

# Oberflächenspannung und Dichte von *n*-Propanollösungen

## Zusammenfassung

Die Oberflächenspannungen von *n*-Propanollösungen wurden mit Hilfe eines Tropfentensiometers bei Raumtemperatur bestimmt. Dabei wurden jeweils zehn Tropfen von einer Tropfenkapillare abgetropft. Aus der Tropfenmasse und dem -volumen, daß über die Verschiebung des Stempels einer Präzisionsspritze gemessen wurde, ermittelte man mit dem Auswertungsprogramm OSP die Oberflächenspannungen und die Dichten. Die Dichte wurde zusätzlich mit einem Dichtemeßgerät bestimmt.

Aus den Meßdaten geht hervor, daß die Oberflächenspannung sich im Bereich  $x = 0 - 0,1$  sehr stark ändert, danach gibt es nur einen schwachen Abfall. In der logarithmischen Darstellung erhält man in sehr guter Näherung eine ansteigende Hyperbel.

Für die Dichte gilt ähnliches: Im Bereich  $x = 0 - 0,3$  starke Änderung, danach ein schwächeres Absinken. In der logarithmischen Darstellung erhält man eine fast zur  $x$ -Achse parallele Gerade bis  $x = -3$ , dann eine stärker ansteigende Gerade.

Assistent: Dr. Erich Meister (ErMe)

Zürich, den 17.11.2003

Hans Christian Lehmann

Physikalisch-Chemisches Praktikum I, Wintersemester 2003.

# 1. Einführung

## *Allgemeines*

Die Oberflächenspannung ist ein Grenzflächenphänomen, diese spielen eine wichtige Rolle z.B. bei der heterogenen Katalyse, Waschprozessen oder in der Nanotechnologie.

Vor allem Tenside sind, aufgrund ihrer besonderen Struktur, sogenannte kapillaraktive Stoffe, daß heißt sie setzen die Oberflächenspannung herab, aber auch viele organische Stoffe zählen dazu. Anorganische Salze dagegen sind meistens kapillarinaktiv, daß heißt sie erhöhen die Oberflächenspannung. Dies gilt für Wasser als Lösungsmittel.

In der Thermodynamik entspricht die Oberflächenspannung der partiellen Ableitung der Gibbschen freien Energie nach der Fläche, analog zu der Definition der Entropie und des Druckes.

In der mechanischen Beschreibung ist die Oberflächenkraft, die Oberflächenarbeit, die die Gewichtskraft pro Fläche verrichten muß, eines hängenden Tropfens diejenige Kraft, die der Gewichtskraft entgegenwirkt.

Nach der Gleichung von Young und Laplace ist der Kapillardruck an einer gekrümmten Flüssigkeitsoberfläche gleich dem Produkt aus Oberflächenspannung und mittlerer Krümmung, näheres dazu in [1].

Der Kapillardruck zwischen dem Inneren und Äußeren einer Flüssigkeitskugel ist als Quotient aus Oberflächenspannung und Radius definiert:  $\Delta p = 2\sigma/r$ .

Die Oberflächenspannung hängt sowohl von der Temperatur als auch von der Konzentration eventuell gelöster Substanzen ab.

## *Bestimmung der Oberflächenspannung mit dem Tropfengewicht bzw. -volumen*

Die Masse eines fallenden Tropfens ist ungefähr proportional zum Radius der Kapillare, von der er abfällt. Die mathematische Beschreibung eines hängenden Tropfens ist in [1] dargestellt. Da nicht der gesamte Tropfen herunterfällt, muß man einen Korrekturfaktor einführen, damit das Gleichgewicht zwischen der Gewichtskraft und der Oberflächenspannung gilt. Zudem muß noch der Auftrieb durch das umgebende Medium berücksichtigt werden. Dies führt zu folgender Gleichung für die Oberflächenspannung:

$$\sigma = m_f \cdot g / 2\pi \cdot r_K \cdot f \cdot (1 - \rho_{\text{Bad}} / \rho),$$

dabei ist  $m_f$  die Masse des abgefallenen Tropfens,  $f$  der Korrekturfaktor und  $r_K$  der Radius der Kapillare.

## 2. Experimentelles

### 2.1 Substanzen

*n-Propanol*:  $C_3H_8O_1$  MG: 60,0956 g/mol. GK 4. Leicht entzündlich. Dichte: 0,8034 g/ml [3]. Oberflächenspannung: 23,69 mN/m [4].

