

Da verschiedene Körper durch dieselbe poröse Wand verschieden schnell hindurchtreten, so kann mittels der Diomose eine Trennung von Körpern vorgenommen werden. Es geschieht das bei der Dialyse mit Lösungen aus Kolloid- und Krystalloidsubstanzen. Zu ersteren gehören alle die Stoffe, welche unfähig sind zu krystallisiren und in Verbindung mit Wasser gallertartige Massen bilden (wie Stärkemehl, Dextrin, die Gummi-Arten, Leim; Kieselsäurehydrat, die Hydrate der Thonerde u. s. w.); während die Krystalloidsubstanzen krystallisirbar und glatt löslich sind.

Da die Kolloidsubstanzen durch eine poröse Wand erheblich langsamer diffundiren als die Krystalloidsubstanzen, so werden aus einem Lösungsgemisch beider, das in einen unten mit Pergamentpapier verschlossenen und in ein Gefäss mit Wasser eintauchenden hohen Gutta-percha-Reifen (Dialysator — Fig. 40, *d*) gefüllt worden ist, die Krystalloidsubstanzen in grosser Menge austreten und sich in dem Wasser lösen, während die Kolloidsubstanzen grösstentheils in dem Dialysator zurückbleiben werden.

Auf diosmotische Vorgänge ist die Eigenschaft poröser Körper (Knochenkohle, Ackererde u. a.) zurückzuführen, beim Durchfiltriren von Flüssigkeiten die in denselben gelösten Farbstoffe, Salze u. s. w. zurückzuhalten, so dass die Lösung im entfärbten oder verdünnten Zustande abfließt.

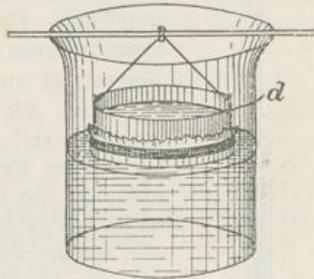


Fig. 40. Dialysator, in ein Gefäss mit Wasser eingehängt.

## 7. Wirkungen der Schwerkraft auf luftförmige Körper.

(Mechanik der luftförmigen Körper.)

**Spannkraft der Gase.** Auf Seite 14 ist bereits der Elasticität der luftförmigen Körper oder Gase Erwähnung gethan. Dieselbe wird auch Spannkraft (Tension oder Expansivkraft) genannt, da sie es ist, welche die Gase nach dem Aufhören eines auf sie ausgeübten und ihr Volum verkleinernden Druckes wieder auseinander treibt oder gleichsam ausspannt. Während des äusseren Druckes offenbart sich die Spannkraft als ein innerer Widerstand, der jenem entgegenwirkt.

Die Spannkraft der Gase lässt sich an folgenden beiden Versuchen in überzeugendster Weise erkennen:

1. In einem unten geschlossenen Rohre (Fig. 41, *R* — die Figur stellt ein pneumatisches Feuerzeug dar) bewege sich, luftdicht schliessend, ein Stempel (*S*). Diesen drücke man nach unten, gegen

das geschlossene Ende des Rohrs hin und lasse ihn dann los. Alsbald wird er wieder durch die zusammengedrückte oder komprimierte Luft emporgetrieben werden.

2. Ein ringsum geschlossener, wenig Luft enthaltender und daher schlaffer Ball (oder Blase) wird unter die Glocke einer Luftpumpe gebracht und die Luft aus der Glocke ausgepumpt. Dann bläht sich der Ball (in Folge des verminderten Drucks der ihn umgebenden Luft) bedeutend auf.

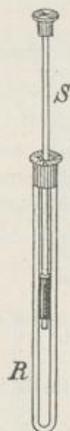


Fig. 41. Pneumatisches Feuerzeug.

Auch folgende Erscheinungen bezw. Wirkungen von Apparaten sind auf die Spannkraft der Luft zurückzuführen.

In der Knallbüchse wird die Luft zusammengepresst und sucht sich da einen Ausweg, wo der geringste Widerstand ist: an der Mündung, an der das Papier zersprengt oder aus der der Kork herausgeschleudert wird.

Im Anschluss hieran sei die Windbüchse erwähnt, in deren hohlem Kolben sich komprimierte Luft befindet, die durch Losdrücken des Hahns zum Theil herausgelassen werden kann, sich dabei ausdehnt, in den Büchsenlauf stürzt und die Kugel mit grosser Geschwindigkeit herausschleudert.

Die Taucherglocke ist ein unten offener grosser Kasten, der in das Meer hineingesenkt wird und in den das Wasser von unten her nicht eindringen kann, weil die in ihm enthaltene Luft wegen ihrer Spannkraft dem andrängenden Wasser Widerstand entgegensetzt.

Die Spritzflasche (Fig. 42) ist eine Glasflasche, die durch einen doppelt durchbohrten Kork (oder Gummistöpsel) verschlossen ist; durch die eine Durchbohrung geht ein Glasrohr (*a*), welches bis fast auf den Boden der Flasche reicht, ausserhalb derselben (in einem spitzen Winkel) schräg nach unten gebogen ist und in eine Spitze ausläuft, während in der anderen Durchbohrung ein unmittelbar unter dem Kork endigendes Glasrohr (*b*) steckt, das ausserhalb der Flasche (in einem stumpfen Winkel) schräg nach oben gebogen ist.



Fig. 42. Spritzflasche.

Bläst man nun in das kurze Rohr (*b*) mit dem Munde Luft hinein, so wird die in der Flasche befindliche Luft komprimirt, drückt daher in Folge ihrer Spannkraft auf das Wasser und treibt dieses in das lange Rohr (*a*) hinein und darin weiter, bis es aus der Spitze desselben in feinem Strahle ausfliesst.

