

Aufgaben:

- 1.) Es ist mit dem Messring und dem Torsionskraftmesser die Oberflächenspannung der vorgegebenen Flüssigkeiten zu bestimmen.
- 2.) Mit der Steighöhenmethode ist die Oberflächenspannung von destilliertem Wasser zu bestimmen.

Achtung:

Gebrauchte Flüssigkeiten dürfen nicht in die Flaschen zurückgegossen werden!

Grundlagen: Zwischen den Molekülen innerhalb einer Flüssigkeit wirken Anziehungskräfte, die wesentlich größer sind als die zwischen den Flüssigkeitsmolekülen vorhandenen Massenanziehungskräfte. Diese zwischenmolekularen Anziehungskräfte (VAN DER WAALS'SCHE Kräfte) bewirken, dass die Oberflächmoleküle einer Flüssigkeit im Gegensatz zu einem Molekül innerhalb der Flüssigkeit eine senkrecht nach innen gerichtete Kraft erfahren und deshalb eine größere potentielle Energie besitzen als ein Molekül innerhalb der Flüssigkeit. Folglich muss Arbeit aufgewendet werden, wenn die Oberfläche einer Flüssigkeit vergrößert werden soll. Das Verhältnis der aufgewendeten Arbeit ΔE zur erzielten Oberflächenvergrößerung ΔA ist eine temperaturabhängige charakteristische Flüssigkeitskonstante, die spezifische Oberflächenenergie genannt wird:

$$\varepsilon = \frac{\Delta E}{\Delta A} \left[\frac{J}{m^2} \right]. \quad (1)$$

Da jede Flüssigkeit eine möglichst kleine Oberflächenenergie anstrebt, ist die Oberfläche einer Flüssigkeit eine Minimalfläche. Daher übt eine Flüssigkeitslamelle, die in einem Rahmen gespannt ist, eine Kraft auf die Umrandung aus (Abb.1). Wird der Bügel um ΔX nach oben gezogen, ohne dass die Flüssigkeitslamelle zerreißt, so ist dazu die Arbeit $\Delta E = F \cdot \Delta X$ erforderlich und die Oberflächenvergrößerung beträgt $\Delta A = 2l \cdot \Delta X$. Damit ist

$$\frac{\Delta E}{\Delta A} = \frac{F \cdot \Delta X}{2 \cdot l \cdot \Delta X} = \frac{F}{2 \cdot l} = \frac{F}{L} = \sigma \left[\frac{N}{m} \right]. \quad (2)$$

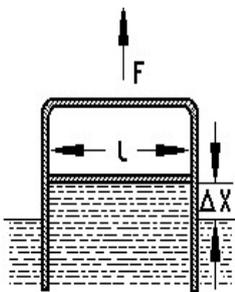


Abb.: 1

Diese Größe wird Oberflächenspannung genannt. Die auftretende Kraft F hängt im Gegensatz zu elastischen Kräften nicht von ΔX ab sondern von der Randlänge L :

$$F = \sigma \cdot 2 \cdot l = \sigma L \quad (3)$$

In unserem Experiment wird der ebene Rahmen von Abb.1 durch einen kreisrunden Messring des Umfangs U ersetzt. U entspricht der Rahmenbreite l . Daraus folgt:

$$F = \sigma \cdot 2 \cdot U \quad (3a)$$

Die Oberflächenspannung σ benetzender Flüssigkeiten lässt sich auch mit der sog. Steighöhen- oder Kapillarmethode bestimmen: Solche Flüssigkeiten steigen in Kapillaren empor, weil ihre Adhäsion größer ist als die Kohäsion. Das Gewicht der emporgehobenen Flüssigkeitssäule (Abb. 2) beträgt:

$$G = \rho \cdot \pi \cdot r^2 h g \quad (4)$$

(ρ = Dichte der Flüssigkeit) und hängt in der Kapillare an dem ringförmigen Rand der Länge $L = 2 \cdot \pi \cdot r$. Die von der Oberflächenspannung hervorgerufene Kraft muss im Gleichgewicht genau so gross sein wie das Gewicht der Flüssigkeitssäule:

$$\begin{aligned} \sigma \cdot 2 \cdot \pi \cdot r &= \rho \cdot \pi \cdot r^2 h g \\ \sigma &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot r \cdot h \end{aligned} \quad (5)$$

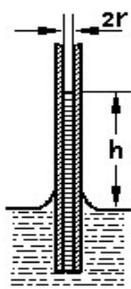


Abb.: 2

Aus (5) lässt sich die Oberflächenspannung berechnen, wenn die Dichte ρ der Flüssigkeit, der Radius r der Kapillare, die Erdbeschleunigung g und die Steighöhe h bekannt sind.

