Dichte von festen Körpern und Flüssigkeiten und Oberflächenspannung (Versuch 4)

21.09.16

GLIEDERUNG

1. Einleitung

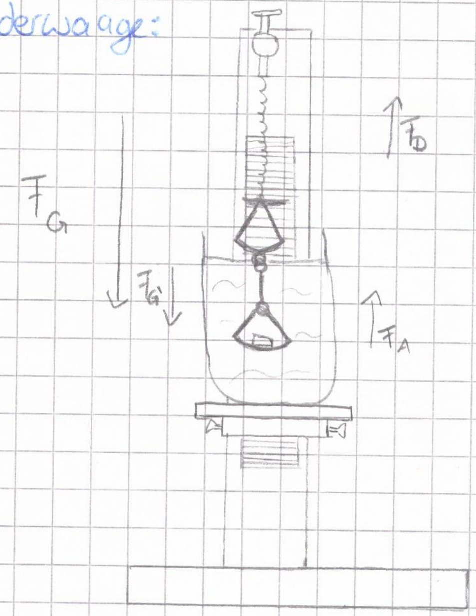
1.1 Ziel des Versuchs

Teil A: Mit Hilfe der Jollyschen Federwaage ist die Dichte eines geometrisch einfach gestalteten Körpers und einer unbekannten Flüssigkeit zu bestimmen.

Teil B: Mit Hilfe der Torisionswaage ist die Oberflächenspannung von destillierten Wasser und von Ethanol nach der Abreißmethode zu bestimmen.

1.2 Teil A: Versuchsaufbau und Durchführung

Jollysche Federwaage:



Die Jollysche Federwaage ist wie folgt aufgebaut: Oben hängt eine Feder an einer Federaufhängung. Am unteren Ende der Feder sind 2 Waagschalen befestigt. Die untere taucht in ein Becherglas mit einer Flüssigkeit ein. Zwischen den beiden Waagschalen merkt man sich einen bestimmten Punkt bis zu den die Flüssigkeit immer gehen muss. Um das so einzustellen steht das Becherglas auf einem verschiebbaren Sockel. Über der ersten Waagschale ist eine Markierung um die Auslenkung der Feder zu bestimmen.

Zuerst wird ein zylinderförmiger Körper gewogen und danach auf seine Länge abgemessen. Danach wird das Becherglas mit destillierten Wasser gefüllt. Nun wird in vier Durchgängen, die Ruhelage x_0 (ohne den Körper), die Position x_1, bei den ~~das~~ der Körper auf der oberen Waagschale liegt und die Position x_2, bei dem der Körper auf der unteren Waagschale im Wasser liegt, gemessen.* ⊗ Anschließend wird in das Becherglas statt Wasser eine unbekannte Flüssigkeit gefüllt und der Ablauf wird wiederholt.

⊗ Bei jedem Durchgang wird die Federaufhängung etwas verschoben, um systematische Fehler vorzubeugen.

* Aus diesen Werten kann dann die Dichte des Körpers berechnet und mit der über die ~~A~~ Messung bekannten Dichte verglichen werden. Diese Messung erfolgt mit Wasser, dessen Dichte wir kennen. Wenn die Messung der Dichte des Körpers also ungefähr mit den Abmessungen übereinstimmt, kann man ~~können wir~~ davon ausgehen, dass man über diese Methode auch die Dichte einer unbekannten Flüssigkeit bestimmen kann.

1.3 Teil A: Physikalische Grundlagen

Die Dichte eines homogenen Stoffes ist durch

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad \left[\frac{kg}{m^3}\right]$$

$$\Longleftrightarrow \qquad m = \rho \cdot V \qquad (1)$$

gegeben. Wobei m die Masse und V das Volumen des Stoffes angibt. Daraus ergibt sich dann für die Gewichtskraft F_G:

$$F_G = m_1 g = \rho V_k g \qquad (2)$$

Wird ein Körper mit diesem Volumen V_k in eine Flüssigkeit mit der Dichte ρ_{Fl} gegeben, so wirkt auf ihn die Auftriebskraft F_A

$$F_A = \rho_{Fl} \cdot V_k \cdot g = m_2 g \qquad (3)$$

die jedoch nur für vollkommen eingetauchte Körper gilt. Dies ergibt sich aus dem Archimedischen Prinzip, das besagt, dass die Auftriebskraft eines Körpers in einem Medium gleich der Gewichtskraft des von ihm verdrängten Mediums ist. Die daraus folgende neue Gewichtskraft verkleinert sich zu

$$F_{G'} = F_G - F_A \qquad (4)$$

Dadurch ergibt sich die Beziehung:

$$\frac{\rho}{\rho_{Fl}} = \frac{F_G}{F_A} = \frac{F_G}{F_G - F_{G'}} \qquad (5)$$

F_G und $F_{G'}$ lassen sich dabei durch das Hookesche Gesetz und mit einer Federwaage bestimmen. Für die Kraft F gilt dazu

$$F = -D(x - x_0) \qquad (6)$$

wobei D die Federkonstante und x_0 die Ruhelage der Feder angibt. Durch die 3 Messungen und (6) ergibt sich für Gleichung (5):

$$\frac{\rho}{\rho_{Fl}} = \frac{-D(x_1 - x_0)}{-D(x_1 - x_0) + D(x_2 - x_0)} = \frac{-x_1 + x_0}{x_2 - x_1} \qquad (7)$$

Die Kenntnis über die Federkonstante D ist irrelevant da sie sich in Gleichung (7) wegkürzt.

Die untere Waagschale muss während des Versuchs immer bis zur gleichen Höhe eintauchen, damit die Auftriebskraft überall die gleiche ist.
Da die Größen x_0, x_1, x_2 immer die gleiche Person abgelesen hat, sind die Unsicherheiten der Messgrößen überall ungefähr gleich klein.