**Mariotte-Boyle'sches Gesetz.** Wenn man eine abgeschlossene Menge Luft, z. B. die in dem kurzen Schenkel (*A*) eines U-förmig gebogenen Rohres (Fig. 43)

enthaltene Luft, welche durch Quecksilber darin abgesperrt ist, dem doppelten äusseren Druck aussetzt — auf die Weise, dass man in den längeren Schenkel (*B*) des Rohres mehr Quecksilber hineingiesst, so findet man, dass die Luft auf das halbe Volum zusammengedrückt wird. Da jenem doppelten äusseren Drucke eine doppelte Spannkraft der Luft entgegensteht, so lässt sich sagen, dass dieselbe Luftmenge, auf das halbe Volum — und damit auf die doppelte Dichtigkeit (das doppelte spezifische Gewicht) — gebracht, die doppelte Spannkraft besitzt. Da die gleiche Beziehung (zwischen dem äusseren Druck oder der Spannkraft einerseits und dem Volum andererseits) obwaltet, wenn man den Druck auf das dreifache, vierfache u. s. w. erhöht, so gilt allgemein:

Die Spannkraft eines Gases (oder der auf dasselbe ausgeübte Druck) ist der Dichtigkeit direkt, dem Volum umgekehrt proportional. (Mariotte-Boyle'sches Gesetz; aufgestellt 1662 von Boyle und unabhängig von ihm 1679 von Mariotte.)

Zum Verständniss der Wirkung des Apparates sei noch bemerkt, dass der Druck, unter welchem die in *A* abgesperrte Luft steht, nicht allein dem Höhenunterschiede des Quecksilbers in *A* und *B* entspricht, sondern dass zu diesem noch der Druck der auf *B* lastenden atmosphärischen Luft hinzukommt, dessen Wirkung (im Mittel) gleich der einer Quecksilbersäule von 760 mm Höhe ist. Hiervon wird sogleich des Weiteren die Rede sein.

**Schwere der Luft.** Die Luft (sowie jedes andere Gas) besitzt gleich den festen und flüssigen Körpern eine gewisse Schwere. Dies lässt sich unmittelbar durch Wägung nachweisen. Bestimmt man nämlich das Gewicht einer Glaskugel, wenn sie einmal mit Luft gefüllt und ein zweites Mal luftleer gepumpt ist, so stellt sich im zweiten Falle ein erheblich geringeres Gewicht heraus als im ersten.

Das spezifische Gewicht eines Gases (auf Wasser als Einheit bezogen) kann ermittelt werden, indem man, an den eben genannten Versuch anknüpfend, die Glaskugel drittens mit Wasser füllt und wägt. Man dividirt dann das Gewicht des Gases durch das des Wassers (beide erfüllten dasselbe Volum).

Das spezifische Gewicht der Luft, auf Wasser bezogen, ist  $= 0,001293$ . Das heisst zugleich: 1 ccm Luft wiegt (bei  $0^{\circ}$  und 760 mm Barometerstand — vergl. das Folgende) 0,001293 g; 1 l Luft wiegt somit 1,293 g.

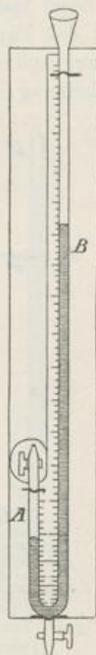


Fig. 43. Nachweis des Mariotte-Boyle'schen Gesetzes.

**Luftdruck.** Die Schwere der Luft äussert sich in einem Druck, den die Atmosphäre (die Lufthülle der Erde) auf die an der Erdoberfläche befindlichen Körper ausübt. Dieser Druck verbreitet sich (wie der Druck innerhalb einer Flüssigkeit) nach allen Richtungen mit gleicher Stärke.

Ein Beweis für die Ausbreitung des Drucks nach allen Richtungen ist unter zahlreichen Erscheinungen, die das Gleiche darthun, der folgende: Man füllt ein Glas bis an den Rand mit Wasser, legt ein Stück Papier darauf, kehrt es, indem man das Papier mit der Hand andrückt, um und nimmt nun die Hand fort; das Papier bleibt alsdann, trotz der Schwere des Wassers, am Glasrand haften, und es fliesst kein Wasser aus dem Glase heraus. Die Ursache dieser Erscheinung ist der von unten her wirkende Druck der atmosphärischen Luft.

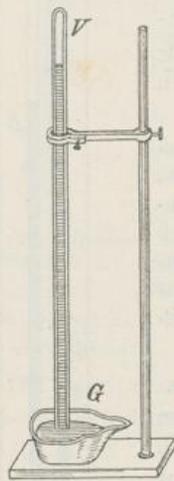


Fig. 44. Torricelli'scher Versuch.

Das Papier hat nur die Aufgabe, das Eindringen von Luft in das Wasser (das wegen des geringen spezifischen Gewichts der Luft im Verhältniss zum Wasser erfolgen würde) zu verhindern.

Wenn man ein etwa 1 m langes, an einem Ende geschlossenes Glasrohr mit Quecksilber füllt, dann umkehrt, so dass das offene Ende, das man mit dem Finger zuhält, sich unten befindet, und dieses, wie Fig. 44 zeigt, unter Quecksilber bringt, so sinkt das Quecksilber im Rohre so weit, bis es (im Mittel) 760 mm hoch über dem Quecksilberspiegel in dem Gefässe *G* steht. Über dem Quecksilber in der Röhre (bei *V*) entsteht ein luftleerer Raum, ein sogenanntes Vacuum.

Der geschilderte Versuch heisst der Torricelli'sche, das Vacuum heisst Torricelli'sche Leere. (Torricelli, ein Schüler Galilei's, 1643.)

Das Vacuum bildet sich, weil der äussere Luftdruck nur dem Gewicht einer gewissen Quecksilbersäule das Gleichgewicht zu halten vermag. Ist die Röhre 1 qcm weit, so trägt der Druck der atmosphärischen Luft 76 cem Quecksilber oder, da das spezifische Gewicht des Quecksilbers = 13,59 ist, ein Gewicht von  $76 \cdot 13,59 \text{ g} = 1033 \text{ g} = 1,033 \text{ kg}$ . — Einen derartigen Druck (von 1,033 kg) übt also auch die Luft auf 1 qcm aus. Er heisst daher der Atmosphärendruck oder der Druck von einer Atmosphäre.

Aber nicht überall und jederzeit ist der Druck der atmosphärischen Luft derselbe. Mit der Erhebung über die Erdoberfläche nimmt der Luftdruck ab, weil die Höhe der Luftsäule über dem Beobachter geringer wird (die Lufthülle der Erde hat nach oben ihre Grenze). Ferner wird der Luftdruck durch die

Erwärmung  
und

silberne  
spiegel  
Rücksicht  
Höhe

metrisch  
und

Fig. 44.  
verschiedene  
Phänomene

vollständige  
lange  
Röhren  
ein  
Millimeter  
man  
Skala  
unter

Erwärmung der Atmosphäre seitens der Sonne, durch die Luftbewegung (Winde und Stürme) und durch den Wasserdampfgehalt der Atmosphäre geändert.

