

# Physikalisches Praktikum M5

## Viskosität von Flüssigkeiten

Messung vom 9.5.2005

Werden Flüssigkeits- oder Gasschichten gegeneinander verschoben, tritt Reibung auf. Der Koeffizient der inneren Reibung wird als dynamische Viskosität bezeichnet.

Der Quotient aus dynamischer Viskosität  $\eta$  und Dichte  $\rho$  wird als kinematische Viskosität  $\nu$  bezeichnet.

Es waren zwei Versuche durchzuführen: Mit dem Höppler-Viskosimeter sollte die Temperaturabhängigkeit der dynamischen Viskosität untersucht werden. Ebenfalls wurde die Temperaturabhängigkeit der Dichte festgestellt.

Mit Hilfe eines Kapillarviskosimeters, dessen Gerätekonstanten zunächst ermittelt wurden, wurde die kinematische Viskosität des Wassers experimentell bestimmt.

### Temperaturabhängigkeit der dynamischen Viskosität

Hierbei wird die Fallzeit einer Kugel in Glycerin im Viskosimeter bestimmt (wenigstens 2 mal). Das Höppler-Viskosimeter wurde gleichmäßig im Temperierbad erwärmt. An diesen Kreislauf des Temperierbades angeschlossen war ein zweites Gefäß mit Glycerin, in dem mittels eines Aräometers die Dichte der Flüssigkeit abgelesen wurde.

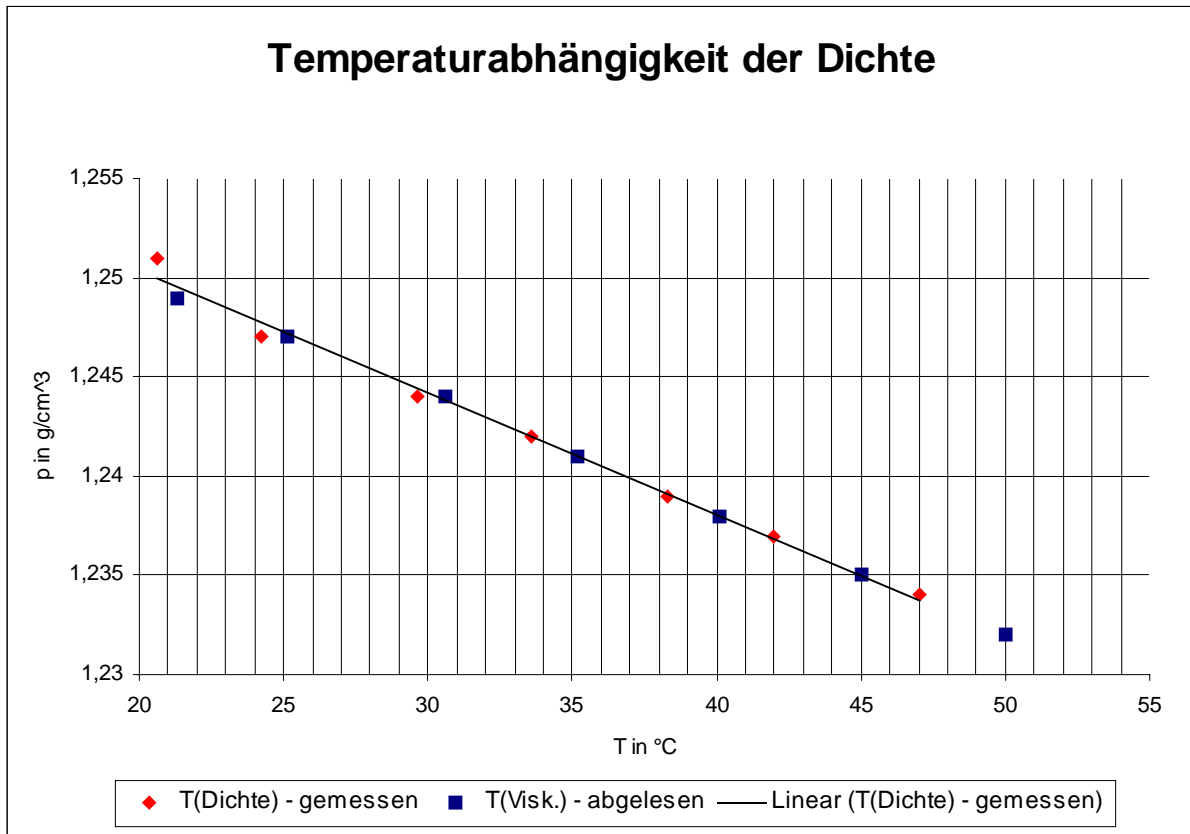
Die Viskosität von Glycerin wird sodann mit der empirischen Formel

$$\eta = K(\rho_K - \rho_F)t$$

bestimmt, wobei  $K = 1,1799 \frac{\text{Pa} \cdot \text{cm}^3}{\text{g}}$  die Kugelkonstante und  $\rho_K = 8,144 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  die Dichte der Kugel sind, während  $\rho_F$  die Dichte des Glycerins zu einer bestimmten Temperatur ist und  $t$  die ermittelte Fallzeit darstellt.

