



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Lehrbuch der Experimentalphysik**

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

81. Barometer

---

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

gehindert würde. Um zu zeigen, daß die Luft schwer ist, macht man einen Glasballon, dessen Hals mit einem luftdicht schließenden Hahn versehen ist, mittels der Luftpumpe möglichst luftleer, hängt ihn an den einen Arm einer Wage und bringt ihn durch Auflegen von Gewichten auf der anderen Seite ins Gleichgewicht. Läßt man nun, indem man den Hahn öffnet, die Luft wieder einströmen, so neigt sich die Wage nach der Seite des Ballons, und man muß, wenn der Ballon 1 Liter Inhalt hat, etwas mehr als 1 g auf die andere Wagschale legen, um das Gleichgewicht wieder herzustellen; die Luft ist hiernach nicht ganz 1000 mal (genau 773 mal) leichter als Wasser. Der Boden eines mit Luft oder einem anderen Gas gefüllten Gefäßes wird sonach außer dem Druck, welcher von dem Ausdehnungsbestreben herrührt, noch einen durch die Schwerkraft verursachten Druck auszuhalten haben, welcher gleich dem Gewicht der lotrecht darüberstehenden Gassäule ist, und wenn man in einem Gas von einem tiefer gelegenen Punkte zu einem höher gelegenen sich erhebt, so wird wie in einer Flüssigkeit der Druck abnehmen und zwar um das Gewicht der Gassäule, welche man unter sich zurückgelassen hat. Die vom Gewicht der Gase bedingten Druckunterschiede mit der Höhe sind freilich im Vergleich zu dem von der Expansivkraft herrührenden Drucke so gering, daß sie bei kleinen Gasmengen gar nicht in Betracht kommen; bei sehr hohen Gefäßen aber und namentlich in unserer Atmosphäre spielen sie eine wichtige Rolle. Da die Luft zusammendrückbar ist, so wird jede Schicht der Atmosphäre durch das Gewicht der darüberliegenden Schichten zusammengepreßt und verdichtet; die Dichte der atmosphärischen Luft nimmt daher wie ihr Druck von unten nach oben fortwährend ab. An der Erdoberfläche selbst, auf dem Grunde des Luftmeeres, welches den Erdball rings umflutet, ist dieser Druck ein sehr beträchtlicher.

81. **Barometer.** Um die Größe des Luftdrucks zu bestimmen, fülle man eine etwa 80—90 cm lange, an einem Ende zugeschmolzene gerade Glasröhre ganz mit Quecksilber, welches man in kleinen Portionen eingießt und portionsweise auskocht, um die an der Glaswand haftende Luft auszutreiben, bringe das offene, mit dem Finger zugehaltene Ende unter Quecksilber, welches sich in einer Schale befindet, entferne den verschließenden Finger und stelle die Röhre lotrecht (Fig. 81, A). Das Quecksilber fließt dann nur teilweise aus, und eine Quecksilbersäule, deren Gipfel 76 cm hoch über dem Spiegel des Quecksilbers im Gefäß liegt, bleibt in der Röhre stehen. Der Raum über dem Quecksilber in der Röhre ist, wenn dieselbe durch Sieden des Quecksilbers von anhaftender Luft befreit war, vollkommen luftleer; denn neigt man die Röhre, so bleibt der Gipfel der Quecksilbersäule stets in der gleichen Höhe über dem Quecksilber des Gefäßes, das Quecksilber füllt jenen Raum immer mehr aus (Fig. 81, B), und füllt ihn endlich ganz aus, ohne daß das kleinste Luftbläschen zurückbleibt, wenn man die Röhre so weit

geneigt hat, daß ihr zugeschmolzenes Ende sich weniger als 76 cm über dem Quecksilberniveau des Gefäßes befindet (Fig. 81, *C*). Nach Torricelli, welcher 1644 diesen Versuch zuerst angestellt hat, nennt man den leeren Raum im obersten Teil der Röhre die Torricellische Leere. Warum fließt aber die Quecksilbersäule nicht aus, obgleich ihr unteres Ende mit dem Quecksilber des Gefäßes in freier Verbindung steht? Offenbar deswegen nicht, weil sie von dem auf die Oberfläche des Quecksilbers wirkenden Luftdruck getragen wird, der sich durch diese Flüssigkeit nach allen Richtungen