Fehler von s_β:

$$\beta = \frac{x_1 - x_0}{x_1 - x_2}$$

$$s_\beta^2 = \sum_{i=0}^{2} \left(\frac{\partial \beta}{\partial x_i}\right)^2 s_{x_i}^2$$

$$= \left(\frac{\partial \beta}{\partial x_0}\right)^2 s_{x_0}^2 + \left(\frac{\partial \beta}{\partial x_1}\right)^2 s_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial \beta}{\partial x_2}\right)^2 s_{x_2}^2$$

$$\frac{\partial \beta}{\partial x_0} = \frac{1}{x_2 - x_1} = \frac{x_2 - x_1}{(x_2 - x_1)^2} = \frac{x_2 - x_1}{(x_1 - x_2)^2}$$

$$\frac{\partial \beta}{\partial x_1} = \frac{x_0 - x_2}{(x_1 - x_2)^2}$$

$$\frac{\partial \beta}{\partial x_2} = \frac{x_1 - x_0}{(x_1 - x_2)^2}$$

$$\Rightarrow s_\beta^2 = \left(\frac{1}{x_2 - x_1}\right)^2 s_{x_0}^2 + \left(\frac{x_0 - x_2}{(x_1 - x_2)^2}\right)^2 s_{x_1}^2 + \left(\frac{x_1 - x_0}{(x_1 - x_2)^2}\right)^2 s_{x_2}^2 \qquad \text{mit } s_{x_0} = s_{x_1} = \dots = s_x$$

$$s_\beta^2 = s_x^2 \left(\frac{(x_2 - x_1)^2}{(x_2 - x_1)^4} + \frac{(x_0 - x_2)^2}{(x_1 - x_2)^4} + \frac{(x_1 - x_0)^2}{(x_1 - x_2)^4}\right)$$

$$\Rightarrow s_\beta = s_x \cdot \frac{1}{(-x_1 + x_2)} \sqrt{\frac{1}{(x_1 - x_2)^2} \left(x_2^2 + x_1^2 - 2 x_2 x_1 + x_0^2 + x_2^2 - 2 x_0 x_2 + x_1^2 + x_0^2 - \dots\right.}$$

$$= \frac{s_x}{(-x_1 + x_2)} \sqrt{\frac{2x_1^2 - 4 x_1 x_2 + 2 x_2^2 - 2x_1^2 + 2 x_1 x_2 + 2 x_1 x_0 - 2 x_2 x_0 + 2 x_1^2 + 2 x_0^2 \dots}{(x_1 - x_2)^2}}$$

$$= -\frac{s_x}{(x_1 - x_2)} \sqrt{\frac{2 (x_1 - x_2)^2 - 2 (x_1 - x_0)(x_1 - x_2) + 2 (x_1 - x_0)^2}{(x_1 - x_2)^2}}$$

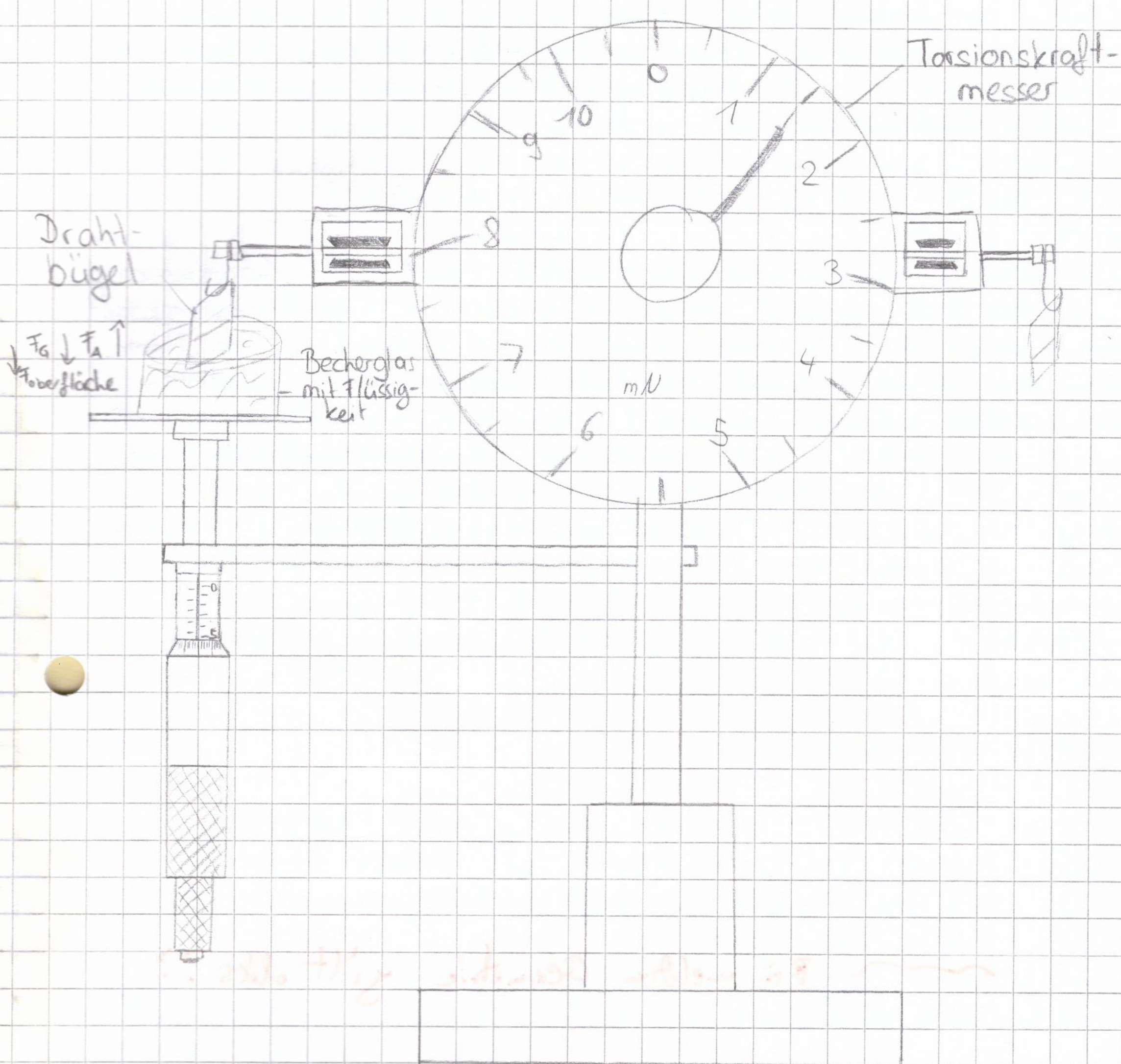
$$= \frac{s_x}{(-x_1 + x_2)} \sqrt{2 - 2 \frac{(x_1 - x_0)}{(x_1 - x_2)} + 2 \frac{(x_1 - x_0)^2}{(x_1 - x_2)^2}}$$