## Auswertung

Zunächst wurde die Temperaturabhängigkeit der Dichte untersucht. Dabei stellte sich, wie auf dem folgenden Diagramm zu sehen ist, ein linearer Zusammenhang heraus.

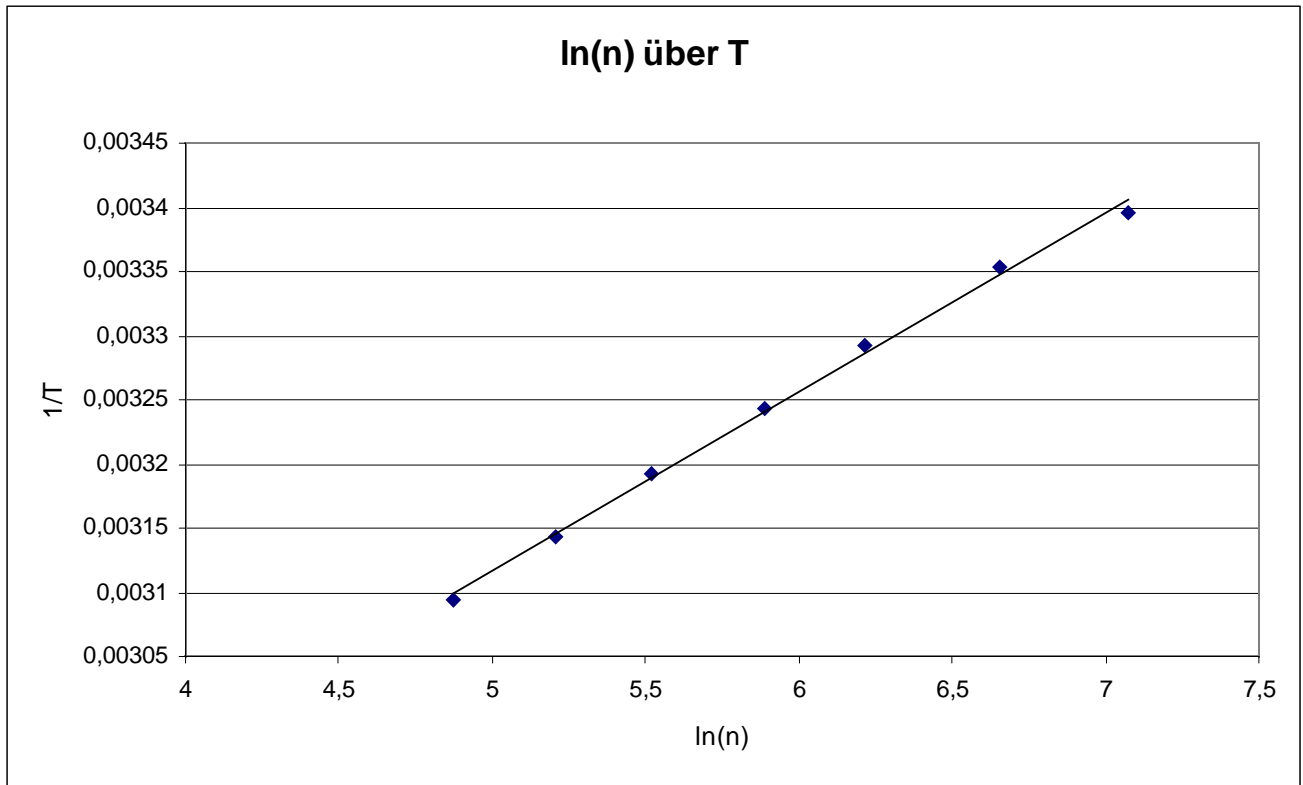


Die genauen Werte der Dichte von Glycerin zur Berechnung der dynamischen Viskosität werden nun diesem Diagramm entnommen. Im Diagramm sind hierbei die roten Punkte die Werte der Dichte in Abhängigkeit zur Temperatur, die mit Hilfe des Aräometers ermittelt wurden. Daneben wurden in blau die über das Diagramm ermittelten Werte zur Temperatur im Viskosimeter abgetragen (vgl. auch Anhang).

