

Thema: PCL 1-1: Bestimmung der Oberflächenspannung nach verschiedenen Methoden
Verfasser: Christian Terhorst / 716822
Datum der Versuchsdurchführung: 13.05.2003

Christian Terhorst

PCL1-1:

Bestimmung der Oberflächenspannung nach verschiedenen Methoden

Inhaltsverzeichnis:

1	Aufgabenstellung
1.1	Bestimmung der Oberflächenspannung nach Lecomte du Noüy
1.1	Bestimmung der Oberflächenspannung mit Hilfe der Tropfenmethode
1.1	Bestimmung der Oberflächenspannung nach der Blasendruckmethode
1	Basiswissen zur Oberflächenspannung
1.1	Prinzip der Bestimmung der Oberflächenspannung mittels eines Drahtes (Lecomte du Noüy)
1.1	Die Tropfenmethode
1.1	Die Blasendruckmethode
1	Durchführung
1.1	Die Bestimmung nach Lecomte du Noüy
1.1	Die Tropfenmethode
1.1	Die Blasendruckmethode
1	Messwerte
1.1	Messergebnisse des Tensiometers (Lecomte du Noüy)
1.1	Messergebnisse des Stalagmometers (Tropfenmethode)
1.1	Messergebnisse der Blasendruckmethode
1	Auswertung
1.1	Lecomte du Noüy
1.1.1	Berechnung der Dichte von Propanol
1.1.1	Berechnung der Gibb'schen Adsorptionsisotherme
1.1.1	Berechnung des Bedeckungsgrades
1.1	Tropfenmethode
1.1	Blasendruckmethode
1	Mögliche Fehlerquellen
1.1	Verfahren nach Lecomte du Noüy
1.1	Tropfenmethode
1.1	Blasendruckmethode
1	Diskussion
1.1	Lecomte du Noüy
1.1	Tropfenmethode
1.1	Blasendruckmethode
1	Anwendungsbereiche
1	Quellenverzeichnis

1 Aufgabenstellung

1.1 Bestimmung der Oberflächenspannung nach Lecomte du Noüy

Es sollen mehrere Wasser/ n-Propanol Gemische unterschiedlicher Zusammensetzung mit dem Tensiometer nach Lecomte de Noüy gemessen werden.

Geräte und Chemikalien:

Krüß Tensiometer
Platin Iridium Ring
Eppendorfpipette
7 Maßkolben (100ml)
n-Propanol
VE Wasser

1.1 Bestimmung der Oberflächenspannung mit Hilfe der Tropfenmethode

Geräte und Chemikalien:

Stalagmometer nach Prof. Traube
Bechergläser
Peleusball
Iso-Propanol
VE Wasser

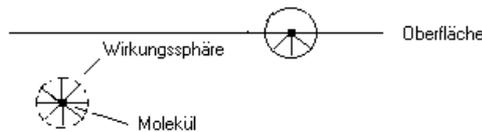
1.3 Bestimmung der Oberflächenspannung nach der Blasendruckmethode

Geräte und Chemikalien:

Lineal
Apparatur siehe Skript Seite 6 Abbildung 6

1 Basiswissen zur Oberflächenspannung

Unter Oberflächenspannung versteht man die Grenzflächenspannung von Festkörpern und Flüssigkeiten gegenüber der Dampfphase bzw. Luft. Während in der Flüssigkeit auf die Moleküle gleiche Anziehungskräfte (zwischenmolekulare Kräfte) aus allen Richtungen wirken, sind diese Kräfte an der Flüssigkeit/Dampf-Grenzfläche nicht ausgeglichen.



Dadurch entsteht eine in die Flüssigkeit gerichtete Kraft, die die Moleküle in die Flüssigkeit zu treiben versucht. Die Flüssigkeit ist bestrebt, ihre Oberfläche zu verringern, weshalb Tropfen, Gasblasen o.ä. Kugelgestalt annehmen. Oberflächenspannung ist also die Kraft, die an Grenzflächen zweier Phasen, speziell aber an Oberflächen von Flüssigkeiten wirkt, und zwar so, dass die Oberfläche minimiert wird. In einer Flüssigkeit herrschen gleichmäßig Anziehungskräfte zwischen den Molekülen, die sogenannten Van der Waals Kräfte. An der Oberfläche aber ist das Molekül nur von einer Seite von anderen Molekülen umgeben, so dass auf sie auch nur von einer Seite aus Kraft ausgeübt wird. Diese Moleküle erfahren dadurch eine Anziehung in das Innere der Flüssigkeit. Um aber Moleküle an die Oberfläche zu bewegen, muss Arbeit gegen diese Kraft, analog zur Hebearbeit gegen die Gravitation verrichtet werden. Daraus lässt sich folgern, dass die potentielle Energie eines Moleküls an der Oberfläche höher ist, als die eines Moleküls im Inneren der Flüssigkeit. Die Oberflächen von Flüssigkeiten verhalten sich deshalb wie eine gespannte, elastische, dünne Haut. Legt man beispielsweise eine Rasierklinge auf die Oberfläche von Wasser, so geht sie trotz ihrer höheren Dichte nicht unter, sondern verweilt auf dieser Haut.



