

# Physikpraktikum I - Gruppe V

## Viskosität von Rapsöl

KENN Michael, 8725258

25. November 2009

### **Zusammenfassung**

Im Rahmen des Physikpraktikums I WS09/10 wurde die Viskosität von Rapsöl mit Hilfe des Stokes'schen Widerstandsgesetzes mit ca.  $67 \pm 7$  kg/ms bestimmt.

## **1 Einleitung und Zielsetzung**

Ziel dieses Experimentes war es mit Hilfe des Stokes'schen Widerstandsgesetzes die Viskosität von Rapsöl zu bestimmen. Dabei nutzt man das Kräftegleichgewicht zwischen Schwerkraft, Auftriebskraft und Widerstandskraft. Eine Kugel wird sich demnach annähernd mit konstanter Geschwindigkeit in Richtung Gravitationskraft durch eine Flüssigkeit (hier Rapsöl) bewegen. Aus den Eigenschaften und der Geschwindigkeit der Kugel sowie der Dichte der Flüssigkeit läßt sich unmittelbar die Viskosität der Flüssigkeit berechnen.

## **2 Physikalische Grundlagen und Messmethoden**

Mit Ausnahme der Kugeldichten wurden sämtliche Daten im Rahmen des Experiments bestimmt. Zur Bestimmung der Dichte des Rapsöls wurde eine Aräometerspindel verwendet. Der Durchmesser der Kugeln wurde mit einer Schublehre bestimmt. Den Fehlerbereich haben wir eher großzügig gewählt, dafür sind wir davon ausgegangen, dass die Messgeräte fehlerfrei arbeiten.

Zimmertemperatur	$T = 24.4 \pm 0.1 C^\circ$
Temperatur(Rapsöl)	$T(R) = 24.5 \pm 0.1 C^\circ$
Durchmesser Messglas	$D = 8.0 \pm 0.05 cm$
Abstand Messglasmarkierungen	$\Delta x = 28.3 \pm 0.05 cm$
Dichte Rapsöl	$\rho_{Rapsöl} = 0.913 \pm 0.005 g/cm^3$
Dichte Glas	$\rho_{Glas} = 2.4 \pm 0.05 g/cm^3$
Dichte Stahl	$\rho_{Stahl} = 7.9 \pm 0.05 g/cm^3$
Durchmesser Glaskugeln	$d_{Glas} = 0.2 \pm 0.005 cm$
Durchmesser Stahlkugeln	$d_{Stahl} = 0.1 \pm 0.005 cm$

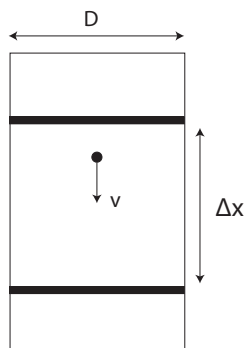
Tabelle 1: Parameter

Es hat sich aber bei der Auswertung der Versuche gezeigt dass praktisch der gesamte zu erwartende Fehler auf der Messgenauigkeit bei der Bestimmung des Kugeldurchmessers beruht. In Tabelle 1 sind die Parameter des Versuchs zusammengefasst. Die Viskosität berechnet sich dann mittels

$$\eta_{Rapsöl} = \frac{d_{Kugel}^2 (\rho_{Kugel} - \rho_{Rapsöl}) g t}{18 \Delta x},$$

wobei  $t$  die Fallzeit der Kugel zwischen den beiden Messglasmarkierungen bezeichnet.

### 3 Experimenteller Aufbau



Von oben wird eine Kugel in den Messbehälter geworfen. Zur Geschwindigkeitsbestimmung wird die Zeit zwischen den beiden Messglasmarkierungen gestoppt. Der Zylinderdurchmesser  $D$  ist erforderlich für die Bestimmung eines Korrekturfaktors.

Glaskugeln $\rho_{\text{Glas}} = 2.4g/cm^3$			Stahlkugeln $\rho_{\text{Stahl}} = 7.9g/cm^3$		
$d(cm)$	$T_1(s)$	$T_2(s)$	$d(cm)$	$T_1(s)$	$T_2(s)$
0.20	5.28	5.38	0.10	4.97	5.18
0.20	5.33	5.40	0.10	5.20	5.05
0.20	(5.59)	(5.63)	0.09	6.12	6.12
0.20	(5.56)	5.39	0.09	6.12	6.16
0.20	5.44	5.33	0.10	5.19	5.25
0.20	5.30	(4.92)	0.10	5.04	5.15
0.20	5.37	(4.99)	0.10	4.99	5.16
0.20	(5.56)	(5.67)	0.09	6.05	6.17
0.20	5.37	5.47	0.08	7.57	7.55
0.20	(5.65)	5.46	0.10	4.98	5.09

Tabelle 2: Versuchsserie

## 4 Messvorgang

Der Messvorgang wurde mit je 10 Glas- und 10 Stahlkugeln durchgeführt. Um die Geschwindigkeit der Kugeln zu bestimmen haben wir die Zeit der einzelnen Kugeln zwischen den beiden Messglasmarkierungen gestoppt. Dieser Vorgang ist wegen der händischen Stoppung ziemlich ungenau und wir haben uns deshalb entschlossen mit zwei Uhren parallel zu arbeiten (Zeiten  $T_1$  und  $T_2$ ). Die Werte in Klammer wurden von uns wegen fehlerhafter Zeitnehmung für die Auswertung eliminiert. In Tabelle 2 sind die Versuchsergebnisse zusammengefasst.