Die Angabe, dass der Luftdruck im Mittel so gross ist, dass er einer Quecksilbersäule von 760 mm das Gleichgewicht hält, gilt für die Höhe des Meeresspiegels und für die Temperatur 0°. Auf die Temperatur ist deshalb Rücksicht zu nehmen, weil die Wärme das Quecksilber ausdehnt und daher seine Höhe steigert.

**Barometer.** Die Grösse des Luftdrucks wird mit dem Barometer gemessen. Wir unterscheiden die Quecksilberbarometer und die Aneroidbarometer.

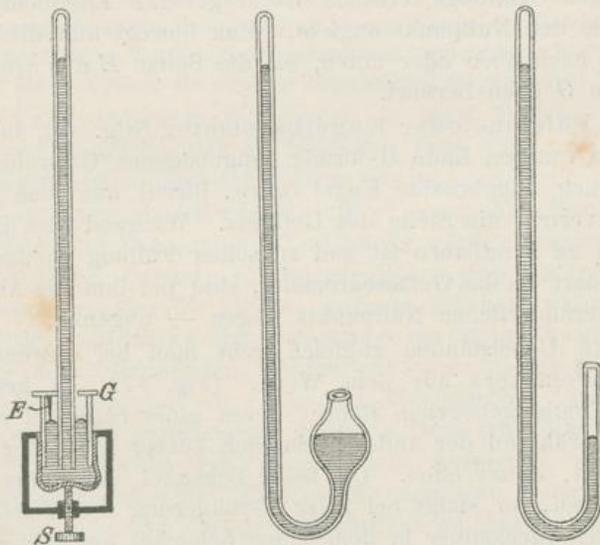


Fig. 45. Gefässbarometer. Fig. 46. Kugelbarometer. Fig. 47. Heberbarometer.

Die Quecksilberbarometer sind nach dem Princip der in Fig. 44 dargestellten Torricelli'schen Röhre hergestellt. Nach ihren verschiedenen Formen unterscheidet man sie in Gefässbarometer, Phiolen- oder Kugelbarometer und Heberbarometer.

Das Gefässbarometer ähnelt in seiner einfachsten Gestalt vollkommen dem Torricelli'schen Instrument: eine über 800 mm lange, am einen Ende geschlossene, am andern Ende offene Glasröhre wird mit Quecksilber gefüllt und mit dem offenen Ende in ein Gefäss mit Quecksilber getaucht; an der Röhre ist eine in Millimeter (früher in Zoll) eingetheilte Skala angebracht, an der man die Höhe der Quecksilbersäule abliest; als Nullpunkt der Skala gilt die mittlere Höhe des Quecksilberspiegels in dem unteren Gefäss.

Da aber die wirkliche Höhe dieses Quecksilberspiegels um die mittlere Höhe schwankt, so müssen die Ablesungen ungenau sein. Man hat daher, um diesem Uebelstande abzuweichen, den Quecksilberspiegel im unteren Gefäss beweglich gemacht, so dass man ihn bei jeder Ablesung auf den Nullpunkt der Skala einstellen kann. Dies ist auf die Weise geschehen, dass das Gefäss (Fig. 45, *G*) unten durch eine Lederkappe verschlossen ist, die mittels der Schraube *S* gehoben oder gesenkt werden kann. Vom Deckel des Gefässes, der zur Verbindung mit der äusseren Atmosphäre mit einer engen Oeffnung versehen ist, ragt eine Elfenbeinspitze (*E*) herab, die den Nullpunkt anzeigt. Man bewegt nun die Schraube so lange nach oben oder unten, bis die Spitze *E* den Quecksilberspiegel in *G* eben berührt.

Das Phiolen- oder Kugelbarometer (Fig. 46), besteht aus einem am unteren Ende U-förmig umgebogenen Glasrohr, das in eine seitlich angebrachte Kugel (bezw. Birne) aus Glas übergeht. Letztere vertritt die Stelle des Gefässes. Während dies Barometer bequemer zu handhaben ist und zu seiner Füllung weniger Quecksilber bedarf als das Gefässbarometer, sind bei ihm die Ablesungen — des veränderlichen Nullpunkts wegen — ungenau.

Allen Uebelständen zugleich geht man bei Anwendung des Heberbarometers aus dem Wege. (Fig. 47.) Es besteht aus einer U-förmig gebogenen Röhre, deren einer Schenkel etwa 1 m lang ist, während der andere erheblich kürzer ist; jener ist oben geschlossen, dieser offen. Da beide Schenkel der Röhre dieselbe Weite haben, so steigt bei jeder Veränderung des äusseren Luftdrucks das Quecksilber in dem einen Schenkel um ebensoviel, als es in dem andern Schenkel fällt, und man hat nur nöthig, den Höhenunterschied des Quecksilbers in beiden Schenkeln zu bestimmen.

Das Ablesen wird entweder auf die Weise vereinfacht, dass man die Skala beweglich macht und ihren Nullpunkt auf den Quecksilberspiegel in dem kürzeren Schenkel einstellt, oder dass man beide Schenkel mit einer eingezätzten Theilung versieht, deren Nullpunkt das Ende des kürzeren Schenkels ist und die an dem längeren Schenkel nach oben, an dem kürzeren nach unten fortschreitet; um den Barometerstand zu erhalten, muss man dann die Zahlen, auf die sich das Quecksilber in beiden Schenkeln einstellt, addiren.

Die Genauigkeit der Angaben eines Quecksilberbarometers ist von verschiedenen Bedingungen abhängig.

Erstens muss der Raum über dem Quecksilber ein wirkliches Vacuum (also wirklich völlig luftleer) sein, was nicht der Fall ist, sobald an der Glaswandung

noch  
rohr

reinig  
im Ba

Queck

silber  
Ables

selbe,  
grösse  
werde

Meta

ringe  
welch

(weil  
zuna

Abna  
Bewe

gema  
welle

weni  
Deck

lasse  
wele

Deck  
einer

silber

und l  
zuzie

messu  
der Z

daher  
werd

Mess  
hers

noch Luft adhärirt; um diese zu beseitigen, wird das Quecksilber im Barometerrohr ausgekocht.

Zweitens muss das Quecksilber chemisch rein sein, weil eine Verunreinigung durch andere Metalle sein specifisches Gewicht und damit seine Höhe im Barometerrohr verändert.

