



universität
uulm

Praktikum Physik für Naturwissenschaftler

Bericht zum Versuch

Oberflächenspannung

Durchgeführt am 22. Januar 2024

Gruppe 6

Moritz Wieland und **Dominik Beck**
(moritz.wieland@uni-ulm.de) (dominik.beck@uni-ulm.de)

Betreuer:

Wir bestätigen hiermit, dass wir die Ausarbeitung selbständig erarbeitet haben und detaillierte Kenntnis vom gesamten Inhalt besitzen.

_____ und _____
Moritz Wieland Dominik Beck

Inhaltsverzeichnis

Kapitel	1 Einleitung	Seite 2
Kapitel	2 Versuchsdurchführung und Auswertung	Seite 3
	2.1 Versuch 1 - Oberflächenspannung von Wasser und Ethanol mit der Abreißmethode Aufbau — 3 • Auswertung — 4 • Diskussion — 4	3
	2.2 Versuch 2 - Oberflächenspannung von Tensidlösungen mit der Abreißmethode Aufbau — 4 • Auswertung — 4 • Diskussion — 5	4
	2.3 Versuch 3 - Oberflächenspannung von Wasser und SDS-Lösung mit der Kapillarmethode Aufbau — 6 • Auswertung — 6 • Diskussion — 9	6
Kapitel	4 Literaturverzeichnis	Seite 10

1 Einleitung

Die Charakterisierung der Oberflächenspannung von Flüssigkeiten, insbesondere des Wassers, stellt eine bedeutende Aufgabe in der physikalischen Chemie dar. Die Oberflächenspannung ist ein essenzielles Maß für die Fähigkeit einer Flüssigkeit, ihre Oberfläche zu minimieren und spielt eine entscheidende Rolle in zahlreichen naturwissenschaftlichen Phänomenen. In diesem Versuchsprotokoll konzentrieren wir uns auf die präzise Bestimmung der Oberflächenspannung von Wasser unter verschiedenen experimentellen Bedingungen.

Die Abreißmethode, bei der ein Ring aus der Flüssigkeit gezogen wird, ermöglicht es, die Kraft zu messen, die erforderlich ist, um zusätzliche Oberfläche in Form einer zylinderförmigen Flüssigkeitslamelle zu erzeugen. Durch diese Methode lassen sich präzise Informationen über die Oberflächenspannung gewinnen. Zudem wird die Steighöhe des Wassers in Kapillaren unterschiedlicher Dicke als alternative Methode zur Bestimmung der Oberflächenspannung herangezogen.

Ein weiterer Fokus dieses Protokolls liegt auf dem Einfluss von Substanzen, insbesondere Ionen und Tensiden, auf die Oberflächenspannung des Wassers. Diese Untersuchungen werden mithilfe der Abreißmethode durchgeführt, um Erkenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen den Molekülen und der Oberfläche der Flüssigkeit zu gewinnen.

Darüber hinaus analysieren wir das Benetzungsverhalten von Wasser auf verschiedenen Oberflächen, indem wir den Kontaktwinkel bestimmen. Diese Untersuchung ermöglicht es, die Wechselwirkungen zwischen der Flüssigkeit und der Oberfläche zu charakterisieren, was für verschiedene Anwendungen in den Materialwissenschaften und der Oberflächenchemie von hoher Relevanz ist. Durch die Zusammenführung dieser experimentellen Ansätze streben wir eine umfassende und präzise Charakterisierung der Oberflächenspannung des Wassers und ihrer Einflussfaktoren an.

