

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
1 Ziel des Versuchs	1
2 Versuchsaufbau und Durchführung	1
2.1 Teil A: Bestimmung von Dichten mit der Jollyschen Federwaage	1
2.2 Teil B: Messung der Oberflächenspannung (Abreißmethode)	3
3 Physikalische Zusammenhänge	4
3.1 Teil A	4
3.2 Teil B	4
4 Auswertung und Fehleranalyse	5
4.1 Auswertung zu Teil A	5
4.1.1 Messdaten	5
4.1.2 Betrachtung einer Einzelmessung (Unbekannter Körper)	6
4.1.3 Betrachtung der Mehrfachmessung	6
4.1.4 Die Dichte der Unbekannten Flüssigkeit	6
4.2 Auswertung zu Teil B	7
4.2.1 Messdaten	7
4.2.2 Oberflächenspannung von Wasser	9
4.2.3 Oberflächenspannung von Ethanol	9
5 Diskussion der Ergebnisse	10
5.1 Teil A	10
5.2 Teil B	11
Abbildungsverzeichnis	12
Tabellenverzeichnis	12
Literaturverzeichnis	13
Anhang	

1 Ziel des Versuchs

In Teil A stellt der Versuch einen Zusammenhang zwischen Dichte und Auftrieb her und es wird ein einfach umsetzbares Messverfahren zur Bestimmung von unbekanntem Dichten (oder Auftrieb) vorgestellt. ✓

Im zweiten Teil B des Versuches wird mit einem empfindlichen Messverfahren die Oberflächenspannung von zwei Flüssigkeiten bestimmt. ✓

Noch besser mit verwendeten Messaufbauten → Jolly-Torsionswaage

2 Versuchsaufbau und Durchführung

2.1 Teil A: Bestimmung von Dichten mit der Jollyschen Federwaage

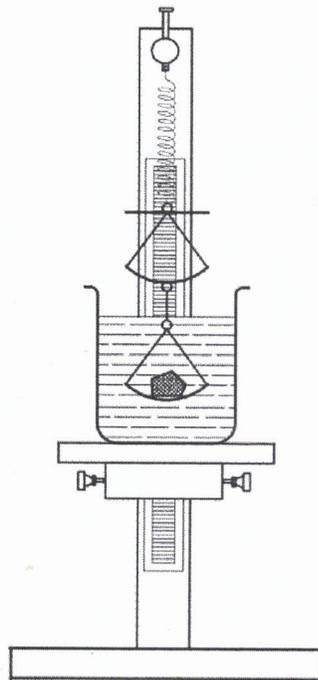


Abbildung 1: Jollysche Federwaage (Quelle 1, S.18 Abb. 2.1)

Zunächst wurde die Dichte des Körpers mit Hilfe von Volumen und Masse bestimmt. Das Volumen mit der Formel $V = \pi r^2 h$, wobei die Längen mit einem Messschieber ermittelt wurden. Das Gewicht haben wir mit Hilfe einer Waage bestimmt.

Danach wurde mit der Jollyschen Federwaage auf eine zweite Methode die Dichte des Körpers bestimmt.

↑ legt auch auf eine Person fest, am besten unpersönlich (3.P)

Die Jollysche Federwaage besteht aus einem Stativ, an dem eine Feder angebracht ist, an welcher zwei Waagschalen hängen. Unter der Feder ist ein Tisch an dem Stativ befestigt. Man kann den Tisch, auf dem das Becherglas mit Flüssigkeit steht, so einstellen, dass die untere Waagschale in die Flüssigkeit taucht.

Um die unbekannte Dichte des Körpers zu bestimmen, wurde Wasser als Flüssigkeit mit der bekannten Dichte von $998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ (Quelle 2) gewählt. Nun wurden vier Messreihen mit jeweils drei Werten aufgenommen. x_0 als Nullpunkt, x_1 als Auslenkung mit dem Körper auf der oberen Waagschale, daher nicht eingetaucht und x_2 als Auslenkung des eingetauchten Körpers. Hierbei wurde beachtet, dass die Waagschale nie auf dem Boden auflag und der Körper immer trocken auf die obere Waagschale gelegt wurde. Außerdem wurde beachtet, dass die untere Schale immer gleich weit in die Flüssigkeit eintaucht und der Auftrieb durch die Waagschale somit gleich bleibt. *schön!* Nutzt man die Auslenkungen und die bekannte Dichte von Wasser, so kann man nun die Dichte des Körpers berechnen.

Als letztes wurde die, nun bekannte, Dichte des Körpers genutzt, um mit der Jollyschen Federwaage die Dichte einer unbekanntenen Flüssigkeit zu bestimmen. Dafür wurde das Becherglas mit Wasser gegen eines mit der unbekanntenen Flüssigkeit ausgetauscht und wieder die Werte x_0 , x_1 , x_2 jeweils vier mal aufgenommen. Die Auslenkungen wurden dann mit der Dichte des Körpers verrechnet, um die Dichte der unbekanntenen Flüssigkeit zu erhalten. ~~Um~~ *Um* subjektive Ablesefehler zu vermeiden, wurde bei beiden Messreihen nach jedem Messtripel die Federaufhängung und der Tisch mit dem Becherglas ein wenig verstellt.