Drittens darf das Barometerrohr nicht zu eng sein, damit der Stand des Quecksilbers nicht in Folge der Kapillarität beeinflusst wird.

Viertens muss der Beobachter sein Auge in gleiche Höhe mit dem Quecksilberspiegel bringen und den höchsten Punkt des Meniskus als Marke für die Ablesung benutzen. Das Barometer selbst muss genau senkrecht hängen.

Fünftens muss auf die Temperatur Rücksicht genommen werden, da dieselbe, je nachdem ob sie steigt oder sinkt, das Volum des Quecksilbers vergrössert oder verringert. Zur Erlangung genauer und vergleichbarer Beobachtungen werden aus diesem Grunde die direkten Barometerablesungen auf 0° reducirt.

Das Aneroidbarometer kommt in zwei Formen vor: als Metallie (von Bourdon) und als Holosterie (von Vidi).

Der Hauptbestandtheil des ersteren ist eine kreisförmig gebogene, ringsum geschlossene, möglichst luftleer gemachte Messingröhre, welche durch eine Zunahme des Luftdrucks stärker gekrümmt wird (weil die äussere, grössere Fläche der Röhre eine stärkere Druckzunahme erfährt als die innere, kleinere Fläche), während eine Abnahme des Luftdrucks eine Streckung der Röhre bewirkt. Die Bewegung der Röhrenenden werden auf einen Zeiger übertragen.

Das Holosterie hat an Stelle der Messingröhre eine luftleer gemachte, ringsum geschlossene kupferne Dose oder Kapsel, deren wellenförmiger Deckel bei wechselndem Luftdruck mehr oder weniger eingedrückt wird. Eine starke metallene Feder zieht den Deckel nach oben und aussen und bewirkt so, dass er beim Nachlassen des Luftdrucks nicht eingedrückt bleibt. Die Bewegungen, welche — dem Luftdruck entsprechend — der Mittelpunkt des Deckels macht, werden durch ein Hebelwerk vergrössert und auf einen Zeiger übertragen.

Die Skala für den Zeiger wird nach den Angaben eines Quecksilberbarometers gefertigt.

Während die Aneroidbarometer einerseits wegen ihrer handlichen Grösse und Form und ihrer geringen Zerbrechlichkeit den Quecksilberbarometern vorzuziehen sind, wenn es sich um weitere Beförderung (auf Reisen und bei Höhenmessungen) handelt, stehen sie doch den letzteren insofern nach, als sich mit der Zeit die Elasticität der Metallgehäuse vermindert. Von Zeit zu Zeit muss daher ein Aneroidbarometer mit einem guten Quecksilberbarometer verglichen werden.

**Höhenmessung und Wettervorhersage.** Das Barometer wird ausser zur Messung des Luftdrucks noch zur Höhenmessung und bei der Wettervorhersage benutzt.

Bezüglich der Höhenmessung sei Folgendes bemerkt: Die Abnahme des Luftdrucks mit wachsender Erhebung über die Erdoberfläche findet nicht gleichmässig statt, so dass also einer gleich grossen senkrechten Erhebung nicht durchweg dieselbe Verminderung des Barometerstandes entspricht; sondern diese Verminderung wird mit zunehmender Höhe geringer. Der Grund hierfür ist der, dass die unteren Luftschichten — als die Theile eines elastischen Körpers — von der darüber befindlichen Luftmenge stärker zusammengedrückt, somit dichter werden und daher eine grössere Spannkraft annehmen, die sich auf das Barometer äussert.

Erste Höhenmessung durch Pascal und Périer am 19. September 1648 auf dem Puy-de-Dôme (970 m).

Als Wetterglas kann das Barometer nur in sehr beschränktem Umfang benutzt werden. Seine Verwendung beruht darauf, dass 1. trockene Luft specifisch schwerer ist als Wasserdampf und damit auch specifisch schwerer als feuchte Luft und 2. Luftdepressionen oder Luftminima (d. h. Luftgebiete mit verdünnter und daher geringe Spannkraft besitzender Luft) meist Niederschläge mit sich führen, Luftmaxima aber trockene Luft enthalten. Hat daher das Barometer einen tiefen Stand, so kann vermuthet werden, dass trübes, regnerisches Wetter sich einstellen werde; hat das Barometer einen hohen Stand, so kann mit mehr Wahrscheinlichkeit auf heiteres, trockenes Wetter gerechnet werden. — Dabei kommt es aber auch noch darauf an, welche Unterschiede das Barometer des Beobachtungsortes gegen die Barometer der näheren und selbst weiteren Umgegend aufweist. Und ferner hängt das Wetter noch von viel mehr Bedingungen ab, die ihrerseits oft schwankend und schwer zu übersehen sind.

**Heber-Apparate und Pumpen.** Auf der Thatsache des Luftdrucks sowie der Spannkraft der Luft beruht die Einrichtung des Stechhebers, der Pipetten, des Saughebers, des Zerstäubers, der Saugpumpe, der Druckpumpe und der Feuerspritze.

Vor der Besprechung dieser Apparate sei kurz das Wesen des Saugens erörtert. Taucht man das eine Ende einer Röhre in Wasser und saugt an dem andern, so drückt man die im Munde bis zu den Lungen befindliche Luft zusammen; dadurch entsteht im Munde ein luftverdünnter Raum, den die Luft in der Röhre auszufüllen trachtet; die Folge hiervon ist, dass auch diese Luft in der Röhre sich verdünnt und an Spannkraft verliert. So übertrifft denn der äussere Luftdruck, der auf dem Wasser lastet, die genannte Spannkraft und treibt, weil das Gleichgewicht gestört ist, das Wasser in die Röhre hinein, bis — wenn man etwa plötzlich mit dem Saugen anhält — die Spannkraft der Luft im oberen Theil der Röhre nebst dem Druck der in die Röhre eingedrungenen Wassersäule dem äusseren Luftdruck gleich ist.

Der Stechheber und die (gleich den Büretten — S. 56) bei der chemischen Maassanalyse Verwendung findenden Pipetten

(Fig. in d Ende dem T untere C die druck Punkt E der P sowie B bef verdü In Bl A nie schwe Oeffn Oeffn Wasse I der Flüssi messe Flüssi einen Mark (Fig. sie be Mess I langen man gefüllt kürzer Fall, gehäng I C — wirken im re gegen

(Fig. 48) sind oben und unten offene Gefässe (meist aus Glas), die in der Mitte kugelförmig oder cylindrisch erweitert, am unteren Ende sehr eng und am oberen Ende nur so weit sind, dass sie mit dem Daumen verschlossen werden können.

