



# PROTOKOLL PHYSIKALISCHE CHEMIE

## Oberflächenspannung an Grenzflächen

Gruppe 3.2 (BCUC4)

### Teilnehmer:

Roman-Luca Zank

<b>Protokollführer:</b>	Roman-Luca Zank
<b>Datum der Versuchsdurchführung:</b>	11.06.2020
<b>Abgabedatum:</b>	22. Juni 2020
<b>Status:</b>	Erstabgabe

Merseburg den 22. Juni 2020

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Versuchsziel</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Versuchsdurchführung</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Fehlerbetrachtung</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Fazit</b>	<b>8</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>9</b>
	<b>Anhang</b>	<b>10</b>

# 1 Einleitung und Versuchsziel

Im Praktikumsversuch „Oberflächenspannung an Grenzflächen“ werden verschiedene, wässrige Proben auf ihre Oberflächenspannung untersucht. Zudem ist die Temperaturabhängigkeit der Oberflächenspannung mit Hilfe von Wasser zu analysieren.

Die Vorgänge an Grenzflächen sind von großer Bedeutung für Prozesse mit Phasenwechsel. Um diese charakterisieren und weitere rechnerische Vorhersagen treffen zu können, ist die Oberflächenspannung ein entscheidender Bestandteil für diese Beschreibungen.

## Theoretische Grundlagen

### Kohäsions- und Adhäsionskräfte

Zwischen Teilchen in einer flüssigen Phase herrschen Wechselwirkungskräfte. Diese sind bedingt durch Anziehungskräfte der Teilchen untereinander in der Flüssigkeit. Für homogen verteilte Teilchen innerhalb der flüssigen Phase resultiert, aufgrund der geringen Reichweite dieser Kräfte, eine Gesamtkraft von null. Betrachtet man die Teilchen, welche sich direkt an der Phasengrenze der Flüssigkeit befinden, so ist dieser zuvor beschriebene Zusammenhang ungültig. Da auf diese Grenzteilchen, auch BULK-Teilchen genannt, auch Kräfte aus der benachbarten Phase und nicht nur aus der eigenen Phase wirken, können hier resultierende Kräfte größer oder kleiner null sein. Diese resultierende Kraft steht in diesem Fall senkrecht zur Grenzfläche. Im Folgenden wird für die Beschreibung von Kräften innerhalb der stoffeigenen Phase von Kohäsions- und Kräften zwischen Phasen von Adhäsionskräften gesprochen. Sind die Adhäsionskräfte signifikant größer als die Kohäsionskräfte so maximiert die betrachtete Flüssigkeit ihre Oberfläche der Grenzschicht. Die resultierende Kraft wirkt hierbei entgegengesetzt zum Phaseninneren der Flüssigkeit. Wirkt die resultierende Kraft in das Phaseninnere so sind die Kohäsionskräfte größer als die Adhäsionskräfte und die Grenzfläche der Flüssigkeit ist versucht ihre Oberfläche zu minimieren.

### Ringmethode nach Du Noüy

Die Abreißmethode nach DU NOÜY wird zur Bestimmung von Oberflächenspannungen von  $v-l$ - sowie  $l-l$ -Systemen genutzt. Bei dieser Methode wird mittels Torsionswaage die wirkende Kraft beim langsamen Herausziehen eines Platin-Iridium-Ringes, welcher in die Flüssigkeit eingetaucht wird. Die wirkende Kraft am Ring wird nun solange erhöht bis die Benetzung der Flüssigkeit abreißt. Die letzte maximal wirkende Kraft entspricht dann der Oberflächenspannung.

Das angehobene Flüssigkeitsvolumen durch Ring und Torsionswaage wirkt dabei der angelegten Kraft am Ring entgegen. Für die Oberflächenspannung ergibt sich dann:

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{4 \cdot \pi \cdot R_{\text{mittel}}} \quad (1)$$

Zu beachten gilt es, dass für die Gleichung (1) die Annahme getroffen, dass ein idealer Zylinder angehoben wird. In der Realität zeigt sich, jedoch ein gekrümmtes Volumen, welches in die Berechnung mit einbezogen werden muss (siehe Abb. 1).

