



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Lehrbuch der Experimentalphysik**

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

72. Kohäsion der Flüssigkeiten

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](#)

Flüssigkeit befindet sich in einem birnförmigen Glasgefäß (*a*, Fig. 79) mit angeschmolzener enger Glasröhre, dem Piezometer; auf der Röhre wird eine Teilung angebracht und genau festgestellt, wie sich der Rauminhalt eines zwischen zwei Teilstichen befindlichen Röhrenstücks zum Inhalt des ganzen Gefäßes verhält. Nachdem das Piezometer mit der zu untersuchenden Flüssigkeit, z. B. reinem, ausgekochtem Wasser, gefüllt worden, stellt man es mit dem offenen Ende der Röhre nach unten in ein Gefäß mit Quecksilber (*b*) und bewirkt durch Erwärmen und Abkühlen, daß ein wenig Wasser aus der Röhre aus- und dafür etwas Quecksilber in dieselbe eintritt. Neben das Piezometer stellt man noch eine überall gleich weite, mit Luft gefüllte, unten offene und oben zugeschmolzene, mit einer Teilung versehene Glasröhre, die als „Manometer“ zur Messung des Druckes dient. Die ganze Vorrichtung stellt man nun in einen starken Glaszyylinder *cc* (Oersteds Kompressionsapparat), füllt diesen mit Wasser und preßt dann mittels einer auf dem fest-schließenden Deckel angebrachten Druckpumpe noch mehr Wasser, welches beim Hinaufgehen des Pumpenkolbens aus einem daneben befindlichen Wasserbehälter angesaugt wird, hinein. Da der auf das Wasser durch den Kolben ausgeübte Druck sich allseitig mit gleicher Stärke fortpflanzt, so wird das Piezometer durch das umgebende Wasser von außen ebenso stark gedrückt, wie durch das Quecksilber hindurch von innen. Man sieht nun, daß das Quecksilber nicht nur im Manometerrohr, sondern auch in der Piezometerröhre steigt; der Stand des Quecksilbers im Piezometer gibt alsdann nach einer kleinen Korrektur wegen der Zusammendrückung der Glaswand die Raumverminderung des in ihm enthaltenen Wassers, der Stand im Manometer den ausgeübten Druck an; ist nämlich in letzterem die Luft auf  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$  usf. ihres anfänglich innegehabten Raumes eingeengt worden, so weiß man, daß sie einem Druck ausgesetzt ist, welcher zwei-, drei-, viermal so groß ist wie der anfängliche Luftdruck, also 2, 3, 4 usw. „Atmosphären“ beträgt, wenn man den gewöhnlichen Luftdruck, welcher 1 kg auf 1 qcm beträgt, als den Druck „einer Atmosphäre“ bezeichnet (vgl. 82 und 84). Durch solche Versuche hat man gefunden, daß bei  $0^\circ$  durch den Druck einer Atmosphäre Quecksilber um 3, Wasser um 50, Weingeist um 84, Äther um 109 Millionteile seines ursprünglichen Rauminhalts zusammengedrückt wird. Hört der Druck auf, so nimmt die Flüssigkeit sofort ihren früheren Raum wieder ein.

**72. Kohäsion der Flüssigkeiten.** Ungeachtet der leichten Verschiebbarkeit der Teilchen einer Flüssigkeit ist zwischen ihnen doch noch molekulare Anziehungskraft, die Kohäsion, tätig. Wenn man in einer oben geschlossenen Glasröhre möglichst luftfreies Wasser über Quecksilber hat, so kann man auf das Quecksilber eine beträchtliche Saugwirkung, also einen negativen Druck, oder einen Zug auf das Wasser ausüben, ohne daß die Flüssigkeitssäule zerreißt oder von der Wand abreißt (Helmholtz, 1882).