Taucht man beispielsweise die Pipette Fig. 48 *a* mit ihrem unteren Ende *A* in Wasser ein und saugt durch das obere Ende *C* die Luft aus, so dringt das Wasser in Folge des äusseren Luftdrucks in die Pipette ein und steigt darin bis zu einem gewissen Punkte (*B*) empor.

Hält man nun das obere Ende (*C*) zu, so bleibt das Wasser in der Pipette, weil der äussere Atmosphärendruck es selber trägt sowie der geringen Spannkraft der über *B* befindlichen Luft, die durch das Saugen verdünnt wurde, das Gleichgewicht hält. In Blasenform kann die äussere Luft bei *A* nicht eindringen, und so das specifisch schwerere Wasser verdrängen, weil die Oeffnung zu klein ist. — Lässt man die Oeffnung *C* wieder frei, so fliesst das Wasser bei *A* ab.

Die Pipetten dienen nicht nur — wie der Stechheber — zum Ausheben von Flüssigkeitsproben, sondern auch zum Abmessen genau bestimmter Mengen einer Flüssigkeit; daher haben sie entweder einen bestimmten Rauminhalt und dann eine Marke, die dessen obere Grenze bezeichnet (Fig. 48, *a* und *b*): Vollpipetten — oder sie besitzen eine Volumeintheilung (Fig. 48, *c*): Messpipetten.

Der Saugheber (Fig. 49) ist eine V-förmig gebogene Röhre mit ungleich langen Schenkeln, deren kürzerer in eine Flüssigkeit eingetaucht wird, während man an dem längeren saugt. Hat sich der Heber vollständig mit Flüssigkeit gefüllt, so fliesst dieselbe so lange aus dem längeren Schenkel aus, bis der kürzere Schenkel nicht mehr in die Flüssigkeit eintaucht oder bis — für den Fall, dass auch der längere Schenkel in ein Gefäss hineingehalten oder hineingehängt wird — die Flüssigkeit an beiden Schenkeln aussen gleich hoch steht.

Das Ausfliessen — das Hinüberbewegen der Flüssigkeit von *A* über *B* nach *C* — erfolgt aus dem Grunde, weil dem auf die Flüssigkeit im linken Gefäss wirkenden Luftdruck die kurze Flüssigkeitssäule *AB*, dem auf die Flüssigkeit im rechten Gefäss wirkenden Luftdruck die lange Flüssigkeitssäule *BC* entgegenwirkt, so dass der übrigbleibende Druck links grösser ist als rechts.

Als Saugheber kann jeder Kautschukschlauch benutzt werden.

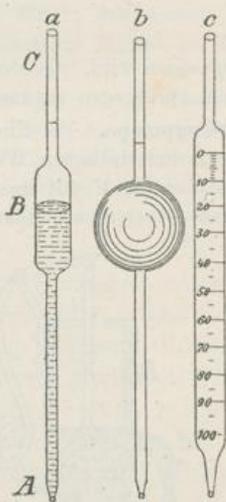


Fig. 48a—c. Pipetten.

Der Zerstäuber besteht aus zwei in feine Spitzen ausgezogenen Glasröhren, die rechtwinklig zu einander stehen, und zwar so, dass das obere spitze Ende der senkrecht stehenden Röhre, die mit ihrem unteren Ende in eine Flüssigkeit eintaucht, sich vor der Mitte der spitzen Oeffnung der wagerecht laufenden Röhre befindet; wird nun durch die letztere entweder mit dem Munde

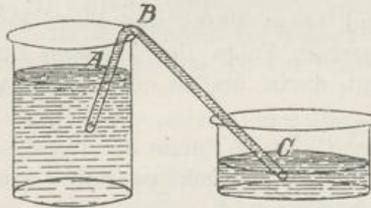


Fig. 49. Saugheber.

oder mittels eines Kautschukballs Luft oder — bei den Inhalationsapparaten — aus einem kleinen Kessel Wasserdampf hindurchgetrieben, so reißen die bewegten Gastheilchen aus der senkrechten Röhre Luft mit sich fort, so dass die zurückbleibende Luft an Spannkraft verliert und in Folge dessen die Flüssigkeit in die senkrechte Röhre

hineingesogen wird. Sie steigt bis zur Spitze und wird hier durch den Gasstrom in einen Sprühregen verwandelt.  
**Saugpumpe.** Die Einrichtung der Saugpumpe (Fig. 50a) ist folgende: In einen unterirdischen Wasserbehälter (den Brunnenkessel) taucht ein unten offenes, oben (bei *V*) mit einem Ventil — das heisst einem einseitigen Verschluss — versehenes Rohr ein: das Saugrohr (*S*). Ihm ist ein zweites Rohr,

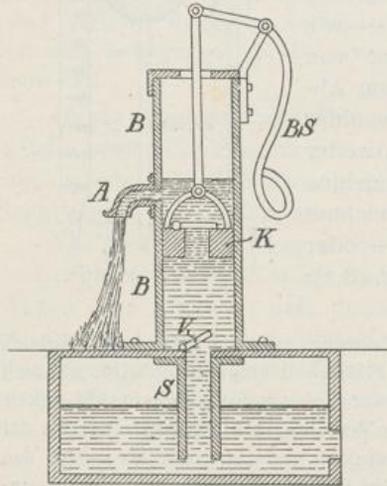


Fig. 50 a. Saugpumpe.