Durchführung:

Zum Aufbau der Messanordnung wird der Torsionskraftmesser in einem Dreifuss aufgestellt und mit dessen Stellschrauben horizontal ausgerichtet. Der einwandfrei saubere Messring (siehe Pflegehinweis) wird entweder direkt oder unter Zuhilfenahme eines dünnen Fadens an den Hebelarm des Torsionskraftmessers gehängt (der Faden begünstigt die Horizontalausrichtung des Messringes). Man hänge den Ring an den **linken** Hebelarm, damit bei der Messung dann das Einstellen der Kraftwerte durch Drehen des Messknopfes im Uhrzeigersinn erfolgt und sich die Messwerte direkt an der mN – Skala ablesen lassen.

Zur Einjustierung der Messanordnung ist der Messknopf (Drehknopf mit Zeiger für die mN – Skala) auf

Null zu stellen und mit dem Stellknopf am hinteren Ende des Torsionsbandes das vom Gewicht des Messringes (ca. $10mN$) auf den Hebelarm ausgeübte Drehmoment so zu kompensieren, dass sich der Hebelarm im weißen Zwischenfeld der Schneidenanzeige im Gleichgewicht befindet (Nullage). Eine gründlich gereinigte und mit heißem, sauberem Wasser gespülte Petrischale wird etwa zur Hälfte mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt und auf einem höhenverstellbaren Tisch unter den Messring geschoben. Durch Anheben der Tischfläche lässt man den Messring etwa $3mm$ tief in die Flüssigkeit eintauchen. Zur Messung wird der Tisch langsam und ohne die Flüssigkeit zu erschüttern abgesenkt und dabei der Messknopf des Kraftmessers stetig so verstellt, dass der Hebelarm seine Nullage beibehält. Beim Abreißen der Verbindung zwischen Flüssigkeit und der als Schneide ausgebildeten Unterkante des Messringes wird die Messknopfeinstellung an der mN – Skala abgelesen.

Die Oberflächenspannung ergibt sich zu
$$\sigma = \frac{F}{2 \cdot U},$$

wobei U der mittlere Ringumfang (0.061 m) und F die gemessene Kraft ist.

Aufbewahrung und Pflege:

Die Messgenauigkeit wird deutlich herabgesetzt, wenn der Messring verbogen oder verschmutzt ist. Nach Gebrauch muss der Messring deshalb vorsichtig gereinigt und in die Aufbewahrungshilfe zurückgelegt werden. Zum Reinigen genügt es in der Regel, den Ring in einer heißen konzentrierten Spülmittellösung zu baden und ihn anschließend gründlich mit Wasser abzuspülen; das letzte Klarspülbad sollte aus reinem Wasser bestehen, das zum Sieden erhitzt ist.

Zu 2.: Die Kapillaren sind an der Metallkappe anzufassen und nur zur Messung aus dem Behälter zu entnehmen. Jede auch noch so kleine Verunreinigung verfälscht die Messung! Vor der Messung ist die Schale mit destilliertem Wasser auszuspülen. Die Kapillare wird in die Halterung so eingesetzt, dass die an der Skala angebrachte Nullmarke die Wasserfläche von unten berührt. Mit dem Gummiballgebläse werden die in der Kapillare haftenden Tropfen herausgeblasen und dann das Wasser aus der Schale bis in das obere Drittel der Kapillare angesaugt. Der Gummiball wird nun abgezogen und die Wassersäule stellt sich in der Kapillare auf den Messwert ein, der mit der beweglichen Skalenmarke fixiert wird. Jede Kapillare ist mindestens dreimal anzuwenden. Die Streuung der Messwerte darf für jede Kapillare höchstens $\pm 1mm$ betragen. Gleiche Steighöhe und frei aufsteigende bzw. absinkende Wassersäule sind Kriterien für die Sauberkeit der betreffenden Kapillare.

Angaben:

Die erforderlichen Angaben sind am Arbeitsplatz zu finden. ($g = 9,809 \text{ m/s}^2$)

Literatur:

Gerthsen, Kneser, Vogel: Physik;

Walcher: Praktikum der Physik;

Westphal: „Physik“ sowie „Physikalisches Praktikum“.