Abbildungen auch im Text erwähnen

2.2 Teil B: Messung der Oberflächenspannung (Abreißmethode)

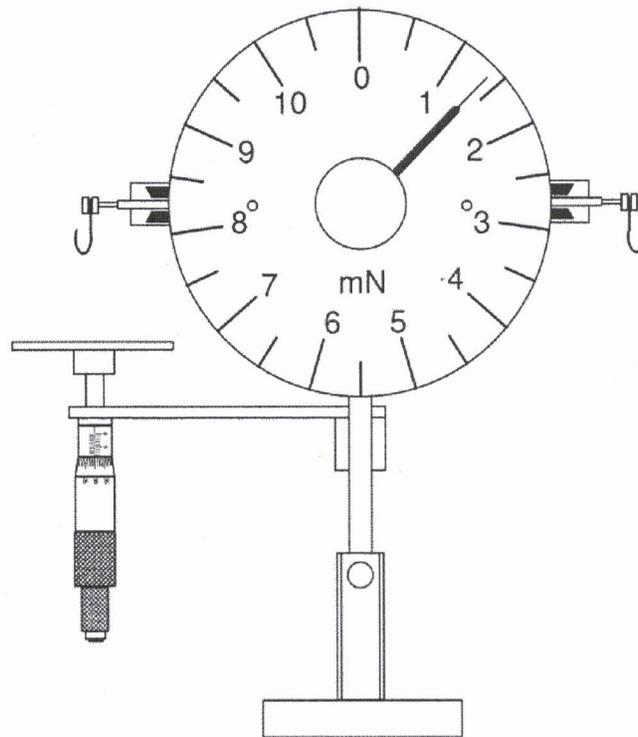


Abbildung 2: Frontansicht der Torsionswaage (Quelle 1, S. 20 Abb 2.2)

Im zweiten Teil des Versuches wurde die Oberflächenspannung von Ethanol und Wasser mit Hilfe der Torsionswaage nach der Abrissmethode bestimmt.

Die Torsionswaage ist im Prinzip eine sehr empfindliche Balkenwaage, bei der die Kraft, welche am linken Hebelarm angreift durch eine Gegenkraft ausgeglichen wird. Diese Gegenkraft wird über das Drehmoment eines tordierten Drahtes erzeugt.

Die Vorderansicht der Torsionswaage ist in Abb. 2 dargestellt, wobei der tordierte Draht senkrecht zur Zeichenebene verläuft. Der Draht kann mit Hilfe von zwei Rädchen verdrillt werden, wobei das vordere Rad mit einer Skala verbunden ist, daher also die aufgebrachte Kraft durch das Drehmoment misst. Das hintere Rädchen verdrillt den Draht ebenso, wobei die Kraft dabei nicht auf der Skala gemessen wird. Man nutzt also das vordere Rädchen zum Messen und das hintere Rädchen um störende Kräfte zu kompensieren.

Zu Beginn des Versuches wurde das das vordere Rädchen so gestellt, dass

nahezu identisch
(im Bestfall)

die Anzeige auf Null steht. Dann wurde zunächst die Gewichtskraft, welche durch die zwei, unterschiedlich schweren, angehängten Bügel verursacht wurde, kompensiert. Dafür schaut man durch die beiden Hilfsbohrungen und dreht am hinteren Rädchen, bis die Hebelarme sich zwischen den beiden Ablesemakierungen befinden.

Danach wurde die Auftriebskraft am Abreißpunkt kompensiert. Dafür wurde ein Schälchen mit der zu messenden Flüssigkeit auf das Tischchen gestellt und eine Probemessung durchgeführt. Das bedeutet, dass das Tischchen langsam nach unten gedreht wurde, sodass eine Flüssigkeitslamelle am Bügel entsteht, wobei die dabei wirkende Kraft immer mit dem hinteren Rädchen kompensiert wurde. Nach dem Abreißen der Lamelle wurde das Tischchen festgehalten und die Hebelarme der Waage mit Hilfe des hinteren Rädchens wieder ins Gleichgewicht gebracht, wobei darauf geachtet wurde, dass der Drahtbügel nur von oben in die Flüssigkeit eintaucht und sich keine Lamelle bildet. *✓ top*

Da nun ungewünschten Kräfte kompensiert wurden, wurde mit der eigentlichen Messung begonnen. Der Bügel wurde in die Flüssigkeit getaucht, sodass er vollständig mit Flüssigkeit bedeckt war. Dann wurde kleinschrittig das Tischchen ^h nach unten gestellt und die wirkende Kraft durch Drehung am vorderen Rädchen kompensiert. Die jeweilige Höhe Δs und die dazugehörige Kompensationskraft F wurden notiert. Kurz vorm vermutlichen Abreißen der Lamelle wurde das Tischchen besonders kleinschrittig verstellt und auch der Abrisspunkt der Lamelle wurde notiert.

Die Messung wurde mit jeder Flüssigkeit drei Mal durchgeführt, wobei vor der zweiten Flüssigkeit erneut die Auftriebskraft kompensiert wurde.

3 Physikalische Zusammenhänge

3.1 Teil A

Formel zur Bestimmung der Dichte (aus Quelle 1)

$$\frac{\rho_K}{\rho_{fl}} = \frac{F_G}{F_G - F_{G'}} = \frac{x_0 - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{-D(x_1 - x_0)}{(-D(x_1 - x_0)) - (-D(x_2 - x_0))} = \beta \quad (1)$$

Handwritten note: $x_1 - x_0$ and $x_2 - x_2$ with a diagonal line through them.

3.2 Teil B

Formel zur bestimmen der Oberflächenspannung (aus Quelle 1)

$$\sigma = \frac{\Delta W}{\Delta A} \Big|_{s=s_{max}} = \frac{F(s_{max})\Delta s}{2l\Delta s} = \frac{F(s_{max})}{2l} \quad (2)$$

4 Auswertung und Fehleranalyse

Kurze Einführung inkl. benutzter Programme für Rechnungen & Plots

4.1 Auswertung zu Teil A

Die Bestimmung der Dichte des Körpers, mit der geometrischen Form eines Zylinders, nach dem Gewicht und den Maßen, ergibt mit der Höhe $h = (24.15 \pm 0.05)$ mm, dem Durchmesser $d = (16 \pm 0.05)$ mm und der Masse $m = (5.80 \pm 0.005)$ g eine Dichte von

$$\rho_K = \frac{m}{V} = \frac{m}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h} = 1194.52 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (3)$$

mit einem Fehler von

$$s_{\rho_K} = \rho_K \sqrt{\left(\frac{s_m}{m}\right)^2 + \left(2\frac{s_d}{d}\right)^2 + \left(\frac{s_h}{h}\right)^2} = 7.93 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (4)$$

womit wir für die Dichte des Zylinders $\rho_K = (1194.52 \pm 7.93) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ erhalten.

