

Viskosität aus dem Durch- strömen einer Kapillare (Versuch 8)

I. EINLEITUNG	2 - 5
1.1 Ziel des Versuchs	2
1.2 Physikalische Grundlagen	2 - 4
1.3 Versuchsaufbau- und Durchführung	4 - 5
II. MESSUNGEN	6 - 8
III. AUSWERTUNG	9 -
3.1 Überprüfung des Hagen-Poiseuilleschen Gesetzes	9 - 12
3.2 Bestimmung der Viskosität von Wasser	12 - 13
IV. ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION	14 - 15

1. Einleitung

1.1 Ziel des Versuchs

Teil 1: Das Gesetz von Hagen-Poiseuille ist durch Messung der Volumenstromstärke durch verschiedene Kapillare unterschiedlicher Abmessung zu überprüfen.

Teil 2: Danach ist die Viskosität von Wasser mit diesem Gesetz zu bestimmen.

1.2 Physikalische Grundlagen

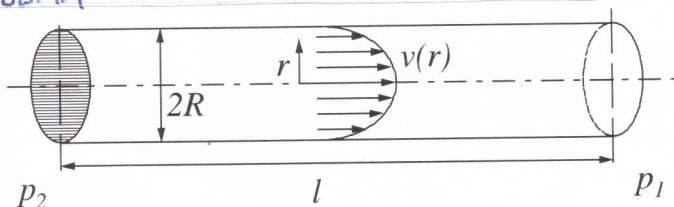
Als laminar wird eine Strömung bezeichnet, bei der sich die Stromfäden eines strömenden Fluids nicht durchmischen, wie es in unserem Versuch der Fall ist. Ist dies jedoch nicht der Fall, so bilden sich Turbulenzen und man spricht von einer turbulenten Strömung.

Durch die unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeit der verschiedenen Schichten der Fluids entsteht innere Reibung. Die Zähigkeit des Fluids die daraus resultiert wird Viskosität genannt und ist durch die Gleichung

$$(1) \quad F = \eta A \frac{dv}{dx}$$

gegeben. F gibt hierbei die Reibungskraft zwischen den Fluidschichten, A die Fläche der Fluidschichten, dv die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen den Fluidschichten und dx den Abstand ~~zwischen~~ der Schichten an. η gibt die Viskosität des Fluids an. Innerhalb des Flüssigkeitsstrom kommt es aufgrund der inneren Reibung zu einer parabelförmigen Geschwindigkeitsverteilung $v(r)$. In der mittleren Schicht fließt die Flüssigkeit am schnellsten.

Abb. 1.1



Quelle: Physiklabor
für Anfänger*innen
Teil 1, Teil B,
S. 17

Dies lässt sich durch

$$F_R = -\eta A \left| \frac{dv}{dr} \right| \quad (2)$$

beschreiben, wobei die Reibungskraft der Strömungsrichtung entgegengerichtet, wodurch ein negatives Vorzeichen in der Formel auftaucht. F_R ist dabei die Reibungskraft. η hat die Einheit Pa·s. Für zylinderförmige Kapillare gilt

$$A = 2\pi r L \quad (3)$$

für die Zylindermantelfläche A wobei die Reibungskraft durch

$$F_R = -\eta 2\pi r L \left| \frac{dv}{dr} \right| \quad (4)$$

gegeben ist. Eine beschleunigende Kraft F_P

$$F_P = \Delta p \pi r^2 \quad (5)$$

entsteht durch Druckdifferenz $\Delta p = p_2 - p_1$. Dabei gibt der hintere Term die Querschnittsfläche des Ringzylinders an.

Für den stationären Fall gilt:

$$F_R = F_P \quad (6)$$

$$\Rightarrow -\eta 2\pi r L \left| \frac{dv}{dr} \right| = \Delta p \pi r^2 \quad R \text{ definieren}$$

$$\Leftrightarrow \frac{dv}{dr} = -\frac{\Delta p \pi r^2}{\eta 2\pi r L}$$

$$\Leftrightarrow dv = -\frac{\Delta p r}{2\eta L} dr$$

$$\Rightarrow v(r) = + \int_r^R \frac{\Delta p}{2\eta L} r dr \quad \text{da } v(R) = 0$$

$$v(r) = \frac{\Delta p}{4\eta L} (R^2 - r^2) \quad (7)$$

Somit ergibt sich für das Geschwindigkeitsprofil ein Rotationsparaboloid. Zwischen dem Volumenstrom I_v und der Geschwindigkeit gilt der Zusammenhang

$$I = \frac{dV}{dt} = v(r) \cdot dA \quad (8)$$

wobei dA ein infinitesimales ringförmiges Kreissegment darstellt.