$$= \frac{s_x}{(-x_1 + x_2)} \sqrt{2 (1 - \beta + \beta^2)} \qquad (8)$$

für $\beta' = \frac{x_1 - x_2}{x_1 - x_0}$ folgt nach dem gleichen Verfahren:

$$s_{\beta'} = \frac{s_x}{(x_0 - x_1)} \sqrt{2 (1 - \beta' + \beta'^2)} \qquad (9)$$

1.4 Teil B: Versuchsaufbau und Durchführung



Um die Oberflächenspannung von Ethanol und Wasser zu bestimmen, benutzen wir die Abreißmethode.
Dafür wird ein Drahtbügel in die Flüssigkeit in einem Becherglas wie oben zu sehen eingetaucht, bis er ganz ~~unter~~ mit der Flüssigkeit bedeckt ist. Dreht man nun das Becherglas langsam runter und der zweite Draht „liegt" auf der Oberfläche, so bildet sich dort bei weiterem absenken des Becherglases eine Flüssigkeitslamelle. Während man das Becherglas absenkt, dreht man vorn in der Mitte des Torsionskraftmessers mit, sodass ~~man~~ links und rechts neben der Anzeige, der Stab zwischen den schwarzen Balken ist, sodass alles im Gleichgewicht steht. Wenn die Lamelle reißt hört man auf weiterzudrehen. Während der gesamten Messung schreibt man die Höhe des Becherglases in Abhängigkeit von der Kraft an.
Bevor man den Versuch so durchführt wird die Gewichtskraft und die Auftriebskraft kompensiert. ~~Dazu~~ Ganz vorne am Torsionskraftmesser ist ein Knopf zum Drehen. Über einen Draht ist er am anderen Ende mit einem weiteren Knopf verbunden. Bevor man nun den Drahtbügel in das Becherglas taucht wird am hinteren Knopf die Gewichtskraft eingestellt, sodass die Drahtbügel auf beiden Seiten im Gleichgewicht stehen. Danach wird der Drahtbügel in das Becherglas getaucht. Sobald das Becherglas so weit unten ist, dass die Lamelle

reißt wird die Anzeige vorne auf Null gedreht und danach wieder der hintere Knopf gedreht bis die Bügel wieder im Gleichgewicht sind. So wird die Auftriebskraft auch kompensiert. Nun kann man 3 Messungen für Wasser und danach 3 für Ethanol machen.

1.5 Teil B: Physikalische Grundlagen

Die Oberflächenspannung wird ~~stark~~ durch die Kohäsionskraft und die Adhäsionskraft bestimmt. Dabei gibt die Kohäsionskraft den Zusammenhalt in einem Stoff durch zB Moleküle, Ionen, Atome an. Die Adhäsionskraft beschreibt die Anziehung zwischen verschiedenen Stoffen. Benetzend wird eine Flüssigkeit genannt, wenn die Adhäsionskräfte größer als die Kohäsionskräfte sind. Dabei wird die Oberflächenspannung maßgeblich durch die Kohäsion bestimmt. Die ~~nach Innen gerichtete~~ Anziehungskräfte heben sich im inneren der Flüssigkeit auf, ~~und~~ an der Grenzfläche wirken sie jedoch noch nach innen. Diese nach innen wirkenden Kräfte wirken einer Flächenvergrößerung der Oberfläche entgegen. Somit gilt:

$$\Delta W = \sigma \cdot \Delta A \quad (10)$$

σ gibt dabei die Oberflächenspannung und ΔA die Änderung der Fläche an. Mechanische Arbeit kennen wir auch als Produkt aus Kraft und Weg, wodurch sich mit $\Delta A = \ell \cdot \Delta s$ ergibt:

Bei welcher Geometrie gilt dies??

$$F \cdot \Delta s = \sigma \cdot \ell \cdot \Delta s \quad (11)$$

$$\Rightarrow F = \sigma \cdot \ell \quad (12)$$

Für die Oberfläche der Lamelle gilt kurz vor dem Abriss:

$$A_{s=s_{max}} = 2 \cdot \ell \cdot s_{max} \quad (13)$$

Der Faktor 2 kommt daher, dass Vorder und Rückseite zur Gesamtfläche beitragen.

$$\Delta A_{s=s_{max}} = 2\ell \cdot \Delta s \quad (14)$$

mit $\Delta A_{s=s_{max}}$ ist die Änderung der Oberfläche, Δs = Höhenänderung der Lamelle, s_{max} ist die Höhe kurz vor dem Abriss, ℓ = Länge der Lamele.