Fehler auf 1. signifikante Stelle angeben & Wert daran anpassen

4.1.1 Messdaten

Unbekannter Körper	x_0 in mm	x_1 in mm	x_2 in mm	$x_1 - x_0$ in mm	$x_1 - x_2$ in mm	β	$\Delta\beta$	ρ_K in kg/m^3
Messung I	385	362	381	-23	-19	1.211	0.083	1208.11
Messung II	423	399	419	-24	-20	1.2	0.079	1197.60
Messung III	454	430	450	-24	-20	1.2	0.079	1197.60
Messung IV	400	376	396	-24	-20	1.2	0.079	1197.60
Mittelwert						1.203		1200.23
Standartabweichung						0.005		5.25

Tabelle 1: Unbekannter Körper (Bestimmung der Dichte)

Unbekannte Flüssigkeit	x_0 in mm	x_1 in mm	x_2 in mm	$x_1 - x_0$ in mm	$x_1 - x_2$ in mm	β	$\Delta\beta$	$\rho_{\text{unbk. Fl.}}$ in kg/m^3
Messung I	409	385	400	-24	-15	1.6	0.132	750.14
Messung II	426	402	418	-24	-16	1.5	0.117	800.15
Messung III	439	415	431	-24	-16	1.5	0.117	800.15
Messung IV	457	433	449	-24	-16	1.5	0.117	800.15
Mittelwert						1.525		787.65
Standartabweichung						0.050		25

Tabelle 2: Unbekannte Flüssigkeit (Bestimmung der Dichte)

4.1.2 Betrachtung einer Einzelmessung (Unbekannter Körper)

Im Folgenden werten wir die Daten der Messung II (Tabelle 1) aus. Wir erhalten für den errechneten Wert $\rho_K = 1197.60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ mittels Fehlerfortpflanzung der von uns geschätzten Messfehler $\Delta x_0 = \Delta x_1 = \Delta x_2 = 1\text{mm}$ die Standardabweichung

$$s_{\rho_K} = \rho_w \sqrt{\left(\frac{1}{x_2 - x_1} \Delta x_0\right)^2 + \left(\frac{x_0 - x_2}{(x_1 - x_2)^2} \Delta x_1\right)^2 + \left(\frac{x_1 - x_0}{(x_1 - x_2)^2} \Delta x_2\right)^2}$$

$$= 78.58 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{mit } \rho_w = 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (\text{Quelle 2}) \quad (5)$$

= 80

Womit wir für die Dichte den Wert $\rho_K = (1197.60 \pm 78.58) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ erhalten.

1200 ± 80

4.1.3 Betrachtung der Mehrfachmessung

geschätzter Fehler für x_0, x_1, x_2 in mm	1
Unsicherheit des Mittelwerts von ρ_K in kg/m^3	2.63
Unsicherheit des Mittelwerts von $\rho_{\text{unbek. Fl.}}$ in kg/m^3	12.5

Tabelle 3: Fehlertabelle Teil A

Unter Verwendung der Formel für die empirische Standardabweichung

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

und der Abweichung vom Mittelwert

$$s_{\bar{x}} = \frac{s_x}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

erhalten wir für die Dichte des Körpers den Wert $\rho_K = (1203.23 \pm 2.63) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

4.1.4 Die Dichte der Unbekannten Flüssigkeit

Mit der Gleichung (1) erhalten wir diesmal für bekanntes ρ_K die Dichte $\rho_{fl} = (800.15 \pm 65.99) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ mittels Einzelmessung II (Tabelle 2) und Fehlerfortpflanzung der geschätzten Fehler mit

$$\Delta z = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x} \Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \Delta y\right)^2 + \dots} \quad \text{für } z = f(x, y, \dots) \quad (8)$$

und die Dichte $\rho_{fl} = (787.65 \pm 12.50) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ mit Hilfe des Mittelwerts und dem statistisch ermittelten Fehler auf den Mittelwert (Tabelle 3).

gerade oder gemessen?