Bei einem stabilem Gleichgewicht der Flüssigkeit ist die potentielle Energie, zu der auch die Oberflächenspannung zählt, sehr gering. Die Oberflächenenergie ist dann sehr gering, wenn sich möglichst wenig Moleküle an der Oberfläche befinden, die Oberfläche also minimiert wurde.

Deshalb sind Tropfen kugelförmig, dann haben sie bei maximalem Volumen minimale Oberfläche. Wenn man die Oberfläche vergrößern will, muss Arbeit verrichtet werden, um neue Moleküle an die Oberfläche zu bringen. Dies kann man zur Messung der Oberflächenspannung nutzen, indem man mit Hilfe eines Drahtes die Oberfläche vergrößert und gleichzeitig die Kraft F misst, die man dazu benötigt (siehe auch Skript, Seite 3, Abb. 2 und 3).

Diese Kraft ist proportional zur Bügellänge l .

Der Quotient σ aus der Arbeit, die zur Vergrößerung der Oberfläche aufgebracht werden muss und die neugebildete Fläche A nennt man Oberflächenspannung:

$$\sigma = W / A$$

Wenn man $W = F \cdot h$ und $A = l \cdot h$ berücksichtigt, so kann man die Oberflächenspannung folgendermaßen definieren:

$$\sigma = F / l$$

Die Oberflächenspannung ist entscheidend für

- die Tropfenbildung (σ definiert die Tropfengröße)
- die Wasseroberfläche (Steighöhen in Kapillaten oder für den Wasserläufer).
- Flüssigkeitslamellen (z.B. Blasen)

Die Oberflächenspannung lässt sich als Kraft pro Länge definieren und hat die Einheit mN/m (10^3 N/m). Unter Oberflächenarbeit versteht man die Arbeit, die nötig ist, um unter isothermen, reversiblen Bedingungen die Oberfläche zu bilden oder zu vergrößern. Unter bestimmten Voraussetzungen entspricht die Oberflächenspannung (Oberflächenenergie) der Freien oder Helmholtz Energie der Oberfläche pro Flächeneinheit. Unmittelbar nach Ausbildung der Oberfläche erhält man Werte der Oberflächenspannung, die vom Gleichgewichtszustand abweichen. Diesen Effekt nennt man dynamisch, den Gleichgewichtswert als stationäre Oberflächenspannung.

Die Oberflächenspannung kann mit folgenden Methoden bestimmt werden:

- Meniskusbildung und Steighöhe in Kapillaren
- Ringmethode nach Lecomte du Noüy
- Wilhelmy Methode: Ermittlung der Kraft, die auf ein in eine Flüssigkeit eintauchendes Pt Plättchen einwirkt.
- Gestalt und Größe liegender und hängender Tropfen
- Blasendruck, der benötigt wird, um eine Blase zu bilden

Die Werte für die Oberflächenspannung bei organischen Flüssigkeiten liegen bei 20°C im allgemeinen zwischen 15 und 40 mN/m, bei Wasser liegt der Wert dagegen bei 73 mN/m und für Quecksilber 435 mN/m. Salzschnmelzen erreichen noch höhere Werte.

Die Oberflächenspannung zeigt sehr deutlich die Wirkungssphäre der Moleküle. Wenn man sich die Moleküle als Kugeln vorstellt, so kann man 3 Fälle auseinanderhalten:

1. Das Molekül befindet sich mitten in der Flüssigkeit.
2. Das Molekül ist nur zu einem bestimmten Teil in der Flüssigkeit, wobei die Wirkungssphäre auch nach Außen wirken kann.
3. Das Molekül befindet sich an der Oberfläche, so dass ein maximaler Teil der Wirkungssphäre zum tragen kommt.

