

Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München
Grundpraktikum in Experimentalphysik - Kurs P2
Blockpraktikum vom 10. Aug. bis 07. Sept. 2020

Versuch:	VIR@Home	Gruppe:	F2-2					
Vorname:	Yudong	Name:	Sun					
Mit Abgabe der Auswertung wird bestätigt, dass diese eigenständig erstellt wurde!								
Punkte der Vorbereitung:			2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	0,0
					1. Abgabe		2. Abgabe	
Alle Teilversuche vollständig ausgewertet?					Ja	Nein	Ja	Nein
Wurden immer korrekte Formeln angegeben und eigene Werte eingesetzt?					Ja	Nein	Ja	Nein
Wurde immer eine Fehlerrechnung durchgeführt?					Ja	Nein	Ja	Nein
Wurde immer eine aussagekräftige Diskussion geführt?					Ja	Nein	Ja	Nein
Sind Endergebnisse immer angegeben und korrekt gerundet?					Ja	Nein	Ja	Nein
Wurden alle Diagramme mit geeignetem Maßstab und Titel eingeklebt?					Ja	Nein	Ja	Nein
Enthalten die Diagramme alle Messwerte, Beschriftungen u. Konstruktionen?					Ja	Nein	Ja	Nein
Auswertung erhalten am:								
Auswertung zurückgegeben am:								
Nacharbeit notwendig bis:					nicht möglich			
Wird eine der obigen Fragen bei der ersten Abgabe mit Nein beantwortet ist eine Nacharbeit erforderlich!								
Punkte:		Datum, Abtestat:						

Bitte bewahren Sie Ihre Hefte nach dem Praktikum unbedingt auf.

VIR@Home – Viskosität und Reynoldszahl

Laborbericht

Yudong Sun
Gruppe F2-2

24. August 2020

Dieser Laborbericht (Lab Report) enthält alle drei Teile einer Versuchsabgabe (Vorbereitung, Protokoll und Auswertung). Die Vorbereitungen sind aufgrund der spezifischen Aufforderung handschriftlich geschrieben. Das Format sieht aber anders als eine normale Abgabe.

Das Experiment war mit Corinna Elena Wegner zusammen durchgeführt.

Inhaltsverzeichnis

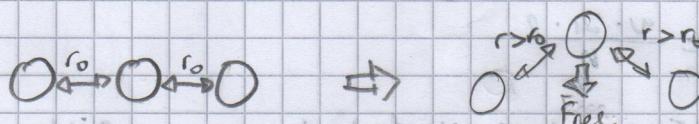
1	Vorbereitung	3
2	Versuchsaufbau und -durchführung	6
2.1	Aufstieg von Luftblasen	6
2.2	Kugelfallviskosimeter	10
3	Messwerten und Auswertung	11
3.1	Aufstieg von Luftblasen	11
3.1.1	Dichte des Spülmittels	11
3.1.2	Viskosität des warmen Spülmittels	11
3.1.3	Viskosität des kalten Spülmittels	11
3.1.4	Diskussion	11
3.2	Kugelfallviskosimeter	11
3.2.1	Viskosität	11
3.2.2	Diskussion	11
A	gnuplot Quellcode zur Auswertung von Teilversuch 2	12

VIR@Home - Viskosität und Reynoldszahl

Zusammenfassung der physikalischen Grundlagen

1.1 Mikroskopische Bild von Flüssigkeiten

- Moleküle einer Flüssigkeit oder eines Gases (Fluid) bewegen sich innerhalb ihres Volumens relativ frei und ungeordnet.
 \Rightarrow Brownsche / thermische Bewegung.
 \Rightarrow v_{rms} entspricht Temperatur (v_{rms} proportional zur Temperatur)
- Zwischen Moleküle wirken elektrische Kräfte (nur benachbarten Teilchen)
 - \Rightarrow Adhäsionskräften Flüssigkeits-Molekül \Leftrightarrow Molekülen eines angrenzenden Mediums
 - \Rightarrow Kohäsionskräften Flüssigkeits-Molekül \Leftrightarrow Flüssigkeits-Molekül
- Bei bestimmter Abstand r_0 sind die Moleküle im Gleichgewicht. Moleküle bewegen sich dann aufgrund thermischer Bewegungen um diese r_0 .