2 Versuchsdurchführung und Auswertung

2.1 Versuch 1 - Oberflächenspannung von Wasser und Ethanol mit der Abreißmethode

2.1.1 Aufbau

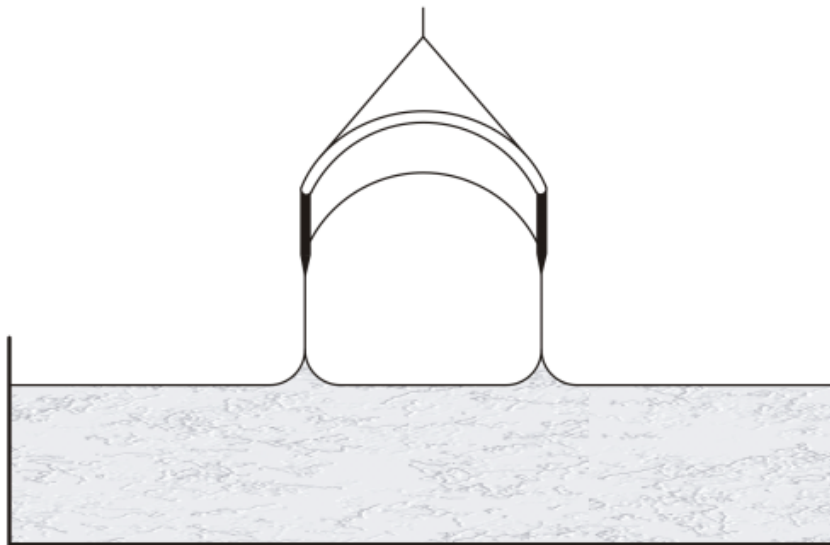


Abbildung 2.1: Versuchsaufbau Versuch 1 2.3.3

Um die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit mit der Abreißmethode zu bestimmen, braucht man einen Metallring, einen Federkraftmesser und eine mit einer Flüssigkeit gefüllten Schale. Nun taucht man den Ring in die Flüssigkeit und misst die maximale Kraft F , die nötig ist um den Ring wieder herauszuziehen. Die Oberflächenspannung σ lässt sich dann mit folgender Formel bestimmen:

$$\sigma = \frac{F}{2\pi d} \quad (2.1)$$

Wobei d hier dem Durchmesser des Rings entspricht.

Nun befestigt man einen Federkraftmesser mit dem Ring an einem Stativ und bringt dieses senkrecht über der Flüssigkeit an. Nun heben wir die Flüssigkeit soweit an bis der Ring eintaucht. Diese lassen wir nun so langsam wieder herunter bis der Ring wieder herausgezogen wird. Dabei messen wir die maximale Kraft F , die nötig ist um den Ring

wieder herauszuziehen. Die abgelesene maximale Kraft können wir dann in 2.1 einsetzen. Mit dieser Variante bestimmen wir σ von demineralisiertem Wasser und Ethanol.

2.1.2 Auswertung

Die Oberflächenspannung ergibt sich mit Hilfe der Formel 2.1. Der Größtfehler $\Delta\sigma$ der Oberflächenspannung berechnet sich nun wie folgt:

$$\Delta\sigma = \left| \frac{1}{2\pi d} \right| \cdot \Delta F + \left| -\frac{F}{2\pi d^2} \right| \cdot \Delta d \quad (2.2)$$

Die Fehler ΔF und Δd sind gegeben:

$$\begin{aligned} \Delta F &= 1 \text{ mN} \\ \Delta d &= 0.05 \text{ mm} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Die Ergebnisse des Versuchs finden sich in der Tabelle 2.1.

Mittelwert $d[\text{mm}] = 63$

Tabelle 2.1: Messwerte Versuch 1

	Demineralisiertes Wasser	Ethanol
$F_1[\text{mN}]$	30	11
$F_2[\text{mN}]$	31	10
$F_3[\text{mN}]$	32	10.5
Mittelwert $F[\text{mN}]$	31	10.5
$\sigma \frac{\text{mN}}{\text{m}}$	78.314	26.526
$\Delta\sigma \frac{\text{mN}}{\text{m}}$	2.588	2.547

2.1.3 Diskussion

Auf den ersten Blick sieht man das Ethanol eine deutlich kleiner Oberflächenspannung hat als Demin. Dies liegt daran das Ethanol eine geringere Dichte hat als Wasser. Die Oberflächenspannung ist also nicht nur von der Flüssigkeit abhängig sondern auch von der Dichte. Vergleicht man nun unseren Wert für Wasser $\sigma = 78.314 \frac{\text{mN}}{\text{m}} \pm 2.588 \frac{\text{mN}}{\text{m}}$ mit dem Literaturwert bei 25°C für Wasser $\sigma = 71.99 \frac{\text{mN}}{\text{m}}$ so lässt sich der Unterschied durch verschiedene Faktoren erklären. Einmal ist die Temperatur im Seminarraum nicht 25°C sondern weicht davon ab, was das Ergebnis beeinflusst. Weiter wurde im Labor vermutlich deutlich reiner gearbeitet wie das bei uns im Praktikum der Fall war. Dadurch konnten genauere Messungen durchgeführt werden. Bei Ethanol ist das natürlich der gleiche Fall.