↙
✓ nehmt hier bitte die richtige Formel (5) abändern

4.2 Auswertung zu Teil B

4.2.1 Messdaten

↳ 180°

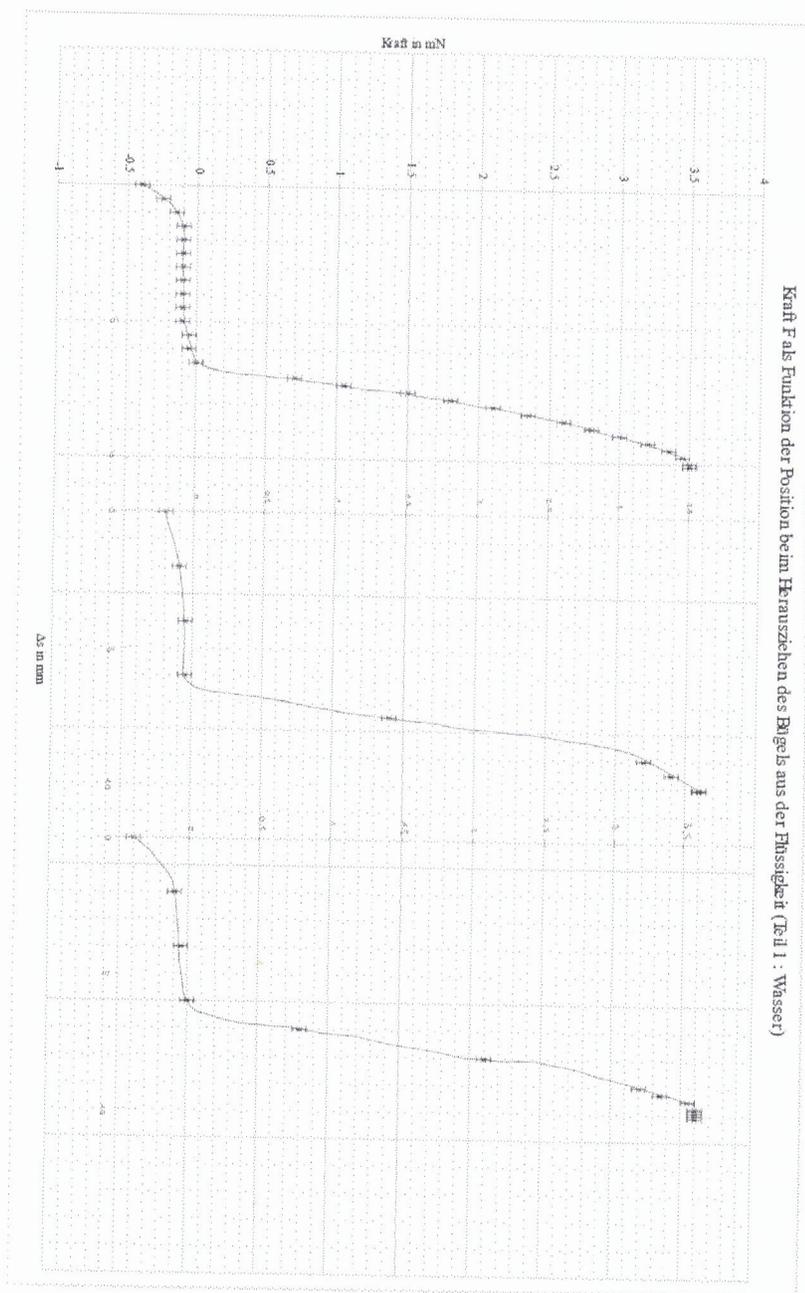


Abbildung 3: Messwerte zur Oberflächenspannung von Wasser
(in größer im Anhang)

Kann auch direkt in den Anhang, mit Verweis auf bessere Darstellung

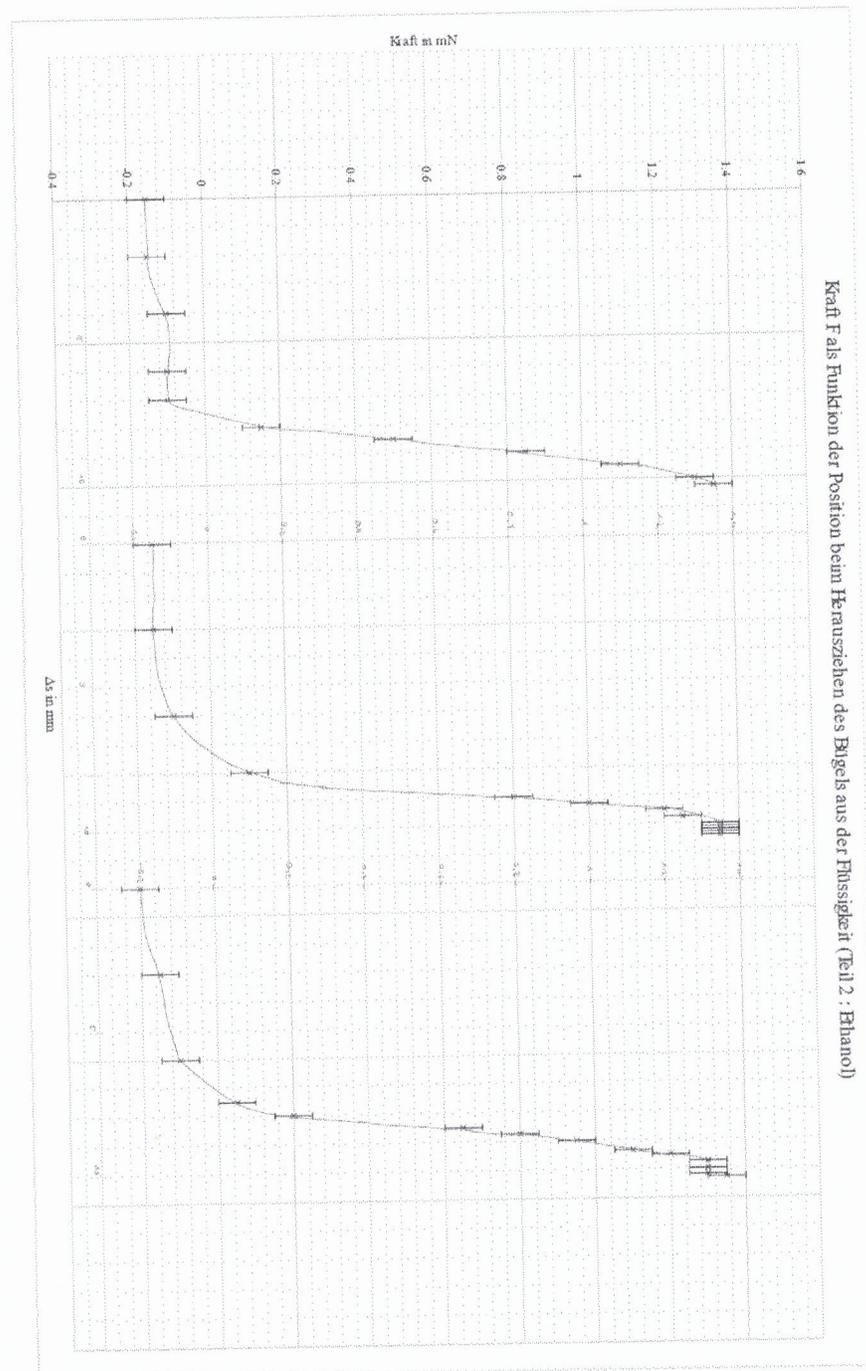


Abbildung 4: Messwerte zur Oberflächenspannung von Ethanol (in größer im Anhang)

4.2.2 Oberflächenspannung von Wasser

Die Oberflächenspannung σ_w von Wasser bestimmen wir mit Hilfe der Drahtlänge $l = (25 \pm 0.005)$ mm und der Gleichung (2).

