Viskosimeter

Kugelfall Viskosimeter nach Höppler

Frederik Zielke
frederik.zielke@tu-dortmund.de

Lennart Völz
lennart.voelz@tu-dortmund.de

Durchführung: 22.11.2022 Abgabe: 29.11.2022

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung

Ziel des Versuches ist es, die Viskosiät von destilliertem Wasser in Abhängigkeit der Temperatur zu ermitteln. Außerdem soll mithilfe der Reynoldschen Zahl ermittelt werden, ob die Strömung an der Kugel laminar ist.

2 Vorbereitungsaufgaben

2.1 Wann wird eine Strömung als "laminar"bezeichnet?

Als laminare Strömung wird wirbelfreie Bewegung von Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten bezeichnet. Die Flüssigkeit strömt also in Schichten, die sich nicht vermischen.

2.2 Dynamische Viskosität von Wasser als Funktion der Temperatur

In keiner der angegebenen Literaturen war eine temperaturabhängige Funktion der Viskosität von Wasser zu finden. Allgemein lässt sich der Zusammenhang aber mit der Andradschen Gleichung (3) beschreiben.

2.3 Die Dichte von destilliertem Wasser

Die Literatur gibt die Dichte von Wasser bei Raumtemperatur (20°C) mit 0.998207 g/cm^3 an.

3 Theorie

3.1 Kräfte

Auf Körper die sich durch eine Flüssigkeit bewegen wirkt eine Reibungskraft $\vec{F}$, die der Bewegungsrichtung entegengesetzt ist. Die Reibungskraft ist Abhängig von der Berührungsfläche A, der Geschwindigkeit v und der dynamischen Viskosität η. Die Stokessche Reibung wird durch

$$F_R = 6\pi\eta v r \tag{1}$$

angegeben. $\vec{F}_R$ steigt mit zunehmender Geschwindigkeit, bis sich ein Gleichgewicht zwischen $\vec{F}_R$, der Schwerkraft $\vec{F}_g$ und dem Auftrieb $\vec{F}_A$ einstellt. Auftriebs- und Reibungskraft wirken der Schwerkraft entgegen.

3.2 Viskosität

Die Viskosität einer Flüßigkeit lässt sich mit der Formel

$$\eta = K \cdot (\rho_k - \rho_{Fl}) \cdot t \tag{2}$$

berechnen
oder mit

$$\eta(T) = A \cdot \mathrm{e}^{\left(\frac{B}{T}\right)} \tag{3}$$

berechnen.
Die Dichte einer Kugel lässt sich mit

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4 \cdot m}{3 \cdot \pi \cdot r^3} \tag{4}$$

3.3 laminare Strömung

Die Bewegung von Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten, ohne dass sich Wirbel ausbilden, wird als laminare Strömung bezeichnet.

Die Reynolds-Zahl ermöglicht abzuschätzen ob die Strömung um ein Objekt Laminar ist. Allgemein kann sie mit

$$Re = \frac{v \cdot l \cdot \rho}{\eta} \tag{5}$$

berechnbar. Die Reynolds-Zahl hat einen kritischen Wert ab dem die laminare Strömung instabil wird.

3.4 Fehlerrechnung

Der Mittelwert kann mit

$$\bar{x}_{arithm} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n} \tag{6}$$

