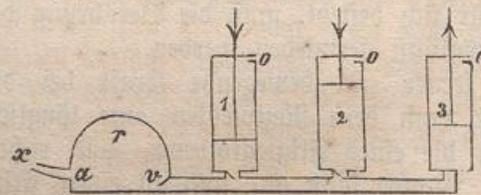
Ein Knall kann übrigens nur auf doppelte Weise entstehen:

1) daß in einer Flüssigkeit (Luft, Wasser) plötzlich ein leerer oder fast leerer Raum gebildet wird, so daß die umgebende Flüssigkeit von allen Seiten nach der Mitte dieses Raumes zusammenstürzt und sich daselbst mit Heftigkeit aneinander schlägt. So ist es u. a. wenn man eine mit Knallgas (2 Maß Wasserstoff und 1 Maß Sauerstoff) gefüllte

Seifenblase anzündet, oder wenn man Dämpfe von kochendem Wasser in ein Gefäß mit kaltem Wasser leitet (bei Lokomotiven und deren Tendern, in Brennereien u. s. w.), worin sie zu Wasser von sehr geringem Volumen werden, so daß hier das Wasser nach der Mitte des fast leeren Raumes zusammenstürzt und sich aneinander schlägt.

2) Ein Knall kann noch dadurch entstehen, daß ein Stoff von sehr geringem Volumen, wie Schießpulver, Knallsilber (Knallbonbons) plötzlich in einen anderen von sehr großem verwandelt wird. In diesem Falle wird die den kleinen Körper umgebende Luft plötzlich nach allen Seiten auseinander getrieben, und stürzt dann von allen Seiten wieder nach der Mitte dieses Ortes zurück, wodurch auch ein Schlag entsteht.

Eine weitere Anwendung finden die Luftdruckpumpen bei den Zylindergebläsen. Es ist nämlich für viele technische Zwecke bei Feuerungen unerläßlich, oder wenigstens sehr zweckmäßig, wenn das Feuer fortwährend eine sich gleich bleibende Wärme entwickelt. Dieses kann nur durch eine möglichst gleichmäßige Zuführung von Feuerungsmaterialien geschehen, wozu vorzüglich die atmosphärische Luft wegen ihres Sauerstoffgehaltes gehört. Es ist also nothwendig, außer den Kohlen oder einem anderen Brennstoffe für einen sich möglichst gleich bleibenden Strom zugeführter Luft zu sorgen, und dies leisten in einem ziemlich genügenden Maße die Gebläse mit drei Zylindern.



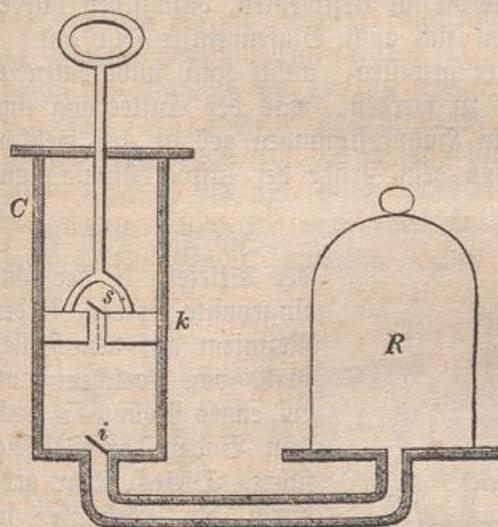
(Fig. 104.)

In Fig. 104 bedeuten 1, 2, 3 die drei Verdichtungs-
tumpen mit ihren Bodenventilen, durch welche sie in Verbindung mit einem gemeinschaftlichen Kanale cv stehen, der in einen größeren Metallbehälter r als Rezipienten mündet, und an seinem Ausgange ein sich dahin öffnendes Ventil v hat; von diesem Rezipienten oder Windkessel führt endlich ein Rohr ax nach dem Feuer hin. Das Ausflusrohr muß man kegelförmig zuspitzen, wobei die Seiten mit der Aze einen Winkel zwischen 3 und 12 Graden machen, und die Innenfläche polirt sein muß.

Die drei Kolbenstangen werden durch irgend eine Kraftmaschine und zwar so in Bewegung gesetzt, daß die Zeit für den ganzen Hin- und Rückweg im Stiefel in drei gleiche Theile getheilt ist, welche sie abwechselnd nach einander zurücklegen. Beginnt der erste Kolben das letzte Drittel des Hinweges, so muß der zweite Kolben das zweite Drittel auch des Hinweges, aber der dritte das dritte Drittel des Rückweges beginnen, oder: ist der erste Kolben unten angekommen, so beginnt der zweite das letzte Drittel des Hinweges und der dritte ist oben ange-
langt u. s. f.

Auf diese Weise wird fortwährend, und zwar mindestens von einer der drei Pumpen in den Windkessel Luft geschafft, so daß die Verdichtung in ihm und das Ausströmen aus ihm niemals unterbrochen wird.

2) Die Verdünnungspumpe, auch Evakuations- oder Entleerungspumpe genannt. Die Hauptbestandtheile sind dieselben wie bei der Verdichtungspumpe, nur daß die Verbindungen der Räume andere sind. Wegen der Wichtigkeit der Apparate hat man sich, namentlich in neuerer Zeit, viele Mühe gegeben, dieselben zu vervollkommen, und daher ist die Art ihrer Herstellung im Ganzen und Einzelnen sehr verschieden; wir wollen aber nur das Wichtigste anführen.



(Fig. 105.)

paßt mit ihrem Rande luftdicht eine Glasglocke R, welche der Rezipient, Aufnehmer, heißt, weil sie zum Aufnehmen der Gegenstände dient, mit denen man im luftverdünnten Raume Versuche anstellen will, weshalb er auch verschiedene Formen hat.

Die Art der Handhabung und die Wirkungsfähigkeit dieser Pumpe ergibt sich leicht. Denken wir uns den Kolben ganz am Boden des Stiefels, so daß ein möglichst genauer Anschluß stattfindet, und ziehen wir ihn dann aufwärts, so öffnet die Luft im Rezipienten und im Verbindungsrohre wegen ihrer Spannkraft das Ventil i und verbreitet sich hinter dem Kolben im Stiefel. Ist der Kolben, dessen Ventil durch den Druck der äußeren Luft geschlossen bleibt, bis ans Ende des Stiefels gelangt, so ist die Luft im Rezipienten schon und um so mehr verdünnt, je weiter der Stiefel ist, denn sie erfüllt jetzt beide Räume gleichmäßig. — Wird der Kolben herabgedrückt, so kann die unterhalb desselben befindliche Luft durch das Ventil, welches sich schließt und durch den vergrößerten Luftdruck geschlossen wird, nicht wieder zurück in den Rezipienten, sondern geht durch das beim weiteren Hineindrücken des

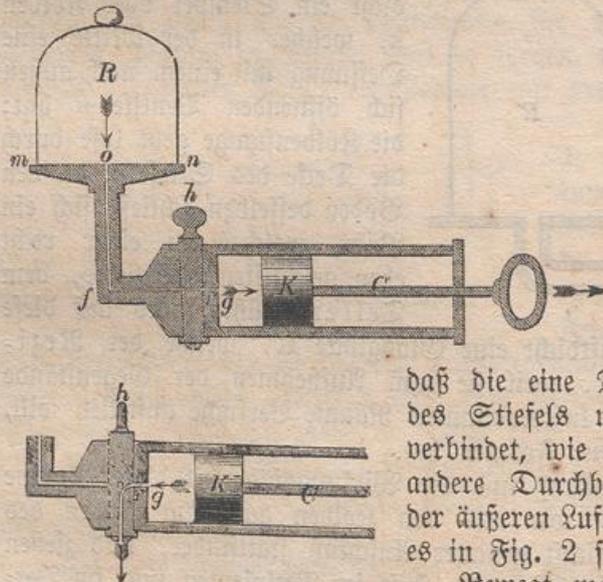
Fig. 105 stellt eine ganz einfache Ventil-Luftpumpe dar. C ist ein sehr gut ausgedrehter Metallzylinder oder Stiefel, an dessen Boden ein nach innen sich öffnendes Ventil i sich befindet; in den Stiefel paßt luftdicht ein Stempel oder Kolben k, welcher in der Mitte eine Oeffnung mit einem nach außen sich öffnenden Ventile s hat; die Kolbenstange geht lose durch die Decke des Stiefels; an den Boden desselben schließt sich ein Rohr, welches zu einer recht eben geschliffenen Scheibe, dem Teller, führt, und auf diese

Kolbens durch sie geöffnete Kolbenventil nach außen. Dieses Ventil wird aber erst dann geöffnet, wenn der Druck der inneren Luft größer ist, als der von der äußeren und der Widerstand des Ventils.