2.2 Versuch 2 - Oberflächenspannung von Tensidlösungen mit der Abreißmethode

2.2.1 Aufbau

Der Aufbau ist wieder gleich zu Versuch 1 und findet sich in Abb. 2.1.

2.2.2 Auswertung

Die SDS-Konzentration c der Lösung berechnet sich wie folgt:

$$c = \frac{50 \cdot x}{500 + x} [\text{mM}] \quad (2.4)$$

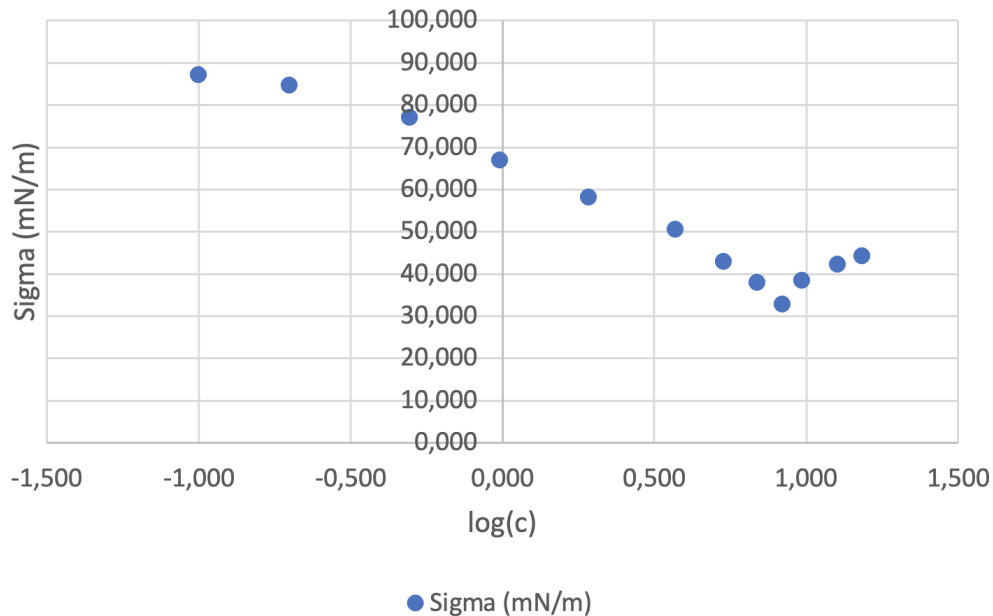
Wobei x der insgesamt hinzugefügten Menge SDS-Lösung entspricht. Nun haben wir der Anleitung entsprechend folgende Werte messen können.

Tabelle 2.2: Messwerte Versuch 2

x_{ges} in ml	F_{mittel} in mN	1. Messung (F)	2. Messung (F)	c in $\frac{\text{mmol}}{\text{l}}$	$\log c$	σ in $\frac{\text{mN}}{\text{m}}$
0.000	33.500	33.000	34.000	0.000	NAN	84.36
1.000	34.500	35.000	34.000	0.100	-1.001	87.156
2.000	33.500	34.000	33.000	0.199	-0.701	84.603
5.000	30.500	30.000	31.000	0.495	-0.305	77.051
10.000	26.500	26.000	27.000	0.980	-0.009	66.946
20.000	23.000	23.000	23.000	1.923	0.284	58.104
40.000	20.000	20.000	20.000	3.704	0.569	50.525
60.000	17.000	18.000	16.000	5.357	0.729	42.947
80.000	15.000	15.000	15.000	6.897	0.839	37.894
100.000	13.000	13.000	13.000	8.333	0.921	32.841
120.000	15.250	15.000	15.500	9.677	0.986	38.526
170.000	16.750	17.000	16.500	12.687	1.103	42.315
220.000	17.500	17.500	17.500	15.278	1.184	44.210