Die Molekularkraft, mit welcher zwei Teilchen aufeinander wirken, nimmt mit ihrer Entfernung sehr rasch ab und wird schon in sehr geringem Abstand unmerklich. Denkt man sich um ein Teilchen mit diesem Abstand als Radius eine Kugel beschrieben, so umschließt diese Kugel, die Wirkungssphäre, alle jene Teilchen, welche auf das im Mittelpunkt gelegene Teilchen noch einwirken. Liegt das Teilchen im Innern der Flüssigkeit, so heben sich die Wirkungen von je zwei in bezug auf den Mittelpunkt symmetrisch liegenden Teilchen gegenseitig auf, und das betrachtete Teilchen erleidet von den Molekularkräften eine nach allen Seiten gleiche Spannung. Liegt das Teilchen dagegen an der Oberfläche der Flüssigkeit, so ist bloß die eine Hälfte der Wirkungssphäre von wirksamen Teilchen erfüllt, deren Anziehungskräfte sich zu einer Mittelkraft zusammensetzen, die senkrecht zur Oberfläche nach dem Innern der Flüssigkeit gerichtet ist. Eine solche, wenn auch kleinere, nach innen gerichtete Mittelkraft wirkt auch noch auf jedes Teilchen, welches um weniger als den Halbmesser der Wirkungssphäre von der Oberfläche abstieht. Die der Oberfläche nahen Teilchen sind daher bis zu einer Tiefe gleich dem Radius der Wirkungssphäre einem zur Oberfläche senkrechten nach einwärts gerichteten Druck, dem Kohäsionsdruck, unterworfen und bilden gleichsam ein über die Oberfläche gespanntes dünnes, elastisches Häutchen, dessen Beschaffenheit sich von derjenigen der inneren Flüssigkeit unterscheidet.

Da der Kohäsionsdruck aus der Einwirkung der umgebenden Teilchen auf die Teilchen der Grenzschicht entspringt, so fällt er verschieden aus, je nach der räumlichen Anordnung der Teilchen, d. h. je nachdem die Fläche eben oder konkav oder konvex ist. Ist die Oberfläche der Flüssigkeit nach außen hin konkav, so ist der Kohäsionsdruck kleiner, ist sie konvex, so ist er größer als für eine ebene Fläche. Diese Veränderungen des Kohäsionsdruckes sind um so größer, je stärker die Fläche gekrümmmt oder je kleiner ihr Krümmungsradius ist.

Unterliegt die Flüssigkeit der Schwere, so nehmen im Ruhezustande ihre Teilchen eine solche Anordnung an, daß die Schwerkraft keines der Teilchen mehr in Bewegung zu setzen vermag. Die freie Oberfläche der Flüssigkeit muß daher überall auf der Richtung der Schwerkraft senkrecht stehen; die freie Oberfläche ist in diesem Falle eine horizontale Ebene. Entzieht man dagegen die Flüssigkeit der Einwirkung der Schwere, bringt man z. B. eine Ölmasse in ein Gemisch von Alkohol und Wasser von gleichem spezifischem Gewicht, wobei sie durch den Auftrieb ihr ganzes Gewicht verliert, so verschieben sich unter dem Einfluß der Molekularkräfte die Teilchen so lange, bis der Kohäsionsdruck in allen Teilen der Oberfläche gleich groß ist. Das ist der Fall, wenn die Krümmung der Oberfläche an allen Seiten gleich, wenn also die Oberfläche eine Kugel ist. Der Kohäsionsdruck bewirkt also, daß die Flüssigkeitsmasse diejenige Form annimmt, bei welcher ihre Oberfläche so klein wie

möglich ist. Zwei Tropfen vereinigen sich, sobald sie in Berührung kommen, zu einem einzigen, dessen Oberfläche offenbar kleiner ist, als die der getrennten Tropfen war. Dieses Bestreben der Oberflächenschicht, sich auf eine möglichst kleine Fläche zusammenzuziehen, bezeichnet man als Oberflächenspannung.