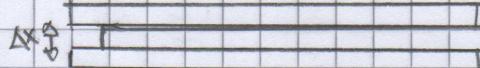
- Kräfte \Rightarrow Eigenschaften

\hookrightarrow sollten sollte die thermische Bewegung einzelner Moleküle zu groß sein, können die Moleküle den Flüssigkeitsverband verlassen (diffundieren)

\hookrightarrow Bei Gasen sind die thermische Bewegungen deutlich stärker als die Kräfte \Rightarrow hält sich nicht in einem Flüssigkeitsverband.

1.2 Viskosität und Reynoldszahl

- Anziehungskraft führt zur Reibung zwischen Moleküle. Molekilebewegung bei einer strömenden Flüssigkeit wird abgebremst.
- Modellierung: Flüssigkeit in einzelne sehr dünne Schichten unterteilen, die parallel zur Bewegungsrichtung liegen.
 - \hookrightarrow Gegenströmung nicht vermischen: laminare Strömung.
 - \hookrightarrow Gegenströmung vermischen (wirbeln): turbulent.



$$\rightarrow \Delta v$$

Bremsende Kraft F :

$$F = \eta A \frac{\Delta v}{\Delta x}$$

wobei A die Fläche der aneinander vorbeigleitenden Schichten ist.

Die Proportionalitätskonstante ist η = Viskosität, $[\eta] = \text{Pa} \cdot \text{s}$.

$$\Rightarrow F = \eta A \frac{\Delta v}{\Delta x}$$

- Ist η unabhängig von Geschwindigkeit v \rightarrow Newtonsche Flüssigkeit.
- $\eta(T)$ nimmt mit steigender Temperatur ab.
- Oft: niedrige Strömungsgeschwindigkeit \rightarrow laminar.
höher Strömungsgeschwindigkeit \rightarrow turbulent.
- Oft die Strömung um ein kugelförmiges Objekt laminar oder turbulent sein wird, kann man durch die Reynoldszahl abschätzen:

$$Re = \frac{v \cdot 2r \cdot \rho}{\eta}$$

mit v : Strömungsgeschwindigkeit der Kugel
 r : Kugelradius

ρ : Dichte der Flüssigkeit
 η : Viskosität.

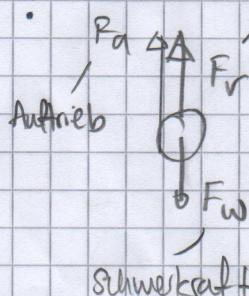
Wenn $Re \geq 2000$, wird eine Strömung ungefähr turbulent.

1.3 wirkende Kräfte auf eine umströmte Kugel

- Kleine Kugel, die sich langsam in einer Flüssigkeit bewegt
 \Rightarrow entsteht keine turb. Verwirbelung.
- * Flüssigkeit muss weit ausgedehnt sein \Rightarrow klein Beeinflussung durch Gefäßwand in der Nähe der Kugel.

- Unter solchen Bedingungen kann man das Stokesche Gesetz annehmen:

$$F_r = -6\pi r \eta v$$



$$F_w = m_k g = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_k g \quad \text{mit } \rho_k = \text{Dichte der Kugel.}$$

Bei konstanter Geschwindigkeit gilt

$$F_r = F_w \Leftrightarrow -6\pi r \eta v + \underbrace{\frac{4}{3} \pi r^3 \rho_k g}_{\text{Stokes}} - \underbrace{\frac{4}{3} \pi r^3 \rho_{\text{fl}} g}_{F_G} = \underbrace{\text{Schwerkraft}}_{= F_{\text{Schwerkraft}}}$$

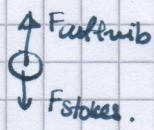
$$\text{umgestellt: } \eta = \frac{2gr^2}{9\nu} (p_k - p_{FZ}) \quad (1.3.1)$$