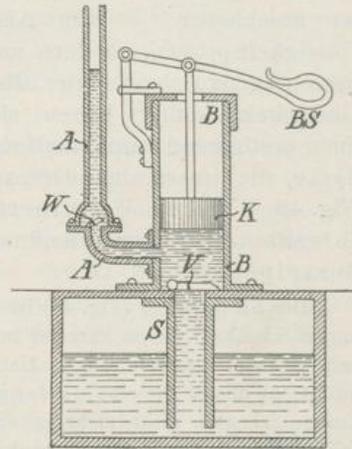


Fig. 50 b. Druckpumpe.

das Brunnen- oder Pumpenrohr (*B*) aufgepasst, das oben seitwärts ein kleineres Ausflussrohr (*A*) trägt. Im Brunnenrohr geht ein dichtschiessender, durchbohrter und oben ebenfalls mit einem Ventil versehener Kolben (*K*) auf und nieder, der durch den aussen an der Kolbenstange befestigten, einen Hebel vorstellenden Brunnen- oder Pumpenschwengel (*BS*) bewegt wird. Beide Ventile

sind K  
das o  
beweg  
Wasse  
Brunn  
befindl  
daher  
durch  
wird o  
fließt,  
I  
durchl  
Brunn  
sich ü  
Steigr  
fließen  
I  
zur An  
und ei  
mit ih  
durch  
festigt

Gase  
schlo  
dener  
Ihr e  
das G  
ander  
gesch  
Span  
beide  
oder  
Span  
einer  
Hebe  
von

auch  
Körp  
benu  
in ei

sind Klappenventile und öffnen sich nach oben; das untere heisst Bodenventil, das obere, im Kolben befindliche, Kolbenventil. Wird der Kolben in die Höhe bewegt, so wird die Luft unter ihm verdünnt, verliert an Spannkraft, und das Wasser dringt, indem sich das Bodenventil öffnet, in das Saugrohr und das Brunnenrohr ein. Beim Abwärtsbewegen des Kolbens kann das im Brunnenrohr befindliche Wasser nicht zurück, da sich das Bodenventil nach unten schliesst; daher biegt es sich, das Kolbenventil emporhebend, durch den Kolben hindurch in den oberen Theil des Brunnenrohrs. Bei weiterem Heben des Kolbens wird es mitgehoben, da sich jetzt das Kolbenventil nach unten schliesst, und fliesst, an das Ausflussrohr gelangt, durch dieses ab.

**Druckpumpe.** Bei der Druckpumpe (Fig. 50b) ist der Kolben (*K*) nicht durchbohrt; dagegen ist in dem nur wenig oberhalb des Bodenventils (*V*) vom Brunnenrohr (*B*) sich abzweigenden Ausfluss- oder Steigrohr (*A*) ein nach oben sich öffnendes Ventil (*W*) vorhanden. Der Kolben drückt das Wasser in das Steigrohr hinein, und das genannte Ventil verhindert das Wasser am Zurückfliessen.

In der Feuerspritze kommt ausser zwei Druckpumpen ein Windkessel zur Anwendung, in welchen durch die Pumpen das Wasser hineingetrieben wird und eine Kompression (Zusammendrückung) der Luft bewirkt. Diese und die mit ihr verbundene Steigerung der Spannkraft der Luft treibt das Wasser dann durch ein tief in den Windkessel hinabreichendes Rohr und einen daran befestigten Schlauch in kräftigem Strahl hinaus.

**Manometer.** Zur Messung der Spannkraft eingeschlossener Gase dient das Manometer. Man unterscheidet offene und geschlossene Manometer. Beide sind U-förmig gebogene Röhren, in denen sich Quecksilber (oder auch eine andere Flüssigkeit) befindet. Ihr einer Schenkel steht in Verbindung mit dem Gefäss, in dem sich das Gas befindet, dessen Spannkraft gemessen werden soll. Der andere Schenkel ist beim offenen Manometer offen, beim geschlossenen geschlossen und (in den meisten Fällen) mit Luft gefüllt. Die Gas-Spannung ist dann aus dem Unterschied der Quecksilberhöhen in beiden Schenkeln, vermehrt entweder um den Atmosphärendruck oder um die im umgekehrten Verhältnis zum Volum stehende Spannkraft der abgeschlossenen Luft, ersichtlich.

Bei den Zeigermanometern drückt das Gas gegen die Mitte einer elastischen Platte, deren Bewegungen durch Vermittlung von Hebeln und Rädern auf einen Zeiger übertragen werden. Diese Art von Manometern kommt bei grossen Drucken zur Verwendung.

**Volumenometer.** Zur Bestimmung des Volums — und damit auch des specifischen Gewichts (vgl. S. 60 u. f.) — pulverförmiger Körper wird das Volumenometer (oder Stereometer, Fig. 51) benutzt. Dasselbe besteht aus einem Glasgefäss (*G*), das nach unten in eine mit Volum-Eintheilung versehene Röhre ausläuft. Der obere

Rand des Gefässes ist abgeschliffen und lässt sich durch eine Glasplatte luftdicht verschliessen.

Die Benutzung erfolgt in der Weise, dass, während das Gefäss  $G$  offen ist, die Röhre bis zum Nullpunkt der Theilung ( $O$ ) in ein mit Quecksilber gefülltes Glas eingetaucht wird, dann das Gefäss durch die Glasplatte verschlossen und der Apparat bis zu einer bestimmten Höhe emporgezogen wird. Dabei tritt Luft aus  $G$  in die Röhre, die Luft wird verdünnt und verliert an Spannkraft; die Folge ist, dass die äussere Luft das Quecksilber in der Röhre emportreibt. Die Volumzunahme der Luft (von  $O$  bis zum Quecksilberspiegel in der Röhre) wird abgelesen. Aus diesem Versuch kann das Volum des Gefässes  $G$  bis zum Theilstrich  $O$  berechnet werden. Man bezeichne es mit  $v_1$ , die Volumzunahme mit  $v_2$ , die Höhe des Quecksilbers in der Röhre über dem äusseren Quecksilber-

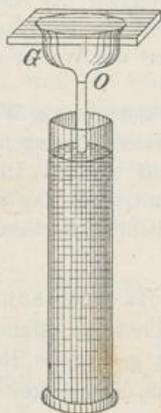


Fig. 51. Volumenometer.

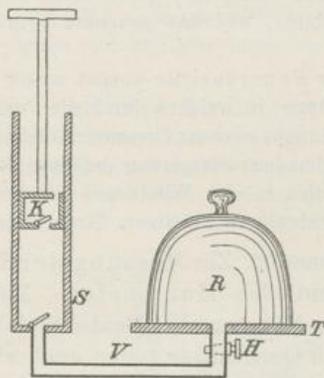


Fig. 52. Einstieflige Ventil-Luftpumpe.

spiegel mit  $q$  und den herrschenden Barometerstand mit  $B$ ; dann ist nach dem Mariotte-Boyle'schen Gesetz (S. 71):

$$\frac{v_1}{v_1 + v_2} = \frac{B - q}{B}, \text{ woraus sich ergibt: } v_1 = \frac{v_2(B - q)}{q}$$

Nun wird der ganze Versuch wiederholt, nachdem man den pulverförmigen Körper, dessen Volum  $x$  bestimmt werden soll, in das Gefäss  $G$  gebracht hat. Der Apparat werde wieder so weit emporgehoben, bis die Luft in  $G$  um das Volum  $v_2$  zugenommen hat; die Quecksilbersäule in der Röhre sei  $q'$ . Dann gilt:

$$\frac{v_1 - x}{(v_1 - x) + v_2} = \frac{B - q'}{B}, \text{ woraus sich ergibt: } v_1 - x = \frac{v_2(B - q')}{q'}, \text{ also:}$$

$$x = v_1 - \frac{v_2(B - q')}{q'}$$

Hat man somit das Volum des pulverförmigen Körpers, so erhält man sein spezifisches Gewicht, indem man ihn wägt und sein absolutes Gewicht durch das Volum dividirt (da das spezifische Gewicht ja das Gewicht der Volumeinheit ist — S. 59).