So wird bei jedem neuen Zuge des Kolbens nach oben die Luft immer weniger dicht, und bei jedem Drucke ein Theil derselben herausgeschafft; aber eine vollständige Entleerung des Rezipienten ist nicht möglich, weil die schon stark verdünnte Luft in ihm und der Verbindungsröhre das Bodenventil nicht mehr zu öffnen vermag, und weil ungeachtet sehr sorgfältiger Arbeit die untere Fläche des Kolbens sich niemals so dicht an den Stiefel schließt, als daß nicht eine dünne Luftschicht von größerer Dichtigkeit, als die im Rezipienten, dazwischen bliebe.

Für solche Luftpumpen eignen sich auch Blasenventile sehr gut.

Weil die Ventile immer einer gewissen, nicht ganz unbedeutenden Druckkraft bedürfen, um geöffnet zu werden, was der Entleerung eine zu enge Gränze steckt, so hat man Hahnlustpumpen gebaut, bei welchen das Drehen durch eine äußere, von dem Grade der Luftverdünnung unabhängige Kraft bewirkt wird.



(Fig. 106.)

Bewegt man den Kolben weg vom Boden des Stiefels, wie es der Pfeil am Griffe zeigt, so geht bei der ersten Hahnstellung die Luft aus dem Rezipienten nach dem Stiefel in der Richtung der Pfeile, ohne daß sie einen Widerstand zu überwinden hat. Ist der Kolben am Ende des Stiefels angelangt, so dreht man den Hahn in die zweite Stellung, wodurch der Rezipient und das Rohr bis an den Hahn abgesperrt, der Rezipient aber mit der äußeren Luft in Verbindung gesetzt wird. Es ist also klar, daß sofort von der äußeren Luft in den Rezipienten strömt; wird aber der Kolben nach dem Boden hin bewegt, so muß

In Fig. 106 ist O der Stiefel, K der hineingepaßte Kolben, R der Rezipient auf dem Teller m n, von welchem aus ein enges Rohr o g nach dem Boden des Stiefels führt. Dieses Rohr geht durch ein Gehäuse, in welches ein Senguerdscher Hahn so eingepaßt ist,

daß die eine Durchbohrung den Raum des Stiefels mit dem des Rezipienten verbindet, wie es Fig. 1 zeigt, und die andere Durchbohrung den Stiefel mit der äußeren Luft in Verbindung setzt, wie es in Fig. 2 sichtbar ist.

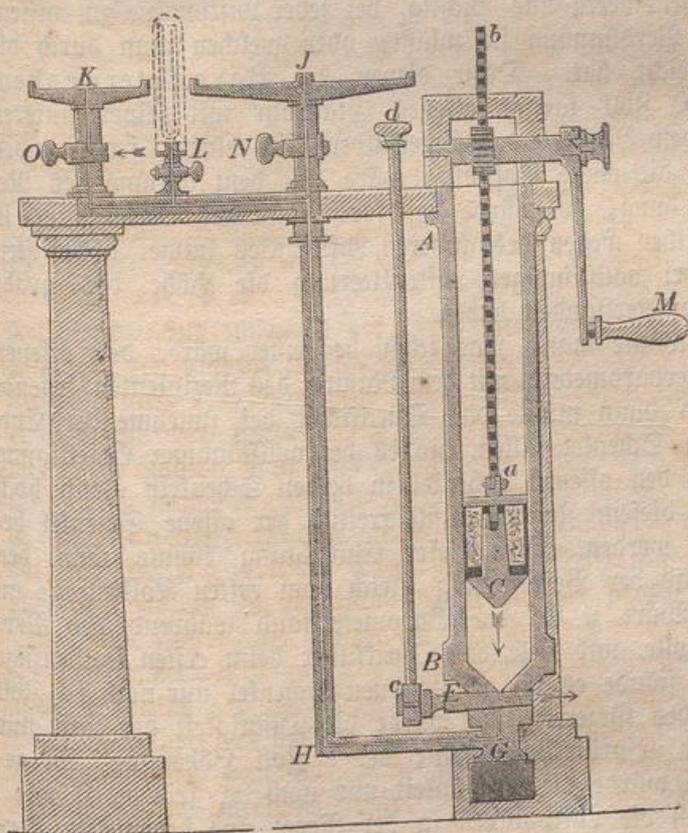
Bewegt man den Kolben weg vom Boden des Stiefels, wie es der Pfeil

diese Luft und die vorher schon vorhandene durch den Hahn entweichen. Hat man den Kolben bis dicht an den Boden des Stiefels gebracht, so dreht man den Hahn wieder in die erste Stellung, und kann eine neue Verdünnung vornehmen u. s. w.

Wenn auch, wie es angemessen ist, der Hahn möglichst dicht an den Boden des Stiefels sich anschließt, so muß doch noch von ihm bis in den Stiefel ein kurzes, wenn auch enges Röhrenstück vorhanden sein. Dieses und die Unmöglichkeit eines absolut genauen Anschlusses des Kolbens an die Bodenfläche des Zylinders läßt auch bei dieser Pumpe, obwohl sie mehr leistet, als die vorige, die Verdünnung nur bis zu einer gewissen Gränze führen; denn wenn die äußere Luft mit dem Stiefel in Verbindung gesetzt worden ist, so befindet sich nach dem Zurückstoßen des Kolbens bis an den Boden in jenem kleinen Raume, welchen man den schädlichen Raum nennt, Luft von der Dichtigkeit der äußeren, welche nach der Umdrehung des Hahnes in den Rezipienten geht, und jedesmal, bis ans Ende der Arbeit, die bereits erreichte Verdünnung vermindert, wenn sich auch beim Vorwärtsziehen des Kolbens die Luft noch in den Stiefel vertheilt. Der Grad der möglichen Verdünnung

hängt von dem Verhältnisse des schädlichen Raumes zu dem Gesamttraume des Rezipienten und Stiefels ab; ist jener z. B. der tausendste Theil von diesem, so ist auch schließlich die Dichtigkeit der Luft im Rezipienten nur $\frac{1}{1000}$ von der der äußeren Luft. Ist man bis dahin gekommen, so nützt alles weitere Arbeiten nichts mehr.

Um den Nachtheil des schädlichen Raumes nach Möglichkeit zu vermeiden, hat man daher Pumpen gebaut (Fig. 107), bei welchen der Kolben C kegelförmig gestaltet



(Fig. 107.)

ist, sehr genau in eine ebenso geformte Vertiefung des Stiefels BA paßt und bis an den Hahn E reicht, um mit seinem abgeflachten Ende dessen Durchbohrung grade zu bedecken. Bei dieser Einrichtung ist es möglich, den Hahn bis ganz ans Ende des Stiefels zu verlegen. Der Kolben befindet sich an einer gezahnten Stange, welche durch das oben sichtbare Triebrad auf- und abgeschoben wird, wenn man die an seiner Ase befindliche Kurbel an dem Handgriffe M beziehungsweise nach hinten oder vorn dreht. Um den Hahn E mit Bequemlichkeit zu drehen, ist an ihm seitwärts eine Stange cd beweglich angebracht, die man bei d nur abwechselnd heraufzuziehen und hinabzulassen braucht.