Durch integrieren über alle Ringzylinder, die zusammen das Volumen der Kapillare füllen, erhalten wir den Volumenstrom

durch die gesamten Kapillare:

$$I_v = \int_0^R v(r) dA = \int_0^R 2\pi r \cdot \frac{\Delta p}{4\eta L} (R^2 - r^2) dr \quad \text{mit } dA = 2\pi r dr$$

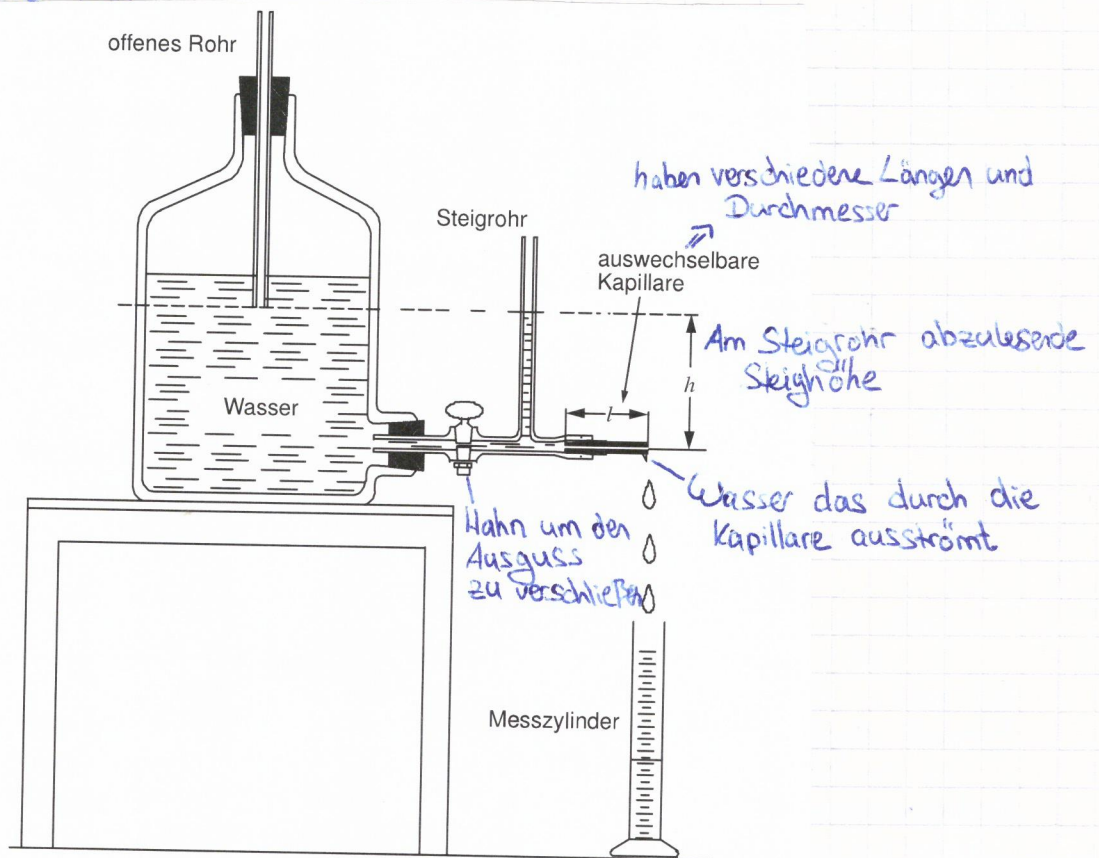
$$= \pi \frac{\Delta p}{2\eta L} \int_0^R (R^2 r - r^3) dr = \pi \frac{\Delta p}{2\eta L} \left[R^2 \frac{r^2}{2} - \frac{r^4}{4} \right]_0^R = \pi \frac{\Delta p}{2\eta L} \left(R^2 \frac{1}{2} - R^2 \frac{1}{4} \right)$$

$$(9) \quad I_v = \frac{\pi R^4}{8\eta L} \Delta p = \frac{\pi d^4}{128\eta L} \Delta p$$

Dies ist das Gesetz von Hagen-Poiseuille. Die Viskosität η ist temperaturabhängig, wodurch sie bei Flüssigkeiten mit zunehmender Temperatur T exponentiell abnimmt. Bei Gasen hingegen nimmt sie mit \sqrt{T} zu.