**Luftpumpe.** Von grosser Bedeutung für mancherlei Zwecke ist die 1650 von Otto v. Guericke erfundene Luftpumpe. Sie dient dazu, die Luft in einem abgesperrten Raume zu verdünnen. Einen Raum vollständig luftleer zu machen, ist nicht möglich.

Wir betrachten die Ventilluftpumpe, die Hahlluftpumpe, die Quecksilberluftpumpe und die Wasserluftpumpe.

Die Ventilluftpumpe (Fig. 52) besteht aus dem Stiefel (*S*): einem metallenen Cylinder, in welchem sich ein durchbohrter Kolben (*K*) luftdicht auf- und abbewegt, dem Teller (*T*), dem darauf stehenden Recipienten (oder der Luftpumpenglocke, *R*) und dem Verbindungsrohr (*V*), welches den Stiefel mit dem Recipienten verbindet. Sowohl im Kolben wie am Boden des Stiefels ist je ein sich nach oben öffnendes Ventil angebracht. (Kolbenventil und Bodenventil.)

Wird der Kolben vom Boden des Stiefels aus emporgezogen, so entsteht unter ihm ein luftleerer (bezw. luftverdünnter) Raum, und die Luft des Recipienten drückt das Bodenventil in die Höhe und strömt in den Stiefel hinein, wobei sie auf einen grösseren Raum vertheilt und daher verdünnt wird; das Kolbenventil bleibt wegen des Drucks der atmosphärischen Luft geschlossen. Wird dann der Kolben abwärts bewegt, so wird die unter ihm befindliche Luft zusammengeschoben, schliesst das Bodenventil, öffnet dagegen das Kolbenventil und strömt durch den Kolben hindurch nach aussen. Zieht man den Kolben wieder empor und so fort, so wird abermals der Recipient eines Theils seiner Luft beraubt, und die zurückbleibende Luft wird fortgesetzt verdünnt, bis sie so wenig Spannkraft besitzt, dass sie die Ventile nicht mehr zu öffnen vermag. Der Hahn *H* gestattet durch eine geeignete Durchbohrung, wieder Luft von aussen in den Recipienten einströmen zu lassen.

Bei der Hahlluftpumpe ist der Kolben massiv, und die Ventile sind in ihrer Wirksamkeit durch einen unterhalb des Stiefels befindlichen Hahn (den sog. Vierwegehahn) ersetzt, welcher in der Weise doppelt durchbohrt ist, dass er beim Aufziehen des Kolbens den Stiefel mit dem Recipienten in Verbindung setzt, beim Niederdrücken des Kolbens aber den Stiefel mit der Atmosphäre verbindet, so dass die in den Stiefel (vom Recipienten aus) eingedrungene Luft nach aussen gepresst wird.

Bei der zweistiefligen (doppelt wirkenden) Hahlluftpumpe findet der Grassmann'sche Hahn Verwendung. Derselbe hat drei Durchbohrungen: Die eine führt von der einen Seite nach hinten zum Verbindungsrohr *V* (Fig. 53a und b), die andere von der entgegengesetzten Seite nach vorn zur atmosphärischen Luft; die dritte Durchbohrung verläuft in gerader Richtung zwischen

den beiden ersten und senkrecht zu ihnen. Liegt der Hahn so, wie Fig. 53a zeigt, wo der als Griff dienende Hebel *H* sich links befindet, so steht der Recipient (durch *V*) mit dem linken Stiefel (*L*) in Verbindung, zugleich der rechte Stiefel (*R*) mit der Atmosphäre. In *L* geht der Kolben in die Höhe, in *R* bewegt er sich abwärts. Wird der Hahn um  $180^\circ$  herumgedreht, so ist die Verbindung der Stiefel mit dem Recipienten und der Atmosphäre (wie Fig. 53b zeigt) die umgekehrte, und die Kolben bewegen sich entgegengesetzt. Hört man mit dem Auspumpen der Luft auf, so stellt man den Hahn so, dass der Hebel senkrecht steht; dann ist der Recipient verschlossen, und die beiden Recipienten stehen durch die dritte Durchbohrung mit einander in Verbindung.

Bei der zweistiefeligen Hahnluftpumpe wird — abgesehen davon, dass sie doppelt so schnell wirkt als die einstiefelige — noch ein besonderer Uebelstand vermieden, der sich bei dieser findet und darin besteht, dass nach dem Niederdrücken des Kolbens die Bohrung des Hahnes jedesmal mit atmosphärischer Luft gefüllt bleibt, welche sich, wenn der Hahn gedreht und der Kolben wieder emporgezogen wird, im Stiefel ausbreitet. Der mit Luft gefüllte Raum heisst der schädliche Raum.

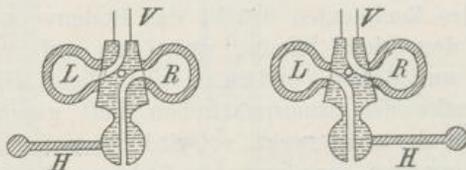


Fig. 53 a und b. Grassmann'scher Hahn.

Bei den zweistiefeligen Luftpumpen werden die Kolben mittels einer Doppelkurbel oder eines Schwungrades auf und niederbewegt.

Damit der Recipient luftdicht gegen den Teller abschliesst, wird sein Rand, der ebenso wie der Teller geschliffen ist, vor dem Gebrauch mit Talg bestrichen.

Zur Feststellung der bei einem Luftpumpenversuche eingetretenen Verdünnung der Luft dient ein an dem Verbindungsrohr angebrachtes Barometer.