Technische Einheiten

2.1 Aufstieg von Luftblasen

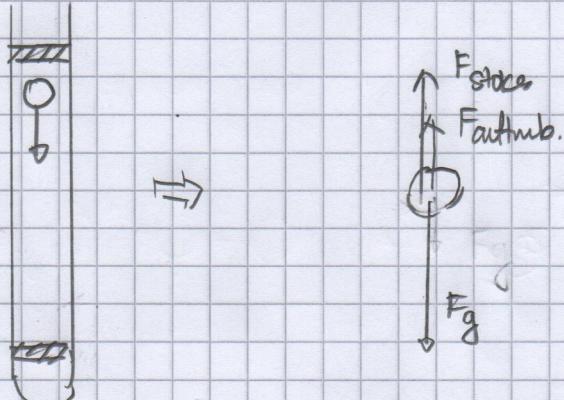
$$F_{\text{Auftrieb}} = -\frac{4}{3}\pi r_{\text{luftblase}}^3 \rho_{\text{Spülfl.}} \cdot g$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{Spülfl.}} = \frac{2 \cdot g \rho_{\text{Spülfl.}}}{9 \nu_{\text{luftblase}}} \cdot r_{\text{luftblase}}^2.$$



2.2 Kugelfallviscosimeter

η kann mittels Gleichung (1.3.1) bestimmt werden.



Versuchsaufbau und -durchführung

In allen Experimenten wird das Spülmittel „Limonen Spülmittel“ von Frosch verwendet. Der Handelsname entspricht „FROSCH LIMONEN SPÜLMITTEL EF 750 ML D“.

Aufstieg von Luftblasen

Versuchsziel Bestimmung der Viskosität von Spülmittel durch Beobachtung des Blasenaufstiegs

in Abhängigkeit von der Temperatur

Messmethode Kamera und das Software osp-tracker¹

1. Bestimmung der Dichte

Zur Bestimmung der Dichte des Spülmittels wird eine halbgefüllte Spülmittelfläschchen ins Wasser schwimmen gelassen. So funktioniert die Fläsche als einen Arämeter. Die Höhe des Wasserpegels wird dann auf das Fläsche mit einem Marker markiert und die Höheunterschied mittels osp-tracker bestimmt.



Abbildung 2.1: Arämeter Aufbau



Abbildung 2.2: Bestimmung der Höhe des Wasserpegels

Sodass das Volumen des verdrängtes Wassers genauer bekannt ist, ist der 10 L Eimer in einer große Schüssel gelagert. Das verdrängte Wasser ist dann in dieser Schüssel aufgefangen und deren Volumen mit einem Messbecher bestimmt.

Die bestimmte Dichte wird dann mit den vom Hersteller angegebenen Werten und den aus einem Arämeter ermittelten Werten verglichen.

2. Aufstieg von Luftblasen

Das Spülmittel ist dann 1 Stunde lang im Raum gelagert, damit es die Temperatur der Umgebung angenommen hat. Die gemessene Temperatur war $(29 \pm 1)^\circ\text{C}$.

¹physlets.org/tracker/

Anstelle der vorgeschriebenen Schüttelmethode sind Luftblasen durch Pusten in einem Strohhalm produziert. Dadurch ist die Blasenproduktion besser kontrolliert und man muss nicht darauf warten, dass die kleinen Blasen verschwinden, wenn zu viele kleine Blasen durch das Schütteln entstehen, was den Aufstieg von größeren Blasen verhindert. Die Größe der Luftblasen wurden aber dadurch etwa größer sein.

Der Aufstieg der Luftblasen wurden dann mit einem Handycamera bei 60 Bilder pro Sekunde aufgenommen. Das Handy war ein SAMSUNG S10e mit der Auflösung von 1080x1920 Pixels (d.h. vertikale Ausrichtung) und einem Zoomfaktor von 1.0x.



Abbildung 2.3: Experiment Aufbau

Das Handy wird während des Experiments mit einem Klebeband aufrechts gehalten.

Die Auswertung erfolgt dann in **osp-tracker**. Dabei sind die Durchmesser und Positionen gemessen.

