



**Lehrbuch der Experimentalphysik**

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

85. Luftpumpe

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466:1-83789)

müßte, wenn man den Gasdruck selbst durch die Höhe einer Quecksilbersäule ausgedrückt erfahren wollte, zu dem gleichzeitig abgelesenen Stande des Barometers hinzugefügt werden. Bei sehr geringem Überdruck, z. B. wenn der Druck in einer Leuchtgasleitung bestimmt werden soll, kann man das Manometer auch mit Wasser füllen, welches, da es 13,6 mal leichter ist als Quecksilber, einen 13,6 mal größeren Ausschlag gibt. Bei sehr großem Druck würde das offene Manometer wegen der großen erforderlichen Höhe des zweiten Schenkels unbequem werden; man bedient sich daher in diesem Falle des geschlossenen Manometers (vgl. 71), bei welchem der zweite Schenkel oben zugeschmolzen ist und eine durch das Quecksilber abgesperrte Luftmenge enthält, deren Druck beim Steigen des Quecksilbers nach dem Mariotteschen Gesetz im umgekehrten Verhältnis ihres sich vermindernden Raumes zunimmt; dieser Druck wird in Atmosphären an der diesem Gesetz entsprechend eingeteilten Glasröhre abgelesen und gibt, dem Druck der gehobenen Quecksilbersäule hinzugerechnet, denjenigen des eingeschlossenen Gases oder Dampfes an. Das bei Dampfkesseln häufig angewendete Metallmanometer enthält eine gebogene Röhre aus dünnem elastischen Metallblech, welche sich, wenn man den Dampf in sie einströmen läßt, um so mehr streckt, je stärker der Druck des Dampfes ist, und vermöge dieser Formänderung einen Zeiger in Bewegung setzt, der auf einem durch Versuche eingeteilten Zifferblatt den Druck des Dampfes angibt.

85. **Luftpumpe** heißt jede Vorrichtung, welche den Zweck hat, die Luft in einem Raume zu verdünnen. Die um 1650 von Otto v. Guericke erfundene Kolbenluftpumpe erreicht diesen Zweck mittels eines in einem hohen Zylinder (Stiefel) bewegten Pumpenkolbens. Ihre wesentliche Einrichtung läßt sich am besten an der Handluftpumpe (Fig. 84) erläutern. Der Kolben *M* kann mittels eines an der Kolbenstange angebrachten Handgriffs in dem Stiefel *NN* luftdicht auf und ab bewegt werden. Der Kanal *kdefgh* führt vom Stiefel zu dem Raum, aus welchem die Luft gezogen werden soll; dieser besteht häufig aus einer am Rand sorgfältig abgeschliffenen Glasglocke, Rezipient genannt, welche mit eingefettetem Rande auf den eben geschliffenen Teller *ii* luftdicht aufgesetzt werden kann. Der durchbohrte Kolben *OP* ist mit einem Ventil versehen, welches dadurch hergestellt wird, daß man über die obere Öffnung des Stücks *P* ein Stück Schweinsblase bindet und in letzterer seitlich von der Öffnung zwei Einschnitte anbringt. Ein gleiches Ventil befindet sich am Boden des Stiefels bei *k*; beide Ventile öffnen sich durch einen Druck von unten und werden durch einen Druck von oben geschlossen. Zieht man den Kolben in die Höhe, während der Hahn *c* offen ist, so dehnt sich die in Rezipient und Kanal enthaltene Luft in den ihr dargebotenen größeren Raum aus, indem sie durch ihren Druck das Bodenventil *k* öffnet; das Kolbenventil *P* bleibt unterdessen durch den von oben her dagegen drückenden stärkeren äußeren Luftdruck geschlossen. Drückt man nun den Kolben wieder hinab,