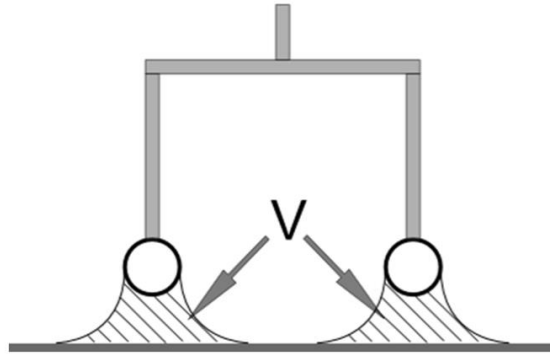


Abb. 1: Schematische Darstellung des tatsächlich angehobenen Flüssigkeitsvolumens

Im Rahmen des Praktikums erfolgt diese Einbeziehung anhand eines Korrekturfaktors. Dafür wird über den Mittelwert der gemessenen Oberflächenspannung, für ein bestimmtes Stoffsystem, einer bestimmten Temperatur  $\sigma$  und dem zugehörigen theoretischen Wert der Oberflächenspannung  $\sigma^*$  ein Verhältnis gebildet. Der Korrekturfaktor  $K$ .

$$K_{kal} = \frac{\bar{x}}{x_{\text{theor.}}} \quad (2)$$

$$K_{kal} = \frac{\sigma^*}{\sigma}$$

**Mittelwert:**

$$\bar{x} = \frac{\sum_{n=1}^N x_n}{N} \quad (3)$$

**Standardabweichung:**

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (4)$$

**relative Standardabweichung:**

$$s_{rel} = \frac{s}{\bar{x}} \quad (5)$$

**Ausreißertest:**

$$\text{obere Grenze} = \bar{x} + 3 \cdot s \quad (6)$$

$$\text{untere Grenze} = \bar{x} - 3 \cdot s \quad (7)$$

## 2 Versuchsdurchführung

Für den Versuch zur Oberflächenspannung-Bestimmung wurde das TENSIO-METER K6 der Firma KRÜSS verwendet. Mithilfe eines bereitgestellten Platin-Iridium-Ringes und mittels Thermostat konstant temperierten Messgefäß wurde die Oberflächenspannung rein mechanisch gemessen.

Vor dem Versuch ist das entsprechende Messgefäß mit Aceton zu spülen gewesen und Geometrie des Ringes zu prüfen. Zu beachten gilt es hierbei keine faserigen Tücher oder vergleichbare Materialien zu nutzen, um Messfehler zu vermeiden. Ist das passiert ist noch auf die Ausrichtung des Messgerätes zu achten. Dies kann mit Hilfe von Stellschrauben in präzise, waagerechte Position gebracht werden. Nach Treffen dieser Vorbereitungen kann die Messung gestartet werden. Hierfür wird der Ring auf die Oberfläche der Probe abgesetzt und die Skala des Messgerätes mittel Stellschrauben und Handrad tariert. Der Probenstisch wird nun soweit abgesenkt und die Kraft auf die Probe mittels Handrad zusätzlich erhöht bis die am Ring haftende Flüssigkeit abreißt. Es ist zu beachten, dass dabei im Kreuz der schwarz-weißen Markierung des Herstellers gearbeitet wird.

Dieses Vorgehen wird im ersten Versuchsteil für bidestilliertes und auf 20 °C temperiertes Wasser für die Korrekturfaktorbestimmung angewendet. Im zweiten Versuchsteil erfolgt dann die Messung verschiedener selbst angesetzter Proben. In diesem Fall umfassen die Proben eine Kochsalzlösung ( $0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ ), Ethanol ( $0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ ) und eine Natriumdodecylsulfat-Lösung ( $0,001 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ ). Im dritten Versuchsteil wird dann die Temperaturabhängigkeit der Oberflächenspannung, zwischen 20 – 60 °C, mittels Thermostat und Wasser analysiert.