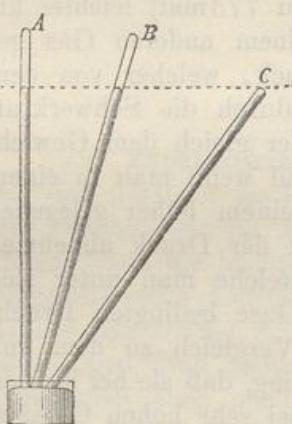


Fig. 81.  
Torricellis Versuch.

fortpflanzt und an der unteren Mündung der Röhre nach oben wirkt. Es ergibt sich also, daß eine Quecksilbersäule von 76 cm oder 760 mm Höhe dem Luftdruck das Gleichgewicht hält und sonach als Maß für denselben dienen kann. Es läßt sich nun auch leicht angeben, wie groß der Luftdruck, in Gewichtseinheiten ausgedrückt, für jede Flächeneinheit ist. Wenn nämlich der Querschnitt der Röhre 1 qcm beträgt, so enthält die 76 cm hohe Quecksilbersäule 76 ccm; sie hat also, da jedes Kubikzentimeter Quecksilber 13,6 g wiegt, ein Gewicht von  $76 \times 13,6 = 1033$  g oder etwas mehr als 1 kg; mit diesem Gewicht ist die Quecksilbersäule bestrebt, herabzusinken; der Luftdruck muß ihr, um sie in der Röhre schwebend zu erhalten, mit der gleichen Kraft entgegendrücken.

Die Luft übt demnach auf jedes Quadratzentimeter Fläche einen Druck von etwa 1 kg aus, oder eine Luftsäule von 1 qcm Grundfläche, welche von der Erdoberfläche bis zum Ende der Atmosphäre lotrecht emporreicht, wiegt 1 kg, d. i. soviel wie eine 10 m hohe Wassersäule. Ein Blatt Briefpapier, welches 20 cm lang und 15 cm breit ist, folglich 300 qcm Flächeninhalt besitzt, hat demnach von seiten der Luft einen Druck von 300 kg auszuhalten; da aber dieser Druck gerade so stark auf die untere Seite des Blattes nach aufwärts wie auf die obere Seite nach abwärts wirkt, so können wir dasselbe ebenso ungehindert hin und her bewegen, als wenn gar kein Druck der Atmosphäre auf ihm lastete. Der menschliche Körper ist, wenn wir seine Oberfläche gleich einem Quadratmeter annehmen, dem ungeheuren Luftdruck von 10 000 kg ausgesetzt; wir empfinden aber diesen Druck nicht, weil er von allen Seiten, von oben und von unten, von vorn und von hinten, von außen und von innen auf gleiche Flächenteile mit gleicher Stärke wirkt. Dagegen tritt die Gewalt des Luftdrucks sofort in die Erscheinung, wenn man ihn nur einseitig wirken läßt. Setzt man z. B. einen Bleiring, über welchen eine straff gespannte Schweinsblase gebunden ist, mit seinem eben abgeschliffenen Rand auf den Teller der Luftpumpe und pumpt die Luft unter der Blase fort, so wird diese durch den nur noch von

obenher wirkende Luftdruck nach einwärts gedrückt und zerplatzt nach wenigen Pumpenzygen mit heftigem Knall. Quecksilber, in ein Holznäpfchen gegossen, das auf eine Glasglocke gekittet ist, wird durch den Luftdruck in feinen Tröpfchen durch die Poren des Holzes gepreßt, wenn man die Luft aus der Glocke entfernt (Quecksilberregen). Berühmt geworden ist der Versuch, welchen der Erfinder der Luftpumpe, Otto v. Guericke, Bürgermeister in Magdeburg, 1654 im Beisein des Kaisers Ferdinand III. auf dem Reichstage von Regensburg zum Nachweise des Luftdrucks anstellte. Zwei hohle metallene Halbkugeln von  $\frac{2}{3}$  Ellen innerer Weite, welche luftdicht aneinander paßten (die Magdeburger Halbkugeln), wurden möglichst luftleer gepumpt. Sie hielten alsdann infolge des Luftdrucks so fest zusammen, daß 16 kräftige Pferde kaum imstande waren, sie auseinander zu reißen.