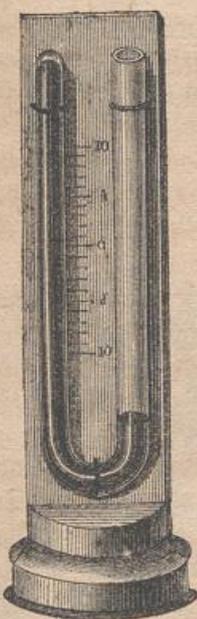
Von dem Boden des Stiefels geht ein Verbindungsrohr GHJ zu einem Teller bei J, auf welchen sich ein Rezipient stellen läßt, und von ihm ein Zweigrohr zu einem zweiten Teller bei K, zu welchem die Hähne N und O gehören.

Diese Einrichtung gestattet gleichzeitig zwei Versuche zu machen. Bei der in der Zeichnung angegebenen Stellung kann die Entleerung nur bei J stattfinden, und der Kolben ist im Herabgehen begriffen, um die Luft im Stiefel ins Freie zu drücken.

Es ist wünschenswerth und wichtig, bei jeder Luftpumpe zu wissen, welchen Grad der Verdünnung sie zuläßt, oder welchen man durch die Arbeit bereits erreicht hat. Dazu dienen die Barometerproben. Wenn ein etwa 30 Zoll langes offenes Glasrohr mit seiner unteren Mündung unter dem Niveau des Quecksilbers in einem freistehenden Gefäße steckt, und die obere Oeffnung wäre mit dem Raume des Rezipienten in Verbindung, so würde bei fortschreitender Verdünnung in diesem das Quecksilber wegen des äußeren Luftdruckes immer höher steigen, und würde bei vollständiger Luftentleerung die Höhe des grade stattfindenden Barometerstandes haben.

Statt dessen könnte man, was schon bequemer wäre, den offenen Schenkel eines Heberbarometers mit dem Raume des Rezipienten irgendwie verbinden, und dann müßte das Quecksilber bei zunehmender Entleerung im anderen Schenkel fallen, bis es bei vollständiger Beseitigung des Luftdruckes auf den offenen Schenkel in beiden Schenkeln gleich hoch stehen würde. Zu diesem Zwecke müßte freilich der offene Schenkel bedeutend verlängert werden. Bei dieser Einrichtung könnte man den fortschreitenden Grad der Verdünnung gleich vom ersten Kolbenzuge an genau verfolgen. Wäre z. B. der Barometerstand während des Versuches grade 28 Zolle, und fiel das Quecksilber beim ersten Kolbenzuge um 14 Zoll (d. h. stände es im geschlossenen Schenkel nur noch 14 Zoll über dem Niveau des kürzeren), so würde die Dichtigkeit der Luft nur noch die Hälfte der ursprünglichen sein; bei 7 Zoll Höhenstand im geschlossenen Schenkel würde die Dichtigkeit nur noch $\frac{1}{4}$ sein u. s. w.

Da man durch die Luftpumpen in der Regel eine bedeutende Verdünnung bezweckt, so ist es nicht nothwendig, ein vollständiges Baro-



(Fig. 108.)

meter anzuwenden, sondern nur ein abgekürztes Heberbarometer mit zwei etwa vier bis sechs Zolle langen Schenkeln, wie es Fig. 108 angibt, wobei der geschlossene Schenkel in der freien Luft stets gefüllt bleibt, und der offene leer ist. Dieses Instrument kann man entweder unter den Rezipienten der Luftpumpe stellen, oder, was bequemer ist, in einer besonderen kleinen Glasglocke anbringen, deren Raum mit der Röhre, durch welche die Verdünnung bewirkt wird, in unmittelbarer Verbindung steht, wie es die Fig. 107 bei L anzeigt.

Beim Beginne der Verdünnung wird das Quecksilber im geschlossenen Schenkel noch nicht sinken, sondern erst, wenn der Druck der verdünnten Luft auf den offenen Schenkel so schwach ist, daß er die Quecksilbersäule des geschlossenen über dem Niveau des offenen nicht mehr zu tragen vermag. Sinkt endlich das Quecksilber in jenem, so steigt es bei gleich weiten Röhren in diesem um gleich viel, und steht es in jenem z. B. noch 4 Zolle über diesem, so ist die Dich-

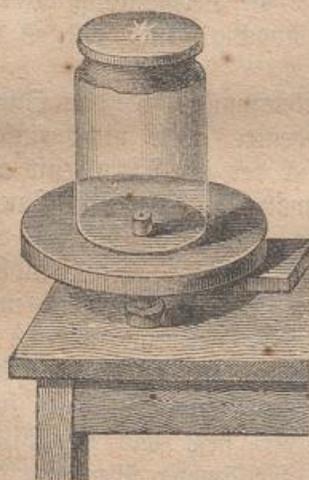
tigkeit der drückenden Luft nur noch $\frac{1}{4}$ von der ursprünglichen, bei 1 Zoll nur $\frac{1}{2}$ u. s. w. Bei ganz guten Luftpumpen steht das Quecksilber des geschlossenen Schenkels zuletzt nur noch 1 Millimeter über dem des offenen. Der zwischen den beiden Schenkeln angebrachte Maßstab muß so eingerichtet sein, daß man von dem jedesmaligen Stande des Niveaus im offenen Schenkel an bis ans Niveau des geschlossenen ablesen kann.

Bei der oben angeführten Luftpumpe findet die Verdünnung im Rezipienten nur während der einen Bewegung der Kurbel statt, indem während der anderen rückgängigen die unter dem Kolben im Stiefel befindliche Luft herausgeschafft wird, und man ist auch genöthigt, bei jedem Gange des Kolbens den Hahn mit der Hand rechtzeitig, also erst wenn der Kolben ganz unten und oben angelangt ist, zu drehen. Deshalb hat man in neuerer Zeit zweistieflige Luftpumpen mit Selbststeuerung gebaut. Das durch die Kurbel in Bewegung gesetzte Getriebe greift zu beiden Seiten in die Zähne der beiden Kurbelstangen ein, und zwingt sie zu einem abwechselnden Gange: während die eine heraufgeht und faugt, drückt die andere.

Von dem Boden der beiden Stiefel führt ein enger Kanal zu einem einzelnen Hahne, welcher durch ein Gestänge erst dann gedreht wird, nachdem der Kolben bereits seinen tiefsten und höchsten Punkt erreicht hat, und auch die Drehung bereits vollendet haben muß, ehe die Bewegung des Kolbens wieder beginnt. Diese für die Entleerung des Rezipienten unerläßliche Bedingung ist nur dadurch zu erfüllen, daß man der Kolbenstange, oder dem sie bewegenden Getriebe einen fogen. todten

Gang gibt, so daß der Kolben bei jedem beginnenden Wechsel der Bewegung so lange ruht, als die Drehung der Hähne dauert. Da man indeß auch öfters, ohne daß der Kolben die äußersten Punkte seiner Bahn erreicht hat, die Arbeit unterbrechen will, so muß die Steuerung des Hahns auch jederzeit bewirkt werden können.

Versuche mit der Luftpumpe.



(Fig. 109.)

1) Schon nach dem ersten Kolbenzuge haftet der Rezipient am Teller fest, weil die Atmosphäre auf seine Außenfläche einen größeren Druck ausübt, als die bereits verdünnte Luft auf die Innenfläche.

2) Wird ein niedriger Metallzylinder mit gut abgeschliffenem Rande auf den Teller gesetzt und mit einer thierischen Blase gut verbunden, oder mit einer nicht zu starken Glastafel luftdicht bedeckt, wie es Fig. 109 andeutet, und pumpt man dann die Luft aus, so wird die Blase mehr und mehr hineingedrückt, bis sie mit einem Knalle zerspringt, und die Glastafel wird in gleicher zertrümmert.



(Fig. 110.)