Im ersten Fall heben sich die Kräfte auf, so, dass keine Auswirkungen zu bemerken sind (Gleichgewicht). Im zweiten Fall können die Kräfte der Nachbar Moleküle nicht von allen Seiten auf das Molekül einwirken. Die resultierende Kraft treibt das Molekül in die Flüssigkeit hinein. Im dritten Fall verstärkt sich diese Kraft auf ein Maximum. Die Kraft beginnt also zu wirken, sobald das Molekül an die Oberfläche tritt. Es gibt also ein Schicht auf der Flüssigkeit, die gerade so breit wie der Radius der Moleküle ist. Der Druck, dem die Moleküle ausgesetzt sind, nennt man Kohäsionsdruck. Will man ein Teilchen aus der Mitte an die Oberfläche der Flüssigkeit befördern, so muss man Arbeit verrichten, umgekehrt ist es ein Gewinn von Energie. Die Teilchen, die an der Oberfläche sind, besitzen also eine potentielle Energie. Diese Energie bezeichnet man als Oberflächenenergie. Die Systeme der Natur sind aber bestrebt, ein möglichst geringes Maß an Energie zu beinhalten. Also: Je mehr Teilchen an der Oberfläche sind, um so höher ist die Oberflächenenergie. Der Zustand ist aber ungünstig, weshalb ein solches System bestrebt ist, eine möglichst geringe Oberfläche zu besitzen. Dieses Geringstmaß an Oberfläche nennt man Minimalfläche. Dieses Verhalten ist bei Schwerelosigkeit gut zu beobachten. Entleert man ein Gefäß mit Wasser, so nimmt das Wasser Kugelgestalt an.

1.1 Prinzip der Bestimmung der Oberflächenspannung mittels eines Drahtes (Lecomte du Noüy)

Wenn man auf die zu untersuchende Flüssigkeit einen dünnen fettfreien Draht der Länge l legt, so bildet sich um den Draht eine Flüssigkeitsschicht. Hebt man daraufhin den Draht um die Länge Δs , so haftet die Flüssigkeit an dem Draht. Dadurch vergrößert sich die Oberfläche um den Betrag

$$\Delta A = 2l_1 \cdot \Delta s$$

(Siehe auch Skript Seite 2 Abb. 3). Die Flächenvergrößerung wird dabei durch 2 Flächen $l_1 \cdot \Delta s$ dargestellt. Diese werden im folgenden als l bezeichnet.

$$\Delta A = l \cdot \Delta s$$

Die Arbeit definiert sich als:

$$W = F \cdot \Delta s$$

Die Arbeit ist proportional der Oberflächenspannung σ und der Oberflächenvergrößerung

$$W = \sigma \cdot \Delta A$$

Dann ergibt sich

$$\sigma \cdot \Delta A = F \cdot \Delta s \quad | \quad \Delta A = l \cdot \Delta s$$

$$\sigma \cdot l \cdot \Delta s = F \cdot \Delta s$$

$$\sigma = F / l$$

1.2 Die Tropfenmethode

Diese Messung führt man mit einem Stalagmometer durch. Dies ist eine Pipette, welche als Auslaufrohr eine Kapillare hat. Weiterhin ist das Stalagmometer in der Lage, Tropfen einer definierten Größe auszubilden. Der Schwerpunkt eines sich dort bildenden Tropfens wird durch das sich vergrößernde Volumen und Masse nach unten gezogen. Dabei vergrößert sich auch die Oberfläche. Die Oberflächenspannung wirkt entgegengesetzt. Sobald die Anziehung nach unten größer ist, als die Oberflächenspannung, löst sich der Tropfen ab und fällt runter. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Flüssigkeiten mit geringer Oberflächenspannung kleine Tropfen hervorrufen und Flüssigkeiten mit großer Oberflächenspannung entsprechend größere Tropfen.

Bei der Messung mit einem Stalagmometer handelt es sich um eine Vergleichsmessung mit einer Substanz (z.B. Wasser), dessen Oberflächenspannung bekannt ist.

Z = Tropfenzahl

$$F_{G1} / \sigma_1 = F_{G2} / \sigma_2 \quad F_G = V \cdot \rho \cdot g / z$$

Daraus ergibt sich

$$F_G = \frac{\sigma_1 \cdot z_1}{\rho_1} = \frac{\sigma_2 \cdot z_2}{\rho_2}$$

1.3 Die Blasendruckmethode

Zwischen den Molekülen der Flüssigkeit und denen eines festen Körpers herrschen Adhäsionskräfte. Sind diese Adhäsionskräfte größer, als die Kohäsionskräfte, so ist die Flüssigkeit bestrebt, diesen Körper mit einer Flüssigkeitsschicht zu benetzen. Dies ist der Grund, weshalb Flüssigkeiten in einer Kapillare aufsteigen. Steigt die Flüssigkeit nun bis zu einer bestimmten Höhe, so ist davon auszugehen, dass in dieser Position Gewichtskraft und die an der Oberflächenspannung wirksame Oberflächenkraft im Gleichgewicht sind.