Man pflegt jedoch den Druck der Luft (oder luftförmiger Körper überhaupt) gewöhnlich nicht in Kilogrammen, sondern bequemer bloß durch die Höhe der Quecksilbersäule anzugeben, welche diesem Druck das Gleichgewicht hält. Man bringt daher neben der Röhre einen lotrechten, in Millimeter geteilten, verschiebbaren Maßstab an, dessen in einer Spitze liegender Nullpunkt auf den Spiegel des Quecksilbers im Gefäß eingestellt wird; die Teilung braucht bloß oben in der Nähe des Gipfels der Quecksilbersäule wirklich ausgeführt zu sein. Eine solche Vorrichtung nennt man ein Barometer (Luftdruckmesser), und zwar, weil sich die untere Quecksilberfläche in einem weiten Gefäß befindet, ein Gefäßbarometer. Wenn das Quecksilber in der Barometerröhre sinkt, so muß es, weil ja Quecksilber aus der Röhre austritt, in dem Gefäß steigen, und hier wieder sinken, wenn es dort steigt. Diese Schwankungen der Quecksilberoberfläche sind um so unbedeutender, je breiter das Gefäß ist im Vergleich zu dem Durchmesser der Röhre, und können, wenn das Gefäß sehr weit ist, außer acht gelassen werden. Bei dem gewöhnlichen in jedem Haus eingebürgerten Barometer bestehen Röhre und Gefäß nur aus einem Stück, indem an die unten umgebogene Glasröhre ein birnförmiges Gefäß angeschmolzen ist (Phiolebarometer); da der Durchmesser desselben nicht hinlänglich groß ist, so erreichen die Schwankungen des Quecksilberspiegels im Gefäß eine merkliche Größe, so daß an der feststehenden Skala eine genaue Messung des Barometerstandes, wozu diese Instrumente übrigens auch nicht bestimmt sind, nicht möglich ist. Beim Heberbarometer (Fig. 82) sind beide Schenkel der unten heberartig umgebogenen Glasröhre gleichweit, so daß die untere Quecksilberkuppe um ebensoviel steigt, wie die obere sinkt, und umgekehrt. Um den Barometerstand zu finden, stellt man



Fig. 82.  
Heber-  
barometer.

durch Verschiebung der Röhre mittels einer Schraube die untere Kuppe auf den Nullpunkt der Skala ein, oder man liest bei feststehender Skala den Stand beider Kuppen ab.

Das Quecksilberbarometer bietet einerseits wegen seiner Füllung mit der schweren Flüssigkeit, andererseits wegen seiner beträchtlichen Länge manche Unbequemlichkeiten dar, namentlich wenn das Instrument auf Reisen mitgenommen werden soll. Bei den Metallbarometern, in welchen dem Luftdruck durch die Elastizität eines festen Körpers das Gleichgewicht gehalten wird, fallen diese Übelstände weg. Bei dem Aneroid- oder Holosterikbarometer von Vidi (Feder- oder Dosenbarometer) wirkt der Luftdruck auf die aus dünnem Metallblech verfertigte, wellig gebogene vordere Wand einer luftleeren Metalldose und biegt sie nach Maßgabe seiner Stärke mehr oder weniger stark nach innen. Die Größe dieser Eindrückung überträgt sich durch eine Fühlhebelvorrichtung auf einen Zeiger, der auf einem durch Vergleichung mit einem Quecksilberbarometer eingeteilten Zifferblatt die Stärke des Luftdrucks angibt.

Der oben angegebene Barometerstand von 760 mm (der Normalbarometerstand) entspricht einem Luftdruck, wie er ungefähr an der Oberfläche des Meeres herrscht. An höher gelegenen Orten, wo der Luftdruck geringer ist, steht das Barometer entsprechend niedriger; in Potosi z. B., 4300 m ü. M., beträgt der Barometerstand nur noch 471 mm. Vom Meeresspiegel aus muß man um 10,5 m steigen, wenn die Quecksilbersäule um 1 mm sinken soll; in größeren Höhen, wo die Dichte der Luft geringer ist, bedarf es, um eine gleichgroße Verminderung des Barometerstandes zu bewirken, einer größeren Erhebung; von Potosi aus z. B. muß man 16,8 m emporsteigen, damit das Barometer um 1 mm falle. Da das Gesetz, nach welchem der Luftdruck nach oben hin abnimmt, bekannt ist (s. u.), so kann man aus dem Barometerstand eines Ortes dessen Höhe über dem Spiegel des Meeres berechnen. Dabei wäre freilich vorausgesetzt, daß an jedem Orte ein bestimmter Barometerstand beständig herrsche. Dem ist aber nicht so. Es ändert sich vielmehr der Luftdruck an ein und demselben Orte ununterbrochen. Wenn man daher von dem Barometerstand eines Ortes spricht und daraus etwa dessen Höhe über der Meeresoberfläche bestimmen will, so ist damit der mittlere Barometerstand des Ortes gemeint, wie er sich als Mittelwert aus zahlreichen länger fortgesetzten Beobachtungen ergibt.