3) Schraubt man auf die Mündung des Entleerungsrohres eine aus zwei gut aneinander passenden Hälften bestehende Metallkugel auf, wie es Fig. 110 andeutet, pumpt man die Luft aus dieser Kugel, und schraubt man sie ab, nachdem sie durch einen Hahn abgeschlossen worden ist, so werden sie durch die atmosphärische Luft kräftig zusammengedrückt. Otto v. Guericke, Bürgermeister von Magdeburg, stellte schon 1654 zu Regensburg in Gegenwart des Kaisers Ferdinand III. und der versammelten Großen des Reiches, mit seiner von ihm er-

fundenen Luftpumpe und den beiden Halbkugeln von 0,67 magdeburger Ellen Durchmesser einen Versuch an, welcher das größte Erstaunen erregte. Nachdem er seine Kugel entleert hatte, ließ er an die beiden Hälften Pferde anspannen, zuerst zwei, dann immer mehr und mehr, und erst 16 Pferde waren mit Mühe im Stande, die beiden Hälften unter einem starken Knalle zu trennen. Später fertigte er eine andere Kugel von einer Elle Durchmesser an, zu deren Trennung 24 bis 30 Pferde nothwendig waren.

Die Kraft, mit welcher die beiden Halbkugeln zusammengedrückt werden, ist der Unterschied zwischen dem äußeren und inneren Luftdruck. Der äußere Luftdruck ist für eine bestimmte Kugeloberfläche von dem grade stattfindenden Barometerstande, der innere von dem Grade der Verdünnung und der Größe der Innenfläche abhängig. — Da eine Kugel von 2 Fuß Durchmesser eine Oberfläche von fast 50,6 Quadratfuß hat, und der Atmosphärendruck bei einem Barometerstande von 28 Zollen auf den Quadratfuß, wie wir bereits wissen, gegen 2196 Pfunde beträgt; so würde der Druck auf die Außenfläche der Kugel gegen 111117 Pfunde betragen. Davon ist der nach dem Grade der Verdünnung zu bemessende innere Druck in Abzug zu bringen, welcher mit Benutzung der neueren Luftpumpen sehr vermindert werden kann.

4) Wenn man in einem Metallzylinder eine leicht bewegliche, sich aber gut anschließende Scheibe *s* hat, durch welche der innere Raum des Zylinders in zwei Theile *a* und *c* getrennt wird, und man pumpt aus dem Raume *c* die Luft; so wird die in den Raum *a* eindringende äußere Luft die Scheibe um so tiefer hineindrücken, je mehr in dem sich dadurch verkleinernden *c* die Luft verdünnt wird. Die Größe des Druckes hängt unter übrigens gleichen Umständen von der Größe der Scheibe ab, an welche man einen kleinen Wagen zur Aufnahme von Brieffschaften u. a. hängen kann, wie man es in London unterhalb des Straßenpflasters eingerichtet hat.

5) Diesem Gedanken haben die Engländer noch einen großartigeren Ausdruck gegeben, indem sie eine sogen. atmosphärische Eisenbahn von mehren Meilen Länge gebaut haben. Zu diesem Zwecke war es nothwendig, zwei Zylinder anzuwenden, und die Scheibe oder den Stempel in jedem mit einem nach oben durch die Röhre gehenden Stiele zu versehen, damit diese Stiele zur Stütze für die Wagen, zur Aufnahme von Personen und Sachen dienten. Hierbei bot sich die große Schwierigkeit dar, den Verschuß des Raumes *c*, aus welchem die Luft gepumpt wird, ungeachtet der Vorwärtsbewegung der Stiele luftdicht zu erhalten. Dies bewirkte man durch luftdicht schließende Klappen, welche während der Bewegung durch die Stiele nur einen Augenblick geöffnet wurden, um sich sofort wieder zu schließen. Bei der Schwierigkeit, diesen Verschuß immer luftdicht zu erhalten, und dem nicht unbedeutenden

Kraftaufwände zur Bewegung der Luftpumpen, hat man diese Eisenbahnen aufgegeben.

6) Legt man unter den Rezipienten ein Stück weichen Teig oder Thon, so bläht es sich während der Entleerung mehr und mehr auf; ein runzlicher Apfel wird glatt. Ebenso dehnt sich die wenige Luft in einer zugebundenen thierischen Blase nach allen Richtungen so aus, daß sie, wenn deren Menge anfänglich nicht zu gering war, die Blase zersprengt. So kann auch eine luftgefüllte Fischblase oder ein Glaskügelchen mit dünnen Wänden leicht zersprengt werden. Die Fische selbst können wegen allzugroßer Ausdehnung der Luft in ihrer Blase nicht unter Wasser bleiben.

7) Bei den Vögeleiern enthält der dickere Theil zwischen der Schale und der ledrigen Haut etwas Luft. Wenn man daher am spitzen Theile die Schale und Haut mit einer Nadel durchsticht, das Ei in ein Gläschen mit der Spitze nach unten und das Ganze unter den Rezipienten der Luftpumpe stellt; so wird beim Verdünnen der Luft im Rezipienten das Innere des Eies durch die in ihm eingeschlossene Luft herausgedrückt, geht aber wieder hinein, wenn man Luft in den Rezipienten gelangen läßt.

8) Wird eine oben geschlossene Glasröhre oder ein Gefäß mit der, wenn auch sehr engen Mündung, unter das Niveau des Wassers, welches unter einem Rezipienten steht; getaucht; so steigen beim Entleeren immerfort Luftblasen durch die Oeffnung, ohne daß Wasser eindringt. Läßt man aber wieder Luft in den Rezipienten, so füllt sich die Röhre um so mehr, je mehr die Luft verdünnt worden war. Das ist ein Mittel, um Glasgefäße mit engen Oeffnungen zu füllen, und die Flüssigkeit dann durch Zuschmelzen abzuschließen, damit sie aufbewahrt werde. Umgekehrt kann ein Gefäß mit sehr enger Oeffnung unter dem Rezipienten entleert werden. — Ist der kartesianische Taucher im Wasser untergesunken, so steigt er unter dem Rezipienten bei der Verdünnung der Luft, weil die Luft in ihm das Wasser theilweise oder ganz herausdrückt, wodurch er leichter wird.

9) Wenn man soeben aus dem Brunnen geschöpftes Wasser in einem Glase unter den Rezipienten setzt, so entwickeln sich beim Entleeren im Wasser vor unseren Augen kleine Luftblasen, die sich an die Ränder oder hineingehaltene Glasstäbchen anlegen. Die Luft war vorher in einem so verdichteten Zustande und fein vertheilt vorhanden, daß man sie nicht erkennen konnte, während bei der ihr gestatteten Ausdehnung benachbarte Theilchen in einander verschwimmen und einander vergrößern.

10) Wenn man einen Holzbecher, selbst mit einem zollthicken Boden, auf einen dazu passenden Rezipienten von Glas luftdicht aufsetzt, in den Becher etwas Quecksilber gießt, und nun die Luft im Rezipienten, also unter dem Boden des Bechers verdünnt; so regnet das Quecksilber durch

die Poren des Holzes, indem es dem äußeren stärkeren Luftdrucke folgt. Ebenso läßt Quecksilber sich durch Leder treiben.

11) Daß die Poren der Körper, namentlich also auch des Holzes, welches sich in der Luft befindet, auch mit Luft erfüllt sind, zeigt sich recht auffallend, wenn man ein Stückchen Holz in einem Glase mit Wasser unter dem Wasserspiegel festhält (etwa durch einen darüber eingeklemmten Draht), das Ganze unter den Rezipienten bringt und die Luft herauschafft; denn es entwickeln sich Tausende von Luftbläschen, welche sich zunächst an die Oberfläche des Holzes setzen, und dann bei ihrer Vergrößerung emporsteigen. Läßt man nach Beseitigung der Luft aus dem Holze in den Rezipienten wieder Luft eindringen, so begibt sich in das Holz statt der früheren Luft etwas Wasser, wodurch das Holz natürlich schwerer, und bisweilen so schwer geworden ist, daß es nicht mehr, wie früher, schwimmt.

