

Oberflächenspannung

Lerninhalte

man informiere sich über:

- Oberflächenspannung als Kraft pro Länge
- Oberflächenspannung als Energie pro Fläche
- benetzende und nicht benetzende Flüssigkeiten
- Methoden zur Bestimmung der Oberflächenspannung

Literatur:

Walcher, W.: Praktikum der Physik, 2.5

Gerthsen, Kneser, Vogel: Physik, 3.2

Einführung

Ein Molekül im Innern einer Flüssigkeit erfährt durch Wechselwirkung mit seinen Nachbarmolekülen Anziehungskräfte, die im Mittel gleichmäßig allseitig wirken und sich daher aufheben. An der Oberfläche der Flüssigkeit verbleibt aber eine resultierende Kraft, die zu dem Phänomen der Oberflächenspannung führt.

Um ein Molekül aus dem Innern an die Oberfläche zu bringen muß Arbeit aufgewendet werden. Dadurch erhöht sich die potentielle Energie des Moleküls um ΔE , wenn es sich an der Oberfläche befindet. Bezogen auf die Flächeneinheit ΔF führt dies zu einer spezifischen Oberflächenenergie $E_{\text{=}}$:

$$E_{\text{=}} = \frac{\Delta E}{\Delta F}$$

Die Oberflächenenergie führt zu einer Kraftwirkung F_R in der Oberfläche einer Flüssigkeit, die proportional zur Länge des Oberflächenrandes l_R ist. Damit läßt sich eine Oberflächenspannung σ wie folgt definieren:

$$\sigma = \frac{F_R}{l_R}$$

Die Oberflächenspannung σ und die spezifische Oberflächenenergie E_0 sind von Zahl und Dimension her identisch:

$$\text{Kraft/Länge} = \text{Energie/Fläche}$$

Die Oberflächenspannung ist eine Kraft, die pro Längeneinheit des Randes der Oberfläche wirkt. Die gleiche Kraft wirkt entlang jeder Linie in der Oberfläche in den dazu senkrechten Richtungen entlang der Oberfläche. Sie hebt sich aber bei ebenen Oberflächen in ihrer

Wirkung auf. Bei konvex gekrümmten Oberflächen, wie im Falle eines Wassertropfens, führt sie zu einem Druck, der auf die Flüssigkeit ausgeübt wird.

In der gleichen Weise, wie zur Vergrößerung der Oberfläche Energie aufgebracht werden muß, wird bei der Verringerung der Oberfläche Energie frei. Dies führt zu dem bekannten Phänomen, daß sich ein horizontal gehaltenes, von innen benetztes Rohr (Kapillare) mit Wasser vollsaugt. Dabei wird die Oberfläche des Flüssigkeitsfilms im Innern der Kapillare verringert. Die dabei frei werdende Oberflächenenergie wird nun dazu benutzt, um weitere Flüssigkeit im Schwerfeld der Erde anzuheben.

Für die Steighöhe h gilt:

$$h = \frac{4 \cdot \sigma}{d \cdot \zeta \cdot g}$$

Hierbei ist d der Durchmesser der Kapillare, ζ die Dichte der Flüssigkeit und $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ die Erdbeschleunigung.

Im Falle einer nicht benetzenden Flüssigkeit, wie etwa Quecksilber in Glas, würde sich bei einem Aufsteigen der Flüssigkeit im Rohr die Oberfläche vergrößern. Da hierzu Energie aufgebracht werden müßte, beobachtet man statt dessen eine Absenkung des Flüssigkeitsspiegels im Rohr.

Die Oberflächenspannung hängt in starkem Maße von Verunreinigungen und geringfügigen Beimengungen ab, die sich bevorzugt an der Oberfläche einbauen und die Kraftwirkung an dieser Stelle verändern. Daraus ergeben sich die bekannten Vorteile von Seifen.

4.1 Messung der Abreißkraft

1. Man notiere sich die Stellung des Kraftmessers bei frei in der Luft hängendem Ring sowie den Durchmesser des Rings.
2. Bewegen Sie das Meßsystem nach unten, bis der Ring in die Flüssigkeit eintaucht. Warten Sie die Beruhigung der Flüssigkeitsoberfläche ab. Bewegen Sie den Ring langsam aus der Flüssigkeit und notieren Sie den maximalen Kraftmesserausschlag im Augenblick des Abreißens.
3. Bestimmen Sie die Abreißkraft von:
 - a) Leitungswasser,
 - b) destilliertem Wasser,
 - c) 'weichem' Wasser (einige Tropfen Spülmittel),
 - d) Ethanol.

Auswertung:

1. Beschreiben Sie die Versuchsdurchführung.
2. Bestimmen Sie die Oberflächenspannung σ der vier Flüssigkeiten.
3. Fehlerbetrachtung

4.2 Steighöhe in Kapillaren

1. Notieren Sie den Durchmesser d der vorhandenen Kapillaren.
2. Tauchen Sie die Kapillaren in ein Gefäß mit der Probenflüssigkeit und bestimmen Sie die Steighöhen h mit einem Lineal. Achten Sie darauf, daß die Kapillaren vollständig benetzt sind.
3. Bestimmen Sie die Steighöhen in **Leitungswasser** und **destilliertem Wasser**.
4. Bestimmen Sie die Dichte der beiden Flüssigkeiten mit der Mohr'schen Waage.
5. Fehlerbetrachtung

Auswertung:

1. Beschreiben Sie die Versuchsdurchführung.
2. Leiten Sie eine Formel für die Steighöhe h her, indem Sie berücksichtigen, daß die durch die Oberflächenspannung des Flüssigkeitsfilms hervorgerufene Kraft genau so groß ist wie die Gewichtskraft der Flüssigkeitssäule.
3. Stellen Sie für beide Versuchsreihen die Steighöhe h in Abhängigkeit von $1/d$ graphisch dar.
4. Bestimmen Sie aus den Steigungen die Oberflächenspannungen der Flüssigkeiten.