berechnet werden.
Die Standardabweichung des Mittelwerts lässt sich mit

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x}_{arithm})^2} \tag{7}$$

berechnen und die Empirische Standardabweichung mit

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x}_{arithm})^2}. \tag{8}$$

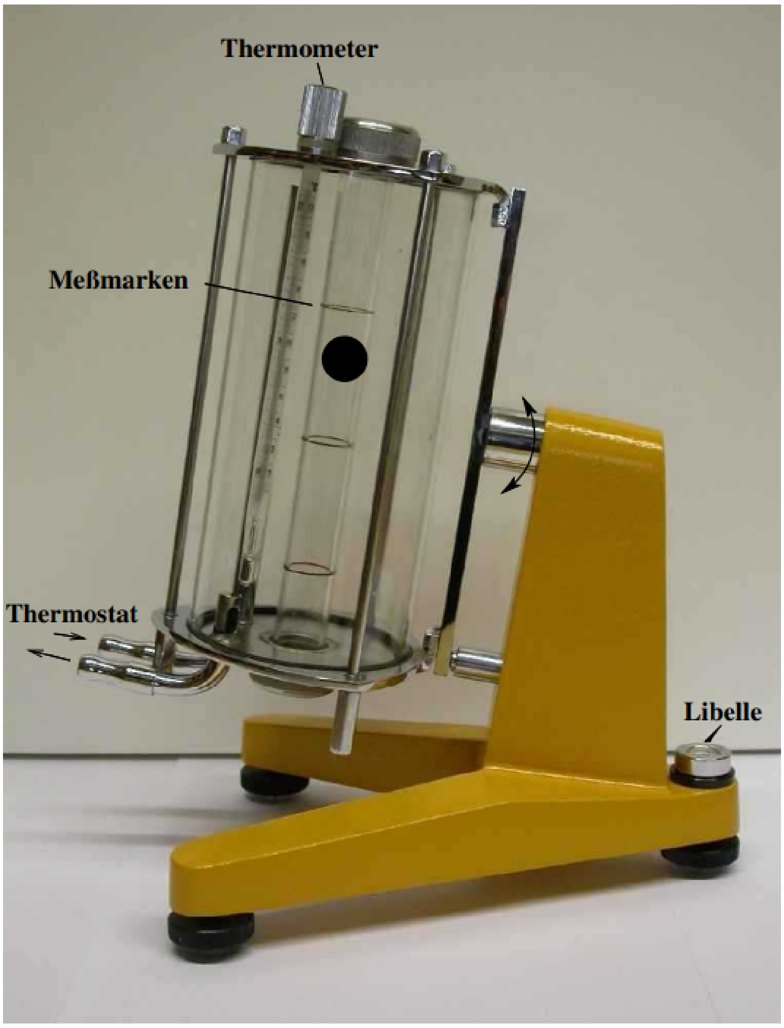

Abbildung 1: Höppler-Viskosimeter

4 Veruchsaufbau und Durchführung

Für die Versuchsdurchführung wird ein Kugelfall-Viskosimeter nach Höppler benötigt. Das Viskosimeter besteht aus einem Zylinder, in den Wasser eingefüllt ist. In diesen ist zentral eine Röhre mit drei Messmarkierungen im Abstand von 5 cm eingefasst. Das Viskosimeter ist um 180° drehbar. Das Wasser in dem äußeren Zylinder kann über ein externes Thermostat erhitzt werden. Mit der Libelle und den verstellbaren Füßen lässt sich das Viskosimeter justieren, um eine eventuelle Schieflage zu korrigieren. In die Röhre wird Wasser eingefüllt. Hierbei ist zu beachten, dass sich keine sichtbaren Luftbläschen bilden. Damit keine Wirbel entstehen ist es wichtig, dass das Fallrohr leicht schräg ist, damit die Kugel an der Wand herunterrutscht und nicht anschlägt.
Im ersten Teil des Experiments soll die Viskosität von Wasser bei Raumtemperatur bestimmt werden. Hierzu werden 2 verschiedene Kugeln verwendet. Als erstes werden die Kugeldurchmesser der kleinen und großen Kugel mit einer Schieblehre bestimmt und notiert.
Die Fallzeit, die die Kugel für 2 Markierungen, also eine Strecke von 10 cm, braucht wird für die kleine Kugel mit einer Stoppuhr gemessen und in einer Tabelle notiert. Ist die Kugel unten angekommen wird das Viskosimeter gedreht. Da das Viskosimeter bei uns in sich etwas schief war, also die Schräglage bei hoch und runter etwas anders war, haben wir die Zeiten als t_{runter} und t_{hoch} aufgenommen. Gemessen werden insgesamt 10 Durchgänge. Zu beachten ist, dass die Kugel zu Beginn der Zeitmessung schon eine konstante Geschwindigkeit hat. Deshalb sollte die Kugel vor Beginn der Zeitmessung schon 2-3cm "gefallenßein.
Dieser Vorgang wird nun für die große Kugel 5x wiederholt, jedoch mit einer Strecke von 5 cm.
Im zweiten Teil soll nun die Viskosität von dest. Wasser in Abhängitkeit der Temperatur bestimmt werden. Dazu werden nun stufenweise verschiedene Temperaturen von 20°C bis 56°C eingestellt und jeweils 4 Messungen gemacht (2 hoch, 2 runter). Hierbei wird die große Kugel und eine Messstrecke von 5 cm verwendet.

5 Auswertung

5.1 bestimmung der Apparetekonstante

t_{hoch} [s]	t_{runter} [s]
12,85	12,97
12,97	13,10
13,00	12,85
13,00	12,94
13,00	13,13
13,07	13,00
13,05	13,03
13,13	13,00
12,97	13,12
13,03	13,12

Tabelle 1: Fallzeiten der kleinen Kugel bei Raumtemperatur

t_{hoch} [s]	t_{runter} [s]
52.53	52.78
53.19	52.38
53.79	52.97
53.69	53.16
53.53	53.19

Tabelle 2: Fallzeiten der großen Kugel bei Raumtemperatur

Die mittlere Fallzeit kann mit 6 berechnet werden.

$$\bar{t}_{\text{hoch}} = 13.007\,\text{s} \qquad \bar{t}_{\text{hoch}} = 53.346\,\text{s} \tag{9}$$

$$\bar{t}_{\text{runter}} = 13.026\,\text{s} \qquad \bar{t}_{\text{hoch}} = 52.896\,\text{s} \tag{10}$$

$$\bar{t}_{\text{gesamt}} = 13.0165\,\text{s} \qquad \bar{t}_{\text{gesamt}} = 53.121\,\text{s} \tag{11}$$

Die Dichte der kleinen Kugel mit Gleichung 4 berechnen:

$$\rho_{Kl} = \frac{4 \cdot 4.4531\text{g}}{3 \cdot \pi \cdot (15.59 \pm 0.01\text{mm})^3} = \tag{12}$$

T[°C]	t_{runter}[s]	t_{hoch}[s]
27.5	47.5	46
27.5	45	43.97
29	43.47	42.97
29	44.13	42.81
30.5	42.19	41.59
30.5	42.4	41.34
32	41.69	41.12
32	41.91	40.66
39.5	36.03	35.15
39.5	35.41	35.53
47	32.18	31.03
47	31.66	30.79
50	30.38	29.97
50	29.91	29.34
52	28.63	28.22
52	28.91	28.22
56	27.03	26.53
56	26.88	26.85

Tabelle 3: Fallzeiten der großen Kugel bei steigender Temperatur