Auf diese Weise kann man Hölzer mit verschiedenen Farben oder mit Stoffen versehen, welche ihnen eine größere Dauer und Festigkeit geben, sie vor der Fäulniß schützen, und es hindern, daß sie sich verziehen. Wird die Luft aus färbenden Flüssigkeiten durch Verminderung des auf ihnen lastenden Druckes entfernt, so dringt der Farbestoff derselben in die Zeuge besser ein.

12) Daß eine luftleere Glasugel leichter ist, als eine luftgefüllte, ist wohl selbstverständlich. Durch das Erfüllen derselben Uugel mit verschiedenen Luftarten, und das Abwägen der gefüllten, läßt sich das spezifische Gewicht der Luftarten bestimmen.

13) Wenn Körper durch Berührung mit der atmosphärischen Luft leicht in Gährung übergehen, und so dem Verderben ausgesetzt sind, so kann man dieses dadurch verhüten, daß man sie in luftleere Räume einschließt. Nach dem Verfahren von Appert kann man Fleisch, Gemüse und andere Gegenstände für viele Jahre brauchbar erhalten. Auch bei Sämereien ist dieses der Fall. Man hat bei ägyptischen Mumien Weizenkörner gefunden, welche noch nach Jahrtausenden keimfähig waren.

14) Es läßt sich auch leicht zeigen, daß die atmosphärische Luft wegen ihres Sauerstoffgehaltes zum Verbrennen und zum Leben unbedingt erforderlich ist; denn ein unter dem Rezipienten befindliches Licht verlöscht viel schneller beim Entleeren, als wenn es ohne Entleerung des Rezipienten in ihm brennt.

Bringt man ein lebendes Thier, z. B. einen kleinen Vogel, unter den Rezipienten, so sinkt er beim Entleeren bald um und stirbt, wenn man ihm nicht rechtzeitig wieder Luft zukommen läßt. Warmblutige Thiere sterben natürlich eher, als kaltblutige, weil bei letzteren der Athmungsprozeß weniger lebhaft ist, als bei ersteren. Ebenso gibt ein Feuerschloß unter dem entleerten Rezipienten keinen Funken.

15) Wenn man unter den Rezipienten ein aufgezogenes Schlagwerk auf eine weiche Unterlage, z. B. auf Watte, setzt, oder es an einen

Faden aufhängt; so hört man den Schall um so weniger, je mehr man die Luft herausgeschafft hat. Dies ist ein Beweis davon, daß die Luft die Verbreitung des Schalles, also auch die Möglichkeit seiner Wahrnehmung vermittelt. Ohne Luft würden wir den Gesang der Nachtigall nicht hören, ohne Luft wäre der Genuß der Harmonie der Töne unmöglich, ohne Luft wäre uns die Mittheilung durch die Lautsprache versagt; ohne Luft wäre es über der Erdoberfläche still und lautlos, und nur durch die anderen Körper wäre noch eine nothdürftige Vermittelung der Schallbewegungen möglich.

Es gibt noch eine ganze Reihe anderer Beobachtungen, welche durch die Luftpumpe vermittelt werden, und ebenso interessant, als wichtig sind, wir wollen sie aber lieber für die einzelnen Abschnitte aufsparen, in welche sie sachgemäß gehören.

Das Athmen.

Wir haben bei allen Versuchen, welche wir mit der Luftpumpe anstellten, das Bestreben der Luft zur Herstellung des gestörten Gleichgewichtes in Räumen, welche mit einander verbunden sind, kennen gelernt. Eben darauf beruht auch das Athmen, bei welchem allerdings auch noch andere Erscheinungen eintreten, auf welche wir aufmerksam machen wollen.

Erweitert man durch die Muskelkraft den inneren Raum des Brustkastens, so dehnt sich die Luft in ihm aus, wird dünner, hat eine geringere Spannkraft, als die äußere, und daher dringt die letztere ein; drückt man den Brustkasten zusammen, so wird die Luft in ihm dichter, und ein Theil derselben kommt heraus.

Von der Luftröhre führen zwei Aeste in die beiden Lungenflügel, welche an der Wand der Brusthöhle dicht anliegen; jeder Ast theilt sich wiederholt bis in die feinsten Aestchen, deren verzweigte Enden die hohlen Lungenbläschen sind, welche durch die Aufnahme von Luft sich erweitern, aber wegen ihrer faserigen und elastischen Wand sich von selbst wieder verengen können. Das Einathmen wird nur durch die Muskelthätigkeit des Brustkastens bewirkt, das Ausathmen vorzüglich durch die Elastizität der Lunge.

Aehnlich wie mit dem Athmen verhält es sich beim Trinken, nur daß statt Luft ein Theil der in den Mund gebrachten Flüssigkeit hineingetrieben wird, wozu allerdings dann auch die Muskeln das ihrige beitragen, welche stoßweise in Thätigkeit gesetzt werden. Es giebt freilich auch Menschen, welche, wie man zu sagen pflegt, ein so gutes Gefälle oder einen so weiten Schlund haben, daß sie die Flüssigkeit ununterbrochen durch den Schlund hineinlaufen lassen, während die Luft darüber durch die Luftröhre herauskommt.

Ebenso findet das Tabakrauchen nur durch das Bestreben zur Herstellung des gestörten Gleichgewichtes statt, denn bei dem Saugen in

dem Rohre der Pfeife oder zwischen den Blättern der Cigarre wird eine Luftverdünnung bewirkt, die äußere Luft drückt den Rauch dorthin und in den Mund, damit er dort einen Nervenreiz erzeuge, von dem man sagt, daß er ein Genuß sei, nachdem man über die ersten von der Natur gesetzten Schwierigkeiten glücklich hinweggekommen ist, und endlich wird er aus dem Munde als einen nicht eben sehr naturgemäßen Schornsteine durch einen Muskeldruck ins Freie geblasen, um noch die Luft für die Nichtraucher mit Nikotin, welches auch im Rauche nachgewiesen ist, zu vergiften.

Wenn viele Menschen einige Zeit in einem Raume, z. B. im Theater, beisammen sind, so verzehren sie von der eingeathmeten atmosphärischen Luft eine große Menge ihres Sauerstoffes, wodurch das Blut in den Lungen geröthet wird und athmen viel kohlensaures Gas nebst Wasserdampf und dem eingeathmeten Stickstoffe aus. Daß man wirklich kohlensaures Gas ausathmet, ist schon früher nachgewiesen worden. Wenn man aber dieselbe Luft wiederholt ein- und ausathmet, so enthält sie viel weniger von diesem Gase, als das verschwundene Sauerstoffgas hätte erzeugen müssen, so daß in diesem Falle von den Lungen etwas Kohlenäure zurückgehalten worden ist.

Es ist natürlich, daß die über die Menge der von einem Menschen ein- und ausgeathmeten Luft angestellten Versuche zu ziemlich verschiedenen Resultaten geführt haben, weil das Athmen von verschiedenen Personen mit verschiedener Lebhaftigkeit geschieht, und auch die Menge der jedesmal eingeathmeten Luft verschieden ist. Wir wollen hier das Mittel aus mehren Beobachtungen mittheilen.

In der Lunge befinden sich nach möglichst tiefem Einathmen bei einem erwachsenen Manne überhaupt 179 Kubitzolle Luft, beim möglichst vollständigen Ausathmen verschwinden 121 Kubitzolle, so daß noch 58 Kubitzolle darin verbleiben, um durch die bereits früher erwähnte Diffusion mittelst der Lungenzellen die obige Verwandlung hervorzubringen und zu erleiden.

