

Versuch, den Einfluss der Volumenänderung der Gefässe bei Messungen der Kompressibilität von Flüssigkeiten zu eliminieren.

Von

J. J. Boguski.

(Mit einem Holzschnitt.)

Die Methoden, nach welchen die Herren Grassi, Amagat, Amaury und Descamps und andere die Kompressibilität der Flüssigkeiten untersucht haben, sind Umgestaltungen des von Oersted und Regnault angegebenen piëzometrischen Verfahrens. In denselben wird die wahre Kompression der Flüssigkeit aus der scheinbaren abgeleitet, indem zu dieser die Kompression der Gefässsubstanz (oder gar die Kompression des Gefässes selbst) hinzuaddiert wird. Ist auch die dadurch hinzukommende Korrektur keine sehr grosse gegen die Kompression vieler Flüssigkeiten, so ist sie jedenfalls die Ursache einer gewissen Ungenauigkeit in den bezüglichen Untersuchungen. Andererseits erfordert bekanntlich die Anwendung des piëzometrischen Verfahrens eine ziemlich bedeutende Flüssigkeitsmenge, was in manchen Fällen die Untersuchung erschwert.

Ich glaube, dass es aus diesen Gründen gerechtfertigt erscheint, eine neue und einfache Methode zu beschreiben, nach welcher die Kompressibilität von Flüssigkeiten ganz ohne Rücksicht auf die Kompression der Gefässe ermittelt werden kann.

Zunächst will ich das Prinzip der Methode kurz erläutern. Nach den bisherigen Versuchsanordnungen wird das Volumen einer gewissen Flüssigkeitsmenge gemessen: 1) wenn sie zusammengedrückt und 2) wenn sie nicht zusammengedrückt wird, — jedoch in beiden Fällen in einem und demselben Gefässe. Dagegen bestimme ich die Volumina, die eine gegebene Flüssigkeitsmenge, zusammengedrückt und nicht zusammengedrückt, einnimmt, in zwei verschiedenen Gefässen.

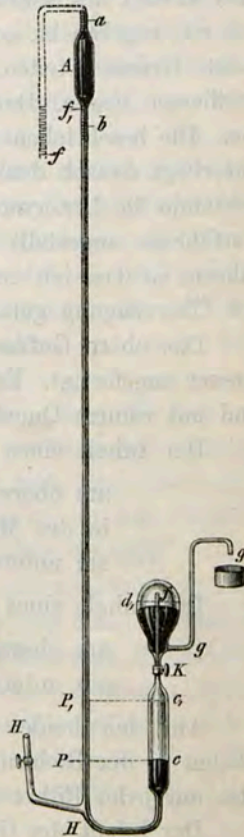
Betrachten wir zunächst die schematische Zeichnung. Ein Gefäss *A* ist mit zwei Kapillaren *a* und *b* versehen, die eine Millimeterteilung tragen. Dieses Gefäss wird, bevor es in den Apparat eingeschaltet ist,

zwischen den auf a und b aufgetragenen Strichen kalibriert. Durch eine lange Glasröhre kommuniziert das Gefäß A mit dem zweiten Teile des Apparates. Er besteht aus einem cylindrischen Rohre cc_1 , aus welchem eine Kapillare herausragt und zu einem birnförmigen Behälter führt. Der Behälter hat an seinem unteren Teile ein zweimal umgebogenes, am Ende offenes Rohr gg angeschmolzen. Die Kapillare, die cc_1 mit dem Behälter verbindet, trägt einen Hahn K , dessen Zuverlässigkeit für den Erfolg des Versuches wesentlich ist.

Ohne jetzt auf die Füllung des Apparates einzugehen, wollen wir annehmen, dass das Gefäß A vom Striche a an, das lange Rohr und cc_1 bis c Quecksilber enthält, im Teile cK die zu untersuchende Flüssigkeit, und im birnförmigen Behälter sowohl, als im Röhrchen gg wiederum Quecksilber sich befinden.

Selbstverständlich muss der Hahn K geschlossen sein, damit dieser Zustand möglich sei, sodass die zwischen c und K befindliche Flüssigkeit einem hydrostatischen Drucke, gleich der Summa des atmosphärischen Druckes und desjenigen der Quecksilbersäule aP ausgesetzt ist. Das cylindrische Gefäß cc_1 ist von innen einem Überdrucke ausgesetzt, und zwar demjenigen der Säule aP .

Öffnen wir jetzt den Hahn K und lassen wir damit das Quecksilber im oberen Gefässe A von der Marke a auf die untere b herunterfallen, so steigt das Quecksilber im cylindrischen Gefässe bis zur Höhe c_1 , ein Teil der zu untersuchenden Flüssigkeit geht in den birnartigen Behälter über und verdrängt aus demselben eine Quecksilbermenge, deren Volumen demjenigen der nicht zusammengedrückten Flüssigkeit gleich sein muss. Dies ausfliessende Quecksilber wird aufgefangen und gewogen. Ist ein Volumen V_1 Quecksilber ausgeflossen, und hat das Gefäß A zwischen den Marken a und b ein Volumen V , so findet man: (1) $V_1 - V =$ Kompression der Flüssigkeit — Kompression des Quecksilbers. Daraus kann die Kompressibilität der Flüssigkeit berechnet werden; dabei haben wir also eine Korrektion wegen der Kompressibilität des Quecksilbers anzubringen, und nicht, wie in den piézometrischen Methoden, wegen der Kompressibilität der Gefässwände. Es liesse sich zwar einwenden,