Messung	Kraft in mN	Oberflächenspannung σ_{Wasser} in N/m
I	3.5	0.070
II	3.6	0.072
III	3.6	0.072
Mittelwert	3.57	0.071

Tabelle 4: Oberflächenspannung von Wasser berechnet aus drei verschiedenen Messreihen

Mit der Fehlerfortpflanzung ergibt sich

$$s_\sigma = \sigma_w \sqrt{\left(\frac{s_F}{F}\right)^2 + \left(\frac{s_l}{l}\right)^2} = 0.0010 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad (9)$$

und somit der Fehler des Mittelwerts als

$$s_{\bar{\sigma}} = \frac{s_\sigma}{\sqrt{3}} = 0.0006 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad (10)$$

Damit ist die von uns ermittelte Oberflächenspannung $\bar{\sigma}_w = (0.071 \pm 0.0006) \frac{\text{N}}{\text{m}}$

4.2.3 Oberflächenspannung von Ethanol

Die Oberflächenspannung von Ethanol wird analog bestimmt.

Messung	Kraft in mN	Oberflächenspannung σ_{Wasser} in N/m
I	1.35	0.027
II	1.35	0.027
III	1.35	0.027
Mittelwert	1.35	0.027

Tabelle 5: Oberflächenspannung von Ethanol berechnet aus drei verschiedenen Messreihen

Mit den Fehlern $s_\sigma = 0.001 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ und $s_{\bar{\sigma}} = 0.0006 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

Damit ist die von uns ermittelte Oberflächenspannung von Ethanol $\bar{\sigma}_w = (0.027 \pm 0.0006) \frac{\text{N}}{\text{m}}$

** Schreib
* wie bestimmt ihr F_{max} ?*

5 Diskussion der Ergebnisse

5.1 Teil A

Wir haben für einen Körper drei Dichten ermittelt.

Einmal durch Einzelmessung :

$$\rho_K = (1197.60 \pm 78.58) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

und einmal durch das Auswerten der Messreihen :

$$\rho_K = (1203.23 \pm 2.63) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

und einmal durch wiegen und vermessen :

$$\rho_K = (1194.52 \pm 7.93) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Die Ergebnisse sind sinnvoll, da der Körper in Wasser gesunken ist und somit eine höhere Dichte als Wasser haben muss. ✓

Es könnte sich nach Dichte und Aussehen (transparenter Festkörper) um Polymethylmethacrylat handeln, welches eine Dichte von (1180 bis 1190) $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ hat (Quelle 3). nice!

Bei der Bestimmung der Dichte durch Abmessen und Wiegen als Einzelmessung wurde ein kleinerer Fehler berechnet, als bei der Einzelmessung mit der Jollyschen Federwaage. Da Messergebnisse deutlich genauer werden, wenn man an Stelle von Einzelmessung das Verfahren wiederholt und diese Messreihe dann statistisch auswertet, wäre diese Methode des mehrfachen Messens und Wiegens bei weitem genauer ~~✓~~ deutlich besser, als die Ermittlung der Dichte mit der Federwaage. Das Problem bei der Vermessung ist, dass diese ungenauer wird je komplizierter die geometrische Form des Körpers ist, daher ist das Verfahren bei geometrisch komplizierten Körpern weniger sinnvoll als das Messen mit der Federwaage. ✓

Des Weiteren haben wir zwei Dichten für eine unbekannte Flüssigkeit ermittelt, einmal durch Einzelmessung :

$$\rho_{fl} = (800.15 \pm 65.99) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

und einmal durch das Auswerten einer Messreihe :

$$\rho_{fl} = (787.65 \pm 12.50) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Diese Ergebnisse sind insofern sinnvoll, als dass diese Werte unter der Dichte des Körpers liegen und dieser in der Flüssigkeit sinkt. Es könnte sich nach Dichte, Aussehen und Geruch um Ethanol handeln, was eine Dichte von $789 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ hat. Bei der Bestimmung dieser Dichte wurde allerdings der von uns ermittelte und somit fehlerbehaftete Wert für die Dichte des Körpers verwendet. Dieser Umstand führt dazu, dass die von uns ermittelte Dichte der unbekanntes Flüssigkeit von eben jenem Fehler systematisch behaftet ist.

Siehe Auswertung

Die von uns geschätzten Fehler für x_0, x_1 und x_2 waren sehr hoch, da es nicht möglich war die Auslenkung der Feder genau abzulesen.

Es wurde zwar durch einen Spiegel dafür gesorgt, dass Parallaxenfehler beim Ablesen reduziert werden, jedoch war die Ausdehnung des Ablesestabes zu groß und der Abstand von Ablesestab und Skala relativ hoch. Diese beiden Faktoren führen zu hoher optischen Überdeckung, sodass ein genaues Ablesen nicht möglich war. Der Versuch könnte verbessert werden indem der Ablesestab schmaler dimensioniert wird und der Abstand zwischen Ablesestab und Skala reduziert wird. ✓

5.2 Teil B

Wir haben durch das Auswerten unserer Messungen die Oberflächenspannung von Wasser ermittelt.

Der von uns ermittelte Wert : $\bar{\sigma}_w = (0.071 \pm 0.0006) \frac{\text{N}}{\text{m}}$ liegt etwa zwei Standardabweichungen von dem Literaturwert : $\sigma_w = 0.072 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ (Quelle 4) entfernt. Die Abweichung liegt hierbei weniger am Messverfahren an sich sondern eher an den sonstigen Gegebenheiten, da bei der Ermittlung des Abrisspunkts der Lamelle Störfaktoren, wie das Wackeln des Tisches, es drastisch erschweren den genauen Abrisspunkt zu ermitteln.

Des Weiteren haben wir durch das Auswerten unserer Messungen die Oberflächenspannung von Ethanol ermittelt.

