

V207 - Das Kugelfall-Viskosimeter nach Höppler

Jan Herdieckerhoff
jan.herdieckerhoff@tu-dortmund.de

Karina Overhoff
karina.overhoff@tu-dortmund.de

Durchführung: <++>.<++>.2018, Abgabe: <++>.<++>.2018

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Ziel	3
2 Theorie	3
3 Durchführung	3
3.2 Messen der Temperaturabhängigkeit von destilliertem Wasser	4
4 Auswertung	5
4.1 Überprüfung der Strömung auf Laminarität	5
4.2 Bestimmung der Temperaturabhängigkeit der Viskosität von destilliertem Wasser	5
5 Diskussion	6
Literatur	6

1 Ziel

Das Ziel dieses Versuchs ist es, die Temperaturabhängigkeit der dynamischen Viskosität von destilliertem Wasser mittels Kugelfall-Viskosimeter zu bestimmen.

2 Theorie

Ein Körper, der sich in einer Flüssigkeit bewegt, wird von verschiedenen Kräften beeinflusst. Es wirken die Reibungskraft, die Schwerkraft und die Auftriebskraft. Die Reibungskraft hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab: Von der Berührungsfläche A , der Geschwindigkeit v und der sogenannten dynamischen Viskosität η . Diese ist eine Materialkonstante der Flüssigkeit und hängt stark von der Temperatur dieser Flüssigkeit ab.

Mit dem Kugelfallviskosimeter lässt sich diese Viskosität bestimmen. Dafür wird eine Kugel in einer Flüssigkeit, deren Ausdehnung hinreichend groß ist, damit sich keine Wirbel bilden, fallen gelassen. Die Stokes'sche Reibung lässt sich folgendermaßen beschreiben:

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

Beim Fallen nimmt die Reibung mit zunehmender Geschwindigkeit immer weiter zu, bis sich ein Kräftegleichgewicht einstellt. Die Reibungs- und Auftriebskraft wirken entgegen der Schwerkraft. Die Viskosität η lässt sich aus der Fallzeit t , der Dichte der Flüssigkeit ρ_F und der Dichte der Kugel ρ_K bestimmen. Der Proportionalitätsfaktor K ist eine Apparaturkonstante und enthält sowohl die Höhe, als auch die Kugelgeometrie. Es gilt:

$$\eta = K(\rho_K - \rho_F) \cdot t. \quad (2)$$

Die Temperaturabhängigkeit der Viskosität lässt sich mit der Andradeschen Gleichung beschreiben:

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

A und B sind hier Konstanten.

3 Durchführung

3.1

Beim Kugelfallviskosimeter nach Höppler (Abb. 1) lässt man die Kugel in einem Rohr fallen, dessen Radius nur geringfügig größer ist als der Radius der Kugel. Mithilfe der Libelle wird das Viskosimeter justiert, falls es nicht gerade steht.

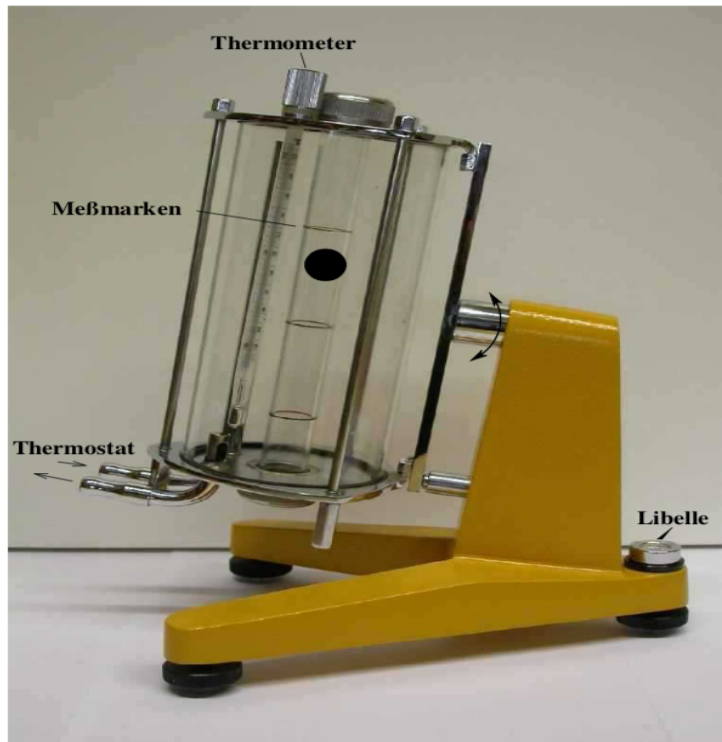


Abbildung 1: Das Kugelfall-Viskosimeter nach Höppler. In dem Rohr im Inneren des Wasserbads befindet sich destilliertes Wasser. Die Kugel wird in dem Rohr fallen gelassen. Durch das Thermostat kann die Temperatur des Wasserbads eingestellt werden.