1.3 Versuchsaufbau und Durchführung

Abb. 1.2



Quelle: Physiklabor für Anfänger*innen Teil 1, Teil A, S. 71

in der Flasche entsteht ein Unterdruck und das Wasser kann gleichmäßig durch die Kapillare abfließen. Durch das offene Rohr entsteht in der Flasche kein Druck, damit der Unterdruck konstant bleibt.

Zuerst berechnet man von verschiedenen Kapillaren den $\frac{d^4}{L}$ -Wert. Nun sucht man sich 6 verschiedene so aus, dass ein großer Wertebereich dieser Berechnungen abgedeckt sind. Aus einem ^{gleichmäßiger} Vorratsgefäß, das etwas erhöht steht, lässt man Wasser durch ein Kapillar in einen Messzylinder fließen. Dabei wird das Volumen und die dafür benötigte Zeit des Wassers bestimmt. Das Volumen messen wir, indem wir den Messzylinder vor und nach jeder Messung wiegen und somit mit Hilfe der Dichte und der Massenzunahme das Volumen des durchgeflossenen Wassers bestimmen können. Die Zeit wird durch eine digitale Stoppuhr gemessen. Daraus lässt sich dann die Volumenstromstärke I_v durch die Kapillare bestimmen. Bevor man mit der Messung startet muss sich die Tropfrate erst stabilisieren. Die an den Kapillaren herrschende Druckdifferenz ist dem hydrostatischen Druck, der durch die Wassersäule h im Steigrohr erzeugt wird, gleich:

$$\Delta p = \rho_w \cdot g \cdot h \quad (10)$$

wobei ρ_w die Dichte von Wasser und g die Erdbeschleunigung $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ angibt. Während den Messungen ist darauf zu achten, dass sowohl ^{die} Wassertemperatur möglichst gleich bleibt als auch die Steighöhe h und somit der hydrostatische Druck. Um die R^4 -Abhängigkeit des Hagen-Poiseuille Gesetzes zu verifizieren, spielt es keine Rolle ob man mit $\frac{d^4}{L}$ oder mit $\frac{R^4}{L}$ rechnet, da sich die ^{zu} erwartenden Geraden nur um den Faktor 16 in der Steigung unterscheiden. Für die 6 unterschiedlichen Kapillare müssen jeweils 3 Volumen und Zeitmessungen gemacht werden.

Kapillare:

n	l/mm	d/mm	$(d^4/l)/mm^3$
1	80,6	0,57	$1,3 \cdot 10^{-3}$
2	122,0	0,73	$2,3 \cdot 10^{-3}$
3	81,7	0,71	$3,1 \cdot 10^{-3}$
4	120,0	0,70	$2,0 \cdot 10^{-3}$
5	80,5	0,88	$7,4 \cdot 10^{-3}$
6	81,7	0,82	$5,5 \cdot 10^{-3}$
7	80,0	0,90	$8,2 \cdot 10^{-3}$

$s_l = 0,1 \text{ mm}$
 $s_d = 0,01 \text{ mm}$

verworfen weil undicht

$s_m = 0,01 \text{ g}$ $s_t = 0,2 \text{ s}$ Offset = (24 mm + 1 mm) $T_A = 21^\circ \text{ C}$

Messreihe 1: Kapillare 1

i	t/s	m/g	m_w/g	m_M/g
1	59,90	76,22	2,42	53,73 73,80
2	90,43	79,68	3,46	76,22
3	120,31	84,31	4,63	79,68

Wassersäule $w = 85 \text{ mm}$ $s_w = 1 \text{ mm}$
 m_M = Masse Messzylinder vor Messung
 m = Gesamtmasse nach Messung