so wird die im Stiefel zurückgebliebene Luft wieder verdichtet, versperrt sich durch Schließung des Bodenventils den Ausweg nach dem Rezipienten und erreicht bald hinreichende Spannkraft, um dem äußeren Druck entgegen das Kolbenventil zu öffnen und durch die Bohrung *O* zu entweichen, während in Rezipient und Kanal verdünnte Luft zurückbleibt. Ist der Kolben unten angekommen und somit die in den Stiefel herübergesaugte Luft hinausgeschafft, so wiederholt sich beim nächsten Kolbenzug dasselbe Spiel, und die bereits verdünnte Luft wird in demselben Verhältnis von neuem verdünnt. Hiernach sollte man meinen, daß durch hinreichend viele Kolbenzüge freilich niemals vollkommene Luftleere, jedoch jeder beliebige Grad der Verdünnung erreicht werden könnte. Dies ist aber nicht möglich, sondern die Luftverdünnung erreicht bald eine Grenze, weil zwischen Boden- und Kolbenventil unvermeidlich ein kleiner Zwischenraum, der sogenannte schädliche Raum, vorhanden ist, in welchem stets Luft von atmosphärischer Dichte zurückbleibt. Denkt man sich nun während des Aufsteigens des Kolbens den Stiefel vom Rezipienten abgesperrt, so wird sich die Luft des schädlichen Raumes im ganzen Stiefel verbreiten, und

ihre Dichte wird sich jetzt zu derjenigen der atmosphärischen Luft verhalten wie der schädliche Raum zum Stiefelraum; ist nun die Luft im Rezipienten bereits auf diesen Grad verdünnt, so wird von ihr nichts mehr in den Stiefel übergehen, und alles weitere Pumpen ist nutzlos. — Die abwechselnde Verbindung des Stiefels mit dem Rezipienten und der freien Luft kann entweder wie hier durch Ventile (Ventilluftpumpen) oder durch einen Hahn (Hahnluftpumpen) bewirkt werden. Der Grad der erreichten Verdünnung wird durch die Barometerprobe bestimmt. Denken wir uns eine etwa 86 cm lange Glasröhre, welche mit ihrem unteren Ende in ein Gefäß voll Quecksilber taucht, während sie oben umgebogen und mittels eines Stückchens Kautschukschlusses mit einer durch den Hahn *b* verschließbaren Seitenröhre des Luftpumpenkörpers verbunden ist. Wenn dieser Hahn offen ist, erhebt sich das Quecksilber in der Röhre, bis die gehobene Quecksilbersäule samt dem Druck der inneren verdünnten Luft dem äußeren Luftdruck das Gleichgewicht hält. Man erfährt daher den inneren Druck, wenn man die Höhe der Quecksilbersäule in dieser Röhre von der gleich-

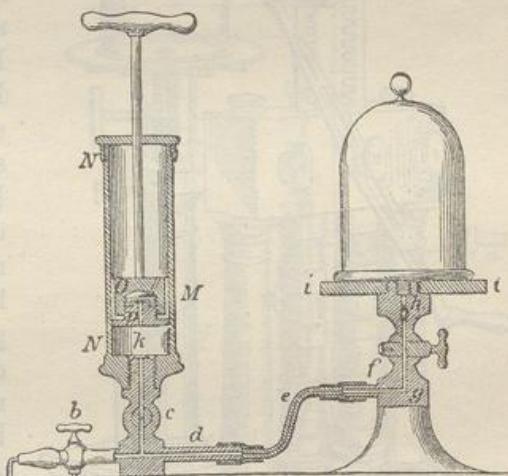


Fig. 84.  
Handluftpumpe.

zeitig beobachteten Barometerhöhe abzieht. Hätte z. B. jene Quecksilbersäule eine Höhe von 740 mm bei einem Barometerstand von 750 mm, so entspricht der innere Druck einer Quecksilbersäule von 10 mm und beträgt daher nur  $\frac{10}{750}$  oder  $\frac{1}{75}$  des ursprünglichen atmosphärischen Drucks. Da nun nach dem Mariotteschen Gesetz die Dichte der Luft in demselben Verhältnis steht wie ihr Druck,

so weiß man hierdurch auch, daß die Luft im Rezipienten auf  $\frac{1}{75}$  ihrer anfänglichen Dichte herabgemindert ist. Man kann die gleiche Messung auch in der Weise ausführen, daß man die Phiole eines Phiole-Barometers luftdicht mit dem Pumpenraume verbindet. Dann sinkt beim Pumpen das Quecksilber in der Barometerröhre. Die Länge der Quecksilbersäule über dem Niveau in der Phiole mißt dann direkt den noch vorhandenen Luftdruck im Rezipienten. Da es sich nun bei den Luftpumpenversuchen immer nur um sehr geringe Drucke handelt, so kann man bei der letzten Art der Druckmessung das Manipulieren mit den langen Barometerröhren vermeiden, indem man der Barometerprobe die Gestalt eines abgekürzten Barometers gibt. Diese gewöhnlich an den Luftpumpen angebrachte Barometerprobe