*Ethanol*:  $C_2H_6O_1$  MG: 46,0688 g/mol. GK 4. Leicht entzündlich.

### 2.2 Meßgeräte

Es wurde ein Tropfentensiometers mit einer Tropfenkapillare, einer Präzisionsspritze und einer Mikrometerschraube verwendet. Zum Auffangen der Lösungen wurde ein Pillenglas benutzt.

Für die zusätzlichen Dichtemessungen wurde ein *Paar DMA-48* Dichtemeßgerät verwendet. Das Messprinzip ist folgendes: Es wird die Periode der Resonanzfrequenz ins Verhältnis zu einer Referenzsubstanz, mit bekannter Dichte, gesetzt. Dies liefert die Dichte der Meßlösung mit einer Auflösung von 1%.

### 2.3 Messung der Oberflächenspannung

#### *Kalibration*

Um das Volumen pro Millimeter Verschiebung der Mikrometerschraube zu erhalten, kalibriert man mit reinem Wasser, dessen Dichte vorher mit dem Dichtemeßgerät bestimmt wurde: Es wurden fünfmal jeweils zehn Tropfen abgetropft, deren Masse gewogen und die Verschiebung notiert. Daraus erhält man mit dem Auswertungsprogramm dann den Kalibrationsfaktor  $\alpha$ : 41.56 +/- 0.05 mm<sup>3</sup>/mm.

### *Durchführung der Messungen*

Zuerst wurden jeweils ungefähr 10 g einer Lösung mit grob vorausberechnetem Molenbruch in einem 10 ml Becherglas hergestellt und der größte Teil davon sofort in abschließbares Pillenglas transferiert. Die genaue Einwaage wurde notiert um bei der Auswertung den genauen Molenbruch berechnen zu können.

Diese Lösungen wurden dann in die Präzisionspritze aufgezogen. Nachdem die Spritze abgetrocknet und ein Tropfen abgetropft worden war, wurden jeweils drei Messungen mit je zehn Tropfen in Pillenglas getropft. Nach jeweils zehn Tropfen wurde das vorher austarierte Pillenglas gewogen und die Verschiebung abgelesen. Beide Werte wurden notiert. Falls nötig wurde Lösung nachgefüllt. Nach jedem Durchgang wurde die Apparatur mit destilliertem Wasser gereinigt.

### *Auswertung der Meßdaten*

Für jede Lösung wurde eine Textdatei mit den folgenden Meßdaten erstellt: Verschiebung der Mikrometerschraube, Gewicht und Anzahl der Tropfen. Diese Textdateien wurden dann mit dem Computerprogramm OSP, nach Eingabe der Dichte von Luft und dem Radius der Tropfkapillare, ausgewertet, wodurch man die Oberflächenspannung und die Dichte erhielt. Die Ergebnisse sind auf den *Blättern 1 bis 10* zu sehen.

## **2.4 Dichtemessungen**

Das Dichtemeßgerät wird zuerst gemäß Geräteanleitung kalibriert, und die Kalibrierdaten in den aufliegenden Kalibrierreport eingetragen. Danach kann man einfach durch Einfüllen der Meßlösungen die Dichte bestimmen.

### 3. Resultate, Auswertung und Diskussion

Die Messwerte für die Oberflächenspannung und die Dichte wurden zusammen mit den Literaturwerten aus [3] in die *Tabelle 1* eingetragen und gegen den berechneten Molenbruch, bzw. dessen natürlicher Logarithmus aufgetragen. Dadurch erhält man die *Figuren 1 bis 4*.

Aus diesen geht hervor, daß die meisten Meßwerte gut mit den Literaturwerten korrelieren, allerdings gibt es auch ein paar „Ausreißer“. Es gibt nur einen großen Meßfehler.

Wie aus den Meßdaten ersichtlich, ändert sich die Oberflächenspannung bis  $x = 0,1$  am stärksten. Bei der Dichte erstreckt sich dieser Bereich bis  $x = 0,3$ .

Zusammenfassend kann man sagen, daß der Versuch sehr einfach durchzuführen ist und sehr gute Ergebnisse liefert.

### 5. Literatur

[1] E. Meister, *Grundpraktikum Physikalische Chemie*, Zürich, **2000**.

[2] Merck KGaA, *Chemische Reagenzien 1999/2000*, Darmstadt, **1999**.

[3] D. Lide (Herausgeber), *Handbook of Chemistry and Physics*, CRC Press, **2003**.

[4] Landolt-Börnstein, *New Series IV/16*. **2001**.