Messreihe 2 Kapillare 4

t/s	m/g	m_w/g	m_M/g
40,43	86,62	2,31	84,31
60,62	90,09	4,28	86,62
91,28	95,31	5,22	90,09

$w = (98 \pm 1) \text{ mm}$

Messreihe 3 Kapillare 3

t/s	m/g	m_w/g	m_M/g
36,56	99,23	3,92	95,31
60,34	105,70	6,47	99,23
81,18	114,35	8,65	105,70

$w = (100 \pm 1) \text{ mm}$

Messreihe 4 Kapillare 5

$w = (99 \pm 1) \text{ mm}$

t/s	m/g	m_w/g	m_M/g
25,31	79,97	6,06	73,91
40,31	89,56	9,59	79,97
60,21	103,89	14,33	89,56

~~Messreihe 5 Kapillare 6~~

~~$w = (96 \pm 1) \text{ mm}$~~

t/s	m/g	m_w/g	m_M/g
20,37	107,41	3,52	103,89
40,34	114,28	6,87	107,41
61,09	124,05	10,4	114,28

2. Messung mit $w = (99 \pm 1) \text{ mm}$

t/s	m/g	m_w/g	m_M/g
20,28	119,14	3,44	115,70
40,21	125,83	6,69	119,14
60,28	135,88	10,05	125,83

~~Messreihe 6 Kapillare 7~~

~~$w = (96 \pm 1) \text{ mm}$~~

t/s	m/g	m_w/g	m_M/g
20,25	78,90	4,85	74,07
40,12	88,20	9,30	78,90
60,03	101,99	13,79	88,20

2. Messung mit $w = (99 \pm 1) \text{ mm}$

t/s	m/g	m_w/g	m_M/g
60,40	88,46	14,49	73,97
40,31	98,12	9,66	88,46
20,37	102,97	4,85	98,12

Messreihe 7 Kapillare 1

$w = (99 \pm 1) \text{ mm}$

t/s	m/g	m_w/g	m_M/g
61,21	104,75	2,78	101,97
90,46	108,81	4,06	104,75
151,84	115,70	6,89	108,81

$T_E = 22^\circ \text{ C}$

VT 30.09.16
J. Schr

Die durchgestrichenen Messreihen wurden aufgrund des abweichenden Drucks verworfen.

3. AUSWERTUNG

3.1 Überprüfung des Hagen-Poiseuilleschen Gesetzes

Zur Überprüfung des Hagen-Poiseuilleschen Gesetz überprüfen wir grafisch den linearen Zusammenhang zwischen der Volumenstromstärke I_V und dem Quotienten $\frac{d^4}{l}$.

Dafür berechnen wir das Volumen aus der Dichte und der Masse (siehe Tabellen 2-7) mit

$$V_i = \frac{m_i}{\rho_w} \quad \text{mit } \rho_w = 997,99 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx 1 \cdot 10^{-7} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3} \quad \text{bei ca. } 21^\circ\text{C}$$

womit wir dann die Volumenstromstärke aus Formel (8)

$$I_{V_i} = \frac{V_i}{t_i}$$

berechnen können.

Alle Ergebnisse mit Unsicherheiten sind den Tabellen 1-7 zu entnehmen.

Zur Berechnung wurden folgende Formeln angewandt

a) Mittelwert $\bar{I}_V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{V_i}$

b) Standardabweichung $s = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (I_{V_i} - \bar{I}_V)^2$

c) Standardabweichung des Mittelwerts $s_{\bar{I}_V} = \frac{s}{\sqrt{n}}$

d) Fehler auf die einzelnen Messungen durch Fehlerfortpflanzung

$$s_{I_{V_i}} = I_{V_i} \sqrt{\left(\frac{s_m}{m_{w_i}}\right)^2 + \left(\frac{s_t}{t_i}\right)^2}$$

e) Fehler auf den Mittelwert durch Fehlerfortpflanzung

$$s_{\bar{I}_V} = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n s_{I_{V_i}}^2}$$

f) Fehler durch Fortpflanzung auf die Quotienten $\frac{d^4}{l}$

$$s_{\frac{d^4}{l_i}} = \frac{d^4}{l_i} \sqrt{\left(4 \frac{s_d}{d_i}\right)^2 + \left(\frac{s_l}{l_i}\right)^2}$$

dabei sind s_d und s_l den Messungen zu entnehmen, ebenso wie s_m und s_t .