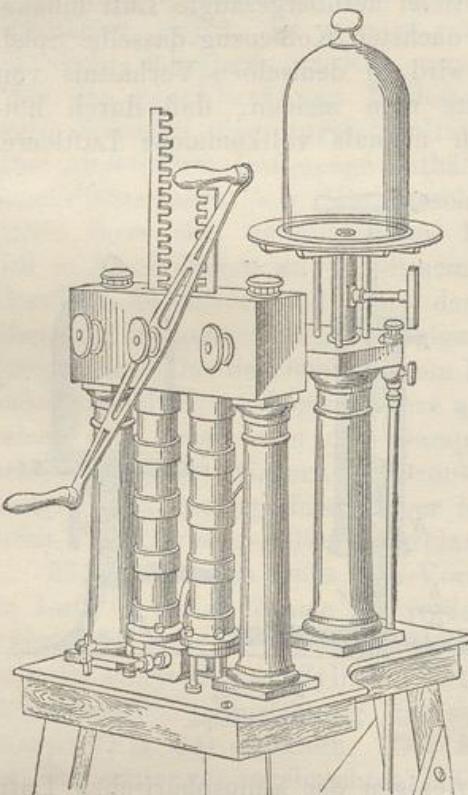


Fig. 85.  
Zweistiefelige Hahnluftpumpe.

(Fig. 86) besteht aus einer U-förmigen Glasröhre mit einem offenen und einem zugeschmolzenen Schenkel. Das Quecksilber füllt die Biegung und den zugeschmolzenen Schenkel, welcher viel kürzer ist als bei einem gewöhnlichen Barometer, ganz aus und beginnt erst zu sinken, wenn der in den offenen Schenkel hereinwirkende Druck der verdünnten Luft weniger beträgt als der Quecksilberhöhe im zugeschmolzenen Schenkel entspricht; der Unterschied des Quecksilberstandes in beiden Schenkeln gibt alsdann den im Rezipienten herrschenden Druck und somit auch die Dichte der dasselbst noch vorhandenen Luft an. Zu physikalischen Versuchen werden gewöhnlich Luftpumpen mit zwei Stiefeln angewendet (Fig. 85, zweistiefelige Hahnluftpumpe), in deren einem der Kolben steigt, während derjenige im anderen niedergeht. Diese Bewegung wird durch ein Zahnrad bewirkt, welches beiderseits in die gezahnten

Kolbenstangen eingreift. Bei zweistiefeligen Luftpumpen wird der Einfluß des schädlichen Raumes dadurch verringert, daß man, nachdem in gewöhnlicher Weise die Grenze der Verdünnung erreicht ist, durch Verstellung eines entsprechend gebohrten Hahns (Babinetscher Hahn bei Ventilluftpumpen, Graßmannscher Hahn bei Hahnluftpumpen) den rechten Stiefel vom Rezipienten ganz absperrt und, sobald die Aufwärtsbewegung des Kolbens in ihm beginnt, mit dem Stiefel links in Verbindung setzt; geht jetzt der Kolben links herab, so wird die unter ihm befindliche, aus dem Rezipienten angesaugte, verdünnte Luft ohne Verdichtung in den Stiefel rechts hinübergeschafft, so daß sich der schädliche Raum nur mit sehr verdünnter Luft füllen kann.

Man kann die Luft in einem Rezipienten auch dadurch verdünnen, daß man ihn mit dem



Fig. 86.

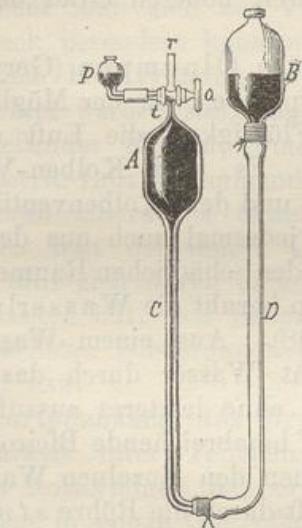


Fig. 87.

Abgekürztes Barometer. Quecksilberluftpumpe.