Wird nun die dynamische Viskosität  $\eta$  (im Diagramm und in den Berechnungen mit  $n$  bezeichnet) ermittelt, so ergeben sich folgende Werte:

<u>T(Visk.) in K</u>	<u>dyn Visk. n</u> <u>in Pa*s</u>
294,45	1179,63452
298,25	777,157064
303,75	499,33368
308,35	361,088337
313,25	249,883942
318,15	182,05975
323,15	130,487501

Wenn man  $\ln \eta$  über  $1/T$  in einem Diagramm darstellt, ergibt sich wie erwartet ein linearer Zusammenhang:



Die systematische Messunsicherheit wird mit

$$u_{s,\eta} = \left| \frac{\partial \eta}{\partial t} u_t \right| + \left| \frac{\partial \eta}{\partial \rho_F} u_\rho \right| = K(\rho_K - \rho_F)u_t + Kt * u_\rho = 8,249 \text{ Pas}$$

bestimmt, wobei  $u_\rho = 0,002 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  und  $u_t = 1 \text{ s}$ .

Somit ergibt sich für einen mittleren  $\eta$ -Wert das Messergebnis  $\eta = (361,08 \pm 8,25) \text{ Pas}$ .

## Bestimmung der kinematischen Viskosität des Wassers

Mit einem Viskosimeter nach Ubbelohde kann die kinematische Viskosität einer Flüssigkeit nach der empirischen Gleichung

$$v = \frac{\pi g h R^4 t}{8 V l} - \frac{1,1 V}{t * 8 \pi d} = Kt - K't$$

aus der Ausströmzeit eines Flüssigkeitsvolumens durch eine Kapillare berechnet werden, wobei  $K$ ,  $K'$  reine Gerätekonstanten sind.

Wir erhielten das Volumen und die Ausströmzeit als Mittel aus mehreren Messungen.

Die Messunsicherheit der Ausströmzeit  $t = 76,5\text{s}$  ergibt sich aus dem Vertrauensintervall zu

$$u_{z,t} = \sigma_y = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^5 (t_i - \bar{t})^2} = 3,1\text{s}.$$

Mit  $l = (0,106 \pm 0,002)\text{m}$ ,  $h = (0,12 \pm 0,002)\text{m}$ ,  $V = (11,8 \pm 0,1)\text{cm}^3$  und  $R = (0,425 \pm 0,05)\text{mm}$  ergeben sich für

$$K = (1,21 \pm 0,62) * 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2},$$

$$K' = (4,87 \pm 0,13) * 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \text{ und}$$

$$v = (8,52 \pm 5,16) * 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}.$$