dass im ersten Stadium des Versuches (als der Hahn K noch nicht geöffnet war) auf die Flüssigkeit in cc_1 eine Quecksilbersäule $aP = ac$ drückt, während im zweiten Stadium nur eine Quecksilbersäule $bP_1 = bc_1$ einwirkt, der Druck auf die Wände also kein streng konstanter ist. Hätten wir aber anstatt des Röhrchens a ein umgebogenes a_1 , das punktiert gezeichnet ist, angebracht, so könnten wir dem Drucke im Teile cc_1 eine konstante Grösse erteilen, und zwar, wenn wir von f an bis f_1 Quecksilber ausfliessen lassen. Damit wäre dem Einwande vollständig begegnet worden. Die beschriebene Methode (wenn nicht meine Ausführung derselben) unterliegt danach dem angeführten Einwurfe nicht. Ich war leider nicht imstande die Untersuchung, die ich zum Zwecke der Prüfung des obigen Verfahrens angestellt habe, in den erforderlichen Bedingungen auszuführen, so dass ich zu keinem vollkommen exakten Resultate, wohl aber zur Überzeugung gelangt bin, dass die Methode nützlich sein kann.

Das obere Gefäss A war aus einem Rohre von 2 cm (ca.) Durchmesser angefertigt. Es wurde mit den beschriebenen Kapillaren versehen und mit reinem Quecksilber kalibriert.

Der Inhalt eines Teiles des Röhrchens a war

am oberen Ende	0.012690 g Hg
in der Mitte	0.012695 „ „
am unteren Ende	0.012825 „ „

Der Inhalt eines Teiles des Röhrchens b war

am oberen Ende	0.01174 g Hg
am unteren Ende	0.01119 „ „

Auf den beiden Röhrchen laufen ganz unabhängige Millimeter-Skalen in der Richtung von unten nach oben, der 0-Strich befindet sich also auf jeder Röhre am unteren, und der 100-Strich am oberen Ende.

Der Inhalt des Gefässes A war zwischen dem 10. Strich der Röhre a und dem 45. Strich der Röhre b 300.2354 g Quecksilber.

In Einzelheiten, die Zusammensetzung und Füllung des Apparates betreffend, einzugehen, scheint überflüssig zu sein. Nur eins will ich erwähnen: das lange Rohr aP wurde aus meterlangen Stücken mittelst des von Prof. Mendelejew angegebenen Kittes zusammengesetzt. Ich glaube, dass eine Kenntnis der vorzüglichen Eigenschaften dieses Mittels für manchen praktischen Physiker von Bedeutung wäre, indessen muss ich dies einer anderen Gelegenheit zuweisen. Das Seitenrohr H (wie alle Röhren von 1 mm innerem Durchmesser) trägt einen Hahn, ferner kommuniziert es mit einem Kautschukschlauche, der, mit Hanf-Faden umwunden, Drucke über zwanzig Atmosphären ertragen kann. Dieser Schlauch endlich ist

mit einem Quecksilberbehälter verbunden. Wird letzterer über das Gefäss A gehoben, so wird A in gewünschter Weise mit Quecksilber gefüllt.

Ich führte die Experimente mit Äther aus, der mit metallischem Natrium getrocknet und zweimal destilliert wurde, und zwar folgendermassen: Beide Gefässe (A und cc_1) wurden verbunden, an der Wand befestigt und jedes in ein grosses Bad eingesenkt. Das untere umfasste auch den Hahn K und den birnförmigen Behälter. Die Temperatur des Wassers in beiden Bädern wurde gleich gemacht, soweit sich dies nach Thermometern, die auf 0.2°C . geteilt waren, beurteilen liess. Da der gesamte Apparat die Eigenschaften eines empfindlichen Thermometers besitzt, so kann man das Eintreten eines stationären Temperaturgleichgewichtes aus dem Konstantwerden des Quecksilberstandes im Röhrchen a sehen. In dem zu beschreibenden Experimente war die anfängliche Temperatur in beiden Bädern 19.2°C ., zu Ende war sie im unteren Gefäss ebenfalls 19.2°C ., im oberen 19.3°C ., jedoch erst nach dem Ausgiessen des Quecksilbers.

Das Quecksilber stand zu Anfang im Röhrchen a beim 85. Skalenteile; am Ende stand es in b beim 21. Aus dem birnförmigen Gefässe floss 301.6334 g Quecksilber aus. Daraus ergibt sich, dass die totale (scheinbare) Kompression der Äthermenge, die aus cc_1 in den birnförmigen Behälter übergegangen ist, 0.1726 g Quecksilber beträgt.

Nun beträgt aP 289 cm, und bP_1 251 cm. Ich nehme daher an, dass der Äther unter dem mittleren Drucke von 270 cm sich befand. Danach wäre der Koeffizient der scheinbaren Zusammendrückbarkeit des Äthers, auf eine Atmosphäre bezogen, 0.00016205; addieren wir hierzu (siehe Gleichung (1) den Kompressibilitätskoeffizienten für Quecksilber, den ich nach Grassi gleich 0.00002141 annehme, so erhalten wir als Wert des Koeffizienten der wahren Kompressibilität für Äther bei 19.2°C .:

$$0.00018346$$

auf 1 Atmosphäre bezogen oder

$$0.0001809$$

auf 1 Megadyne bezogen, welche Grösse mit den Resultaten anderweitiger Beobachter in befriedigender Übereinstimmung sich befindet.

Anstatt den Druck auf die Flüssigkeit mittelst einer Quecksilbersäule auszuüben (was jedenfalls das Verfahren kompliziert macht) könnte man einfach auf die Oberfläche der Flüssigkeit in a den Druck einer hydraulischen Presse, oder einer Handluftpumpe wirken lassen.

Warschau, physikalisches Laboratorium des Museums für Gewerbe und Agrikultur. Januar 1888.