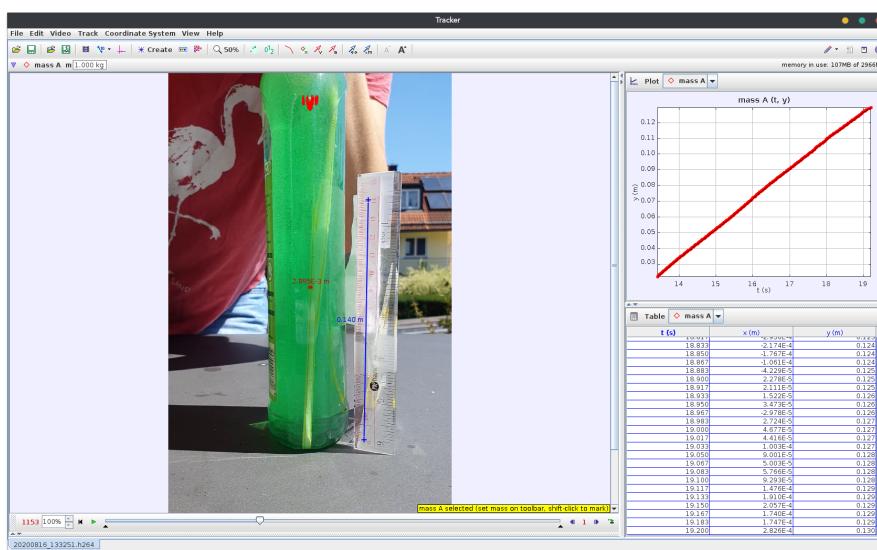


Abbildung 2.4: Auswertung in **osp-tracker**

Der Aufstieg von 10 Luftblasen wurden aufgenommen.



Abbildung 2.5: Ein solcher Aufstieg

Das Spülmittel wurde dann im Gefrierschrank für 2 Stunden gelagert und dann grob geschüttelt, sodass die Temperatur des Spülmittels überall gleich war. Die gemessene Temperaturen waren:

Anfangstemperatur θ_i	$(4 \pm 1)^\circ\text{C}$
Endtemperatur θ_f	$(12 \pm 1)^\circ\text{C}$

Das Experiment wurden dann mit 10 Luftblasen im kalten Spülmittel wiederholt. Es ist beobachtet, dass die Luftblase im kalten Spülmittel wie einen umgekehrten Tropfen aussah.



Abbildung 2.6:
Luftblasen im kalten
Spülmittel

Wegen der unkugelförmigen Form der Luftblasen im kalten Spülmittel, ist ein Kreis am oberen Teil der Blase erst angepasst, bevor die Messungen des Durchmesser durchgeführt sind. Da die Luftblasen in der Bewegungsrichtung immer noch kugelförmig ist, ist das eine gute Annäherung dafür.



Abbildung 2.7: Messungen des Durchmessers im kalten Spülmittel in osp-tracker

Um möglichst wenig Verformung in der Aufnahmen zu haben, ist die Spülmittelflasche von der Seite gefilmt. Die Luftblasen sind auch möglichst nah an der Wand erzeugt. Dies gilt für den ganzen Teilversuch.

Kugelfallviskosimeter

Versuchsziel Bestimmung der Viskosität von Spülmittel bei Raumtemperatur mit einem improvisierten Kugelfallviskosimeter

Messmethode Kamera und das Software osp-tracker

Eine Wasserflasche wurde mit Spülmittel bei $T = (33 \pm 1)^\circ\text{C}$ gefüllt und als Kugelfallviskosimeter verwendet. Stahlkugeln aus einem magnetischen Konstruktionsspielzeug sind dann mit einer Schieblehre gemessen und dann mit Spiritus (70% v/v Ethanol) gereinigt.

Die Stahlkugeln haben folgenden Eigenschaften:

Masse m	$(8,47 \pm 0,20) \text{ g}$
Durchmesser d	$(12,7 \pm 0,1) \text{ mm}$

wobei die Masse m aus einer Messung aus $10m = (127 \pm 3) \text{ g}$ hergeleitet ist.

Die Spülmittelflasche in Abbildung 2.3 wurde mit dem Kugelfallviskosimeter ersetzt und die Stahlkugel ins Spülmittel fallen gelassen. Dazu sind die Kugeln nach der Reinigung nur mit Pinzette behandelt. Der Fallverlauf wurde dann mit dem gleichen Handy und der gleichen Einstellungen wie in dem vorherigen Versuch aufgenommen.

Die Messung der Zeit und Position erfolgt danach im osp-tracker.