$$F_o = \sigma \cdot l \\ = \sigma \cdot 2 \cdot \pi \cdot R$$

Die Gewichtskraft F_G der Flüssigkeitssäule errechnet sich als Produkt aus Masse und Erdbeschleunigung

$$F_G = m \cdot g \\ = V \cdot \rho \cdot g \\ = \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

Nach der Überlegung, dass die durch die Oberflächenspannung wirksam werdende Oberflächenkraft der Gewichtskraft der Flüssigkeitssäule das Gleichgewicht hält, gilt:

$$\sigma \cdot 2 \cdot \pi \cdot r = r^2 \cdot \pi \cdot h \cdot g \cdot \rho$$

Auf diesen Kapillareffekt basiert die Blasendruckmethode.

Bei dieser Methode wird in einer Kapillare ein Überdruck erzeugt. Sobald der Druck eine bestimmte Grenze übersteigt, treten an der Öffnung der Kapillare Blasen aus. Um die Oberflächenspannung zu bestimmen, muss der Druck, der besteht, wenn die Blasen gerade versiegen, bekannt sein. In diesem Zustand besteht dann ein Gleichgewicht der wirkenden Kräfte.

Um die Formel herzuleiten, nehmen wir die Oberfläche als kugelförmig gekrümmt an. An der Oberfläche wirken Kräfte, die in das Innere der Flüssigkeit gerichtet sind. Wenn man nun die Oberflächenspannung an einem bestimmten Punkt berechnen will, so muss man in diesem Punkt die Flächennormale errichten. Durch die Flächennormale werden Ebenen gelegt, die Schnittkurven mit der Fläche bilden. Dadurch entstehen 2 Schnittkurven.

$$\sigma \cdot 2 \cdot \pi \cdot r = \pi \cdot r^2 \cdot \rho$$

$$\sigma = \frac{1}{2} \cdot r \cdot \rho$$

$$= \frac{1}{2} \cdot r \cdot g$$

$$= \frac{1}{2} \cdot r \cdot g \cdot (h_1 \cdot \rho_A - h_2 \cdot \rho_B)$$

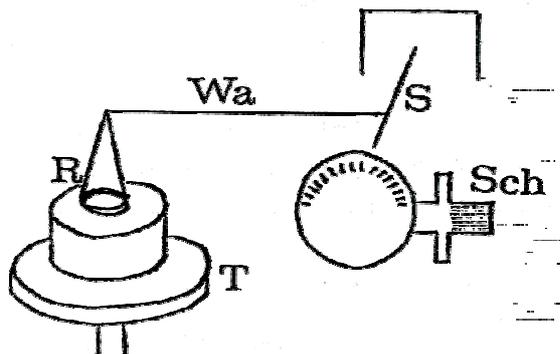
Man erkennt, dass die so ermittelten Werte keine Bezugsgröße sind, weshalb man für Vergleichsmessungen die konstante Stoffmenge $n = 1 \text{ mol}$ nutzt.

3 Durchführung

3.1 Die Bestimmung nach Lecomte du Noüy

Man stellt 5 Wasser / n-Propanol Gemische her (1, 2, 4, 6, 8, 10 ml n-Propanol pro 100 ml.

Tensiometer:



R: Pt – Ir Ring (fettfrei !)
T: Tisch
Wa: Waagarm
S: Saite
Sch: Schraube

Die Oberflächenspannung bestimmt man, indem man den Pt – Ir Ring in die zu untersuchende Flüssigkeit taucht. Nun dreht man an der Schraube (Sch). Es ist darauf zu achten, dass der Waagarm waagrecht durch senken des Tisches (T) ist. Durch das langsame herausziehen aus der Flüssigkeit, bildet sich eine Lamelle, die letztendlich reißt. Die beim Abreißen der Lamelle angezeigte Kraft, entspricht der, die der Pt – Ir Ring benötigte, um die Oberflächenspannung zu überwinden. Dieser Wert wird protokolliert.

3.2 Die Tropfenmethode

Als erstes wird das Stalagmometer gründlich mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gespült. Daraufhin saugt man mit einem Peleusball die Flüssigkeit über die Marke hinaus an. Schliesslich nimmt man den Peleusball ab und zählt ab der 1. Marke die Anzahl der Tropfen, bis der Meniskus die 2. Marke passiert hat. Gemessen wurden 3 mal Wasser und 3 mal 2-Propanol.

