

PW1

October 11, 2025

1 Eigenschaften von Flüssigkeiten

Es soll die Viskosität von destilliertem Wasser bei verschiedenen Temperaturen bestimmt werden und in Abhängigkeit gesetzt werden. Weiters soll auch die Oberflächenspannung von destilliertem Wasser bestimmt werden.

1.1 1. Bestimmung der Viskosität nach Hagen-Poiseuille

1.1.1 1.1 Grundlagen

Unter Viskosität versteht man die Zähigkeit einer Flüssigkeit. Sie beeinflusst die Strömungsgeschwindigkeit der verschiedenen Flüssigkeitsschichten zwischen zwei Oberflächen. Die Viskosität wird beeinflusst von der fließenden Substanz, dem Druck und der Temperatur. Die Durchflussrate $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ (Änderung des Volumens V über die Zeit Δt), durch ein Rohr mit Radius r und Länge l , ist durch die Hagen-Poiseuille Gleichung mittels Viskosität η gegeben:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8 \eta l}$$

wobei Δp der Druckabfall über die Länge l ist.

Kapillarviskosimeter nach Hagen-Poiseuille Bei dieser Methode der Viskositätsmessung wird mit einer senkrechten Flüssigkeitssäule gearbeitet. Hierbei herrschen nur der Luftdruck, welcher über den ganzen Versuch als konstant angenommen werden kann, und der hydrostatische Druck, mit welchem die Druckdifferenz Δp errechnet werden kann:

$$\Delta p = \rho g h$$

Hier ist ρ die Flüssigkeitsdichte, g die Gravitationsbeschleunigung und h die Höhe der Wassersäule.

Da sich die Höhe der Wassersäule kontinuierlich ändert, wird zur Berechnung der Mittelwert zwischen der Anfangshöhe h_1 und der Endhöhe h_2 verwendet:

$$\bar{h} = (h_1 + h_2)/2$$

Mittels Gerätekonstante a , welche am Viskosimeter angegeben wird, ergibt sich aus der Hagen-Poiseuille Gleichung für die Viskosität:

$$\eta = a \cdot \rho \cdot \bar{h} \cdot \Delta t \quad (1)$$

a beinhaltet dabei die konstanten Werte wie den Radius r , die Länge l , die Gravitationsbeschleunigung g und der Änderung des Volumens ΔV .

Dichtebestimmung mit Aräometer Die Dichte der zu beobachtenden Flüssigkeit wird mithilfe von einem Aräometer bestimmt. Die Funktionsweise dessen beruht auf dem Archimedischen Prinzip und macht sich die Auftriebskraft zunutze.

1.1.2 1.2 Durchführung und Versuchsaufbau

Zu Beginn wird die Dichte von destilliertem Wasser mit einem Aräometer sowie die Temperatur mit einem Digitalthermometer gemessen.

Nun wird die Viskosität bei Raumtemperatur (ca. 20 °C) bestimmt. Dazu wird das Becherglas mit der Flüssigkeit mithilfe einer Laborhebebühne soweit gehoben, bis die Kapillare ca. 1 cm in die Flüssigkeit eintaucht. Mit einem Peleusball, der an den Schlauch angeschlossen ist, wird Wasser in die Kapillare gesaugt und das Ventil geschlossen. Anschließend wird die mittlere Höhe \bar{h} bestimmt, indem die Höhen h_1 bis zur Markierung M1 und h_2 bis zur Markierung M2 mit zwei hintereinander aufgestellten Linealen gemessen werden. Nun wird das Ventil geöffnet und die Zeit Δt gemessen, die das Wasser benötigt um von der Markierung M1 bis zur Markierung M2 zu sinken. Es wird eine Messreihe mit $n=10$ Messungen angefertigt, um den Fehler möglichst gering zu halten.

Mit diesen Werten und Gl. 1 lässt sich nun die Viskosität η berechnen.

Der Versuch wird anschließend mit Wassertemperaturen von ca. 50 °C, ca. 35 °C und ca. 12 °C wiederholt, wobei hier nur eine einzige Messung durchgeführt wird. Der Grund dafür ist, dass die Temperatur nicht über den, für zehn Messungen benötigten, Zeitraum konstant gehalten werden kann. Es wird ebenfalls die Viskosität η mit Gl. 1 berechnet.