Hierbei ist die ganze dem Athmungsprozesse unterworfenen Luftmenge von ziemlicher Bedeutung. Man kann bei einem erwachsenen und kräftig athmenden Menschen auf jeden Athemzug 15 Kubitzolle, also etwa $\frac{1}{4}$ der in der Lunge verbleibenden Luft rechnen, die sowohl ein-, als größtentheils ausgeathmet werden. Nimmt man in der Minute 24 Athemzüge an, so kommen auf einen Tag 518400 Kubitzolle oder 300 Kubikfuß oder 651 Loth Luft, welche eingeathmet worden ist. Die ausgeathmete beträgt dem Raume nach etwa $\frac{1}{5}$ weniger. (Die Durchschnittszahl aus einigen französischen Beobachtungen ergibt als täglichen Verbrauch nur etwa 229000 Kubitzolle).

Mit diesen 518400 Kubitzollen atmosphärischer Luft sind 79 Prozent oder 409336 Kubitzolle Stickstoff und 21 Prozent oder 108864 Kubitzolle Sauerstoff eingeathmet worden. Jener wird wieder aus-

geathmet, dieser aber nur zum Theil; denn ein Theil davon dient dazu mit dem Kohlenstoffe des Blutes sich zu verbinden, den Kohlenstoff also zu oxydiren und kohlen-saures Gas zu bilden; ein anderer Theil verbindet sich mit dem Wasserstoffe des Blutes zu Wasser oder eigentlich zu Wasserdampf, welche beide ausgeathmet werden.

Die Entwicklung der Kohlen-säure ist bei verschiedenen Menschen und bei demselben Menschen zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten, bei verschiedenen Nahrungsmitteln und selbst sogar Gemüthsbewegungen sehr verschieden und aus 14 Beobachtungen für je 100 Maß einmal eingeathmeter Luft 6,3 Maß gefunden worden. Während die eingeathmete atmosphärische Luft nur 0,0004 Kohlen-säure enthält, sind in der ausgeathmeten 0,04 vorhanden. Die Luft verliert durch das Einathmen etwas mehr an Sauerstoff, als die ausgeathmete an Kohlenstoff zugenommen hat.

Die Menge des ausgeathmeten Wasserdampfes ist stets recht bedeutend. Für einen erwachsenen Mann kann man auf 24 Stunden mehr als ein Pfund (5760 Gran), im Mittel wohl 7963 Gran Wasser rechnen, dem natürlich auch thierische Stoffe, je nach dem Gesundheitszustande, beigemischt sind.

Bei dem in den Lungen stattfindenden Stoffwechsel wird:

1) Das dunkle, venöse Blut des Körpers, welches aus der rechten Herzkammer durch die Lungenarterie mit ihren äußerst zarten Verzweigungen in sie gelangt, roth gefärbt, indem es von der in den Lungenzellen enthaltenen Luft nur durch sehr dünne Häutchen getrennt ist, und es geht dann durch die Lungenvenen als hellrothes arterielles Blut in die linke Seite des Herzens, von wo es durch die Arterien oder Schlagadern in den ganzen Körper geleitet wird. Es wird sogar soeben geronnenes Blut in der atmosphärischen Luft noch purpurroth gefärbt, indem es einen Theil ihres Sauerstoffes in Kohlen-säure verwandelt, ohne das Volumen zu verändern.

2) Eine zweite Wirkung dieses Stoffwechsels ist die Erzeugung von Wärme, welche außerdem und vorzüglich durch die Umwandlung der genossenen Nahrungsmittel hervorgebracht wird, so daß sie beim Menschen in allen Zonen 37° C. (nahe 30° R.), bei den Vögeln 40 bis 41° , bei den nicht viel Sauerstoff verbrauchenden Fischen und Amphibien aber wenig mehr beträgt, als die des umgebenden Wassers oder der Luft. Das nach den Lungen durch die Venen strömende dunkle Blut ist etwas wärmer, als das aus ihnen fließende rothe arterielle, so daß in den Lungen eine kleine Abkühlung durch die eingeathmete Luft stattfindet, und überdies enthält jenes mehr Sauerstoff, dieses mehr Kohlen-säure.

Daß der mit Bewegung verbundene Aufenthalt im Freien, namentlich in kalter Luft, die Ekflust vermehrt ist klar, weil wir bei lebhafterem Athmen mehr Sauerstoff verzehren und somit der Stoffwechsel ein leb-

hafterer ist. Die Nordländer bedürfen, da sie mehr Wärme an die Umgebung abgeben, zu ihrer Nahrung vorzüglich des Fleisches und der Fette; die Südländer oder vielmehr die Bewohner heißerer Gegenden mehr einer vegetabilischen Kost und einer freien Ausdünstung des Körpers, welche eine Herabsetzung der Temperatur des Körpers bewirkt.

Ungeachtet der so wesentlichen Veränderung der atmosphärischen Luft durch den Athmungsprozeß wird, wenn auch noch so viele Menschen zusammen in einem abgeschlossenen Zimmer oder Saale sind, das Verhältniß des Sauerstoffes zum Stickstoffe gar nicht geändert. Der verbrauchte Sauerstoff wird sofort unmittelbar durch den unerschöpflichen Vorrath aus der Atmosphäre ersetzt, weil ja jedes Gas in einem ihm zugänglichen Raume sich ohne Rücksicht auf ein anderes Gas für sich überallhin ins Gleichgewicht setzt, indem die Spannkraft an verschiedenen einander zugänglichen Stellen eines Raumes nicht verschieden sein kann. Die Luft dringt aber in ein Zimmer nicht bloß durch die feinsten Ritzen an Thüren und Fenstern, sondern selbst durch die dicksten Mauern. Man hat Luft über den Köpfen der Zuschauer in der Oper zu Paris, man hat sie in verschiedenen Höhen der freien Atmosphäre aufgefangen und hat überall dasselbe Mischungsverhältniß gefunden. Nur der Gehalt an Kohlensäure hat etwa von 2 bis 10 Tausenteln geschwankt.

Wenn nun dessenungeachtet das Athmen in menschen erfüllten und nicht gehörig gelüfteten Räumen mit der Zeit unangenehm wird, so rührt dies von den gleichzeitig ausgeathmeten und ausgedünsteten anderen Stoffen her, welche den Gesetzen der Gase nicht unterworfen sind, also ohne besonderen Luftzug den Ort ihrer Entstehung nicht verlassen, höchstens in dem oberen Theile des Raumes wegen ihrer größeren Wärme sich mehr ansammeln, als in den unteren Theilen.

Wenn wir auch für eine kurze Zeit den Vorrath an Sauerstoff in der ganzen Atmosphäre für unerschöpflich ansehen dürfen, so ist es bei der ungeheuren Menge von Thieren nicht auf die Dauer. Es ist aber in der Natur für die Erhaltung aller Wesen gesorgt, weil die Pflanzen Sauerstoff ausathmen und die von den Thieren ausgestoßene, für sie tödtliche Kohlensäure einathmen.

Ein kräftiges Athmen in gesunder Luft ist eine der wesentlichsten Bedingungen für unser Wohlbefinden, und daher sollte jede unnatürliche Beengung der Brust sorgfältigst vermieden und darauf gehalten werden, daß man, namentlich bei einer sitzenden Lebensweise, öfters in tiefen langen Zügen athmet, um der Beengung der Brust zu begegnen.

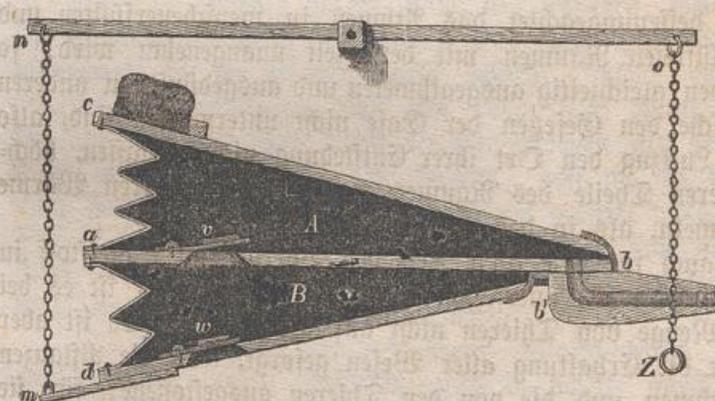
Blasebälge.