Mit $\Delta W_{s=s_{max}} = F(s_{max}) \cdot \Delta s$ gilt für die Oberflächenspann

$$\sigma = \frac{\Delta W}{\Delta A}\Big|_{s_{max}} = \frac{F(s_{max})\Delta s}{2\ell \cdot \Delta s} = \frac{F(s_{max})}{2\ell} \quad (15)$$

Hierfür muss die Kraft am Abreißpunkt möglichst genau bestimmt werden, was man durch langsames Senken erreichen kann.

Die Kraft muss am Abreißpunkt gemessen werden, da dann A maximal wird, was wir in unserer Formel benötigen.
Die Kraft steigt nicht sprunghaft auf den durch die Oberflächenspannung gegebenen Wert an, da erst im Abrisspunkt ~~da erst im Abrisspunkt~~ die ganze Gewichtskraft der Lamelle von der Oberflächenspannung "getragen" wird.
Gäbe es keine Randeffekte und eine ideal ausgebildete Lamelle, so würde es einen linearen Zusammenhang zwischen der Auslenkung x und der Kraft F(x) geben.

Der Verlauf der Kraft F(x) bzw F(s) bei Vernachlässigung aller Randeffekte und an jeder Position ideal gebildeter Lamelle sähe wie folgt aus:

Bei nicht benetzenden Flüssigkeiten kommt es nicht zu einer „sauberen“ Lamellenbildung, da die Kohäsion größer als die Adhäsion ist.
Auch bei gut benetzenden Flüssigkeiten

2. Messdaten V4 21.09

Teil A

Messung 1: Dichte des Körpers

Eigenschaften des Körpers

m = 4,36 g
s_m = 0,01 g
h = 17,41 mm
d = 15,12 mm
$s_{h,d}$ = 0,02 mm

#	x_0/mm	x_1/mm	x_2/mm	s_x/mm
1	409	391	401	1
2	435	417	429	1
3	455	436	449	1
4	471	455	466	1

Messung 2: Dichte der Flüssigkeit

#	x_0/mm	x_1/mm	x_2/mm	s_x/mm
1	470	451	462	1
2	450	431	442	1
3	439	420	431	1
4	426	407	419	1

Teil B mit destilliertem Wasser

1. Messung

s_l = 0,02 mm
s_F = 0,05 mN
s_s = 0,01 mm

l_1 = 26,04 mm
l_2 = 25,93 mm
l_3 = 26,04 mm

#	s/mm	F/mN
~~1~~	~~1,79~~	~~-0,05~~
~~2~~	~~2,31~~	~~0,1~~
1	1,28	-0,30
2	2,20	-0,20
3	3,20	-0,10
4	4,20	0,00
5	5,20	0,10
6	6,20	1,10
7	7,20	2,50
8	7,70	2,60
9	8,00	2,80
10	8,30	2,90
11	8,60	3,00
12	9,00	3,15
13	9,11	3,20
14		

2. Messung

#	S/mm	F/mN
1	3,22	-0,25
2	3,50	0,00
3	4,40	0,30
4	5,60	0,90
5	6,50	1,30
6	7,00	1,50
7	7,50	1,80
8	8,25	2,50
9	8,50	2,65
10	9,28	3,35
11	9,32	3,40
12	9,36	3,45

3. Messung

#	s/mm	F/mN
1	1,42	-0,10
2	2,45	0,00
3	3,00	0,10
4	4,05	0,20
5	5,00	0,40
6	5,50	0,80
7	6,26	1,10
8	6,70	1,60
9	7,00	1,90
10	7,50	2,40
11	7,75	2,90
12	7,95	3,40
13	~~8~~ 8,21	3,50
14		

~~mit~~ ~~$l =$~~ ~~$s_F =$~~ ~~$s_l =$~~

mit Ethanol

1. Messung

#	s/mm	F/mN
1	1,30	-0,15
2	1,90	-0,10
3	2,50	-0,05
4	3,00	0,05
5	3,50	0,15
6	4,00	0,30
7	4,50	0,40
8	5,00	0,70
	5,50	0,80
	6,00	0,95
	6,35	1,35

2. Messung

#	s/mm	F/mN
1	1,50	-0,20
2	2,00	-0,10
3	2,50	-0,10
4	3,00	-0,05
5	3,50	0,15
6	4,00	0,30
7	4,25	0,45
8	4~~5~~,60	0,65
9	4,85	0,80
10	5,10	0,90
11	5,40	1,20
12	5,75	1,40
~~13~~		

3. Messung

#	s/mm	F/mN
1	1,50	-0,05
2	2,00	0,00
3	2,50	0,00
4	3,00	0,30
5	3,50	0,60
6	3,85	0,80
7	4,15	1,10
8	4,45	1,10
9	4,55	1,20
10	4,65	1,20
11	4,83	1,35
12	4,93	1,35
13	5,12	1,35
14	5,20	1,35
15	5,41	1,35

T. [illegible]

3 Auswertung

3.1 Teil A: Bestimmung der Dichte fester Körper und von Flüssigkeiten

3.1.1 Dichte des Körpers über Massen- und Volumenbestimmung

Durchmesser $d = 15{,}12\,mm$
Masse $m = 4{,}36\,g$
Höhe $h = 17{,}41\,mm$
$s_m = 0{,}01\,g$
$s_{h,d} = 0{,}02\,mm$

Da der Zylinder als Körper ausgewählt wurde, ist es ein Leichtes sein Volumen über die Formel

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h$$

zu bestimmen

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h = 3{,}13 \cdot 10^{-6}\,m^3$$