Diese Werte lassen sich gut in folgendem Diagramm darstellen:

Abbildung 2.2: Diagramm zu Tabelle 2.2



2.2.3 Diskussion

Zuerst zu den Abweichungen zum Literaturwert. Das Pulver zum anmischen der SDS-Lösung war schon älter und damit auch nichtmehr so rein wie es sein müsste um gute Ergebnisse zu erzielen. Da wir aus dem Skript wissen das Verunreinigungen die Oberflächenspannung erhöhen. Weiter war komplett sauberes Arbeiten nicht möglich und auch die Temperatur entsprach nicht der in der Literatur. Was man aber analog zu Literatur erkennt ist, dass die Kurve erst annähernd wie eine Gerade fällt, also die Oberflächenspannung immer abnimmt. Bis der tiefste Punkt, die ideale Konzentration erreicht ist. Danach steigt die Oberflächenspannung wieder an. Das die Werte wieder ansteigen liegt daran, dass die Lösung komplett gesättigt ist und die Oberflächenspannung durch die Unreinheiten wieder ansteigt.

2.3 Versuch 3 - Oberflächenspannung von Wasser und SDS-Lösung mit der Kapillarmethode

2.3.1 Aufbau

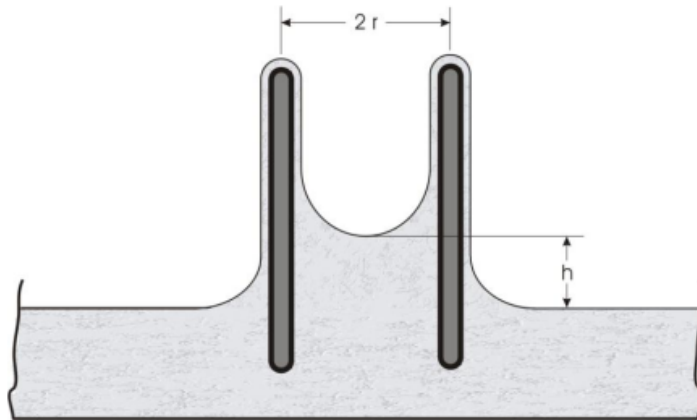


Abbildung 2.3: Versuchsaufbau Versuch 3 2.3.3

Für diesen Versuchsteil haben wir 5 Kapillaren mit Durchmessern von 0,83 / 1,2 / 1,65 / 3,1 / 5 mm in einer Flüssigkeit befestigt, so dass diese senkrecht und mit dem unteren Ende in der Flüssigkeit stehen. Nun haben wir in etwa etwa 1.5m Entfernung ein Fernrohr angebracht welches ein Fadenkreuz besitzt. Damit konnten wir im ersten Teil des Versuchs die Höhe der Wassersäule bestimmen. Im zweiten Teil haben wir die Kapillaren mit einer Kamera fotografiert und die Höhe der Wassersäule mit einem Bildbearbeitungsprogramm bestimmt.

2.3.2 Auswertung

Tabelle 2.3: Messwerte Versuch 3

Durchmesser [mm]	$\frac{1}{r} \left[\frac{1}{\text{mm}} \right]$	$h_{\text{Demin, F}} [\text{mm}]$	$h_{\text{SDS, F}} [\text{mm}]$	$h_{\text{Demin, K}} [\text{mm}]$	$h_{\text{SDS, K}} [\text{mm}]$
0.83	2.41	32.9	25.0	37.099	23.085
1.20	1.67	23.2	16.0	24.743	16.928
1.65	1.21	16.3	10.5	17.708	10.190
3.10	0.65	7.3	5.0	9.365	5.176
5.00	0.40	3.2	3.5	4.597	3.138

Die Werte $h_{\text{Demin, F}} [\text{mm}]$ und $h_{\text{SDS, F}} [\text{mm}]$ beschreiben die Höhe der Wassersäule, gemessen mit dem Fernrohr. Dabei wurde die Differenz des Tiefsten und des Höchsten Punktes gemessen. Die anderen beiden Höhenwerte wurden mit der Kamera bestimmt. Der Durchmesser d beschreibt den Innendurchmesser der Kapillaren.