n	l/mm	d/mm	$(d^2/l)/\text{mm}^3$	$\bar{l}_v / \text{mm}^3/\text{s}$	$S_{\text{IV}/\text{mm}^3}$
1	80,6	0,57	0,0013	45,32	9E-05
3	81,7	0,71	0,0031	107,22	2E-04
4	120,0	0,70	0,0020	57,28	1E-04
5	80,5	0,88	0,0074	238,93	3E-04
6	81,7	0,82	0,0055	167,91	3E-04
7	80,0	0,90	0,0082	239,35	4E-04

S_{IV} n_{IV}
Sinnvoll

t/s	m_w/kg	V/mm^3	$\bar{l}_v / \text{mm}^3/\text{s}$	$s_{\text{IV}} / \text{mm}^3/\text{s}$
40,43	0,002	2314,65	57,3	0,5
60,62	0,004	4288,62	70,7	0,3
91,28	0,005	5230,51	57,3	0,2
Mittelwert			57,28 mm^3/s	
Standardabweichung			0,04 mm^3/s	
Stabw. MW			0,03 mm^3/s	
Gauß'sche Fehlerfortpflanzung s_{IV}			0,2 mm^3/s	

t/s	m_w/kg	V/mm^3	$\bar{l}_v / \text{mm}^3/\text{s}$	$s_{\text{IV}} / \text{mm}^3/\text{s}$
36,56	0,004	3927,90	107	0,7
60,34	0,006	6483,03	107	0,4
81,18	0,009	8667,42	107	0,3
Mittelwert			107,2 mm^3/s	
Standardabweichung			0,4 mm^3/s	
Stabw. MW			0,2 mm^3/s	
Gauß'sche Fehlerfortpflanzung s_{IV}			0,3 mm^3/s	

t/s	m_w/kg	V/mm^3	$\bar{l}_v / \text{mm}^3/\text{s}$	$s_{\text{IV}} / \text{mm}^3/\text{s}$
25,31	0,006	6072,21	240	2
40,31	0,010	9609,31	238,4	1,2
60,21	0,014	14358,86	238,5	0,8
Mittelwert			238,9 mm^3/s	
Standardabweichung			0,9 mm^3/s	
Stabw. MW			0,5 mm^3/s	
Gauß'sche Fehlerfortpflanzung s_{IV}			0,8 mm^3/s	

