

Praktikum Allgemeine Chemie und Grenzflächenerscheinungen Bachelorstudiengang Print and Media Technology

Versuch B:

(Stand: 29.03.2012)

Bestimmung der Oberflächenspannung von Flüssigkeiten

1 Aufgabenstellung

Bestimmen Sie die Oberflächenspannung von destilliertem Wasser, Ethanol und einem beim Offset-Druck gebräuchlichen Feuchtmittel (Wasser-Isopropanol-Mischung) nach der

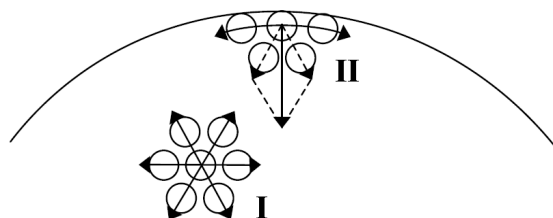
1.1 Stalagmometermethode (bei Raumtemperatur)

1.2 Du-Noüy-Ringmethode (bei 20 °C)

Führen Sie jeweils eine Dreifachbestimmung durch.

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.



Zustand I: Die Anziehungskräfte heben sich auf.

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

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

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*.



3 Vorbereitung

Schriftliche Vorbereitung des Protokolls durch Beantwortung folgender Fragen:

- 3.1 Was versteht man unter Oberflächenspannung und wovon ist sie abhängig (strukturelle Ursachen, Definition)?
- 3.2 Wodurch unterscheiden sich Oberflächenspannung und Grenzflächenspannung?
- 3.3 In welchem Oberflächenspannungsbereich liegen die meisten organischen Flüssigkeiten? Wieso hat Wasser eine wesentlich höhere Oberflächenspannung?
- 3.5 Nennen Sie Anwendungsbeispiele, bei denen die Oberflächenspannung gezielt beeinflusst wird.

4 Experimentelle Durchführung

4.1 Stalagmometermethode

Die Stalagmometermethode ist eine stark vereinfachte Tropfengewichtsmethode. Die Bestimmung der Oberflächenspannung beschränkt sich hier auf die Auszählung der Tropfen, die sich aus einem definierten Volumen bilden. Ein Tropfen reißt ab, wenn seine Gewichtskraft größer als die Oberflächenkraft wird, die längs des Umfangs der Kapillarwindung wirkt. Je größer die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit ist, desto größere Tropfen werden ausgebildet. Der gefundene Wert wird der Tropfenzahl einer Bezugsflüssigkeit, deren Oberflächenspannung bekannt ist, gegenübergestellt. Die Kalibrierung der Stalagmometer wird meist vom Hersteller vorgenommen. Die ermittelte Tropfenzahl der Bezugsflüssigkeit (z.B. Wasser) für 20 °C ist auf dem Stalagmometer eingraviert.

Aus der Beziehung $\frac{\sigma_M}{\sigma_B} = \frac{G_B}{G_M}$ ergibt sich: $\sigma_M = \sigma_B \cdot \frac{\rho_M}{\rho_B} \cdot \frac{z_B}{z_M}$

G = Gewichtskraft σ = Oberflächenspannung ρ = Dichte z = Anzahl der Tropfen
M = Messflüssigkeit B = Bezugsflüssigkeit

Bei sauberem Arbeiten muss die Tropfenzahl für Wasser bei gleicher Temperatur gut mit dem Bezugswert übereinstimmen.

Die Genauigkeit der Messung ist unter anderem von der Tropfgeschwindigkeit abhängig. Sie sollte 20 Tropfen pro Minute nicht überschreiten. Die polierte Abtropffläche ist peinlich sauber zu halten und nicht mit den Fingern zu berühren. Nach jeder Messung wird das Instrument mit heißem Wasser durchgespült. Das Restwasser wird mit Filterpapier von der Abtropffläche entfernt.

4.2 Du-Noüy-Ringmethode

Bei der Methode nach Du-Noüy wird ein waagrecht aufgehängter Drahttring (Platin-Iridium-Legierung) mit dem Radius r, aus einer Flüssigkeit herausgezogen und die Zugkraft F der anhängenden Lamelle unmittelbar vor dem Abreißen gemessen.

Dazu wird der Messring in die Flüssigkeit eingetaucht und im vollständig benetzten Zustand senkrecht aus der Oberfläche langsam herausgezogen. (Das Eigengewicht des Ringes wird vor der Messung kompensiert.) Unter dem Einfluss der Oberflächenspannung bildet sich unter



dem Ring eine kragenförmige Flüssigkeitslamelle. Bei der Dehnung der Lamelle wird ein Kraftmaximum durchlaufen, an dem sich die Lamellenoberfläche senkrecht zum Ring befindet. Bei weiterem Herausziehen schnürt sich die Lamelle ein, so dass die Zugkraft wieder abnimmt, bevor sie ganz abreißt.

Aus der maximalen Kraft F , die vor dem Abreißen der Lamelle gemessen wird, lässt sich die Oberflächenspannung berechnen:

$$\sigma = \frac{F}{4 \cdot \pi \cdot r}$$

σ = Oberflächenspannung F = maximale Zugkraft (abzgl. Gewicht des Ringes in Luft) r = Ringradius

Der Radius r ist vom Hersteller bereits durch einen Faktor korrigiert, der u.a. den Einfluss des „Flüssigkeitskragens“ berücksichtigt.

5 Auswertung / Diskussion

5.1 Zusammenstellung aller Messgrößen und Berechnung der Oberflächenspannung der untersuchten Flüssigkeiten.

5.2 Vergleich und Diskussion der Messergebnisse sowie der verschiedenen Messmethoden.

Hilfsgrößen:

Temperatur [°C]	15	20	25	30
Dichte Wasser [g/cm ³]	0,9991	0,9982	0,9970	0,9956
Dichte Ethanol [g/cm ³]	0,7926	0,7903	0,7859	0,7814
Dichte Feuchtmittel [g/cm ³] (5% Isopropanol)	0,991	0,990	0,989	0,988
Oberflächenspannung [mN/m]	73,49	72,75	71,97	71,18
Bezugswert Tropfenzahl Wasser	58,9	59,5	60,1	60,7