Der von uns ermittelte Wert : $\bar{\sigma}_e = (0.027 \pm 0.0006) \frac{\text{N}}{\text{m}}$ liegt etwa neun Standardabweichungen vom Literaturwert: $\sigma_e = 0.02255 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ (Quelle 5) entfernt. Wie oben bereits beschrieben waren die äußeren Störfaktoren bei diesem Versuchsaufbau maßgeblich für die Abweichung verantwortlich. Da die Oberflächenspannung von Ethanol deutlich geringer ist als die von Wasser, ist es logisch, dass bei diesem Messverfahren Ethanol anfälliger für äußere Störfaktoren ist, da die ausgebildete Lamelle um einiges labiler ist. ✓

Trotzdem sind die Messwerte einigermaßen sinnvoll, da die Oberflächenspannung von Wasser (trotz der großen Abweichung von unserem Wert für Ethanol) deutlich größer ist als die von Ethanol. Dies entspricht den physikalischen Gegebenheiten, da das Wassermolekül Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden kann, welche deutlich stärkere intermolekulare Kräfte aufbauen, als die beim Ethanol wirkenden Van-der-Waals-Kräfte.

Sehr schöne Diskussion!

Wohl eher am
minimalistischen
Fehler von 0,8%
 $\sigma_w \approx \sigma_{\text{Literatur}}$
so.

Abbildungsverzeichnis

*So was über die [] bei
↳ Caption vermeiden*

1	Jollysche Federwaage (Quelle 1, S.18 Abb. 2.1)	1
2	Frontansicht der Torsionswaage (Quelle 1, S. 20 Abb 2.2) . .	3
3	Messewerte zur Oberflächenspannung von Wasser (in größer im Anhang)	7
4	Messewerte zur Oberflächenspannung von Ethanol (in größer im Anhang)	8

Tabellenverzeichnis

1	Unbekannter Körper (Bestimmung der Dichte)	5
2	Unbekannte Flüssigkeit (Bestimmung der Dichte)	5
3	Fehlertabelle Teil A	6
4	Oberflächenspannung von Wasser berechnet aus drei verschie- denen Messreihen	9
5	Oberflächenspannung von Ethanol berechnet aus drei ver- schiedenen Messreihen	9

Literaturverzeichnis

[Quelle 1]

Physiklabor für Anfänger*innen, Teil 1
Autor: Physikalisches Institut, Fakultät für Mathematik und Physik, Albert-Ludwigs-Universität

[Quelle 2]

Taschenbuch der Physik, Horst Kuchling, Hanser Verlag

[Quelle 3]

<https://de.wikipedia.org/wiki/Polymethylmethacrylat>

≅ Abrufdatum

[Quelle 4]

<https://de.wikipedia.org/wiki/Wasser>

[Quelle 5]

<https://de.wikipedia.org/wiki/Ethanol>

V4

Jolly'sche - Federwaage (Teil A)

Messungen:

Geometrischer Körper (Volumen)

Messgerät: Messschieber

Geometrischer Körper: Zylinder

$$\Rightarrow V = \pi r^2 \cdot h$$

(Höhe) $h = 2,415 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$

(Durchmesser) $d = 16 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$

(Masse) $m = 5,80 \text{ g}$ (5 mal gemessen) $\pm 0,005 \text{ g}$

Messungen (Mit geschätzten Fehler $\pm 1 \text{ mm}$ für x_0, x_1 und x_2)

Wasser	x_0	x_1	x_2
I	385 mm	362 mm	381 mm
II	423 mm	399 mm	419 mm
III	454 mm	430 mm	450 mm
IV	400 mm	376 mm	396 mm

Ab. Fl.	x_0	x_1	x_2
I	409 mm	385 mm	400 mm
II	426 mm	402 mm	418 mm
III	439 mm	415 mm	431 mm
IV	457 mm	433 mm	449 mm

(Teil B) Torsionswaage

Gaugenauigkeit

$\pm 0,005 \text{ mm}$

$\pm 0,05 \text{ mN}$

Abreite:

$l = 2,5 \text{ cm}$

$l_{\text{ges}} = 2,74 \text{ cm}$

$(0,0005 \text{ cm})$

unverformt

Wasser	Δs in mm	F in mN
I	0	-0,4
	0,5	-0,25
	1	-0,15
	1,5	-0,15
	2	-0,15
	2,5	-0,1
	3	-0,1
	3,5	-0,1
	4	-0,1
	4,5	-0,1
	5	-0,1
	5,5	-0,05
	6	-0,05
	6,5	0
	7	0,7
	7,25	1,05
	7,5	1,5
	7,75	1,8
	8	2,1
	8,25	2,35
	8,5	2,6
8,75	2,8	
9	3	
9,25	3,2	
9,5	3,35	

Wasser Asin mm F in N

I	10	3,5
	10,1	3,5
	10,2	geissen

II	0	-0,2
	2	-0,1
	4	-0,05
	6	-0,05
	7,5	1,4
	9	3,2
	9,5	3,4
	10	3,6
	10,05	3,6
	10,1	geissen

III	0	-0,4
	2	-0,1
	4	-0,05
	6	0
	7	0,8
	8	2,1
	9	3,2
	9,25	3,35
	9,5	3,55
	9,75	3,6
	9,8	3,6
	9,9	3,6
	10	3,6

Wasser Asin mm F in N

III	10,2	geissen
-----	------	---------

Ethanol	0	-0,15
I	2	-0,15
	4	-0,1
	6	-0,1
	7	-0,1
	8	0,15
	8,5	0,5
	9	0,85
	9,5	1,1
	10	1,3
	10,25	1,35
	10,5	geissen

II	0	-0,15
	3	-0,15
	6	-0,1
	8	0,1
	9	0,8
	9,25	1
	9,5	1,2
	9,75	1,25
	10	1,35
	10,1	1,35
	10,2	1,35
	10,3	1,35
	10,4	1,35
	10,5	geissen