3.3 Die Blasendruckmethode

Mittels eines Thermostaten wird die jeweilige Temperatur eingestellt. Die genaue Temperatur ist an einem Thermometer abzulesen.

Zur Messung wurde der Magnetrührer ausgeschaltet und die Höhe h_2 ermittelt. Daraufhin wurde mit einem Gummiball Luft in das System geblasen. Es ist zu beobachten, dass Gasblasen aus dem Rohr im Wasser entweichen und der Pegel im rechten Glasrohr ansteigt. Sobald der Austritt von Gasblasen unterbleibt, notiert man den Wert für h'_1 und h''_1 . Diese Prozedur führt man 5 mal pro Temperatur durch.

Daraufhin stellt man die nächste Temperatur ein (ca. 5°C höher).

4 Messwerte

Raumtemperatur: 293,15K das entspricht 20°C
rel. Luftfeuchte: 70 %
Luftdruck: 755 Torr

4.1 Messergebnisse des Tensiometers (Lecomte du Noüy)

Oberflächenspannung von Wasser

Messung	1	2	3	4	5
Oberflächenspannung in mN/m	69,5	69,9	69,9	70,0	70,0

Mittelwert: 69,9

Oberflächenspannung von 1 ml n-Propanol / 100 ml

Messung	1	2	3	4	5
Oberflächenspannung in mN/m	62,8	62,7	62,7	62,8	62,7

Mittelwert: 62,7

Oberflächenspannung von 2 ml n-Propanol / 100 ml

Messung	1	2	3	4	5
Oberflächenspannung in mN/m	57,0	56,8	56,8	56,7	56,9

Mittelwert: 56,8

Oberflächenspannung von 4 ml n-Propanol / 100 ml

Messung	1	2	3	4	5
Oberflächenspannung in mN/m	50,5	50,6	50,5	50,5	50,5

Mittelwert: 50,5

Oberflächenspannung von 6 ml n-Propanol / 100 ml

Messung	1	2	3	4	5
Oberflächenspannung in mN/m	46,2	46,1	46,0	46,0	46,0

Mittelwert: 46,1

Oberflächenspannung von 8 ml n-Propanol / 100 ml

Messung	1	2	3	4	5
Oberflächenspannung in mN/m	41,8	41,8	41,8	41,8	41,8

Mittelwert: 41,8

Oberflächenspannung von 10 ml n-Propanol / 100 ml

Messung	1	2	3	4	5
Oberflächenspannung in mN/m	38,9	38,9	38,9	38,9	38,9

Mittelwert: 38,2

4.2 Messergebnisse des Stalagmometers (Tropfenmethode)

Messung	1	2	3
Tropfenzahl von Wasser	57	57	58
Tropfenzahl von n-Propanol	137	137	135

Mittelwert: 57.3

Mittelwert: 135.2

4.3 Messergebnisse der Blasendruckmethode

Temperatur: 18 °C

Messung	1	2	3	4	5
h1'' in cm	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1

Mittelwert: 19,1

Temperatur: 23 °C

Messung	1	2	3	4	5
h1'' in cm	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0

