

Praktikum Allgemeine Chemie und Grenzflächenerscheinungen

Bachelorstudiengang Media Production

Versuch C

Bestimmung der Oberflächenspannung von Festkörpern durch Randwinkelmessung

1 Aufgabenstellung

Es sind die Kontaktwinkel von gegebenen Testflüssigkeiten auf unterschiedlichen Feststoffoberflächen an Luft zu bestimmen. Auf Grundlage dessen ist die Oberflächenspannung der Festkörperoberflächen nach dem mathematischen Modell von Owens/Wendt zu ermitteln.

2 Grundlagen

Die Oberflächenspannung ist ein charakteristisches Merkmal von Flüssigkeiten. Ursache für die Oberflächenspannung sind intermolekulare Wechselwirkungen. Die Kräfte, die auf ein Molekül an der Oberfläche wirken, stehen in einem anderen Verhältnis als im Innern der Flüssigkeit.

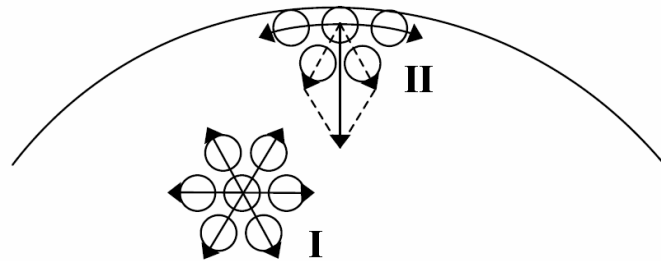


Abb. 1: Entstehung der Oberflächenspannung an der Phasengrenze zwischen Gasphase und Flüssigkeit

Zustand I: Die Anziehungskräfte heben sich auf.

Zustand II: Die Moleküle an der Oberfläche der Flüssigkeit werden nach innen gezogen.

Im Innern wirken von allen Seiten die gleichen Kohäsionskräfte, sodass die Resultierende gleich Null ist. An der Oberfläche werden diese Kräfte jedoch durch die Gasphase nicht kompensiert und die Moleküle werden in das Innere der Flüssigkeit gezogen. Die Flüssigkeit wird dadurch längs ihrer gesamten Oberfläche zusammengedrückt. Diese Kräfte wirken so, dass die Zahl der Moleküle in der Oberfläche möglichst klein bleibt. (Wenn Gravitation oder andere Einflüsse nicht stören, streben alle Flüssigkeiten Kugelform an.)

Die Kräfte, die einer Vergrößerung der Oberfläche entgegenwirken, werden als *Oberflächenspannung* bezeichnet. Die Oberflächenspannung ist durch die Kraft definiert, die senkrecht zur Längeneinheit in der Oberfläche der Flüssigkeit wirkt und nach allen Richtungen der Oberfläche gleich groß ist.

Zur Vergrößerung der Oberfläche ist die sog. *Oberflächenenergie* notwendig – ein Produkt aus Oberflächenspannung und Flächenzuwachs. Die Oberflächenenergie der Flächeneinheit heißt *spezifische Oberflächenenergie*.

Das Benetzungsverhalten von Flüssigkeiten gegenüber festen Stoffen lässt sich z.B. durch die Form eines Flüssigkeitstropfens charakterisieren, der beim Kontakt einer Flüssigkeit auf einem Festkörper entsteht.

Am Dreiphasenkontaktpunkt (fest (s), flüssig (l) und gasförmig (g)) solcher Tropfen gilt im Kräftegleichgewicht die *Youngsche Gleichung*:

$$\sigma_{s,g} - \gamma_{l,s} = \sigma_{l,g} \cdot \cos \Theta$$

$\sigma_{s,g}$	Oberflächenspannung des Festkörpers (Festkörper/Gas)
$\gamma_{s,l}$	Grenzflächenspannung zwischen Flüssigkeit und Festkörper
$\sigma_{l,g}$	Oberflächenspannung der Flüssigkeit (Flüssigkeit/Gas)
Θ	Kontaktwinkel (oder Randwinkel)

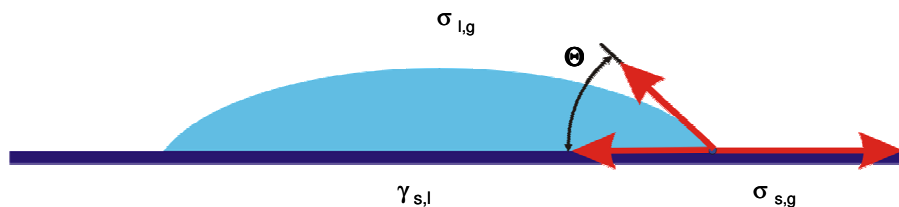


Abb. 2: Flüssigkeitstropfen auf einer Festkörperoberfläche

Ein Maß für die Benetzbarkeit stellt der Kontaktwinkel dar. Der Kontaktwinkel ermöglicht den Grad der Benetzung exakt zu spezifizieren. Es wird quantitativ zwischen drei verschiedenen Benetzungszuständen differenziert. Man unterscheidet: Keine Benetzung, Teilbenetzung oder Spreitung. Die Größe des Kontaktwinkels im jeweiligen System hängt vom Verhältnis der drei Oberflächen- bzw. Grenzflächenspannungen zueinander und damit letztendlich von der Natur des festen Stoffes, der Flüssigkeit und der Gasphase ab. Schon geringfügige Veränderungen in der stofflichen Zusammensetzung, Temperatur und Druck können sich stark auf die Lage des Benetzungsgleichgewichts auswirken.