# 3 Ergebnisse

## Einwagen der Stoffproben

Tab. 1: Einwaagen der Stoffproben

Stoff	c in mol/L	rho g/cm <sup>3</sup>	molare Masse g/mol	Masse g
Ethanol	0,1	0,7995	46,07	0,461
NaCl	0,1	1,0025	58,44	0,584
NaDDS	0,001	1,0002	288,38	0,029

## Bestimmung des apparativen Korrekturfaktors

Tab. 2: Kalibrierpunkte für die Bestimmung des Korrekturfaktors  $K_{\text{kal}}$

$T$ in [°C]	$\sigma$ in $\frac{\text{mN}}{\text{m}}$
20 °C	69,8
20 °C	69,8
20 °C	69,9
20 °C	69,9
20 °C	70,0
20 °C	70,0
20 °C	70,0
20 °C	70,0
20 °C	70,0
20 °C	70,0
Mittelwert	69,9
Standardabweichung	0,08
relative Standardabweichung	0,12 %
Korrekturfaktor $K_{\text{kal}}$	1,041

$$\begin{aligned}
 K_{\text{kal}} &= \frac{\sigma^*}{\bar{\sigma}} \\
 &= \frac{72,8 \frac{\text{mN}}{\text{m}}}{69,9 \frac{\text{mN}}{\text{m}}} \\
 &= \underline{1,041}
 \end{aligned} \tag{8}$$

## Bestimmung des stofflichen Korrekturfaktors und Korrektur der aufgenommenen Messwerte

Um neben der Korrektur des Apparates auch die Korrektur für eine andere Lösung einberechnen zu können wird mit Hilfe einer Korrekturtabelle ein zusätzlicher Faktor für die zu untersuchenden Proben eingeführt (siehe Anhang, Abschnitt 6). Eine Berechnung der Oberflächenspannung folgt daher der Gleichung (9).

$$\sigma = \sigma^* \cdot K_{\text{kal}} \cdot K \quad (9)$$

Tab. 3: Korrekturfaktoren der Stoffproben

Stoff	Dichtefaktor	$\sigma$ gemessen in $\left[\frac{\text{mN}}{\text{m}}\right]$	K
NaCl	1,0	68,25	0,995
Ethanol	0,8	64,42	1,006
NaDDS	1,0	40,14	0,954

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma^* \cdot K_{\text{kal}} \cdot K \\ \sigma_{\text{Ethanol,1,korr.}} &= 68,80 \frac{\text{mN}}{\text{m}} \cdot 1,041 \cdot 0,995 \\ &= \underline{71,22 \frac{\text{mN}}{\text{m}}} \end{aligned} \quad (10)$$

Tab. 4: Oberflächenspannungen und statistische Kennwerte für die zu untersuchenden Proben

Nr.	NaCl	NaCl (korr.)	Ethanol	Ethanol (korr.)	NaDDS	NaDDS (korr.)
1	68,80	71,22	65,00	68,06	39,00	38,73
2	68,00	70,39	64,50	67,54	40,00	39,72
3	68,50	70,91	64,40	67,44	40,80	40,51
4	68,10	70,49	63,50	66,49	41,00	40,71
5	68,50	70,91	64,50	67,54	40,80	40,51
6	68,00	70,39	64,60	67,65	41,00	40,71
7	68,00	70,39	63,50	66,49	40,80	40,51
8	68,50	70,91	64,60	67,65	39,00	38,73
9	67,90	70,29	64,80	67,85	39,00	38,73
10	68,20	70,60	64,80	67,85	40,00	39,72
Mittelwert in $\left[\frac{\text{mN}}{\text{m}}\right]$	68,25	70,65	64,42	67,46	40,14	39,86
StaAbW in $\left[\frac{\text{mN}}{\text{m}}\right]$		0,31		0,54		0,86
Ausreißer+ in $\left[\frac{\text{mN}}{\text{m}}\right]$		71,59		69,08		42,43
Ausreißer- in $\left[\frac{\text{mN}}{\text{m}}\right]$		69,71		65,84		37,28
relat. StaAbW in [%]		0,44		0,80		2,15

Tab. 5: Messdaten der Oberflächenspannung von Wasser für verschiedene Temperaturen

$T$ in [°C]	$\sigma$	$\sigma_{\text{kor.}}$
20	69,8	72,7
20	69,8	72,7
20	69,9	72,8
20	69,9	72,8
20	70,0	72,9
20	70,0	72,9
20	70,0	72,9
20	70,0	72,9
20	70,0	72,9
20	70,0	72,9
30	69,0	71,8
30	69,0	71,8
30	69,0	71,8
35	68,2	71,0
35	68,4	71,2
35	68,5	71,3
40	67,8	70,6
40	67,8	70,6
40	68,0	70,8
49	66,0	68,7
49	66,5	69,2
49	67,0	69,7