Somit folgt für die Dichte:

$$\rho = \frac{m}{V} = 1394{,}74\,\frac{kg}{m^3} \qquad (1)$$

Fehlerbestimmung

$$s_\rho = \rho \sqrt{\left(\frac{s_m}{m}\right)^2 + 2\left(\frac{s_d}{d}\right)^2 + \left(\frac{s_h}{h}\right)^2} = 4{,}43\,\frac{kg}{m^3}$$

$$\Rightarrow \rho = (1395 \pm 4)\,\frac{kg}{m^3}$$

3.1.2 Messung mit der Jolly'schen Federwaage

$s_x = 1\,mm$
$\rho_{Wasser} = 997{,}77\,\frac{kg}{m^3}$ *[1] bei Raumtemperatur

Mittelwert $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$

Standardabweichung der Einzelmessung
$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$

Standardabweichung des Mittelwerts
$\bar{s} = \frac{s}{\sqrt{n}}$

Messung 1	Dichte des Körpers			
#	xo /mm	x1 /mm	x2 /mm	
1	409	391	401	
2	435	417	429	
3	455	436	449	
4	471	455	466	
	x1 -x0	x1-x2	β	ρ
1	-18	-10	1,80	1795,99
2	-18	-12	1,50	1496,66
3	-19	-13	1,46	1458,28
4	-16	-11	1,45	1451,30
Mittelwert	-17,75	-11,5	1,55	1550,56
Stabw.	1,26	1,29	0,17	164,83
Stabw Mittelw	0,63	0,65	0,08	82,42

Für das Beispiel 2. Messreihe: $\rho_1 = \rho_w \cdot \beta = 1496{,}66\,\frac{kg}{m^3}$

Erwartete statistische Unsicherheit am Beispiel der 2. Messreihe: (sh. Gl. (8))

$$s_\beta = \sqrt{\left(\left(\frac{\partial\beta}{\partial x_0}\right)^2 + \left(\frac{\partial\beta}{\partial x_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial\beta}{\partial x_2}\right)^2\right) s_x^2} = \frac{s_x}{(-x_1+x_2)}\sqrt{2(1-\beta+\beta^2)} = 0{,}16$$

so folgt für den Fehler auf ρ:

$$s_{\rho_1} = \rho_1 \frac{s_\beta}{\beta} = 155{,}55\,\frac{kg}{m^3}$$

*[1] internetchemie.info/chemiewiki/index.php?title=Wasser-Dichtetabelle

Die Standardabweichung auf ρ entspricht jedoch $164{,}83 \frac{kg}{m^3}$, somit ist die Streuung unserer Messwerte größer als der Fehler, den wir durch die Fehlerfortpflanzung berechnet haben.
Vermutlich war die Fehlerabschätzung also etwas ungenau, weshalb die Streuung ~~d~~ die Messung wohl besser beschreibt.

$\Rightarrow \rho_z = (1550 \pm 80)\, kg/m^3$ Jollysche Federwaage

$\rho = (1395 \pm 4) \frac{kg}{m^3}$ Massen- & Volumenbestimmung

Man kann davon ausgehen, auch da der Fehler recht klein ist, dass die Dichte, die durch Volumen- und Massenbestimmung gefunden wurde, den Zylinder wohl sehr genau beschreibt.
Der Messwert der Jollyschen Federwaage weicht von diesem um 2σ ab.

in der folgenden Aufgabe wird der 2. Wert also zum Rechnen verwendet da dieser, wie oben erwähnt, wohl um einiges genauer ist.

3.1.3 Bestimmung der Dichte einer unbekannten Flüssigkeit

Messung 2	Dichte der Flüssigkeit			
#	xo	x1	x2	
1	470	451	462	
2	450	431	442	
3	439	420	431	
4	426	407	419	
	x1-x0	x1-x2	β	ρ
1	-19	-11	0,58	807,48
2	-19	-11	0,58	807,48
3	-19	-11	0,58	807,48
4	-19	-12	0,63	880,89
Mittelwert	-19	-11,25	0,59	825,83
Stabw.	0,00	0,50	0,03	36,70
Stabw Mittelw	0,00	0,25	0,01	18,35

Für das Beispiel der Messreihe 1 folgt: $\rho_{Fl} = \beta \cdot \rho_z = 807{,}48 \frac{kg}{m^3}$ Dichte Zylinder s.o.

Erwartete statistische Unsicherheit (siehe (B))

$$s_\beta = \frac{s_x}{x_0 - x_1}\sqrt{2(1-\beta+\beta^2)} = 0{,}06$$

$$s_{\rho_{Fl}} = \rho_{Fl}\sqrt{\left(\frac{s_{\rho_z}}{\rho_z}\right)^2 + \left(\frac{s_\beta}{\beta}\right)^2} = 90{,}31 \frac{kg}{m^3}$$

Bei dieser Messung ~~ist~~ beträgt die Standardabweichung der Dichte $36{,}70\ \frac{kg}{m^3}$ und ist somit kleiner als die Fehlerfortpflanzung des Beispiels, die $90{,}31\ \frac{kg}{m^3}$ beträgt. Vermutlich ist die Situation somit eigentlich besser über Gauß'sche Fortpflanzung beschrieben.