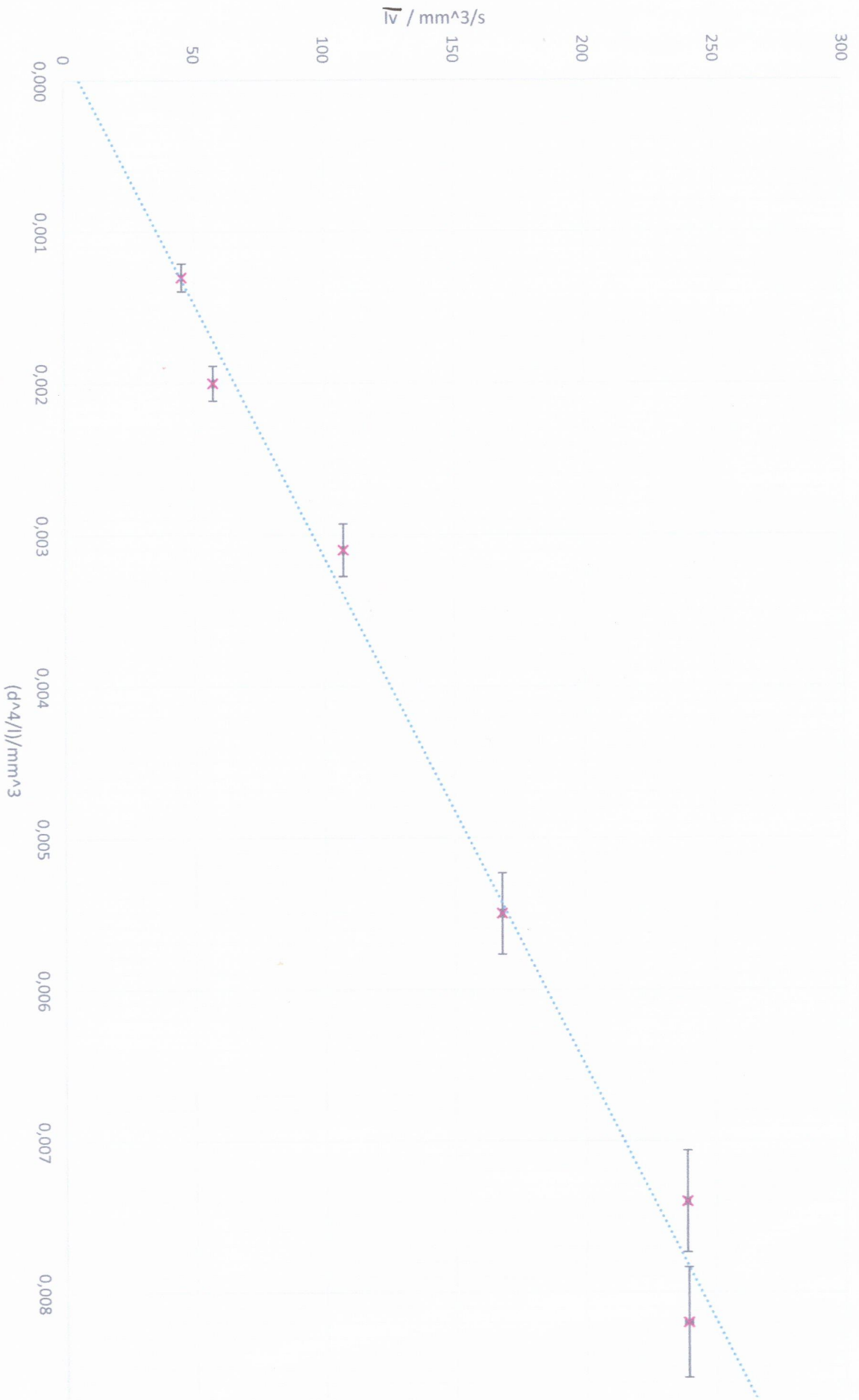
t/s	m_w/kg	V/mm^3	$\bar{l}_v / \text{mm}^3/\text{s}$	$s_{\text{IV}} / \text{mm}^3/\text{s}$
20,28	0,003	3446,93	170,0	1,8
40,21	0,007	6703,47	166,7	0,9
60,28	0,010	10070,24	167,1	0,6
Mittelwert			167,9 mm^3/s	
Standardabweichung			1,8 mm^3/s	
Stabw. MW			1,0 mm^3/s	
Gauß'sche Fehlerfortpflanzung s_{IV}			0,7 mm^3/s	

t/s	m_w/kg	V/mm^3	$\bar{l}_v / \text{mm}^3/\text{s}$	$s_{\text{IV}} / \text{mm}^3/\text{s}$
60,40	0,015	14930,01	247,2	0,9
40,31	0,010	9679,46	240,1	1,2
20,37	0,005	4859,77	239	2
Mittelwert			239,4 mm^3/s	
Standardabweichung			4,6 mm^3/s	
Stabw. MW			3,2 mm^3/s	
Gauß'sche Fehlerfortpflanzung s_{IV}			1,4 mm^3/s	

t/s	m_w/kg	V/mm^3	$\bar{l}_v / \text{mm}^3/\text{s}$	$s_{\text{IV}} / \text{mm}^3/\text{s}$
61,21	0,003	2785,60	45,5	0,3
90,46	0,004	4068,18	44,97	0,19
151,84	0,007	6903,88	45,47	0,11
Mittelwert			45,32 mm^3/s	
Standardabweichung			0,30 mm^3/s	
Stabw. MW			0,17 mm^3/s	
Gauß'sche Fehlerfortpflanzung s_{IV}			0,12 mm^3/s	

Die Werte aus Spalten 4 und 5 der Tabelle 1 wurden in Diagramm 1 aufgetragen, zusammen mit den individuellen Fehlern $\frac{s_{\text{IV}}}{\bar{l}_v}$ und den Fehlern S_{Z_v} durch Fortpflanzung.

Diagramm 1: Überprüfung des Hagen-Poiseuillischen Gesetzes



Fehler auf \bar{Q} wurden eingezeichnet, sind aber kaum sichtbar.

