

Versuch 4: Pohlsches Rad

Jascha Fricker, Benedict Brouwer

9. April 2022

Einleitung

In diesen Versuch wird die Viskosität von verschiedenen Fluiden untersucht. Mit der Viskosität und der Reynoldzahl kann ausgerechnet werden, ob eine Strömung turbulent oder laminar ist. Dies ist in vielen Bereichen wichtig, da so z. B. ermittelt werden kann, ob ein Flugzeug fliegt oder aus dem Himmel fällt.

Inhaltsverzeichnis

1	Kugelfallviskosimeter	2
1.1	Theorie	2
1.2	Experimenteller Aufbau	2
1.3	Ergebnisse	2
2	Anhang	2
2.1	Kugelfallviskosimeter	2
2.1.1	Berechnung der dynamischen Viskosität mit Fehler . .	2

1 Kugelfallviskosimeter

1.1 Theorie

Bei einem Kugelfallviskosimeter wird die dynamische Viskosität η des Fluides mit der Fallgeschwindigkeit v einer Kugel mit gegebenem Radius r und Masse m bestimmt. Bei annahme eines unendlich ausgedehnten Mediums, gilt

$$\eta = \frac{2r^2 g}{9v} (\rho_K - \rho_F) \quad (1)$$

mit Dichte der Kugel ρ_K und Dichte der Flüssigkeit ρ_F . Wird hingegen ein unendlich langer Zylinder mit Radius R betrachtet, gilt

$$\eta = \frac{2R^2 g}{9v(1 + 2,4 \frac{r}{R})} (\rho_K - \rho_F) \quad (2)$$

Um daraus die Reynoldszahl zu berechnen, gilt

$$\Re = \frac{2r\rho_F v}{\eta} \quad (3)$$

1.2 Experimenteller Aufbau

In diesem Experiment wurde 17 mal die Kugel durch die Flüssigkeit fallen gelassen und jedes mal wurde über einen bestimmten Abstand s die Fallzeit t gemessen. Anschließend wurde noch die Dichte der Flüssigkeit ρ_F mit einem Aerometer gemessen.

1.3 Ergebnisse

Die Fehler, die betrachtet wurden, sind in der Tabelle ? aufgeführt.

2 Anhang

2.1 Kugelfallviskosimeter

2.1.1 Berechnung der dynamischen Viskosität mit Fehler

Als erstes wurde der Mittelwert der Fallzeiten berechnet.

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i = 3,94(15)\text{s} \quad (4)$$

Der Fehler der Fallzeiten wurde mithilfe der Student-t-Verteilung (n=10) berechnet.

$$u_{\bar{t}} = \frac{t}{\sqrt{n}} u_{t_i} = 0,144\text{s} \quad (5)$$

Messgröße	Fehler	Begründung
Gewicht m	$u_g = 0,0005\text{g}$	Skalierung
Radius Kugel r	$u_r = 0,05\text{mm}$	ABW Skript [1, Tabelle 6]
Radius Zylinder R	$u_R = 0,06\text{mm}$	ABW Skript [1, Tabelle 6]
Zeit t	$u_t = \sqrt{20,3\text{s}} = 0,425\text{s}$	Reaktionszeit x2
Strecke s	$u_s = \frac{1}{2\sqrt{6}}\text{mm} = 0,21\text{mm}$	Schrittweite 1mm
Dichte Flüssigkeit ρ_F	$u_{\rho_F} = \frac{0,01}{2\sqrt{6}}\text{g ml}^{-1} = 0,0021\text{g ml}^{-1}$	Schrittweite $0,01\text{kg m}^{-3}$

Auch vom Kugeldurchmesser kann erstmal der Mittelwert

$$\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i = 3,998(17)\text{mm} \quad (6)$$

und dann der Fehler mit Student-t (n=10)

$$u_{\bar{r}} = \frac{t}{\sqrt{n}} u_{r_i} = 0,017\text{mm} \quad (7)$$

berechnet werden

Jetzt kann η mit Formel [2, (11)]

$$\eta = \frac{2r^2g}{9v}(\rho_K - \rho_F) \quad (8)$$

$$= \frac{2r^2g}{9\frac{s}{t}}\left(\frac{m}{\frac{4}{3}\pi r^3} - \rho_F\right) = \quad (9)$$

und der Fehler mit der Gausschen Fehlerfortpflanzung [1]

$$\sqrt{\sum_{i=0}^4 18.9988739756689 \left(\frac{\left(-x_4 + \frac{0.75x_2}{\pi x_0^3}\right) \delta_{0i} x_0 x_3}{x_1} - \frac{0.5 \left(-x_4 + \frac{0.75x_2}{\pi x_0^3}\right) \delta_{1i} x_0^2 x_3}{x_1^2} + \frac{0.5 \left(-x_4 + \frac{0.75x_2}{\pi x_0^3}\right)}{x_1} \right)}$$

Literatur

- [1] Technische Universität München. Hinweise zur Beurteilung von Messungen, Messergebnissen und Messunsicherheiten (ABW). <https://www.ph.tum.de/academics/org/labs/ap/org/ABW.pdf>, März 2021.
- [2] Technische Universität München. Aufgabenstellung Viskosität (VIS). <https://www.ph.tum.de/academics/org/labs/ap/ap1/VIS.pdf>, August 2021.