Tab. 6: Mittelwerte der temperaturabhängigen Oberflächenspannungen

$T$ in [°C]	$\sigma$ in $\left[\frac{\text{mN}}{\text{m}}\right]$	Standardabweichung in $\left[\frac{\text{mN}}{\text{m}}\right]$	rel. StaAbW in [%]	Ausreißer + in $\left[\frac{\text{mN}}{\text{m}}\right]$	Ausreißer - in $\left[\frac{\text{mN}}{\text{m}}\right]$
20	72,8	0,09	0,12	73,1	72,5
30	71,8	0,00	0,00	71,8	71,8
35	71,2	0,16	0,22	71,6	70,7
40	70,6	0,12	0,17	71,00	70,3
49	69,2	0,52	0,75	70,8	67,7



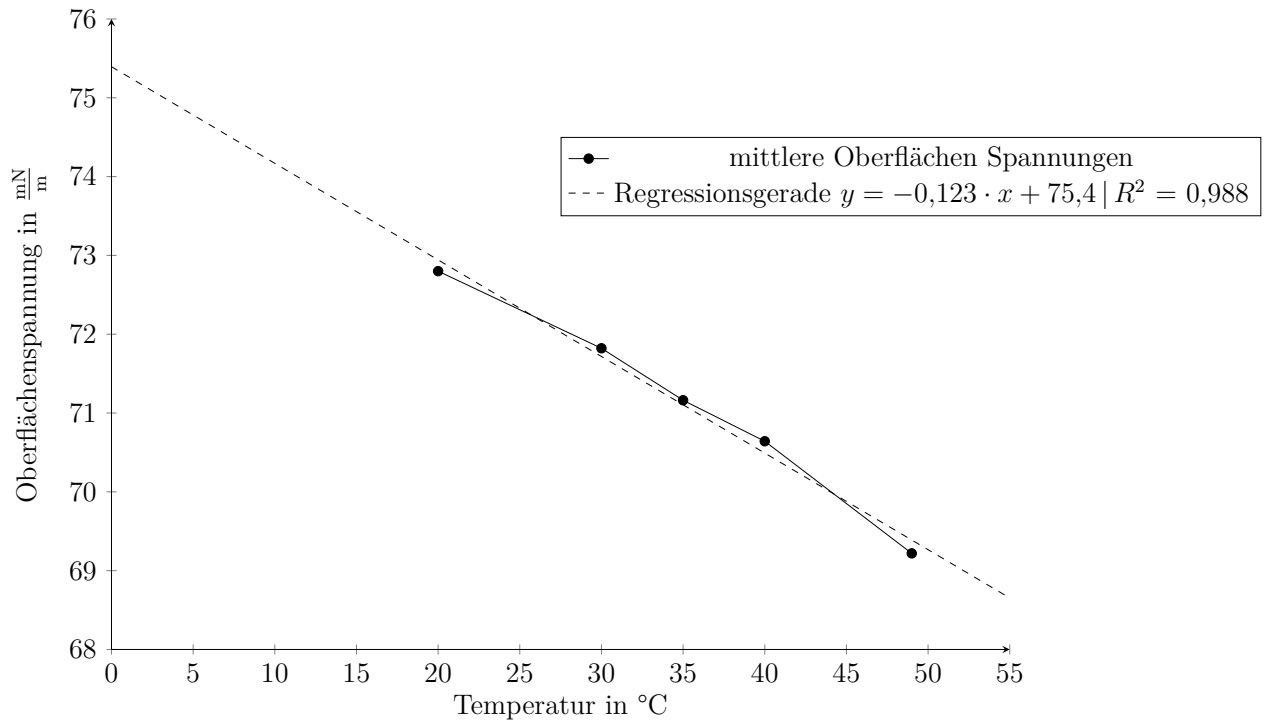


Abb. 2: Oberflächenspannung des Wassers in Abhängigkeit der Temperatur

Beschreibung der Ergebnisse mit Verlauf erklären und statistischer Bewertung

## 4 Fehlerbetrachtung

Fehlerbetrachtung

## 5 Diskussion der Ergebnisse

Diskussion der Ergebnisse

## 6 Zusammenfassung und Fazit

Fazit schreiben

# Literatur

# Anhang