Mittelwert: 19,0

Temperatur: 28 °C

Messung	1	2	3	4	5
h1'' in cm	18,9	18,9	19,0	18,9	18,9

Mittelwert: 18,9

Temperatur: 33 °C

Messung	1	2	3	4	5
h1'' in cm	18,5	18,7	18,9	18,8	18,9

Mittelwert: 18,8

Temperatur: 38 °C

Messung	1	2	3	4	5
h1'' in cm	18,5	18,5	18,5	18,6	18,7

Mittelwert: 18,6

Temperatur: 42 °C

Messung	1	2	3	4	5
h1'' in cm	18,4	18,3	18,3	18,3	18,3

Mittelwert: 18,3

Temperatur: 48 °C

Messung	1	2	3	4	5
h ₁ '' in cm	18,3	18,4	18,3	18,2	18,4

Mittelwert: 18,3

Temperatur: 53 °C

Messung	1	2	3	4	5
h ₁ '' in cm	18,1	18,0	18,1	18,1	18,1

Mittelwert: 18,1

h₁' war während der ganzen Messung konstant: 4,6 cm

h₂ = 1 cm

5 Auswertung

5.1 Lecomte du Noüy

5.1.1 Berechnung der Dichte von Propanol

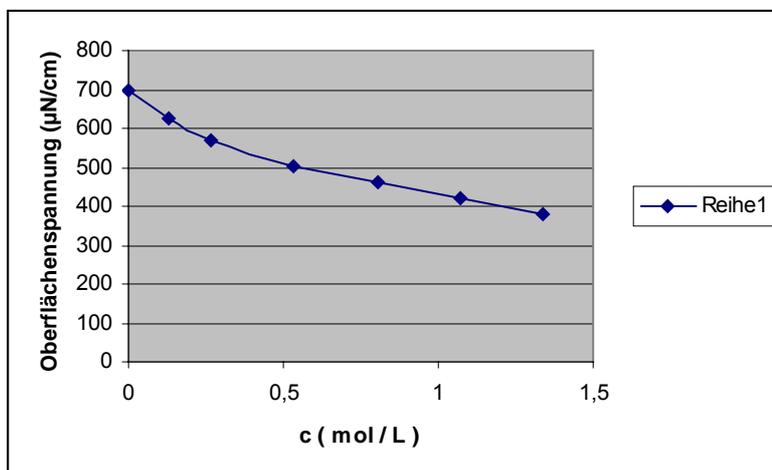
$$\rho = m/V \qquad m = V \cdot \rho$$

$$\rho = 0,8035 \text{ g/cm}^3 \text{ bei } 20^\circ\text{C}$$

$$M_{\text{Propanol}} = 60,11 \text{ g/mol}$$

$$C_{\text{Propanol}} = V_{\text{Propanol}} \cdot \rho_{\text{n-propanol}} / M_{\text{Propanol}} \cdot V_{\text{Gemisch}}$$

c [mol/l]	σ [μN/cm]
0	699
0,1315	627
0,2673	568
0,5347	505
0,8020	461
1,0694	418
1,3367	382



5.1.2 Berechnung der Gibb'schen Adsorptionsisotherme

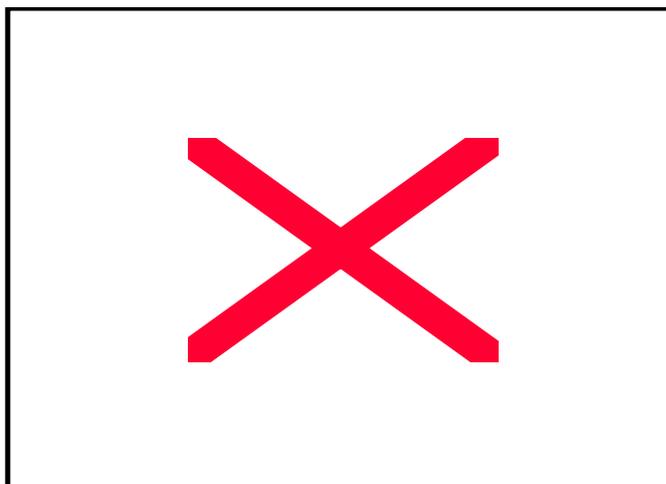
Die Gibbsche Adsorptionsisotherme stellt eine Beziehung her zwischen der Oberflächenspannung und den Grenzflächenüberschußkonzentrationen.

Die Steigung der Kurve $\sigma = f(c)$ kann über die erste Ableitung der Kurvengleichung bestimmt werden.

Kurvengleichung: $\sigma = -a \cdot \ln(b \cdot c + d)$ (siehe auch: Skript S. 12 ; Gl. 25)

$$\sigma / -a = \ln(b \cdot c + d) \quad e^{-\sigma/a} = b \cdot c + d \Rightarrow y = f(c) \quad a = -15 \text{ mN/m}$$

C [mol/l]	$e^{(-\sigma/a)}$ [y]	σ [$\mu\text{N/cm}$]
0	0,0095	69,9
0,1337	0,0153	62,7
0,2674	0,0227	56,8
0,5348	0,0345	50,5
0,8021	0,0463	46,1
1,0695	0,0616	41,8
1,3369	0,0783	38,2



Erste Ableitung der Kurvengleichung

$$\sigma' = d\sigma / dc = (-a \cdot b) / (b \cdot c + d)$$

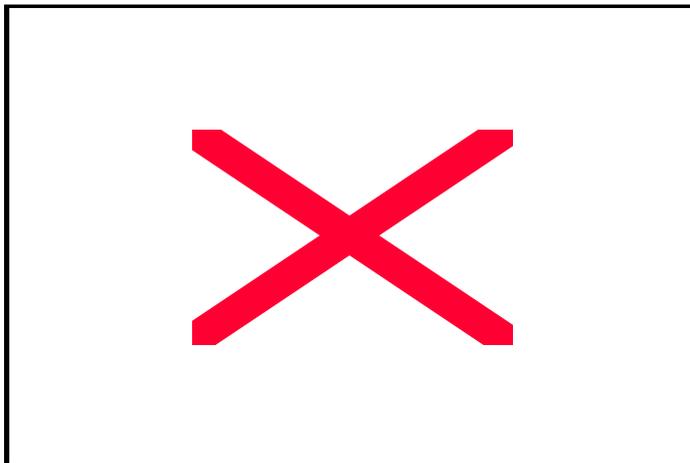
$$\Gamma = -a/RT (c \cdot b) / (b c + d) \quad R = \text{molare Gaskonstante} = 8,314510 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

