

V207: Das Kugelfall - Viskometer nach Höppler

Simon Schulte
simon.schulte@udo.edu

Tim Sedlacek
tim.sedlacek@udo.edu

Durchführung: 15.11.2016
Abgabe: xx.11.2016

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung

Es soll mit Hilfe der Kugelfallmethode bei einer laminaren Strömung die Temperaturabhängigkeit der dynamischen Viskosität von destilliertem Wasser bestimmt werden.

2 Theorie

Wenn ein Körper sich durch eine Flüssigkeit bewegt, wirken, in entgegengesetzter Richtung zur Gravitation Reibungskräfte. Diese hängen von der Fläche A , der Geschwindigkeit v des Körpers und von der Viskosität η der Flüssigkeit ab. Die Viskosität einer Flüssigkeit hängt von der Temperatur ab. In diesem Versuch wird die Viskosität von destilliertem Wasser untersucht, welche mit zunehmender Temperatur geringer wird. Um besagte Viskosität zu bestimmen, lässt man eine Kugel mit Radius r laminar durch ein mit destilliertem Wasser gefülltes Rohr fallen. Die Stokesche Reibung wird dann mit der Formel

$$F_R = 6\pi\eta vr \quad (1)$$

bestimmt, wobei v die Fallgeschwindigkeit ist. Die Reibungskraft \vec{F}_R und die Antriebskraft \vec{F}_A wirken dabei der Gravitationskraft \vec{F}_g entgegen. Die beiden entgegengesetzten Kräfte werden stärker, umso schneller der Körper sich bewegt, solange, bis ein Kräftegleichgewicht entsteht und der Körper eine konstante Geschwindigkeit erreicht. Dabei wird eine annähernd laminare Strömung erzeugt. Indem man die Reynoldssche Zahl für die Bewegung errechnet, lässt sich dann sagen, ob die Bewegung des Körpers tatsächlich laminar war. Es gibt eine kritische Zahl für destilliertes Wasser, anhand welcher man sehen kann, wenn die errechnete Reynoldssche Zahl kleiner oder größer ist, ob die Bewegung laminar oder turbulent war. Um eine laminare Bewegung zu gewährleisten, wird das Fallrohr um wenige Grade geneigt, sodass die Kugel an der Rohrwand hinabgleitet und sich keine Wirbel ausbilden können. Der Durchmesser des Körpers selbst ist nur geringfügig geringer, als der des Rohres. Mithilfe der Dichte des destillierten Wassers ρ_{Fl} , der Dichte des Körpers ρ_K , der Apperaturkonstante K und der Fallzeit t lässt sich dann die Viskosität η berechnen:

$$\eta = K(\rho_K - \rho_{Fl}) \cdot t \quad (2)$$

Dabei enthält die Apperaturkonstante K sowohl die Kugelgeometrie, als auch die Fallhöhe. Da die Viskosität von vielen Flüssigkeiten stark temperaturabhängig ist, wird die temperaturabhängige Viskosität durch die Andradesche Gleichung:

$$\eta(T) = A \exp\left(\frac{B}{T}\right) \quad (3)$$

beschrieben, mit den Konstanten A und B .

3 Durchführung

3.1 Versuchsaufbau

Wie in Abbildung 1 gezeigt fällt die Kugel durch ein Rohr, welches mit Wasser gefüllt ist. Durch zwei Stopfen und jeweils einer Schraube über diesen Stopfen an den beiden Rohrenden kann man sowohl Wasser, als auch die Kugel selbst, in das Rohr füllen. An dem Rohr sind drei Messmarken befestigt, die jeweils mit einem Abstand von 5 cm auseinander liegen. Diese werden zur Zeitmessung genutzt. Die Libelle wird genutzt, um zu prüfen, ob das Viskosimeter gerade steht. Um die Temperatur des Wassers im Rohr regulieren zu können, nutzt man ein Thermostat, an welchem man die Temperatur des Wassers, welches das Rohr in einem zylinderförmigen Körper umgibt, einstellen kann.



Abbildung 1: Das Höppler - Viskometer

3.2 Versuchsdurchführung

Zunächst bestimmt man die Masse und die geometrischen Maße der beiden Kugeln. Dabei fällt auf, dass eine Kugel größer als die andere ist. Daraufhin überprüft man mit Hilfe der Libelle, ob das Viskosimeter gerade steht. Als nächstes füllt man das Rohr mit destilliertem Wasser und sorgt dafür, dass sich möglichst keine Luftbläschen mehr am Rande des Rohres befinden. Dafür nutzt man einen Glasstab. Dann gibt man vorsichtig die Kugel in das Rohr und achtet darauf, dass auch an der Kugel möglichst keine Luft-

bläschen sind, denn diese würden die Messungen verfälschen. Nun misst man die Zeit, die die beiden Kugeln bei Zimmertemperatur brauchen, um 10 cm Strecke zurückzulegen, also von der obersten Markierung zur untersten zu gelangen. Dabei ist auf den bereits in der Theorie angesprochenen Kräfteausgleich zu achten. Die beiden Markierungen sind bewusst nicht am oberen Rand des Rohres befestigt, damit die Kugel etwas Zeit hat, um eine konstante Geschwindigkeit zu erreichen. Durch das Drehen des Rohres um 180 grad kann man dann die nächste Messung durchführen. Diese Messung führt man dann für beide Kugeln jeweils 10 mal durch und misst die Zeit. Für die große Kugel muss dann noch die Apperaturkonstante K bestimmt werden. Danach heizt man das Wasserbad, welches das Rohr umgibt auf. Man führt jeweils vier Messungen für 10 verschiedene Temperaturen durch. Diese befinden sich zwischen 25 und 70 °C. Es werden die Zeiten für die größere Kugel gemessen. Zuletzt errechnet man die Reynoldsche Zahl für die gemessenen Daten und überprüft, ob die Strömung laminar ist.