Nichtsdestotrotz lautet ~~unser~~ das Ergebnis aus der Streuung mit der Standardabweichung des Mittelwerts:

$$\Rightarrow \quad \rho_{Fl} = (825 \pm 18)\ \frac{kg}{m^3}$$

3.2 Teil B: Messung der Oberflächenspannung anhand der Abreißmethode

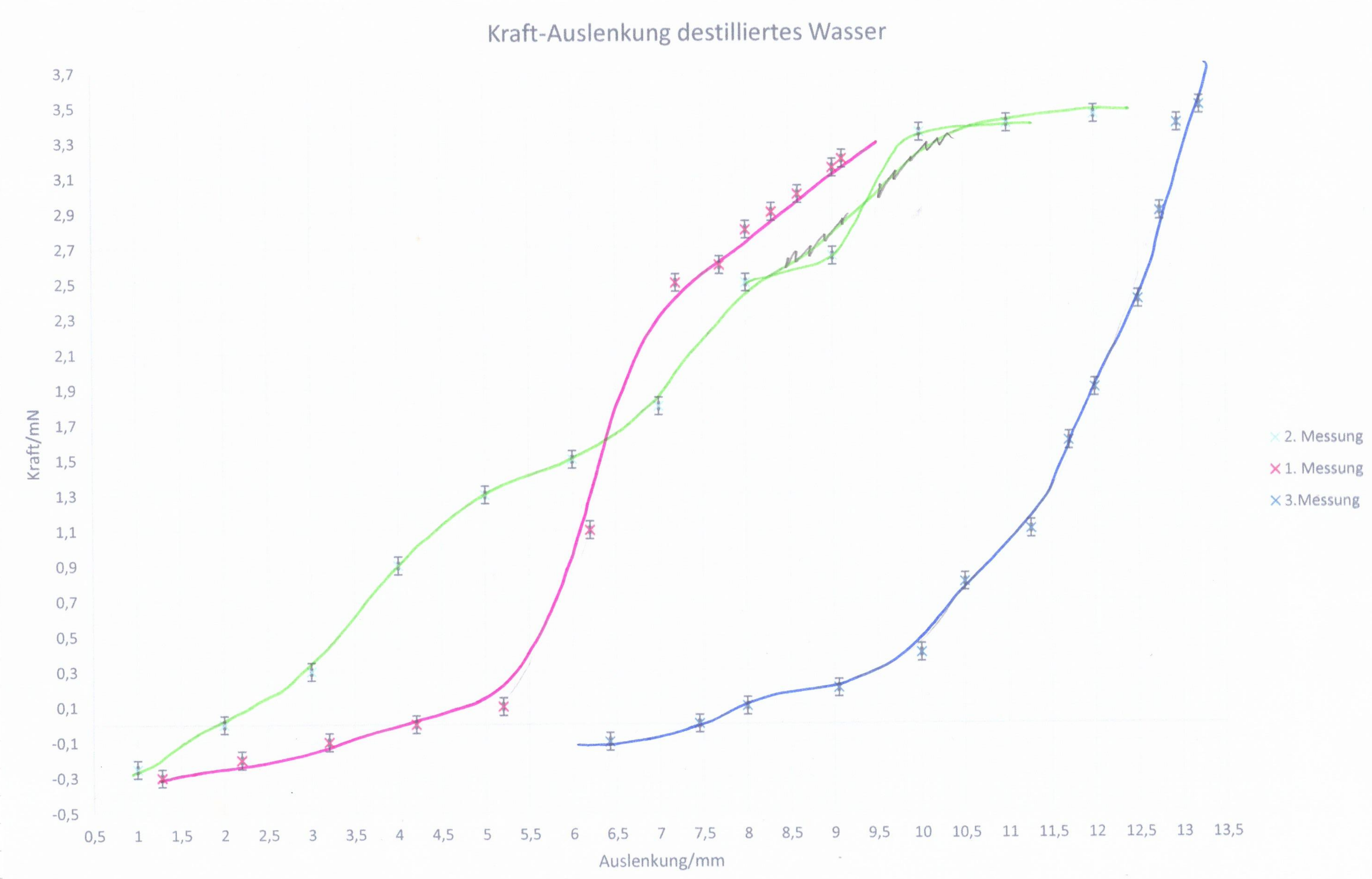
Mittelwert der Länge des Drahtes: $\bar{l} = 26\,mm$ mit seiner Standardabweichung $0{,}04\,mm$. Somit ist dieser Wert $s_{\bar{l}}$ größer als der Messfehler $s_l = 0{,}02\,mm$, weshalb wir mit $s_{\bar{l}}$ rechnen werden. Der Fehler der Kraft ist $s_F = 0{,}05\,mN$ und der der Auslenkung $s_s = 0{,}01\,mm$.

3.2.1 Destilliertes Wasser

WASSER

l	26,0033333
sl	0,03666667
sf / mN	0,05

1. Messung #	s/mm	F/mN	2. Messung #	s/mm	F/mN	3. Messung #	s/mm	F/mN
1	1,28	-0,3	1	5,22	-0,25	1	6,42	-0,1
2	2,2	-0,2	2	5,5	0	2	7,45	0
3	3,2	-0,1	3	6,4	0,3	3	8	0,1
4	4,2	0	4	7,6	0,9	4	9,05	0,2
5	5,2	0,1	5	8,5	1,3	5	10	0,4
6	6,2	1,1	6	9	1,5	6	10,5	0,8
7	7,2	2,5	7	9,5	1,8	7	11,26	1,1
8	7,7	2,6	8	10,25	2,5	8	11,7	1,6
9	8	2,8	9	10,5	2,65	9	12	1,9
10	8,3	2,9	10	11,28	3,35	10	12,5	2,4
11	8,6	3	11	11,32	3,4	11	12,75	2,9
12	9	3,15	12	11,36	3,45	12	12,95	3,4
13	9,11	3,2		Offset um 2 mm		13	13,21	3,5
							Offset um 5 mm	


Kraft-Auslenkung destilliertes Wasser
Kraft/mN
3,7
3,5
3,3
3,1
2,9
2,7
2,5
2,3
2,1
1,9
1,7
1,5
1,3
1,1
0,9
0,7
0,5
0,3
0,1
-0,1
-0,3
-0,5
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
4,5
5
5,5
6
6,5
7
7,5
8
8,5
9
9,5
10
10,5
11
11,5
12
12,5
13
13,5
Auslenkung/mm
2. Messung
1. Messung
3.Messung

Der Fehler auf die Auslenkung s ist im Diagramm eingezeichnet aber kaum sichtbar.