5.1.3 Berechnung des Bedeckungsgrades

$$\theta = \Gamma \cdot N_A \cdot A \cdot 100\% \quad N_A = 6,0221367 \cdot 10^{23} \text{ m}^2 \text{ Avogadrokonstante}$$

$$A = 2,7 \cdot 10^{-19} \text{ m}^2$$

c [mol/l]	Bedeckungsgrad in %
0	0
0,1337	30,13
0,2674	36,93
0,5349	44,60
0,8023	46,07
1,0698	46,12
1,3372	45,56



5.2 Tropfenmethode

Messung	1	2	3
Tropfenzahl von Wasser	57	57	58

Mittelwert: 57.3

$$\rho_{\text{Wasser}} = 0,998203 \text{ g/ml}$$

$$\sigma = 72,583 \text{ mN/m}$$

$$\rho_{\text{iso}} = 0,786 \text{ g/cm}^2 \text{ (siehe: Taschenbuch Chemische Substanzen, S. 867)}$$

Berechnung von $\sigma_{\text{iso-Propanol}}$

$$\sigma_{\text{iso}} = Z_1 \cdot \rho_{\text{iso}} \cdot \sigma_{\text{H}_2\text{O}} / Z_2 \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\sigma_{\text{iso}} = 24,22 \text{ mN/m}$$

$$\text{Literaturwert: } 24,4 \text{ mN/m}$$

5.3 Blasendruckmethode

Berechnung des Kapillarradius

$$r = 2 \cdot \sigma / g \cdot \Delta h \cdot \rho \text{ (siehe Skript S. 8)}$$

$$r = 1,022 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$$

$$\sigma = 1/2 \cdot g \cdot r \cdot (\Delta h_1 \cdot \rho_{25^\circ\text{C}} - h_2 \cdot \rho_{20^\circ\text{C}})$$

$$\sigma = 72,59 \text{ mN / m}$$

Ergebnisse siehe folgende Tabelle

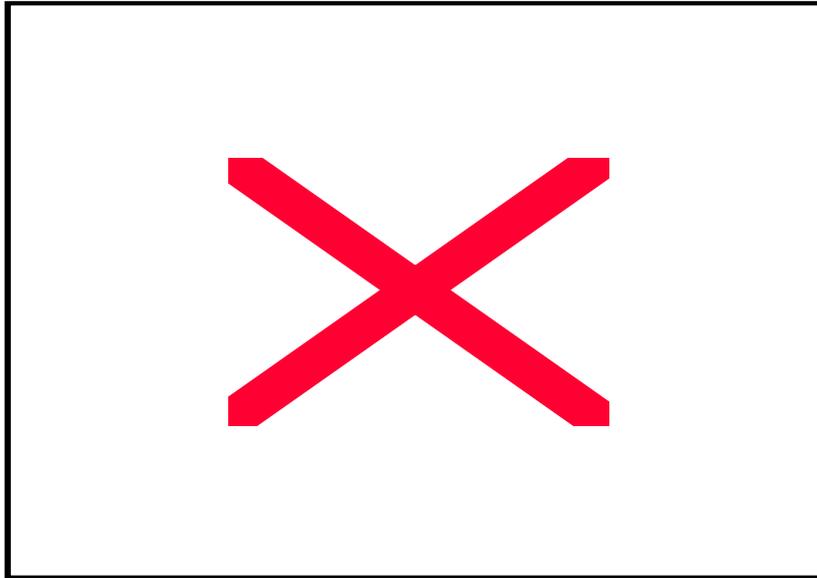
Berechnung von σ_m

$$\sigma_m = \sigma \cdot V_m^{2/3} \quad [] = 10^{-7} \text{ J / mol}^{2/3}$$

$$V_m = M / \rho \quad M_{\text{H}_2\text{O}} = 18,0152 \text{ g/mol}$$

$$\sigma_m = 499,45 \cdot 10^{-7} \text{ J/mol}^{2/3}$$

D h1	T [°C]	Dichte des Wassers [g/cm]	Oberflächen spannung [N/cm]	V_m [g /mol]	V_m	m [N/cm]
14,5	18	0,998595	72,59	18,04	6,88	499,42
14,4	23	0,997537	71,99	18,06	6,88	495,29
14,3	28	0,996231	71,37	18,08	6,89	491,74
14,2	33	0,994730	70,72	18,11	6,90	487,97
14,0	38	0,992990	69,57	18,14	6,90	480,03
13,7	42	0,991470	67,94	18,19	6,92	470,14
13,7	48	0,988960	67,71	18,17	6,93	469,23
13,5	53	0,986690	66,51	18,26	6,93	460,91