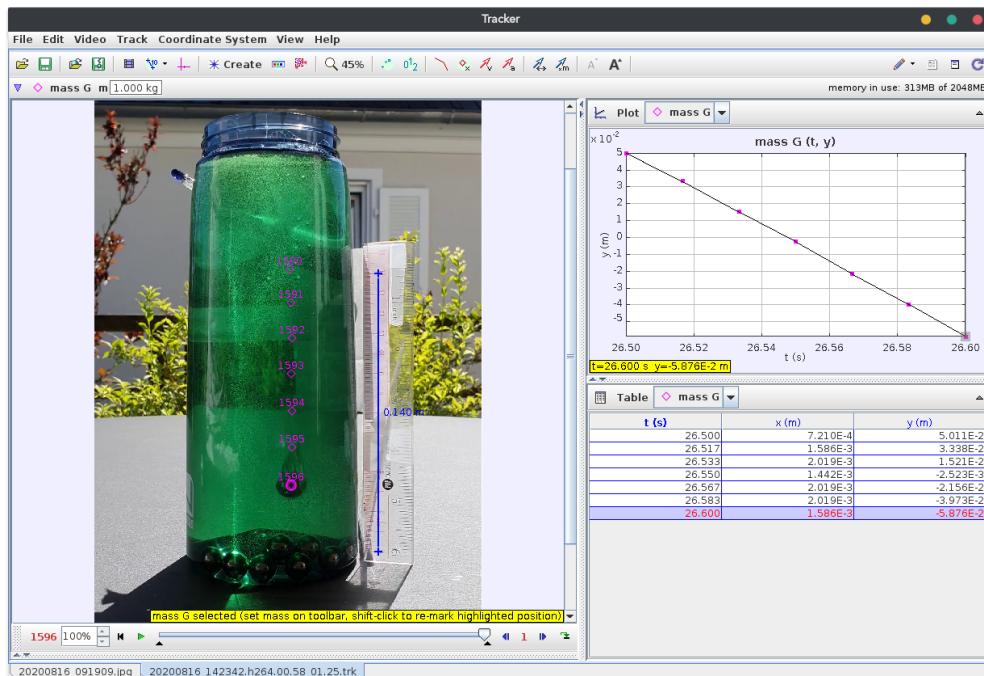


Abbildung 2.8: Auswertung in osp-tracker

Diese Messungen sind für insgesamt 9 Stahlkugeln wiederholt.

Messwerten und Auswertung

Aufstieg von Luftblasen

Dichte des Spülmittels

Nach dem Archimedischen Prinzip ist die Auftriebskraft, die die Flasche ins Wasser hält, gleich die Gewicht des verdrängten Wassers. Somit gilt:

$$F_A = \rho_{\text{wasser}} V_{\text{wasser}} g \quad (3.1.1)$$

Da die Flasche im Wasser schwimmt, also ist die Flasche im Gleichgewicht und es gilt:

$$F_G = F_A \quad (3.1.2)$$

$$\rho_{\text{spüli}} V_{\text{spüli}} g = \rho_{\text{wasser}} V_{\text{wasser}} g \quad (3.1.3)$$

$$\rho_{\text{spüli}} = \rho_{\text{wasser}} \frac{V_{\text{wasser}}}{V_{\text{spüli}}} \quad (3.1.4)$$

Dabei ist die Volumen des verdrängtes Wassers als $V_{\text{wasser}} = (650 \pm 50) \text{ cm}^3$.

Wir nehmen an, dass für den unteren Teil der Flasche die Querschnittsfläche überall gleich ist, somit ist das Volumen proportional zur Höhe und wir erhalten:

$$\rho_{\text{spüli}} = \rho_{\text{wasser}} \frac{h_{\text{wasser}}}{h_{\text{spüli}}} \quad (3.1.5)$$

Aus osp-tracker ist

Viskosität des warmen Spülmittels

Viskosität des kalten Spülmittels

Diskussion

Kugelfallviskosimeter

Viskosität

Diskussion

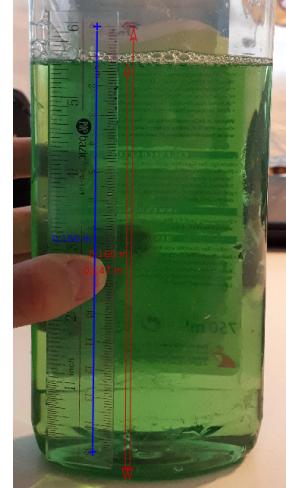


Abbildung 3.1: Messungen der Höhe des Wasserpegels in osp-tracker

A gnuplot Quellcode zur Auswertung von Teilversuch 2