Die folgenden 4 Graphen stellen die Höhe der Wassersäule im Verhältnis zu $\frac{1}{r}$ dar. Dabei ist r der Innenradius der Kapillare. Die Graphen sind in 2 Gruppen aufgeteilt. Die erste Gruppe beschreibt die Messwerte mit dem Fernrohr und die zweite Gruppe die Messwerte mit der Kamera.

Abbildung 2.4: Höhe der Wassersäule (Demin, F) im Verhältnis zu $\frac{1}{r}$

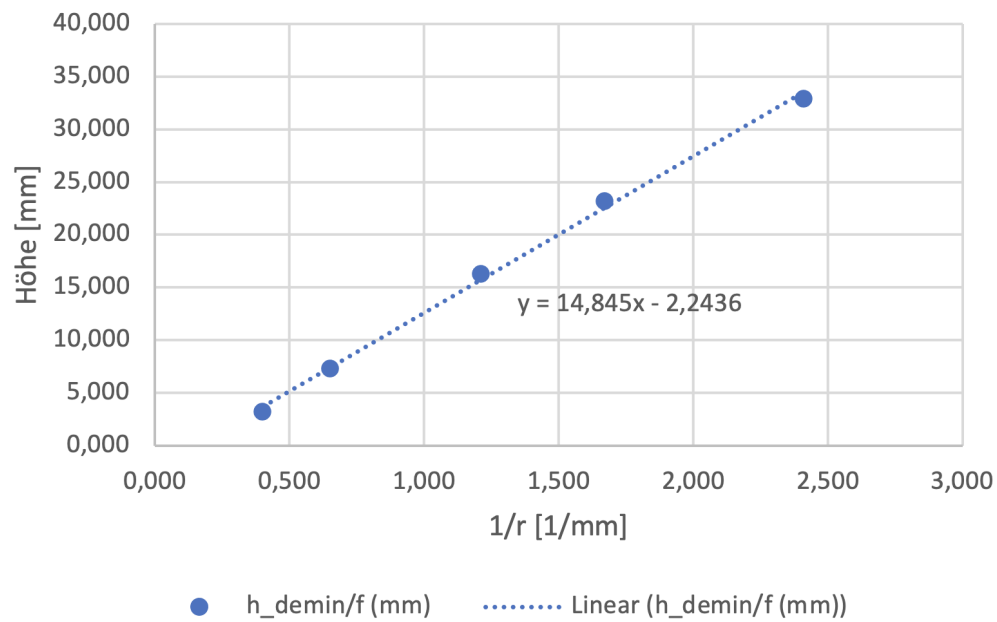


Abbildung 2.5: Höhe der Wassersäule (SDS, F) im Verhältnis zu $\frac{1}{r}$

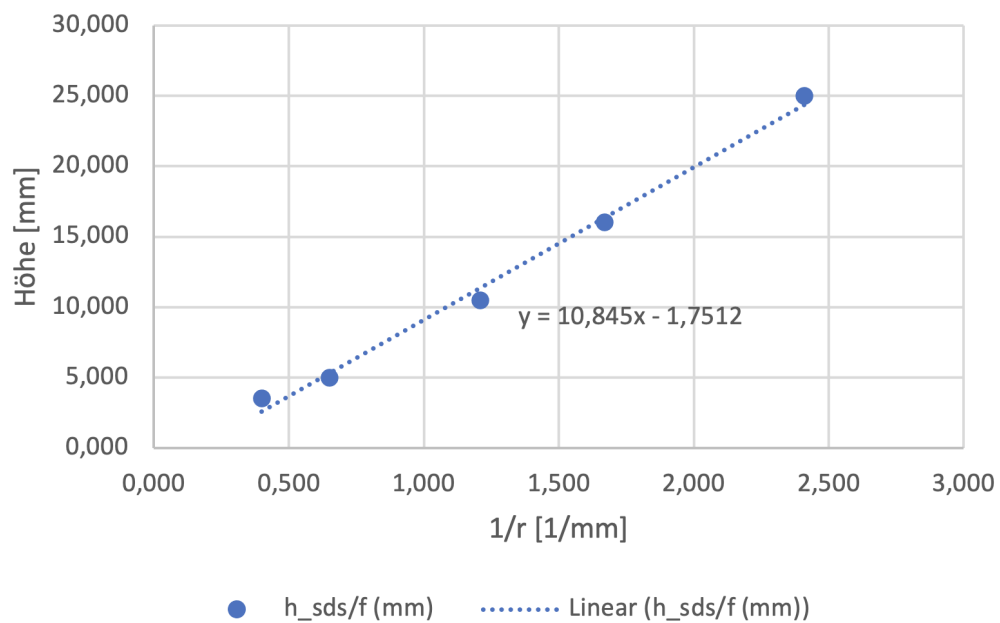


Abbildung 2.6: Höhe der Wassersäule (Demin, K) im Verhältnis zu $\frac{1}{r}$

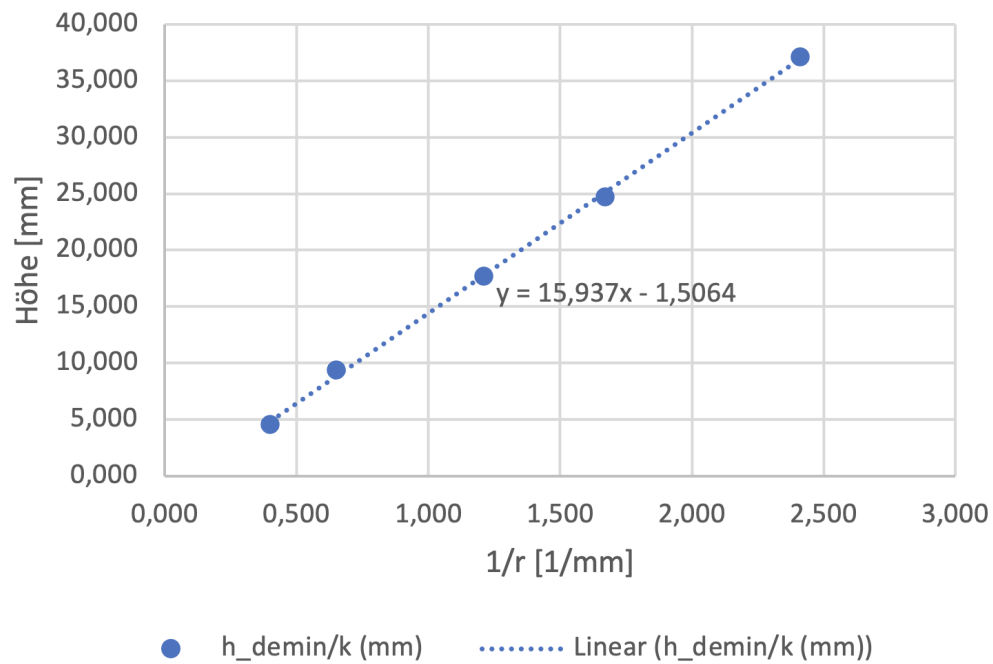
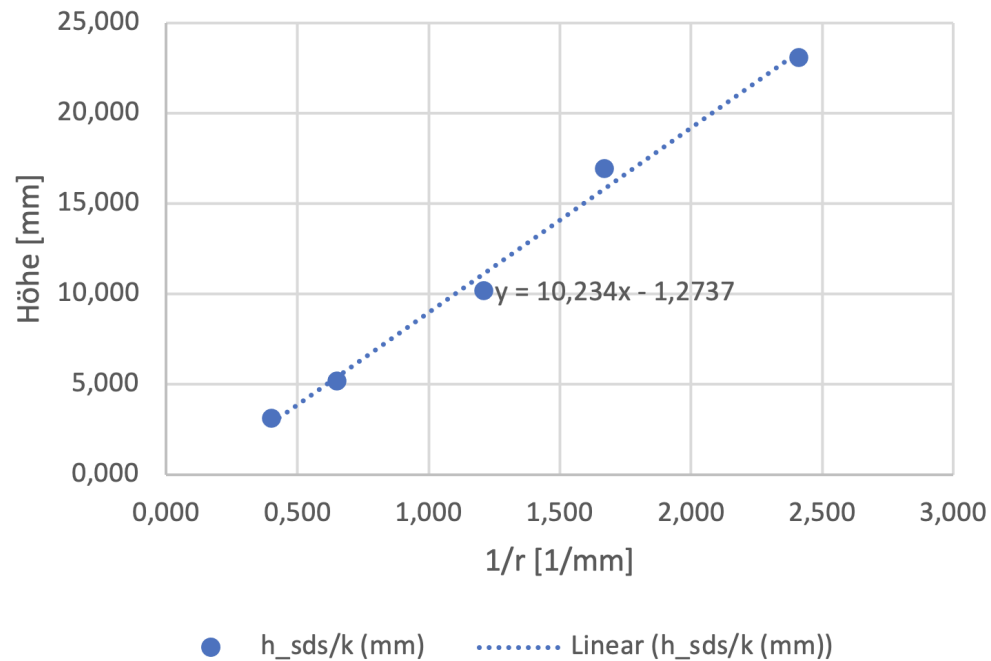