Die Steigung der Ausgleichsgeraden ähnelt der Eötvös-Konstante
 $k\sigma = -1,0003 \cdot 10^{-7} \text{ J/mol}^{2/3} \cdot \text{K}$ (graphische Bestimmung)

rechnerischer $k\sigma$

$$\sigma_m = k\sigma \cdot [(T_{\text{krit}} - T_{\text{korr}}) - T] \quad \begin{array}{l} T_{\text{krit}} = 647,4\text{K} \\ T_{\text{korr}} = 6\text{K} \end{array}$$

$$k\sigma = 5,79 \cdot 10^{-7} \text{ J/mol}^{2/3} \cdot \text{K}$$

6 Mögliche Fehlerquellen

6.1 Lecomte du Noüy

- Fehler beim pipettieren
- Ablesungsgenauigkeit nicht ausreichend
- Rundungsfehler → Fortpflanzung der Fehler
- fettiger oder verformter Pt-Ir Ring

6.2 Tropfenmethode

- Ablesegenauigkeit
- Vervielfachung der Fehler, da Vergleichsmethode

- Zählfehler

6.3 Blasendruckmethode

- Ablesegenauigkeit nicht ausreichend
- h_2 Ablesung sehr ungenau

7 Diskussion

7.1 Lecomte du Noüy

Die Gibb'sche Adsorptionsisotherme steigt mit der Zugabe des org. Reagenzes an, strebt aber gegen eine Grenze, was bedeutet, dass ab einer bestimmten Konzentration die molare Oberflächenspannung immer weniger sinkt.

7.2 Tropfenmethode

Der ermittelte Wert von 24,22 mN/m liegt erstaunlich dicht am Literaturwert von 24,4 mN/m.

7.3 Blasendruckmethode

Leider stimmt der ermittelte Wert nicht mit der Eötvös Konstante überein. Möglich Ursachen siehe Mögliche Fehlerquellen.

8 Anwendung

Die Senkung der Oberflächenspannung durch Tenside wird in Seifen und Waschmitteln ausgenutzt. Schmutzpartikel werden mit Hilfe der Tenside besser benetzt, und Fetttropfen werden in Form grosser Mizellen gelöst. Wenn es sich um makroskopische Mizellen handelt, spricht man von kolloidalen Lösungen.

Ein Beispiel eines biologischen Tensids ist das Kasein, welches für die Suspendierung der Fetttropfen in der Milch verantwortlich ist. Durch Ansäuern wird dieses Phosphoprotein, welches in anionischer Form vorliegt (Ca Salz), ausgefällt, was zur Gerinnung der Milch führt. Biologische Membranen bestehen ebenfalls aus oberflächenaktiven Molekülen (Phospholipide, Glykolipide und Cholesterin). Die hydrophilen Gruppen sind dabei ionische Phosphatreste und Zucker, die hydrophoben Gruppen sind meistens Fettsäureketten.

Auch in der Landwirtschaft sind Netzmittel von Bedeutung. Durch Absenken der Oberflächenspannung können flüssige Düngemittel die Pflanzen besser benetzen und somit besser wirken. Man spart so ebenfalls Düngemittel ein, da weniger benötigt wird.

Bei der Entwicklung von Negativen in der Fotografie. Ein Netzmittelkonzentrat garantiert ein gleichmäßiges Ablaufen des Wassers ohne Tropfenbildung.

9 Quellenverzeichnis

- Wilmes ; Taschenbuch Chemischer Substanzen ; Harri Deutsch Verlag
- D´ans Lax ; Taschenbuch für Chemiker und Physiker ; Springer Verlag
- Küster Thiel ; Rechentafeln
- Autorenkollektiv ; ABC Natur Wissenschaft und Technik ; Brockhaus
- Römpp ; Chemielexikon
- Moore / Hummel ; Physikalische Chemie ; de Gruyter
- Atkins ; Einführung in die Physikalische Chemie ; VCH