Die (Geissler'sche) Quecksilberluftpumpe wirkt am vollkommensten von allen Luftpumpen, weil hier der Kolben durch eine Quecksilbersäule ersetzt ist; da man nämlich das Quecksilber durch den Vierwegehahn hindurch treten lassen kann, ist die Bildung eines schädlichen Raums unmöglich. Die Luftverdünnung wird auf folgende Weise bewirkt: Man sperrt den Recipienten durch Quecksilber ab, das sich in einem Gefäss befindet, welches durch einen Gummischlauch mit einem zweiten, auf- und abzubewegenden Gefäss communicirt; dieses zweite Gefäss wird dann so weit gesenkt, dass im ersten ein Vacuum entsteht, in welches man Luft aus dem Recipienten eintreten lässt.

Labo  
aus ein  
satzroh  
leitung  
des Ro  
Ansatz  
Ende  
In den  
gesetzt  
darin

anch a  
dünn,  
schnell

I  
Haupt  
1  
pumpt  
Luftd  
holz ( )  
2  
einand  
luftlee  
zusam  
Kraft

Die (Bunsen'sche) Wasserluftpumpe (Fig. 54) wird in chemischen Laboratorien vielfach zu beschleunigten Filtrationen verwendet. Sie besteht aus einem weiten Glasrohr (*A*), das oben verschlossen ist und seitlich ein Ansatzrohr (*B*) besitzt, durch welches ein Wasserstrom (am besten von einer Wasserleitung) in ersteres eintritt und nach unten abfließt. Durch den Verschluss des Rohres *A* geht in dieses hinein ein engeres Glasrohr (*C*), das unterhalb des Ansatzrohrs mit einer Oeffnung endigt, während sein oberes, gleichfalls offenes Ende mit einer Flasche (*D*) in Verbindung steht, in die hinein filtrirt wird. In den Kork oder Gummistöpsel dieser Flasche ist ein Trichter luftdicht eingesetzt. Fließt nun von *B* her Wasser durch das Rohr *A*, so reisst es die darin befindliche Luft mit und übt in Folge dessen auf das Rohr *C* und damit

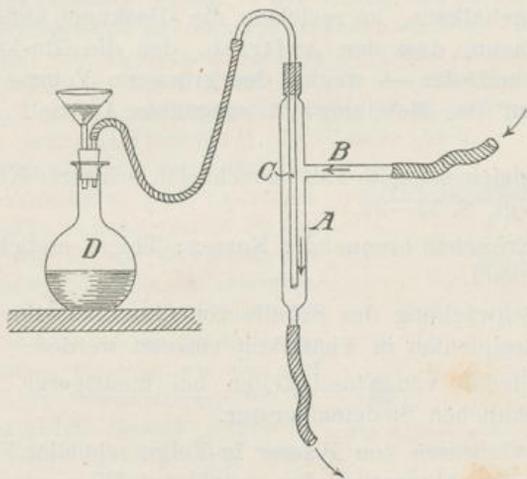


Fig. 54. Wasser-Luftpumpe.

auch auf die Flasche eine Saugwirkung aus; die Luft in der Flasche wird verdünnt, und die Flüssigkeit im Trichter wird durch den Atmosphärendruck schneller in die Flasche hineingetrieben.

**Luftpumpen-Versuche.** Mit der Luftpumpe können folgende Hauptversuche angestellt werden:

1. Das Zersprengen einer Glasplatte, die einen luftleer gepumpten Cylinder nach aussen verschliesst, durch den atmosphärischen Luftdruck; das Hindurchpressen von Quecksilber durch Buchsbaumholz (Quecksilberregen).

2. Die Magdeburger Halbkugeln. Eine aus zwei genau auf einander passenden Halbkugeln zusammengesetzte Hohlkugel wird luftleer gepumpt. Zur Trennung der durch den äusseren Luftdruck zusammengepressten Halbkugeln ist eine ausserordentlich grosse Kraft erforderlich.

3. Das Anschwellen einer schlaff zugebundenen und daher wenig Luft enthaltenden Blase unter dem Recipienten. (Vgl. S. 70.)

4. Das Entweichen absorbirter Gase: Luftbläschen aus Wasser, Kohlensäure aus Selterwasser und Bier.

5. Nachweis des Archimedischen Princips (S. 58) für Luft. Ein kleiner Wagebalken trägt auf der einen Seite eine Hohlkugel aus Glas, auf der andern Seite ein Metallgewicht von kleinerem Volum als jene, von solcher Schwere, dass im luftgefüllten Raum Gleichgewicht herrscht. Wird der Apparat unter den Recipienten gebracht und die Luft aus demselben ausgepumpt, so sinkt der Arm des Wagebalkens, an welchem die Glaskugel aufgehängt ist: eine Folge davon, dass der Auftrieb, den die Glaskugel in der Luft erfuhr und der — wegen des grösseren Volums — grösser ist als der auf das Metallgewicht ausgeübte Auftrieb, in Fortfall kommt.

6. Der gleich schnelle Fall verschieden schwerer Körper in der Fallröhre. (Vgl. S. 32—33.)

7. Das Erlöschen brennender Kerzen; Thiere ersticken im luftverdünnten Raum.

8. Die Schwächung des Schalls von Glocken, die im luftleer gepumpten Recipienten in Thätigkeit versetzt werden.

9. Das Sieden von Flüssigkeiten bei niedrigerer Temperatur als der gewöhnlichen Siedetemperatur.

10. Das Gefrieren von Wasser in Folge schneller Verdunstung und andauernder Absorption der gebildeten Wasserdämpfe durch concentrirte Schwefelsäure. —

Bei der Rohrpost wird — neben komprimirter Luft — die mittels einer Luftpumpe verdünnte Luft zur Beförderung von Briefen verwendet; die Briefe befinden sich in kleinen Wagen, die in langen Röhren von Station zu Station geblasen bzw. gesogen werden.

**Kompressionspumpe.** Die Kompressionspumpe ist eine umgekehrt wirkende Luftpumpe. Ist sie mit Ventilen versehen, so haben diese die entgegengesetzte Richtung wie bei der Ventilluftpumpe. Ist sie mit Hahn versehen, so wird dieser bei jedem Kolbenstosse entgegengesetzt gestellt wie bei der Hahlluftpumpe.

Sie wird vor allem zur Kompression und Verflüssigung von Kohlensäuregas benutzt.