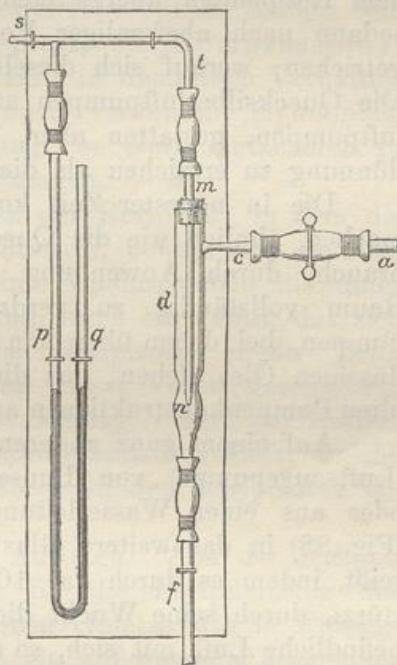


Fig. 88.

Bunsens Wasserluftpumpe.

leeren Raum über dem Quecksilber eines Barometers (Torricellische Leere) in Verbindung setzt; eine barometerähnliche Vorrichtung, welche durch Wiederholung dieses Verfahrens eine hohe Luftverdünnung zu erzielen gestattet, bezeichnet man als Quecksilberluftpumpe (Geißler, 1857). Ein etwa 76 cm langes Glasrohr *C* (Fig. 87) trägt oben das weite Glasgefäß *A*, während sein unteres Ende durch den Kautschukschlauch *D* mit dem oben offenen Glasgefäß *B* in Verbindung steht. In eine Erweiterung der Glashöhre *tr*, in welche das Gefäß *A* oben ausläuft, ist ein doppelt durchbohrter Hahn *o* eingeschliffen, durch welchen *A* nach Belieben mit dem bei *r* angefügten auszupumpenden Raum oder mit der nach der äußeren Luft offenen Glaskugel *p* in Verbindung gesetzt werden kann. Während *A* nach *p* offen ist, wird das Gefäß *B* so weit ge-

hoben, daß sich *A* vollständig und auch *p* teilweise mit Quecksilber füllt; wird nun durch geeignete Stellung des Hahnes *A* nach oben abgesperrt und das Gefäß *B* allmählich gesenkt, so sinkt auch das Quecksilber, bleibt aber in der Röhre *C* um die Höhe des jeweiligen Barometerstandes über dem Quecksilberspiegel des Gefäßes *B* stehen; die Vorrichtung ist jetzt nichts anderes als ein Barometer mit einem sehr umfangreichen leeren Raum im Gefäß *A*, mit welchem man nunmehr durch eine entsprechende Drehung des Hahnes den Rezipienten in Verbindung setzt. Nachdem sich die Luft in den ganzen ihr nun zugänglichen Raum verbreitet hat, wird der Rezipient wieder abgesperrt, durch den zweiten Hub des Gefäßes *B* die nach *A* aus dem Rezipienten übergetretene Luft zunächst zusammengepreßt und sodann nach abermaliger Verstellung des Hahnes durch *p* hinausgetrieben, worauf sich dieselbe Reihe von Verrichtungen wiederholt. Die Quecksilberluftpumpen arbeiten zwar langsamer als die Kolbenluftpumpen, gestatten aber, einen weit höheren Grad der Luftverdünnung zu erreichen als diese.

Die in neuester Zeit konstruierten Ölpumpen (Gerykpumpen) machen, ähnlich wie die Quecksilberpumpe, von der Möglichkeit Gebrauch, durch Anwendung einer Flüssigkeit die Luft aus einem Raum vollständig zu verdrängen. Es sind Kolben-Ventil-Luftpumpen, bei denen über dem Boden- und dem Kolbenventil Schichten flüssigen Öles stehen, das die Luft jedesmal auch aus dem bei den alten Pumpenkonstruktionen auftretenden schädlichen Raume verdrängt.

Auf einem ganz anderen Prinzip beruht die Wasserluftpumpe (Luftsaugpumpe) von Bunsen (1868). Aus einem Wasserbehälter oder aus einer Wasserleitung strömt Wasser durch das Rohr *a c* (Fig. 88) in das weitere Glasrohr *d*, ohne letzteres auszufüllen, und reißt, indem es durch das 10 m tief hinabreichende Bleirohr *f* herabstürzt, durch seine Wucht die zwischen den einzelnen Wassertropfen befindliche Luft mit sich, so daß Luft durch die Röhre *s t m n*, welche mittels eines Kautschukpropfens in das Rohr *d* luftdicht eingesetzt ist, nachströmen muß, um ebenfalls durch das fallende Wasser mit hinabgerissen zu werden. Setzt man daher die Röhre *s t* mit einem geschlossenen Raum in Verbindung, so wird aus diesem Luft herausgesaugt, und es entsteht in ihm eine Luftverdünnung, deren Grad man an dem mit der Röhre in Verbindung stehenden offenen Manometer (*p q*) erkennt, indem das Quecksilber im Schenkel *p* steigt, in *q* sinkt. Bei den neueren Formen dieser Pumpe pflegt man die Verbindung umgekehrt zu machen, indem man das Wasser durch das Rohr *m m* aus der Spitze bei *n* in das Abflußrohr *f*, das nur kurz zu sein braucht, ausströmen und die Luft durch das Rohr *a c* absaugen läßt. Das Manometer muß dann natürlich am Rohre *a c* befestigt sein. Die Wasserluftpumpe wird in chemischen Laboratorien zum raschen Filtrieren und zum Trocknen der Niederschläge verwendet, indem man die Röhre *s t* mit dem Innenraum eines Gefäßes verbindet, auf welches der Trichter mit dem Filter luftdicht aufgesetzt