Ethanol | Δs in mm | F in mN

III

0 -0,2

3 -0,15

6 -0,1

7,5 0,05

8 0,2

8,5 0,65

8,75 0,8

9 0,95

9,25 1,1

9,5 1,2

9,75 1,3

10 1,3

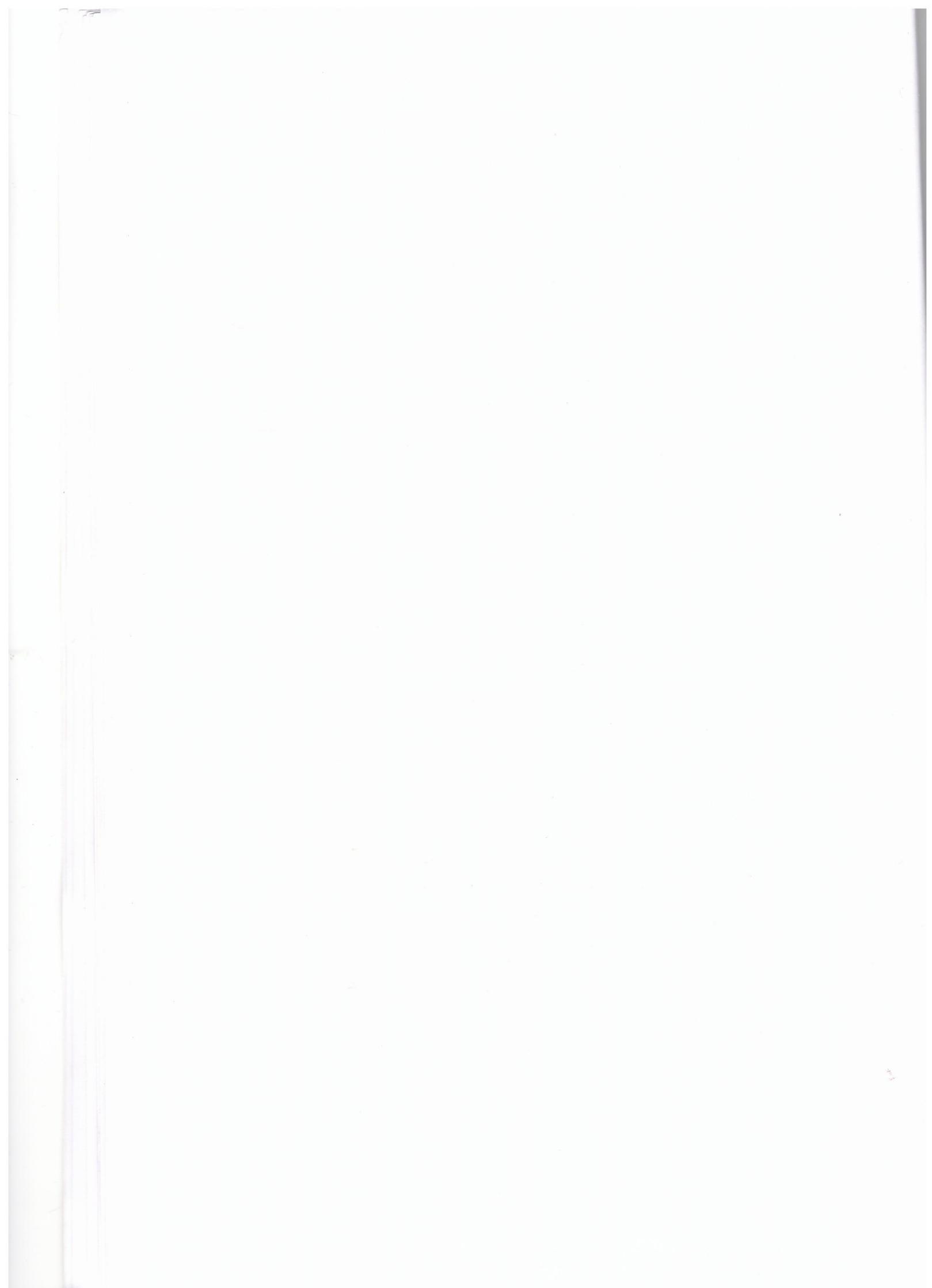
10,2 1,3

10,3 1,35

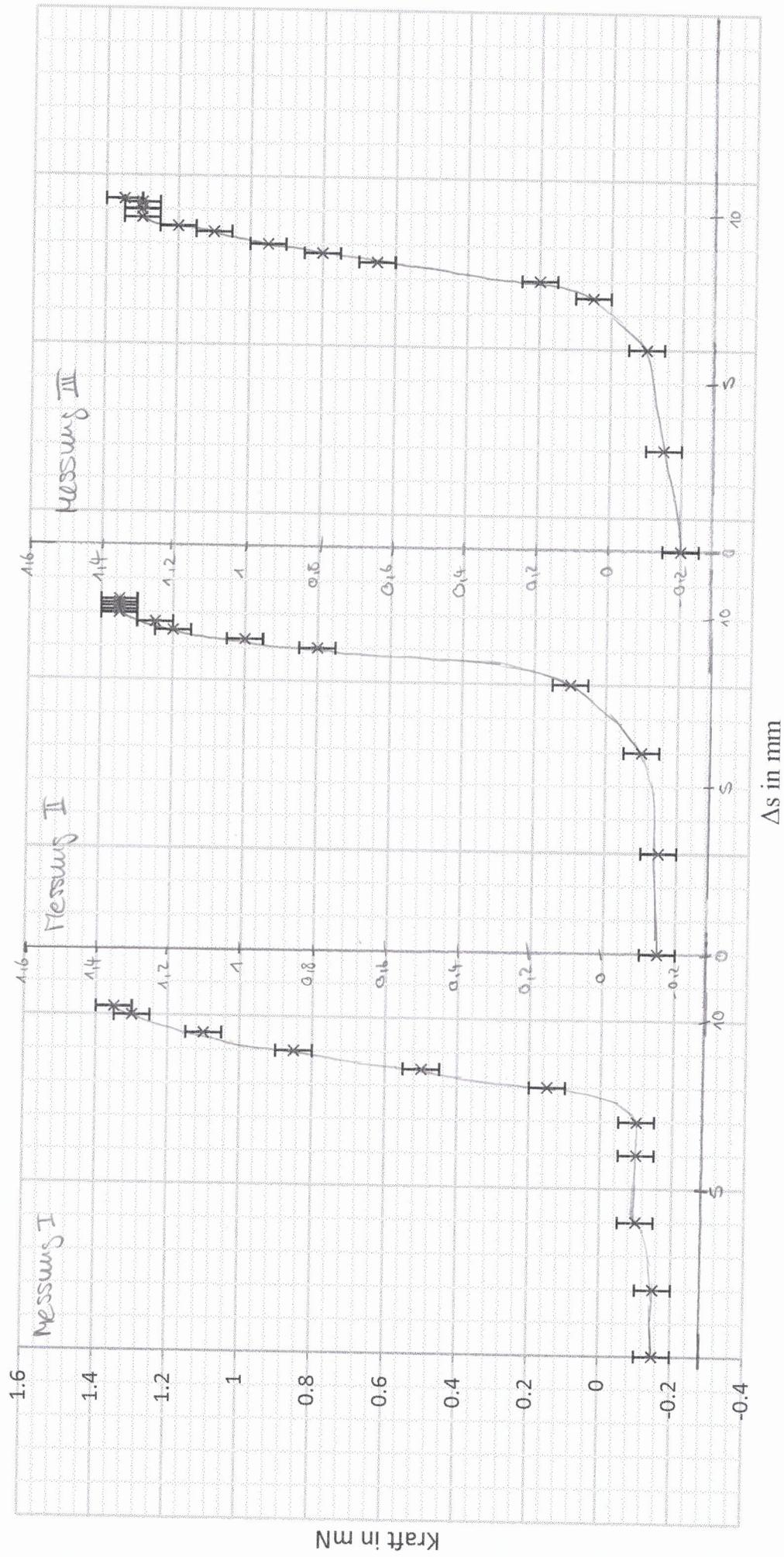
gelesen

