

## 1 Auswertung

Die Apparatkonstante  $K_{\text{kl}}$  und die Fallstrecke zwischen den Messmarken werden der Anleitung entnommen. Die Massen und Radien der Kugeln, werden gemessen:

$$\begin{aligned}r_{\text{kl}} &= 7.75 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\r_{\text{gr}} &= 7.9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\m_{\text{kl}} &= 0.004\,84 \text{ kg} \\m_{\text{gr}} &= 0.005\,36 \text{ kg} \\K_{\text{kl}} &= 7.640 \cdot 10^{-8} \text{ Pa m}^3 \text{ kg}^{-1} \\l &= 0.1 \text{ m}\end{aligned}$$

Die Dichten der Kugeln kann über die Formel

$$\rho = \frac{3 \cdot m}{4 \cdot \pi r^3} \quad (1)$$

berechnet werden. Somit ergeben sich die Dichten:

$$\begin{aligned}\rho_{\text{kl}} = \rho &= \frac{3 \cdot m_{\text{kl}}}{4 \cdot \pi r_{\text{kl}}^3} = 2482.285 \text{ kg m}^{-3} \\ \rho_{\text{gr}} = \rho &= \frac{3 \cdot m_{\text{gr}}}{4 \cdot \pi r_{\text{gr}}^3} = 2595.343 \text{ kg m}^{-3}\end{aligned}$$

Bei 20°C beträgt die Dichte von Wasser [2]:

$$\rho_{\text{Fl}} = 998.2 \text{ kg m}^{-3}$$

Nun wird die Apparatkonstante  $K_{\text{gr}}$  bestimmt.

**Tabelle 1:** Messung der Fallzeit  $t_{\text{kl}}$  der kleinen Kugel mit  $r_1$  bei 22°C.

$t/s$
11.67
11.67
11.76
11.58
11.60
11.50
11.58
11.55
11.57
11.55

**Tabelle 2:** Messung der Fallzeit  $t_{\text{gr}}$  der grossen Kugel mit  $r_2$  bei 22°C.

$t/s$
66.09
65.47
66.23
64.92
65.09
66.27
65.76
65.56
65.83
64.87

Für den Mittelwert von  $t_{\text{kl}}$  ergibt sich:

$$\overline{t_{\text{kl}}} = (11.603 \pm 0.024) \text{ s}$$

Der Mittelwert wurde hierbei anhand der Formel

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

bestimmt. Die Abweichung  $\sigma$  mit  $i = 1, \dots, n$ :

$$\sigma_i = \frac{s_i}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (v_j - \bar{v}_i)^2}{n * (n - 1)}} \quad (3)$$

Zunächst muss der Wert der Viskosität ermittelt werden. Hierzu werden die Werte aus Tabelle 1,  $K_{\text{kl}}$  und  $\rho_{\text{Fl}}$  in Gleichung (2) eingesetzt:

$$\eta = (1.3156 \pm 0.0027) \cdot 10^3 \text{ Pa s}$$

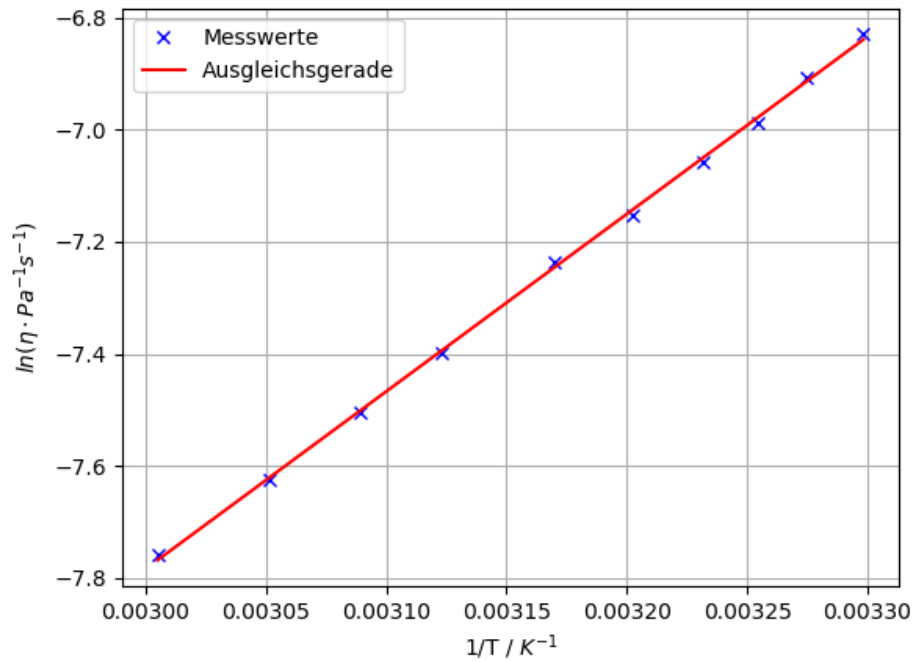
Um nun  $K_{\text{gr}}$  zu ermitteln, wird (2) nach diesem Wert umgestellt:

$$K_{\text{gr}} = \frac{\eta}{(\rho_{\text{gr}} - \rho_{\text{Fl}}) \cdot t_{\text{gr}}} = (9.543 \pm 0.024) \cdot 10^{-9} \text{ Pa m}^3 \text{ kg}^{-1}$$

**Tabelle 3:** Messung der Fallzeit der grossen Kugel mit  $r_2$  bei verschiedenen Temperaturen.

$T/^{\circ}\text{C}$	$t/\text{s}$	$\rho_{\text{Fl}}/\text{kg m}^{-3}$	$\eta/10^{-3}\text{Pa s}$
28	59.80	996.8	$0.912 \pm 0.0023$
28	58.47	996.8	$0.892 \pm 0.0022$
32	54.95	995.0	$0.839 \pm 0.0022$
32	54.13	995.0	$0.827 \pm 0.0021$
36	51.09	993.7	$0.781 \pm 0.0020$
36	50.04	993.7	$0.765 \pm 0.0019$
40	47.40	992.2	$0.725 \pm 0.0018$
40	46.69	992.2	$0.714 \pm 0.0018$
47	42.76	989.4	$0.655 \pm 0.0016$
47	41.93	989.4	$0.643 \pm 0.0016$
51	39.61	987.6	$0.608 \pm 0.0015$
51	38.67	987.6	$0.593 \pm 0.0015$
56	36.23	985.2	$0.557 \pm 0.0014$
56	36.32	985.2	$0.558 \pm 0.0014$
60	34.20	983.2	$0.526 \pm 0.0013$
60	34.09	983.2	$0.524 \pm 0.0013$
65	32.40	980.6	$0.499 \pm 0.0013$
65	32.10	980.6	$0.495 \pm 0.0012$
70	30.27	977.8	$0.467 \pm 0.0012$
70	29.78	977.8	$0.460 \pm 0.0012$

Anhand der Werte aus Tabelle 3 können nun die Konstanten der Andradeschen Gleichung (3) bestimmt werden. Für die Dichte des Wassers  $\rho_{\text{Fl}}$ , bei den verschiedenen Temperaturen, wurden Literaturwerte verwendet [2]. Die Viskosität wurde mithilfe der Gleichung (2) bestimmt. Die Messwertpaare mit selber Temperatur werden jeweils wie oben gemittelt.



**Abbildung 1:** Bestimmung der Konstanten der Andradeschen Gleichung.

Mithilfe der Pythonfunktion CurveFit können so die beiden Konstanten der Andradeschen Gleichung berechnet werden:

$$A = (-8.613 \pm 0.005) \cdot 10^{-6} \text{ Pa s}$$

$$B = (3164.07 \pm 905.73) \text{ K}$$

Zuletzt werden, zur Überprüfung der Laminarität der Strömung, die Reynoldszahlen bestimmt. Durch Gleichung (4) erhält man somit für die beiden Kugeln:

$$\text{kleine Kugel: } Re = 331,6 \pm 0,7$$

$$\text{grosse Kugel: } Re = 62,5 \pm 0,16$$