Aus Diagramm 1 kann ein linearer Zusammenhang zwischen I_v und $\frac{d^4}{l}$ erabnt, jedoch nicht eindeutig verifiziert werden.

So können wir die Theorie $I_v = \frac{d^4}{l} \cdot \frac{\Delta p \cdot \pi}{128 \eta} \Rightarrow I_v \sim \frac{d^4}{l}$ aus Formel (9) nicht eindeutig bestätigen. *wann? (s. Diskussion)*

Auffällig ist jedoch, dass beim größeren Quotienten $\frac{d^4}{l}$ auch der Fehler $\frac{s_{d^4}}{d^4}$ proportional zunimmt. *natürlich*

3.2 Bestimmung der Viskosität von Wasser

hü? Die Viskosität soll einfach so bestimmt werden, nicht zum Überprüfen. Um die Genauigkeit unserer Messung zu überprüfen, soll durch lineare d. Gen. Regression die Viskosität von Wasser aus unseren Daten bestimmt werden.

Die Werte in Tabelle 8 wurden folgendermaßen bestimmt:

1.) Steigung $b = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x}) y_i}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$

$\Rightarrow b = (29800 \pm 1600) \text{ s}^{-1}$ *das evtl. noch nicht erwähnen wenn unter erst die Fehlbestimmung beschrieben*

2.) Achsenabschnitt $a = \bar{y} - b\bar{x}$

$\Rightarrow a = (6 \pm 8) \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}$

x, y definieren

3.) Standardabweichung $s = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_i (y_i - a - bx_i)^2}$

$\Rightarrow s = 10 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}$

4.) Fehler von b

$s_b = s \sqrt{\frac{1}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}} = 1603 \text{ s}^{-1}$

5.) Fehler von a

$s_a = s \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}} = 8 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}$

Tabelle 8: *Lineare Regression*

Kapillare	$d^4/l/\text{mm}^3$	Volumenstrom/ mm^3/s				
n	x_i	y_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x}) y_i$	$(y_i - a - bx_i)^2$
1	0,0013	45,32	-0,0033	1E-05	-0,15	0,2
3	0,0031	107,22	-0,0015	2E-06	-0,16	76,5
4	0,002	57,28	-0,0026	7E-06	-0,15	70,9
5	0,0074	238,93	0,0028	8E-06	0,67	152,2
6	0,0055	167,91	0,0009	8E-07	0,15	4,3
7	0,0082	239,35	0,0036	1E-05	0,87	122,7
Mittelwert	0,0046	142,67				
Summe					0,00004	1,24

Steigung b	29795 s^{-1}
Achsenabschnitt a	6 mm^3/s
Standardabweichung	10 mm^3/s
s_a	8 mm^3/s
s_b	1603 s^{-1}

Anhand der Steigung b und dem Hagen-Poiseuilleschen Gesetz kann nun die

Viskosität des destillierten Wassers bestimmt werden

$$I_V = \underbrace{\frac{\Delta p \cdot \pi}{128 \eta}}_b \cdot \frac{d^4}{l} \quad (9)$$

$$\Rightarrow b = \frac{\Delta p \cdot \pi}{128 \eta} \Leftrightarrow \boxed{\eta = \frac{\Delta p \cdot \pi}{128 b}}$$

Dazu wird der Druckunterschied mithilfe der Formel (10)

$$\Delta p = \rho_w \cdot g \cdot h$$

berechnet wobei folgende Werte genutzt werden

$$\rho_w^* = 1 \cdot 10^{-7} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3} \quad \text{Sollte bei der Temperatur so etwas wie } 0,998 \text{ sein}$$

$$g^* = 9810 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2}$$

$$h = 0 + \bar{w}$$

↑
Offset

$\bar{w} = (94 \pm 1) \text{ mm}$ (Mittelwert der Höhe der Wassersäule)

$h = b_0 + h'$ o.ä. wäre besser "0" grundsätzlich vermeiden

$$h = 0 + \bar{w} = 123 \text{ mm} \quad \text{mit Fehler durch Fortpflanzung: } s_h = \sqrt{s_0^2 + s_{\bar{w}}^2}$$

$$= 1,4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow h = (123,0 \pm 1,4) \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \Delta p = 1,204 \frac{\text{kg}}{\text{mm s}^2} = 1204 \text{ Pa}$$