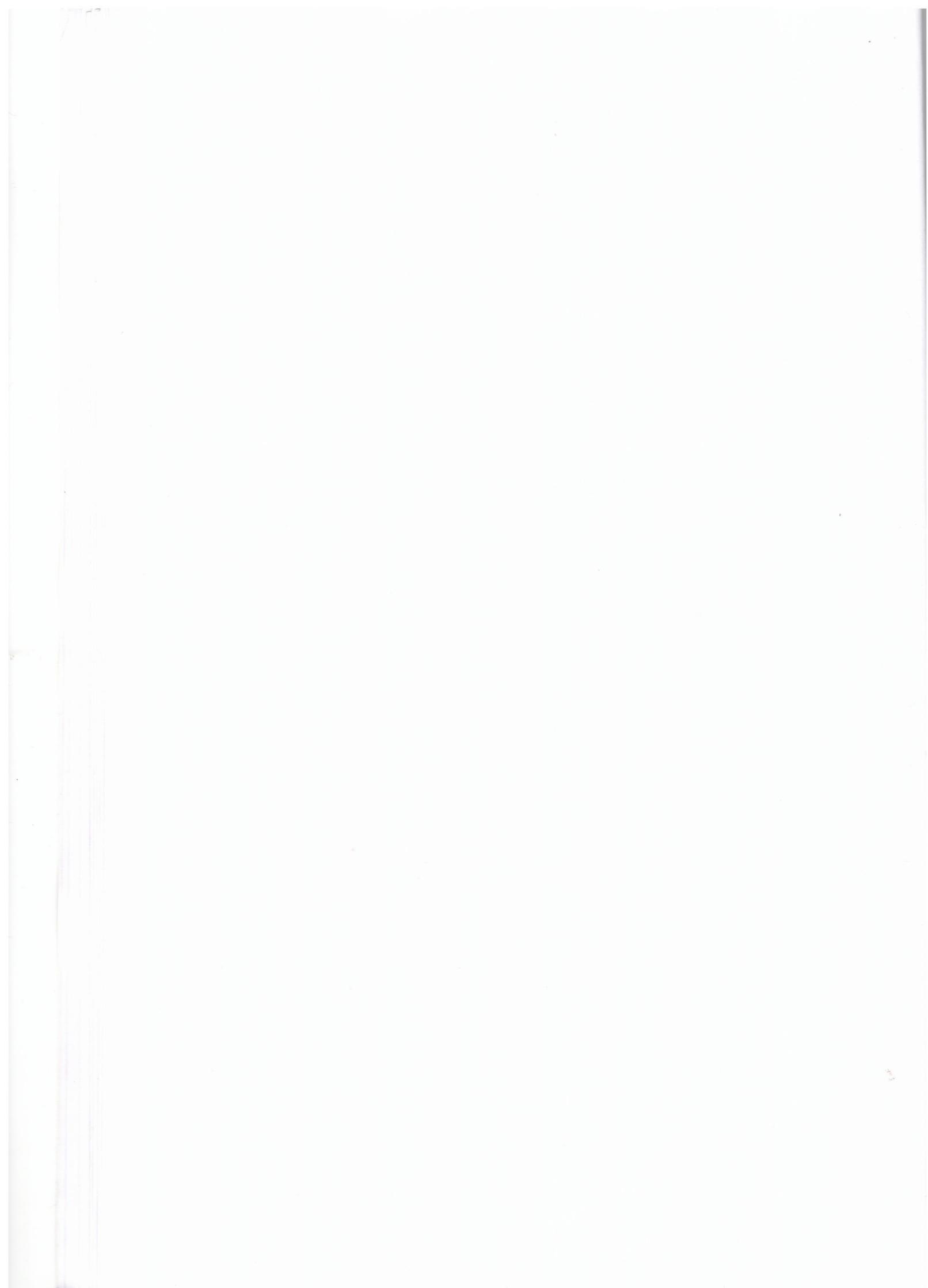
VI 07.09

D. Müller



Kraft F als Funktion der Position beim Herausziehen des Buegels aus der Flüssigkeit (Teil 2 : Ethanol)





Kraft F als Funktion der Position beim Herausziehen des Buegels aus der Flussigkeit (Teil 1 : Wasser)