## 5 Auswertung

Die Auswertung der Versuchsserie erfolgte mit Excel. Die Stahlkugeln mit Durchmesser kleiner als 0.1cm erwiesen sich in der Auswertung als problematisch und wurden weggelassen. In Tabelle (3) finden sich Mittelwerte und Standardabweichung der gemessenen Zeiten und die daraus resultierenden Mittelwerte der Kugelgeschwindigkeiten  $v$  sowie der Viskosität  $\eta$  von Rapsöl.

	Glas	Stahl
$T$ [s]	$5.38 \pm 0.06$	$5.10 \pm 0.10$
$\bar{v}$ [cm/s]	5.26	5.54
$\bar{\eta}$ [kg/cm.s]	0.61	0.69

Tabelle 3: Auswertung der Versuchsserie

## 5.1 Reynoldszahl

Eine Grundvoraussetzung der hier gewählten Vorgangsweise zur Bestimmung der Viskosität einer Flüssigkeit ist die Wirbelfreiheit der Kugel beim Durchqueren der Flüssigkeit. Das ist gewährleistet, wenn eine als Reynoldszahl  $Re$  bezeichnete Größe den Wert 1 nicht übersteigt. Diese (dimensionslose) Zahl ist gegeben durch

$$Re = \frac{\rho_{fl} v d}{\eta_{fl}},$$

wobei sich die Dichte  $\rho_{fl}$  und die Viskosität  $\eta_{fl}$  jeweils auf die zu untersuchenden Substanz beziehen. Es zeigt sich, dass die Glaskugeln einen zu großen Durchmesser haben und so einen Wert  $Re_{Glas} = 1.65$  liefern. Der mit den Glaskugeln gemessene Wert gibt uns deshalb nur ein tendenzielles Verhalten der Viskosität und im weiteren werden nur die Ergebnisse der Messungen mit den Stahlkugeln verwendet ( $Re_{Stahl} = 0.76$ ).

## 5.2 Korrekturfaktor

Der verhältnismässig schmale Durchmesser  $D$  des Messzylinders erfordert eine abschließende Division durch einen Korrekturfaktor  $K_L$

$$K_L = 1 + 2.4 \frac{\text{Kugeldurchmesser}}{\text{Messzylinderdurchmesser}} = 1.03$$

Damit reduziert sich die Viskosität auf  $\eta = 0.67 \text{ kg/cm.s}$ . Die Unsicherheit beim Messzylinderdurchmesser ist relativ zum Durchmesser sehr klein und kann ignoriert werden.

## 6 Messgenauigkeit

Sei  $\eta$  die Viskosität und  $\rho$  die Dichte von Rapsöl, sowie  $\rho_M$  die Dichte des Materials der Kugeln. Die zu erwartende Abweichung von  $\eta$  ergibt sich aus

$$\begin{aligned} \sigma_\eta^2 &= \left( \left( \frac{\partial \eta}{\partial d} \sigma_d \right)^2 + \left( \frac{\partial \eta}{\partial t} \sigma_t \right)^2 + \left( \frac{\partial \eta}{\partial \rho} \sigma_\rho \right)^2 + \left( \frac{\partial \eta}{\partial \rho_M} \sigma_{\rho_M} \right)^2 + \left( \frac{\partial \eta}{\partial \Delta x} \sigma_{\Delta x} \right)^2 \right) \Big|_{\eta=\bar{\eta}} = \\ &= \bar{\eta}^2 \left( \left( \frac{2\sigma_d}{d} \right)^2 + \underbrace{\left( \frac{\sigma_t}{t} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_\rho}{\rho_m - \rho} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_{\rho_M}}{\rho_m - \rho} \right)^2}_{\ll \left( \frac{2\sigma_d}{d} \right)^2} + \left( \frac{\sigma_{\Delta x}}{\Delta x} \right)^2 \right) \end{aligned}$$

Für Stahlkugel dominiert hier der Term für den Kugeldurchmesser  $d$  deutlich und der zu erwartende Fehler reduziert sich zu

$$\sigma_\eta = \frac{2\bar{\eta}\sigma_d}{d} = 0.07 \text{ kg/cm.s}$$

## 7 Schlussfolgerungen

Die Bestimmung der Viskosität von Rapsöl mit der hier gewählten Versuchsanordnung ist wegen der nur ungenauen Messbarkeit des Kugeldurchmessers verhältnismässig schlecht konditioniert. Das Ergebnis lässt sich nur mit einer Genauigkeit von  $\pm 10\%$  angeben. Zusammengefasst kann gesagt werden, dass die Viskosität von Rapsöl etwa  $67 \pm 7 \text{ kg/ms}$  beträgt.

## Literatur

- [1] Praktikum zur Einführung in die Physik I WS 2009/10:  
[https://elearning.mat.univie.ac.at/physikwiki/index.php/LV005:LV-Uebersicht/WS09\\_10](https://elearning.mat.univie.ac.at/physikwiki/index.php/LV005:LV-Uebersicht/WS09_10)
- [2] Viskosität in Wikipedia:  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Viscosity>
- [3] Landolt-Börnstein, *Substance and Property Index*:  
<http://www.springer.com/laboe>

Updated 8. Dezember 2009