ist. Der überwiegende äußere Luftdruck treibt alsdann zuerst die Flüssigkeit und später Luft durch den Niederschlag hindurch und bewirkt so ein rasches Trocknen desselben. Auf die gleiche Wirkung herabstürzender Flüssigkeitstropfen gründet sich die Quecksilberluftpumpe von Sprengel; sie besteht aus einer oben mit einem Trichter versehenen Glasröhre, welche unten in Quecksilber taucht. Gießt man Quecksilber in den Trichter, so reißt es herabfallend Luft mit sich, und saugt durch ein seitlich unter dem Trichter mündendes Rohr die Luft aus dem zu entleerenden Raume heraus.

86. **Kompressionspumpe.** Jede Hahnluftpumpe kann, wenn man dem Hahn beim Arbeiten die entgegengesetzte Stellung gibt, so daß der Kolben beim Hinaufgehen Luft aus der Atmosphäre schöpft und beim Hinabgehen in den Rezipienten preßt, als Kompressionspumpe gebraucht werden, welche die Luft in demselben Verhältnis verdichtet wie bei umgekehrtem Gebrauch verdünnt. Gewöhnlich jedoch bedient man sich zur Verdichtung der Gase einfacherer zu diesem Zweck besonders konstruierter Pumpen.

In einem Hohlzylinder, an welchen der Rezipient, in dem die Luft verdichtet werden soll, angeschraubt wird, bewegt sich ein luftdicht schließender Kolben, welcher beim Hineinschieben die unter ihm abgesperrte Luft zusammendrückt und durch ein Ventil, das sich durch äußeren Überdruck öffnet, in den Rezipienten preßt. Beim Herausziehen hält der innere Überdruck dieses Ventil geschlossen, der Stiefel füllt sich durch eine seitliche Öffnung, sobald der Kolben dieselbe passiert hat, von neuem mit atmosphärischer Luft, welche bei dem nächsten Niedergange des Kolbens in den Rezipienten geschafft wird usw.

87. **Fortpflanzung des Druckes. Auftrieb.** Aus der leichten Verschiebbarkeit ihrer Teilchen folgen für die Fortpflanzung des Druckes in luftförmigen Körpern dieselben Gesetze wie in Flüssigkeiten. Auch in einem Gas pflanzt sich ein auf dasselbe ausgeübter Druck nach allen Seiten mit der gleichen Stärke fort. Unter der Einwirkung der Schwerkraft kann eine Gasmasse, wie z. B. unsere Atmosphäre, nur dann im Gleichgewicht sein, wenn in einer und derselben wagerechten Schicht überall der gleiche Druck herrscht. Auch in das Wasser hinein pflanzt sich der auf der Oberfläche lastende Luftdruck fort, und fügt sich überall im Innern dem dort herrschenden hydrostatischen Druck hinzu. Man beobachtet dies z. B. an den Cartesianischen Tauchern, nach ihrem Erfinder Cartesius (Descartes) so genannt. Kleine, hohle Glasfiguren, welche teils mit Luft, teils mit Wasser gefüllt und mit einer seitlichen Öffnung versehen sind, schwimmen in einem mit Wasser gefüllten, oben mit einer Kautschukplatte luftdicht verschlossenen Zylinder. Durch einen Druck mit der Hand auf die Kautschukplatte wird die Luft im oberen Teil des Zylinders zusammengepreßt, ihr erhöhter Druck pflanzt sich durch das Wasser fort und treibt Wasser in den hohlen Glaskörper, wodurch dieser schwerer wird und sinkt. Läßt