Wir haben schon bei Anführung der Zylindergebläse auf das technisch wichtige Mittel einen Strom von atmosphärischer Luft zum Unter-

halt eines Feuers herzustellen, hingewiesen. Die Zylindergebläse sind aber theils zu kostspielig, theils nicht immer unumgänglich notwendig, da es in vielen Fällen nicht darauf ankommt, einen sich fortwährend gleichbleibenden Strahl von Luft zu erhalten. Wir haben für häusliche und andere Zwecke den einfachen, den doppelten Blasebalg und das Trommelgebläse.

1) Der einfache oder Hand-Blasebalg besteht aus zwei spitz zulaufenden Brettchen oder Brettern, welche seitwärts und an der breiten Kante mit nachgebendem, luftdicht befestigtem und in Falten gelegtem Leder besetzt sind; das eine Brettchen hat ein nach innen sich öffnendes Klappenventil und das spitze Ende beider läuft in eine Metallröhre aus.

Werden die Brettchen von einander gezogen, so wird die Luft im Innern weniger dicht und hat eine geringere Spannkraft, als die äußere; deshalb drückt die äußere atmosphärische Luft das Ventil auf und der innere Raum füllt sich mit Luft von derselben Dichtigkeit. Werden nun die beiden Brettchen etwas kräftiger zusammengedrückt, so wird die innere Luft dichter, weil das Ventil zufällt und durch diese Luft auch zugeedrückt wird, und es strömt aus dem Rohre ein um so kräftigerer Luftstrahl, je mehr man drückt. Auf diese Weise werden durch Wiederholung des Verfahrens unterbrochene Luftströme ins Feuer gebracht.



(Fig. 111.)

2) Der doppelte Blasebalg leidet weniger an den Unterbrechungen, durch welche der Erfolg eines früheren Stoßes zum Theil aufgehoben wird, ehe der neue beginnt. Er besteht (Fig. 111) aus zwei Kammern A und B, welche durch drei solche spitz zulaufende Bretter cb, ab und db' und das nöthige Leder gebildet werden. Das erste und oberste dieser Brettchen ist irgendwie beschwert, in dem zweiten und dritten sind nach innen sich öffnende Klappenventile w und v; das Rohr zum Blasen geht nur von der oberen Kammer A aus.

Um den Blasebalg angemessen zu handhaben, ist das mittelfte Brett ab irgendwie befestigt, von dem hervorragenden Ende m des untersten geht eine Kette nach dem einen Endpunkte einer um einen Punkt drehbaren und über dem Blasebalge befindlichen Stange no, von dem an-

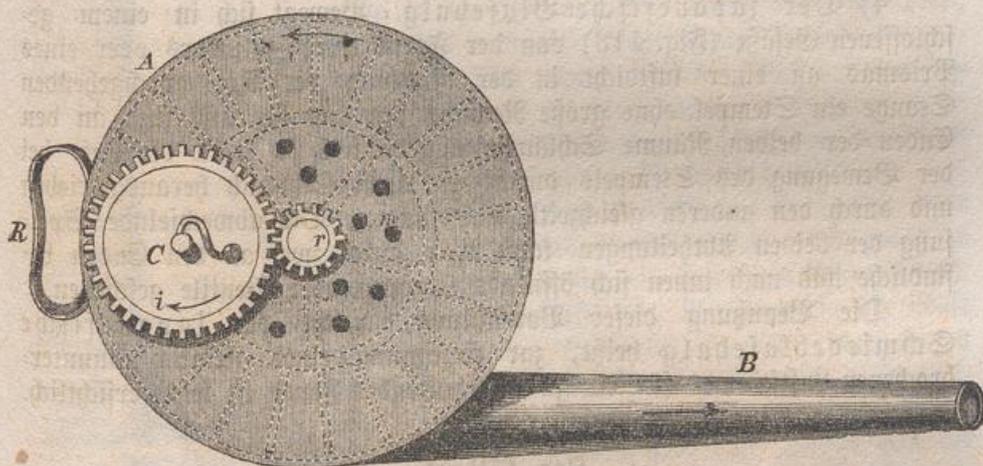
deren Ende o derselben geht eine zweite Kette oder ein Strick mit einem Handgriffe Z herab.

Zieht man bei Z herab, so geht das unterste Brett bei geschlossenem Ventil aufwärts, die Luft in der Kammer B wird zusammengedrückt, sie drückt das Ventil v nach A auf und verdichtet sich hier. Hört man auf zu ziehen, so geschieht zweierlei:

1) das unterste Brett fällt herab, wodurch die Luft in B verdünnt, das Ventil w durch die äußere Luft aufgestoßen und so die Kammer B gefüllt wird;

2) das oberste und beschwerte Brett eb kommt herab, verdichtet die Luft in A, wodurch das Ventil v zugedrückt und ein Luftstrahl aus dem Rohre gepreßt wird.

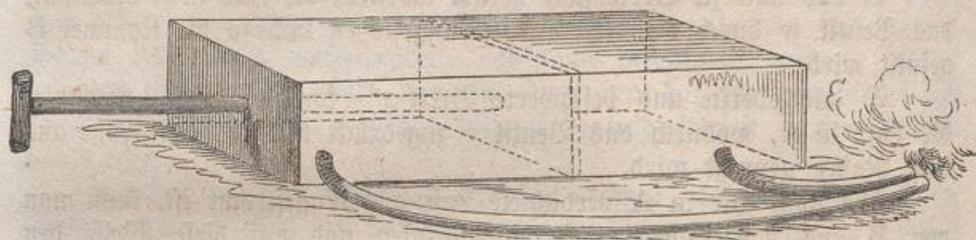
Ehe noch alle in A verdichtete Luft aus A geströmt ist, kann man von B aus wieder neue Luft hineindrücken und auf diese Weise den Luftstrahl ununterbrochen, wenn auch in nicht immer gleicher Stärke erhalten.



(Fig. 112.)

3) Für den Handgebrauch ist das Trommelgebläse ganz geeignet, indem es auch einen fortwährenden Luftstrahl hervorzubringen gestattet. In Fig. 112 bedeutet A eine zylindrische hohle Trommel, an welche sich das spitz zulaufende Ausflußrohr B anschließt; an der drehbaren Ase ist auf zwei kreisförmigen Ringen ein Schaufelrad, ähnlich wie bei den Raddampfern, angebracht; außerhalb ist an dieser Ase ein kleines gezahntes Rad (Getriebe) befestigt, dessen Zähne durch ein größeres gezahntes Rad C, welches mittelst einer Kurbel um einen bestimmten Punkt an der Außenfläche der Trommel gedreht werden kann, fortgeschoben werden. Außerdem ist der Bequemlichkeit wegen noch ein Handgriff R angebracht.

Dreht man das Rad um C in der Richtung des Pfeiles bei i, so dreht sich das innere Schaufelrad in entgegengesetzter, wie es der Pfeil bei i' anzeigt, und jede der Schaufeln stößt die vor ihr befindliche Luft in und durch die Röhre B. Damit aber der Abgang der Luft in der Trommel sofort wieder ersetzt werde, hat dieselbe eine Menge kleinerer Oeffnungen, wie es die dunkel gezeichneten Kreise zeigen.



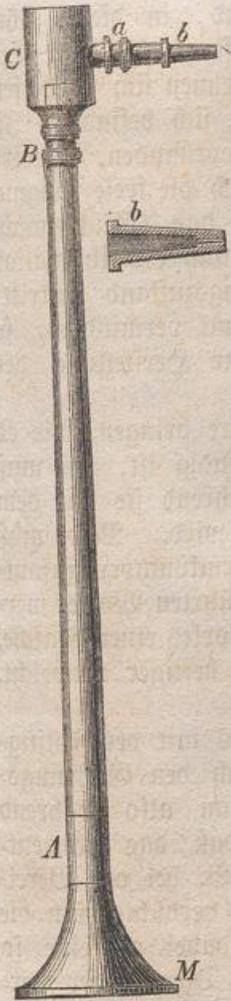
(Fig. 113.)