Dabei werden die Messunsicherheiten zu

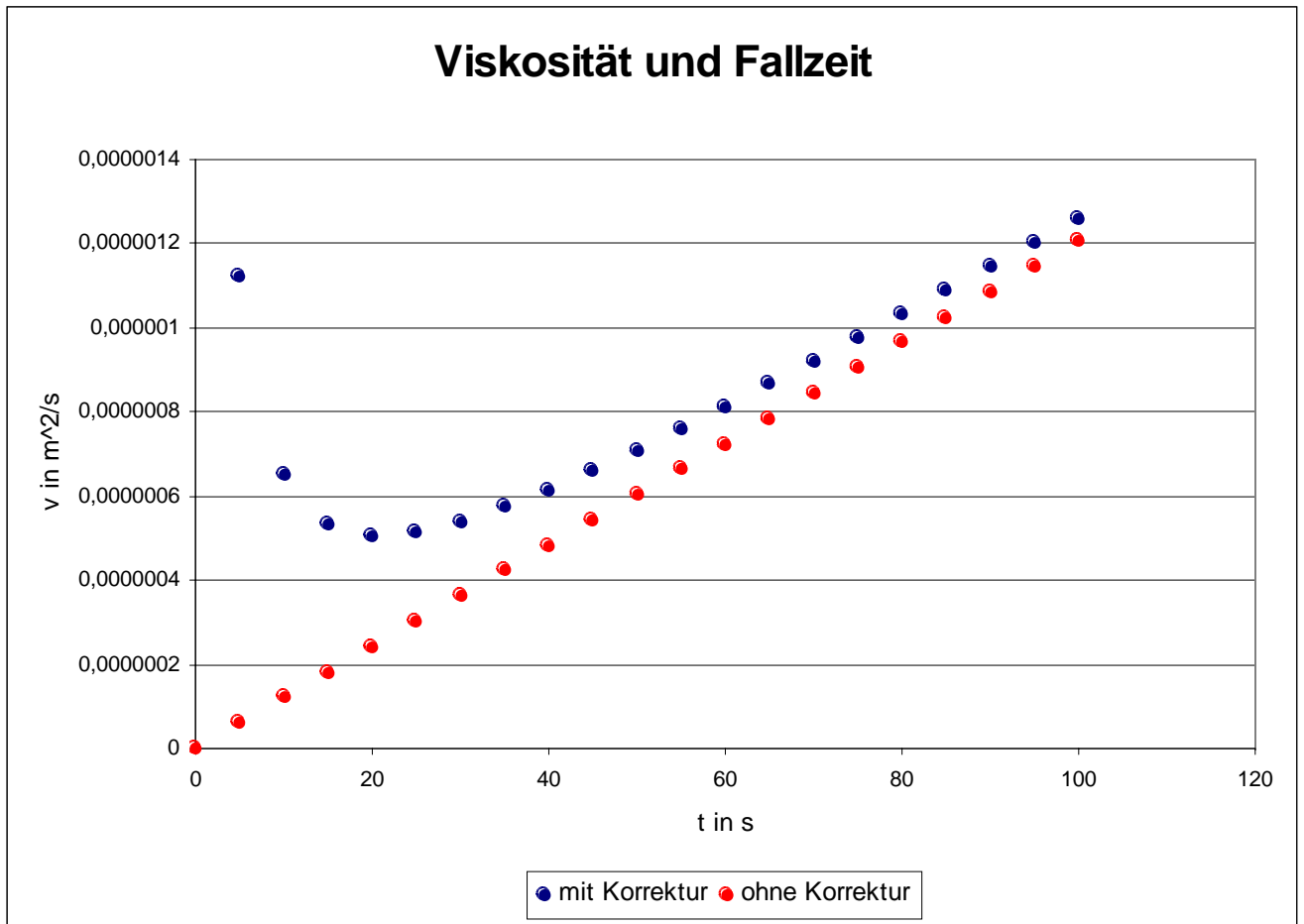
$$\begin{aligned} u_K &= \left| \frac{\partial K}{\partial h} u_h \right| + \left| \frac{\partial K}{\partial R} u_R \right| + \left| \frac{\partial K}{\partial V} u_V \right| + \left| \frac{\partial K}{\partial l} u_l \right| \\ &= \frac{\pi g R^4}{8 V l} u_h + \frac{4 \pi g h R^3}{8 V l} u_R + \frac{\pi g h R^4}{8 V^2 l} u_V + \frac{\pi g h R^4}{8 V l^2} u_l = 0,62 * 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}, \end{aligned}$$

$$u_{K'} = \left| \frac{\partial K'}{\partial V} u_V \right| + \left| \frac{\partial K'}{\partial l} u_l \right| = \frac{1,1}{8 \pi l} u_V + \frac{1,1 V}{8 \pi l^2} u_l = 0,13 * 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \text{ und}$$

$$u_v = \left| \frac{\partial v}{\partial K} u_K \right| + \left| \frac{\partial v}{\partial K'} u_{K'} \right| + \left| \frac{\partial v}{\partial t} u_t \right| = t u_K + \frac{u_{K'}}{t} + \left( K + \frac{K'}{t^2} \right) u_t = 5,16 * 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

bestimmt.

Der Tabellenwert nach *Kuchling, Taschenbuch der Physik* beträgt  $v = 10,04 * 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ . Damit ist der Messwert im Rahmen der Messungenauigkeit korrekt. Die Abweichung beträgt 15%.



Die Viskosität als Funktion der Zeit in einem Diagramm abgetragen ergibt bei hohen Fallzeiten einen linearen Zusammenhang. Im Diagramm wird auch deutlich, dass die Hagenbachsche Korrektur bei diesem Versuch (bei einer Fallzeit von ca. 75 s) vernachlässigbar ist, da die Werte wenig voneinander abweichen.

## Bewertung der Messergebnisse

Beim Durchführen der Experimente waren teilweise die Ableseskalen (v.a. beim Messzylinder zum Bestimmen des Volumens) recht ungenau, was zu einer hohen Messunsicherheit bei der Auswertung führte.

Christian Schnitzer

Sarah Lück

Anlagen: Messprotokoll, Berechnungen mit Excel