Die drei gemessenen Werte für F_{max} lauten:

$F_{max_1} = 3{,}2\,mN$
$F_{max_2} = 3{,}45\,mN$
$F_{max_3} = 3{,}5\,mN$

Daraus bildet man den Mittelwert

$$\bar{F}_{max} = 3{,}38\,mN$$

Dann gilt nach (15)

$$\sigma_\omega = \frac{\bar{F}_{max}}{2l} = 0{,}0651\,\frac{N}{m}$$

Fehlerrechnung

$$s_{\sigma_\omega} = \sigma_\omega \sqrt{\left(\frac{s_l}{l}\right)^2 + \left(\frac{s_F}{\bar{F}_{max}}\right)^2} = 0{,}00097\,\frac{N}{m}$$

$$\Rightarrow \sigma_\omega = (0{,}065 \pm 0{,}001)\,\frac{N}{m}$$

Der Literaturwert für die Oberflächenspannung bei Raumtemperatur beträgt

$$^{*2}\sigma_\omega' = 72{,}75\,m\frac{N}{m} = 0{,}07275\,\frac{N}{m}$$

Dies entspricht einer Abweichung von 8%.

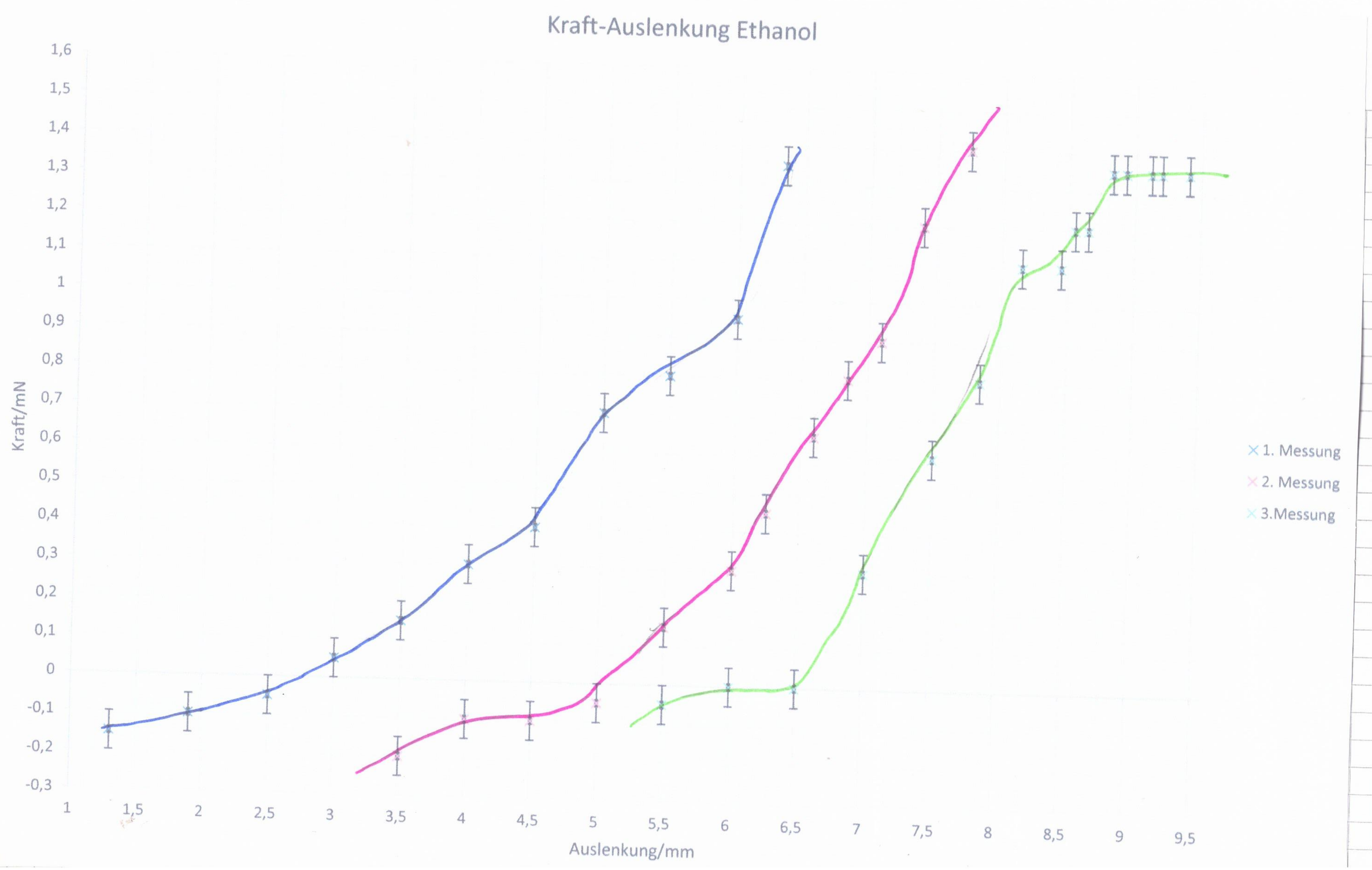
3.2.2 Ethanol

Ethanol

1. Messung #	s/mm	F/mN	2. Messung #	s/mm	F/mN	3.Messung #	s/mm	F/mN
1	1,3	-0,15	1	3,5	-0,2	1	5,5	-0,05
2	1,9	-0,1	2	4	-0,1	2	6	0
3	2,5	-0,05	3	4,5	-0,1	3	6,5	0
4	3	0,05	4	5	-0,05	4	7	0,3
5	3,5	0,15	5	5,5	0,15	5	7,5	0,6
6	4	0,3	6	6	0,3	6	7,85	0,8
7	4,5	0,4	7	6,25	0,45	7	8,15	1,1
8	5	0,7	8	6,6	0,65	8	8,45	1,1
9	5,5	0,8	9	6,85	0,8	9	8,55	1,2
10	6	0,95	10	7,1	0,9	10	8,65	1,2
11	6,35	1,35	11	7,4	1,2	11	8,83	1,35
			12	7,75	1,4	12	8,93	1,35
				Offset um 2mm		13	9,12	1,35
						14	9,2	1,35
						15	9,41	1,35
							Offset um 4mm	