Die ebenerwähnten ziemlich beträchtlichen Schwankungen des Barometers röhren von Störungen im Gleichgewicht der Atmosphäre her, welche den Änderungen des Wetters vorausgehen oder sie begleiten. Diesem Zusammenhang zwischen Witterung und Luftdruck verdankt das Barometer seinen Ruf als Wetterprophet und seine Einbürgerung unter die Hausgeräte.

Da sich der Luftdruck nach allen Seiten mit der gleichen Stärke fortpflanzt, so herrscht in unseren Zimmern, welche ja niemals, auch

wenn man Fenster und Türen schließt, luftdicht abgesperrt sind, immer der nämliche Luftdruck wie draußen. Man braucht daher das Barometer nicht etwa im Freien aufzuhängen, sondern man wird es im Zimmer an geschützter Stelle unterbringen. Wo man aber auch das Barometer beobachten mag, muß man darauf Rücksicht nehmen, daß das Quecksilber durch die Wärme ausgedehnt und dadurch spezifisch leichter wird; die Folge davon ist, daß bei gleichem Luftdruck, aber ungleicher Temperatur die Höhen der Quecksilbersäule verschieden ausfallen. Man ist daher übereingekommen, als Maß des Luftdrucks stets die Höhe einer Quecksilbersäule von  $0^{\circ}$  anzugeben. Da man die Ausdehnung des Quecksilbers kennt (sie beträgt 0,000 181 für  $1^{\circ} \text{C}$ ), so läßt sich die kleine Verbesserung, welche man an dem beobachteten Barometerstand, um ihn „auf  $0^{\circ}$  zu reduzieren“, anbringen muß, leicht ermitteln, wenn man nur gleichzeitig mit dem Barometerstand auch die Temperatur des Barometers an einem zu diesem Zweck beigefügten Thermometer abliest. Auch die Ausdehnung der Skala muß berücksichtigt werden. Die Quecksilbersäule wird ferner durch die Oberflächenspannung ihrer gewölbten Kuppe etwas herabgedrückt; diese Kapillardepression, die um so geringer ausfällt, je weiter die Röhre ist, muß (bei Gefäßbarometern) dem abgelesenen Barometerstand hinzugezählt werden.

82. **Mariottesches (Boylesches) Gesetz.** Boyle (1662) und Mariotte (1679) haben zuerst den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen dem Druck und dem Volumen einer gegebenen Gasmenge aufgefunden. Zwei Glasröhren (Fig. 83), deren eine oben durch einen Glashahn verschließbar, die andere beiderseits offen ist, sind unten durch einen Kautschukschlauch verbunden, der ebenso wie ein Teil der Röhren mit Quecksilber gefüllt ist. Beide Röhren sind mittels Schlitten längs einer vertikalen in Zentimeter und Millimeter geteilten Säule verschiebbar und in jeder Höhe feststellbar. Bei offenem Hahn steht das Quecksilber in beiden Röhren gleich hoch und behält diesen Stand auch noch, wenn man den Hahn schließt; die in der geschlossenen Röhre abgesperrte Luft übt also denselben Druck aus wie die in die offene Röhre hineinwirkende äußere Luft. Schiebt man nun letztere Röhre hinauf, so steigt das Quecksilber in beiden Röhren, in der geschlossenen jedoch viel langsamer, indem es die daselbst eingesperrte Luftmenge zusammendrückt. Wenn diese Luftmenge gerade auf die Hälfte ihres anfänglichen Rauminhalts zusammengepreßt ist, so findet man, daß die Quecksilbersäule in der offenen Röhre, vom Quecksilberniveau im kürzeren Schenkel aus gerechnet, gerade so hoch ist wie die Quecksilbersäule in einem gleichzeitig beobachteten Barometer. Der Druck der abgesperrten Luft hält also jetzt außer dem Druck der Atmosphäre, welcher nach wie vor in das offene Rohr hinein wirkt, auch noch dem Druck dieser Quecksilbersäule, welcher dem Druck der Atmosphäre gleich ist, das Gleichgewicht; die auf die Hälfte ihres ursprünglichen