Abbildung 2.7: Höhe der Wassersäule (SDS, K) im Verhältnis zu $\frac{1}{r}$



Aus diesen Graphen lassen sich die Steigungen der Geraden ablesen. Anhand der Steigung und mit der folgenden Formel lässt sich nun wieder die Oberflächenspannung σ berechnen.

$$\sigma = \frac{1}{2} \cdot \rho g h r \quad (2.5)$$

Da für die Steigung m gilt: $m = rh$ Gilt für 2.5:

$$\sigma = \frac{1}{2} \cdot \rho g m \quad (2.6)$$

Die Dichte des Wasser beträgt $\rho = 0.998 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ und $g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Die Ergebnisse finden sich in folgender Tabelle:

Tabelle 2.4: Ergebnisse Versuch 3

Flüssigkeit & Methode	Steigung Graph	Oberflächenspannung σ $\left[\frac{\text{mN}}{\text{m}}\right]$
Demineralisiertes Wasser (Fernrohr)	14.845	72.596
SDS (Fernrohr)	10.845	53.035
Demineralisiertes Wasser (Kamera)	15.937	77.936
SDS (Kamera)	10.234	50.047

2.3.3 Diskussion

Unsere erhaltenen Werte lassen sich nun mit den Literaturwerten dazu vergleichen. Einmal haben wir eine Oberflächenspannung (bei 25°C) für Demin von $71,99 \frac{\text{mN}}{\text{m}}$ ¹ und für SDS eine Oberflächenspannung von $40 \frac{\text{mN}}{\text{m}}$. Unsere Werte die wir mit der Kamera gemessen haben kommen dem Literaturwert von SDS nicht sehr Nahe. Das liegt aber unter anderem daran dass das SDS Pulver schon sehr alt und lange offen ist und es dadurch nichtmehr so rein wie Anfang ist. Dadurch das es unreiner ist, steigt auch die Oberflächenspannung. Auch die Temperatur ist nicht 25°C sonder eher 23°C und auch nur Raumtemperatur. Der Unterschied zu dem Literaturwert von Demin ist nicht so groß hat aber die gleichen Ursachen. Die Messung für Demin mit dem Fernrohr ist hier aber schon deutlich genauer und entspricht fast dem Literaturwert. Der Abstand zum Literaturwert von SDS war mit diesem Versuchsaufbau noch einmal größer, da die Messung mit dem Fernrohr nicht so genau war. Die Messung mit der Kamera war hier deutlich genauer.

¹<https://d-nb.info/99507609X/34>

4 Literaturverzeichnis

- Versuchsanleitung