**73. Flüssigkeitshäutchen. Blasen.** Taucht man Drahtgerüste, welche die Kanten von Polyedern (z. B. Tetraeder, Würfel usw.) nachahmen, in Seifenwasser und zieht sie langsam heraus, so bildet die an den Kanten haftende Seifenlösung dünne ebene Häutchen, welche im Innern des Gerüstes sich in scharfen geradlinigen Kanten durchschneiden. Diese zierlichen Figuren entstehen durch das Streben der Molekularkräfte, die kleinste Oberfläche herzustellen; man nennt sie Gleichgewichtsfiguren (Plateau), weil bei ihnen dieses Ziel erreicht ist und die Oberflächenspannungen sich gegenseitig das Gleichgewicht halten.

Eine kugelförmige Blase dagegen ist keine Gleichgewichtsfigur. Hat man eine Seifenblase mit Tabaksrauch gefüllt, so strömt unter dem Druck, welchen die flüssige Hülle auf ihren Inhalt ausübt, die Luft samt dem Rauch aus dem offenen Glasrohr, an welchem die Blase noch hängt, und zwar so heftig, daß durch den Luftstrom eine Kerzenflamme zur Seite geblasen wird; dabei verkleinert sich die Blase mehr und mehr; sie behält dagegen ihre Größe bei, wenn man die Mündung des Röhrchens zuhält, weil alsdann der Überdruck der im Innern zusammengepreßten Luft der Oberflächenspannung das Gleichgewicht hält.

Die Entstehung dieses Überdruckes aus dem Kohäsionsdruck in den Oberflächenschichten des Flüssigkeitshäutchens kann man leicht ableiten, wenn man sich vergegenwärtigt, daß das Flüssigkeitshäutchen einer Seifenblase von zwei Kugelflächen von sehr nahe gleichem Radius begrenzt wird, die in bezug auf die Flüssigkeit entgegengesetzte Krümmung haben; denn die äußere Fläche ist eine konvexe, die innere eine konkave Flüssigkeitsoberfläche. Der Überdruck der Luft im Innern ist daher nichts anderes als das Maß für die Differenz des Kohäsionsdruckes an der konvexen und der konkaven Fläche von gleicher Krümmung und ist, da die Änderung des Kohäsionsdruckes mit der Krümmung proportional geht, der Krümmung der Seifenblase direkt, oder ihrem Radius umgekehrt proportional,  $P = 2H/R$ , wenn  $H/R$  die von der Krümmung herührende Änderung des Kohäsionsdruckes für eine einzelne, kugelförmig gestaltete Fläche bedeutet.

Statt des Kohäsionsdruckes kann man sich auch der Vorstellung der Oberflächenspannung als einer innerhalb der Oberfläche in tangentialer Richtung wirkenden Kraft bedienen, um die Erscheinungen darzustellen. Wenn eine Seifenlamelle in einem ebenen viereckigen Drahtrahmen ausgespannt ist, so zieht sie an der Umgrenzung mit einer Kraft, die, weil die Lamelle zwei Oberflächen hat, das Doppelte von der in jeder einzelnen Fläche wirkenden Spannung ist. Bedeutet  $\alpha$  diese Zugkraft der einzelnen Oberfläche für die Längeneinheit der Begrenzung, so ist für eine Seite des Drahtvierecks von der Länge  $L$  die Zugkraft  $\alpha L$ . Ist die Seite beweglich und wird sie von der Spannung der Lamelle um die Strecke  $l$  nach innen gezogen, so daß sich die Oberfläche um die Fläche  $Ll$  verkürzt, so leistet die Oberflächenspannung eine Arbeit  $\alpha Ll$  für jede Oberfläche. Man kann also sagen, die Konstante  $\alpha$  bedeutet die Zugkraft der Oberflächenspannung für die Längeneinheit, oder auch die Arbeit der Molekularkräfte bei der Verminderung der Fläche um die Flächeneinheit.