4) Der japanesische Blasebalg. Bewegt sich in einem geschlossenen Gefäße (Fig. 113) von der Form eines Zylinders oder eines Prismas an einer luftdicht in der Richtung der Axe durchgehenden Stange ein Stempel ohne große Reibung hin und her und sind an den Enden der beiden Räume Schläuche angebracht, so wird die Luft bei der Bewegung des Stempels durch den einen Schlauch herausgetrieben und durch den anderen gleichzeitig eingesaugt. Die abwechselnde Speisung der beiden Abtheilungen kann auch durch zwei an den Enden befindliche und nach innen sich öffnende Klappen oder Ventile geschehen.

Die Benutzung dieser Vorrichtung, welche der japanesische Schmiedebalsebalg heißt, zur Erzeugung eines ziemlich ununterbrochenen Luftstromes für ein zu unterhaltendes Feuer ist leicht ersichtlich.

Das Löthrohr.

In vielen Fällen ist ein feiner Luftstrahl erforderlich zur Hervorbringung einer bedeutenden Hitze an einer kleinen Stelle, wie z. B. beim Zusammenlöthen zweier Metallstückchen. Eine sehr große Hitze kann allerdings wohl erzeugt werden, wenn man den durch ein hydraulisches Gebläse erzeugten Strahl von Knallgas anzündet und noch ein sehr intensives Licht, wenn man diesen Strahl auf Kreide oder frisch gebrannten Kalk leitet; aber theils ist dieses Verfahren ziemlich umständlich, theils für gewöhnliche Zwecke nicht erforderlich, sondern man nimmt das höchst einfache Löthrohr. Es besteht (Fig. 114) aus einem zylindrischen oder etwas kegelförmig zulaufenden Metallrohre AB, bei A ist ein Mundstück angeschraubt, welches den Mund ringsum einschließt, bei B ein etwas weiterer zylindrischer Behälter C, welcher seitwärts ein kurzes Ansatzrohr a mit einer fein durchbohrten Platinspitze trägt. C dient



(Fig. 114.)

Spitze ist leuchtend, die Spitze selbst aber bläulich und oxydirt; nur der gegen die Mitte des ganzen Kegels befindliche leuchtende Theil reduziert und kann allein auch zum Löthen gebraucht werden.

Der gelbe Flammenkegel aus Kohlenstoff nimmt den Sauerstoff der Atmosphäre auf und verbrennt zu Kohlensäure; ist aber ein Metalloxyd in ihm, so entzieht er diesem den Sauerstoff und das reine Metall bleibt zurück.

Gleichgewicht absorbirter Gase.

Endlich sind noch einige Bemerkungen über das Gleichgewicht der von festen und tropfbaren Körpern in ihr Inneres aufgenommenen oder absorbirten Gase zu machen.

Sind Körper der allgemeinen Massenanziehung oder auch der chemischen Anziehung gefolgt, so ist es natürlich, daß sie, wenn sie in

dazu, um die beim Blasen sich etwa ansammelnde Feuchtigkeit aufzunehmen.

Um einen andauernden Luftstrahl zu erhalten, legt man das Mundstück so an, daß es gut an die Lippen schließt, bläst die Backen auf und treibt durch die Spannung der Backenmuskeln, nicht aber unmittelbar durch die Lungen, die Luft hinaus, wobei man ungehindert durch die Nase fortathmen kann.

Geht nun der Luftstrahl durch die Flamme einer Lampe, so wird sie seitwärts gebogen, läuft in eine Spitze aus und verliert ihre Leuchtkraft fast vollständig. Die Wirkungen dieser Stichtlamme sind aber nicht nur in ihren Theilen, sondern auch nach jeder Stelle, in welcher sie erzeugt wird, verschieden. Hält man die Spitze nur ein wenig in die Flamme unmittelbar über das Docht, so erhält man die sogenannte Oxydationsflamme; hält man aber die Spitze des Löthrohres nur dicht an die Flamme, so bekommt man die Reduktionsflamme. Durch jene kann man ein Metall oxydiren, z. B. Blei in Bleioxyd verwandeln, durch diese das Metall reduzieren, also aus dem Oxyd das Metall wieder herstellen. In jenem Falle bildet sich ein fast ganz blauer Keil, bei welchem die vollständige Verbrennung der Gase gegen die Spitze stattfindet, so daß dort wegen der großen Hitze ein Metall verbrennt, d. h. oxydirt. In diesem Falle ist der blaue Keil kürzer, sein umgebender Mantel und eine Strecke von der

das Innere von massigeren Körpern eingedrungen sind, in diesen Körpern in einem verdichteten Zustande vorkommen müssen; aber ihre Expansivkraft hat sich dadurch nicht vermehrt, und sie dehnen sich in diesen Körpern nicht aus, selbst wenn sie in der freien Luft sich befinden. Ist nun eine Verwandtschaft des Körpers zu dem Gase vorhanden, so wird die Absorption von Gas so lange stattfinden, bis endlich die freie Spannkraft des verschluckten Gases dem äußeren Drucke das Gleichgewicht hält. Wird der äußere Druck vermehrt, so beginnt auch die Absorption oder Verschluckung wieder, bis ein neuer Sättigungszustand eintritt; wird aber nach erfolgter Sättigung der äußere Druck vermindert, so entweicht ein Theil des absorbirten Gases bis zur Herstellung des Gleichgewichtes.

Will man in das Wasser z. B. viele Kohlensäure bringen, wie es bei der Anfertigung künstlicher Mineralwässer nothwendig ist, so muß man diese Luft einem größeren Drucke aussetzen, während sie mit dem Wasser in möglichst vielseitige Berührung gebracht wird. Man muß zu diesem Zwecke die entwickelte Kohlensäure durch Druckpumpen zusammendrücken und in vielen kleinen Strahlen im ungerührten Wasser vertheilen. Es ist natürlich, daß bei der Lüftung des Korkes einer Flasche, welche kohlenfaures Wasser absperrt, das Gas um so heftiger entweicht, je mehr es zusammengedrückt worden war.

Es ist übrigens hierbei gleichgiltig, wie das Gas mit der Flüssigkeit zusammengebracht worden ist; es kann auch durch den Gährungsprozeß in ihm selbst erzeugt worden sein. Wenn man also während des Gährungsprozesses die Flüssigkeit so absperrt, daß das sich entwickelnde Gas nicht mehr entweichen kann, wie es z. B. bei der Bereitung des Bieres und des Champagners geschieht; so verdichtet sich die Kohlensäure im Innern der Flüssigkeit und erlangt dabei oft eine so große Expansivkraft, daß sie die Flaschen zersprengt. Die bei der Verminderung des äußeren Druckes aus der Flüssigkeit aufsteigenden Gasblasen wachsen nach oben hin, theils weil der Druck der Flüssigkeit nach oben auf sie sich vermindert, theils weil sie beim Aufsteigen andere Gasblasen in sich aufnehmen. — Die Regentropfen werden beim Fallen um so größer, je weiter sie in dunstreicher Luft herabkommen.

Die Flüssigkeiten verlieren einen Theil des absorbirten Gases, wenn sie fest werden, daher die Luftblasen z. B. im Eise; sie verlieren es aber ganz, wenn sie hinreichend lange gekocht werden, wozu allerdings in manchen Fällen Stunden gehören, wie z. B. beim Quecksilber, was bei der Anfertigung der Barometer und Thermometer höchst wichtig ist.

Wenn ein Körper, welcher ein Gas absorbirt hat, mit einem andern Gase in Berührung gebracht wird, so tritt bis zur Herstellung des stabilen Gleichgewichtes, d. h. bis zur Ausgleichung der Expansivkraft beider, eine gleichmäßige Mischung des absorbirten und des freien Gases ein.