Das Viskosimeter wird mit destilliertem Wasser gefüllt, wobei darauf geachtet wird, dass sich keine Luftblasen an der Rohrwand oder an der Kugel befinden. Da beim senkrechten Fall Wirbel entstehen könnten und die Kugel unkontrolliert an die Rohrwand stoßen würde, wird das Fallrohr um einen kleinen Winkel gekippt. Die Kugel kann an der Rohrwand heruntergleiten.

Zunächst wird die Dichte der großen und kleinen Glaskugel aus der Masse und dem Volumen bestimmt. Anschließend werden jeweils zehn Fallzeiten für die kleine und die große Kugel bei Raumtemperatur mit einer Stoppuhr gemessen. Es wird die Zeit gemessen, die die Kugel nach Überschreiten der ersten Markierung bis zum Überschreiten der letzten Markierung braucht. Wenn die Kugel die untere Markierung überschreitet, wird das Viskosimeter um 180° gedreht und die Messung wiederholt.

3.2 Messen der Temperaturabhängigkeit von destilliertem Wasser

Als nächstes wird die Temperaturabhängigkeit von destilliertem Wasser bestimmt. Dazu wird das Wasserbad auf 70° aufgeheizt. Die Fallzeit der großen Kugel wird jeweils zwei mal für zehn verschiedene Temperaturen gemessen.

4 Auswertung

4.1 Überprüfung der Strömung auf Laminarität

Die Falldauern der kleinen und der großen Kugel im Kugelfall-Viskosimeter bei Raumtemperatur befinden sich in Tabelle 1.

Tabelle 1: Die Falldauer der kleinen Kugel und die Falldauer der großen Kugel.

$t_{\text{klein}}/\text{s}$	$t_{\text{groß}}/\text{s}$
11,6	65,5
11,6	65,7
11,6	64,9
11,7	64,8
11,6	65,3
11,9	65,5
11,5	64,9
11,6	65,4
11,7	65,2
11,8	64,9

Die Fallstrecke beträgt

$$x = 10 \text{ cm.}$$

Die Masse, der Durchmesser und die Apparaturkonstante der kleinen Kugel sind:

$$\begin{aligned} m_{\text{klein}} &= 3,71 \text{ g} \\ d_{\text{klein}} &= 1,56 \text{ cm} \\ K_{\text{klein}} &= 0,076 \, 40 \frac{\text{mPa cm}^3}{\text{g}}. \end{aligned}$$

Die Masse und der Durchmesser der großen Kugel sind:

$$\begin{aligned} m_{\text{groß}} &= 4,21 \text{ g} \\ d_{\text{groß}} &= 1,58 \text{ g.} \end{aligned}$$

Die Apparaturkonstante der großen Kugel lässt sich mit bestimmen:

$$K_{\text{groß}} = .$$

4.2 Bestimmung der Temperaturabhängigkeit der Viskosität von destilliertem Wasser

Die Falldauern der großen Kugel für verschiedene Temperaturen sind in den Tabellen 2 und 3 dargestellt.

Tabelle 2: Die Fallzeit in Abhängigkeit zur Temperatur der Flüssigkeit.

T /K	t /s
326,2	46,8
328,2	45,1
330,2	44,1
331,2	42,6
333,2	41,3
335,2	39,9
337,2	37,9
339,2	35,6
341,2	32,5
343,2	28,2

Tabelle 3: Die Fallzeit in Abhängigkeit zur Temperatur der Flüssigkeit.

T/K	t /s
326,2	46,5
328,2	44,5
330,2	42,8
331,2	42,2
333,2	40,6
335,2	38,5
337,2	36,7
339,2	33,9
341,2	31,0
343,2	28,3

5 Diskussion

Literatur

- [1] TU Dortmund. *Versuch <++> zum Literaturverzeichnis*. 2018.
- [2] John D. Hunter. „Matplotlib: A 2D Graphics Environment“. Version 1.4.3. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 90–95. URL: <http://matplotlib.org/>.
- [3] Eric Jones, Travis E. Oliphant, Pearu Peterson u. a. „SciPy: Open source scientific tools for Python“. Version 0.16.0. In: (). URL: <http://www.scipy.org/>.
- [4] Eric O. Lebigot. „Uncertainties: a Python package for calculations with uncertainties“. Version 2.4.6.1. In: (). URL: <http://pythonhosted.org/uncertainties/>.
- [5] Travis E. Oliphant. „NumPy: Python for Scientific Computing“. Version 1.9.2. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 10–20. URL: <http://www.numpy.org/>.