Fehler:

$$\Delta p_{\text{rel}} = \Delta p \cdot \frac{s_h}{h} = 17 \text{ Pa} \quad \Rightarrow \quad \underline{\underline{\Delta p = (1204 \pm 17) \text{ Pa}}}$$

Nun kann die Berechnung von η erfolgen.

$$\eta = \frac{\Delta p \cdot \pi}{128 b} = 0,99 \text{ mPa s}$$

$$\text{Mit dem Fehler: } s_\eta = \eta \sqrt{\left(\frac{s_{\Delta p}}{\Delta p}\right)^2 + \left(\frac{s_b}{b}\right)^2} = 0,06 \text{ mPa s}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{\eta = (0,99 \pm 0,06) \text{ mPa s}}}$$

Vergleich mit dem Literaturwert: $\eta' = 1,002 \text{ mPa s}$ (bei 20°C) *viscopedia*

Quelle: www.lss.ovgu.de/lss-media/Downloads/lehre/stro%20cc%2088mungsmechanik.pdf

Der Vergleich zeigt, dass wir den Wert im 1% - Bereich genau bestimmen konnten.

4. Zusammenfassung & Diskussion

Zu Teil 1:

Aus unseren Messungen der Volumenströme durch Kapillare verschiedener Beschaffenheit und dem daraus entstandenen Diagramm 1 konnten wir das Hagen-Poiseuillesche Gesetz nicht vollends verifizieren, auch wenn eine lineare Tendenz sehr wohl ersichtlich ist. *ob bei solchen Aussagen war ein Pearson-Symbol. warum macht ihr das fest?*

Jedoch kann ein anderer Zusammenhang aus dem Diagramm ersichtlich gemacht werden und zwar ist anhand der Fehlerbalken sichtbar, dass eine systematische Tendenz der ^{Größe der} absoluten Fehler zu beobachten ist, denn diese nehmen proportional mit dem Wert von $\frac{d^4}{l}$ zu. *das ist klar, da rel. Fehlerfortpflanzung, ein anderer "Zusammenhang" ist das nicht*

Zu Teil 2:

Wie auch in Diagramm 1 zu erkennen ist bei der berechneten Ausgleichsgerade ein kleiner negativer y-Achsen-Abschnitt zu sehen, obwohl eine Ursprungsgerade erwartet wird. Jedoch befindet sich diese Ursprungsgerade ~~immer~~ noch im Fehler von a .

Somit konnten wir aus der Steigung b und dem gemittelten Druckunterschied Δp die Viskosität des destillierten Wassers bestimmen.

$$\eta_{\text{gemessen}} = (0,99 \pm 0,06) \text{ mPas}$$

$$\eta_{\text{Literatur}} = 1,002 \text{ mPas}$$

Zitieren

bei welcher Temperatur?

Auf den ersten Blick ist zu sehen, dass der Literaturwert im 16-Bereich unserer Messung liegt. *anderson: ewe Wert stimmt voll im 10-Bereich mit den Lit-Wert überein*

Somit konnte die Viskosität mit diesem Versuch sehr genau bestimmt werden.

Fehleranalyse *"genau" heißt kleine Fehler*

Mögliche Fehlerquellen für das ungenaue Resultat aus Teil 1 könnte sein, dass der Druck zwischen $\omega = 98$ und $\omega = 100$ schwankte. Jedoch wirkte sich diese Ungenauigkeit kaum auf das Ergebnis in Teil 2 aus.

In Diagramm 1 wurden die Fehler S_{I_v} durch Fehlerfortpflanzung aufgetragen.

Im Vergleich mit den statistischen Unsicherheiten der Volumenstromstärke fällt jedoch auf, dass diese oft viel größer oder viel kleiner als S_{I_v} sind.

Zudem war es nicht immer möglich genau den gleichen Startzeitpunkt bei der Zeitmessung zu finden (vor und nach Tropfen).

Da die Viskosität stark temperaturabhängig ist können wir außerdem nicht ausschließen, dass schon kleinste Temperaturschwankungen das Ergebnis verfälschten.

(mit Auswirkung auf I_v)

Denkzettel
HIER könnte
IHRE Note
stehen! ▽
o