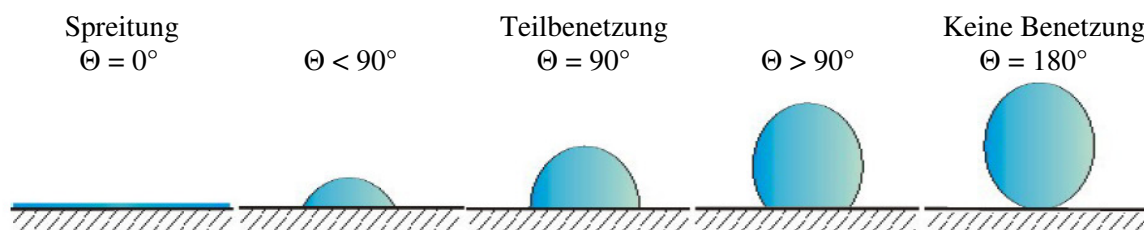


Abb. 3: Quantitative Beschreibung der Benetzbarkeit mittels Kontaktwinkel

3 Vorbereitung

Schriftliche Vorbereitung des Protokolls durch Beantwortung folgender Fragen:

- 3.1 Nennen Sie die wichtigsten Bedingungen, die erfüllt sein müssen, damit die Young'sche Gleichung gilt.
- 3.2 Was versteht man unter Benetzungsspannung und wie ist sie definiert?



- 3.3 Welche Randwinkelwerte sind auf hydrophilen bzw. hydrophoben Oberflächen zu erwarten, wenn als Messflüssigkeit Wasser verwendet wird?
- 3.4 Erklären Sie die Begriffe niederenergetische und hochenergetische Oberfläche und nennen Sie je ein Beispiel.

4 Experimentelle Durchführung

Für die Bestimmung der Oberflächenspannung von Festkörpern wird ein computergesteuertes Kontaktwinkelmessgerät der Firma *KRÜSS* verwendet. Die Ermittlung erfolgt nach der sogenannten *Sessile Drop Methode* (liegender Tropfen). Dabei wird ein Tropfen einer bekannten Testflüssigkeit auf die Festkörperoberfläche aufgebracht. Dieser auf der Probe liegende Tropfen wird von einer Seite mit einer diffusen Lichtquelle beleuchtet. Anhand der Tropfenkontur wird der Kontaktwinkel nach *Young-Laplace* ermittelt. Die Gleichung nach Young-Laplace beschreibt die Druckerhöhung in einem Flüssigkeitstropfen oder in einer Gasblase in einer Flüssigkeit infolge der durch die Oberflächenspannung hervorgerufenen Oberflächenkrümmung.

$$p = \frac{2\sigma}{r} \quad (\text{Es beschreiben } p \text{ den Druck und } r \text{ den Kugelradius.})$$

Die Bestimmung der Oberflächenspannung von Festkörpern ist nur auf indirektem Weg möglich, d.h. sie kann nur indirekt über Kontaktwinkel und Oberflächenspannung bekannter Testflüssigkeiten ermittelt werden. Diese Berechnung kann durch verschiedene mathematische Modelle realisiert werden. Eines dieser Modelle ist die im Praktikum verwendete Methode nach Owens/Wendt. Danach kann die Grenzflächenspannung als Summe aus einem polaren (Wasserstoffbrücken, Dipole) und einem dispersen Anteil formuliert werden.

$$\gamma_s = \gamma_s^d + \gamma_s^p$$

Bei dieser Methode zur Ermittlung der Oberflächenspannung von Festkörpern werden mindestens zwei (besser drei oder mehr) verschiedene Testflüssigkeiten für die Benetzungsversuche benötigt. Mit Hilfe von Literaturwerten für die verwendeten unterschiedlichen Testflüssigkeiten (in der Flüssigkeitsdatenbank des Kontaktwinkelmessgeräts gespeichert) wird dann die Oberflächenspannung des entsprechenden Festkörpers – getrennt in polaren und dispersen Anteil – computergestützt berechnet.

Der genaue Ablauf des Versuchs wird Ihnen vom Assistenten erklärt.

5 Auswertung / Diskussion

- 5.1 Zusammenstellung aller Messdaten und Mittelwerte.
- 5.2 Diskutieren Sie die Ergebnisse hinsichtlich der Auswahl der Testflüssigkeiten, der Charakterisierung der zwei Feststoffoberflächen und einer möglichen praktischen Relevanz.