*2 Quelle: chemie.de/lexikon/Oberflächenspannung.html

16


Kraft-Auslenkung Ethanol
Kraft/mN
1,6
1,5
1,4
1,3
1,2
1,1
1
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
-0,1
-0,2
-0,3
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
4,5
5
5,5
6
6,5
7
7,5
8
8,5
9
9,5
Auslenkung/mm
1. Messung
2. Messung
3.Messung

Der Fehler auf die Auslenkung s ist wiederum eingezeichnet aber kaum sichtbar.

Diesmal lauten die Werte für F_{max}:

$F_{max_1} = 1{,}35$
$F_{max_2} = 1{,}4$ $\Rightarrow$ Mittelwert $\overline{F_{max}} = 1{,}37$
$F_{max_3} = 1{,}35$

Wieder folgt aus (15): $\sigma_E = \frac{\overline{F_{max}}}{2 \cdot l} = 0{,}02629 \frac{N}{m}$

Fehlerrechnung

$$s_{\sigma_E} = \sigma_E \cdot \sqrt{\left(\frac{s_l}{l}\right)^2 \left(\frac{s_F}{F_{max}}\right)^2} = 0{,}00096 \frac{N}{m}$$

$$\Rightarrow \sigma_E = (0{,}026 \pm 0{,}001) \frac{N}{m}$$

Der Literaturwert von Ethanol für die Oberflächenspannung lautet:

$^{*2}\ \sigma_E' = 0{,}0225 \frac{N}{m}$

Die Abweichung unseres Werts beträgt also 4σ.

4. Zusammenfassung und Diskussion

Teil A:

Mithilfe der Jollyschen Federwaage haben wir für den Zylinder eine Dichte von

$$\rho_Z = (1550 \pm 80)\ kg/m^3$$

gemessen. Durch Bestimmung der Masse und Volumen des Zylinders kamen wir auf eine Dichte von

was könnte dies sein?

$$\rho = (1395 \pm 4)\ \frac{kg}{m^3}$$

Damit liegt der Wert von der Jollyschen Federwaage im 2σ-Bereich der Volumen und Masse Bestimmung.

Bei dem nächsten Teil des Versuchs haben wir mit der Jollyschen Federwaage eine Dichte einer unbekannten Flüssigkeit bestimmt. Unsere Dichte hat den Wert:

$$\rho_{Fl} = (825 \pm 18)\ kg/m^3$$

Dieselkraftstoff und Spiritus haben eine Dichte von $\rho = 830\ \frac{kg}{m^3}$ *3 was noch in dem Fehlerbereich unserer berechneten Dichte liegt, wodurch es sich um eine der Flüssigkeiten handeln könnte. Um auf unsere Dichte zu schließen, haben wir mit der Dichte des Zylinders durch Massen- und Volumenbestimmung gerechnet, da dieser Wert genauer ist.

Teil B:

Durch einen Torsionskraftmesser haben wir die Oberflächenspannung von Wasser durch die Abrissmethode zu

$$\sigma_W = (0{,}065 \pm 0{,}001)\ \frac{N}{m}$$

bestimmt. Der Literaturwert für die Oberflächenspannung von Wasser beträgt

$$\sigma_{W,L} = 0{,}07275\ \frac{N}{m} \quad {}^{*2}$$

Somit entspricht das einer Abweichung von 8σ.

*3 Quelle: chemie.de/Lexikon/Liste_der_Dichte_flüssiger_Stoffe.html

Durch den gleichen Versuchsaufbau wurde dann die Oberflächenspannung von Ethanol auf

$$\sigma_E = (0{,}026 \pm 0{,}001)\ \frac{N}{m}$$

bestimmt. Der Literaturwert für Ethanol beträgt:

$$\sigma_E' = 0{,}0255\ \frac{N}{m}\ ^{*2}$$

Dies liefert eine Abweichung von 4σ.

4.1 Fehlerquellen:

Teil A:
- Das ~~S~~ablesen von der Skala der Jollyschen Federwaage ist sehr ungenau da ~~der~~ die Markierung sehr dick war. ~~und im~~
- Die eintauchtiefe der unteren Waagschale war auch nicht immer ganz konstant, wodurch sich auch unterschiedliche Auftriebskräfte ergaben.

Teil B:
- Die nicht ganz korrekte kallibrierung stellt eine systematische Fehlerquelle da, die zu Abweichungen des Literaturwerts führt.
- ~~Der Drahtbü~~
- Die Markierung zwischen den beiden Trapezen, für die Anzeige des Gleichgewichts, war auch ein bisschen verbogen wodurch es zu systematischen Fehlern der Kraftanzeige kommt.
- Der Drahtbügel war nicht ganz waagerecht wodurch die Fläche der Lamelle auch nicht den perfekte Größe hatte. Außerdem war der Draht auch nicht gerade.
- Trotz Reinigung des Drahtes können noch Fettrückstände auf den Drahtbügel sein. Auch die Bechergläser können noch irgendwelche Rückstände haben, die während des Versuchs auf der Oberfläche schwimmen.
- Dadurch dass das destillierte Wasser und Ethanol immer wieder in den gleichen Behälter zurück geschüttet wird, kann es auch dort zu Verunreinigungen kommen.

gut

Denkzettel

HIER könnte
IHRE Note
stehen!