Verwendete Geräte und Unsicherheiten

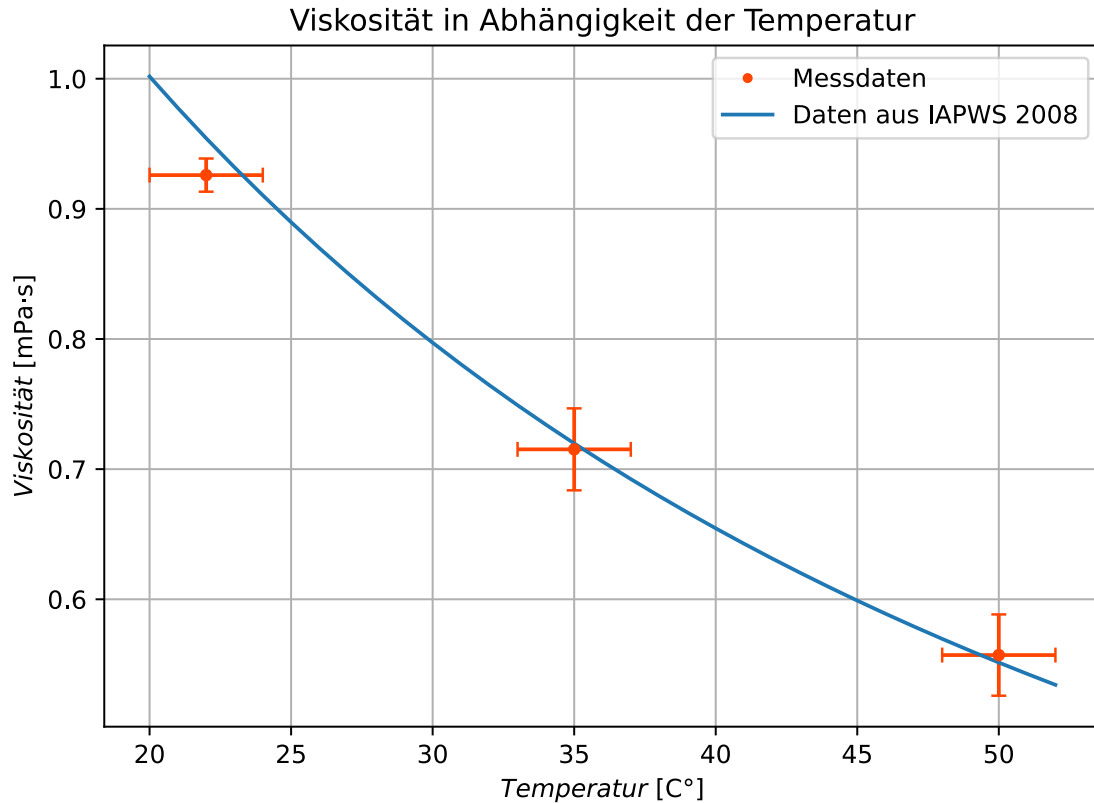
- Aräometer:
- Lineal:
- Stoppuhr: 0,1s (setzt sich zusammen aus Geräteunsicherheit und menschlicher Reaktionszeit)
- Gerätekonstante a Viskosimeter:

1.1.3 1.3 Daten und Auswertung

$$\bar{\eta}_{22} = 0.926 + / - 0.013 \text{ mPa}$$

$$\eta_{35} = 0.72 + / - 0.03 \text{ mPa}$$

$$\eta_{50} = 0.56 + / - 0.03 \text{ mPa}$$



1.1.4 1.4 Diskussion

Wie aus den Werten erkennbar wird, sinkt die Viskosität mit zunehmender Temperatur, dabei ist im Vergleich zu den Literaturwerten [1] eine starke Abweichung zu erkennen. Diese entsteht aufgrund blablabla ...

1.2 2. Oberflächenspannung nach der Abreißmethode

Es soll die Oberflächenspannung von destilliertem Wasser mithilfe der Abreißmethode ermittelt werden.

1.2.1 2.1 Grundlagen

Moleküle in einer Flüssigkeit halten durch Wechselwirkungen mit den Nachbarmolekülen konstanten Abstand. Die Kräfte, die dabei wirken, sind sowohl anziehend, als auch abstoßend, je nachdem, welche Kraft von außen auf die Flüssigkeit wirkt. Moleküle, die sich an der Flüssigkeitsoberfläche befinden, haben in diese Richtung keine Nachbarmoleküle. Es wirken daher auch keine Kräfte aus der Flüssigkeit hinaus. Bewegt sich ein Molekül aus der Flüssigkeit heraus, wird es daher sofort wieder zurück gezogen. Die Energie, die pro Fläche aufgewendet werden muss, um Moleküle aus der Flüssigkeit zu entfernen, wird Oberflächenspannung genannt:

$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta A}$$

Um die Oberflächenspannung experimentell zu ermitteln, wird die Abreißmethode verwendet. Dabei wird eine Kraft F auf eine Flüssigkeitslamelle angewandt und festgestellt, wann diese reißt. Es gilt dabei:

$$\Delta E = F \cdot \Delta s$$

Die Änderung der Oberfläche der Lamelle an einem U-förmigen Draht ist gegeben durch:

$$\Delta A = 2 \cdot b \cdot \Delta s$$

Fügt man diese Formeln dann zusammen, erhält man als Formel für die Oberflächenspannung:

$$\sigma = \frac{F}{2 \cdot b} \quad (2)$$

In diesem Versuch wird als Lamelle ein Aluminiumring mit Durchmesser D verwendet. Als Näherung wird hier angenommen, dass Innenradius und Außenradius gleich sind. Wird nun die Oberfläche des Kreises, statt der der U-förmigen Lamelle, in Gl. 1 eingesetzt, bekommt man folgende Formel:

$$\sigma = \frac{F}{2 \cdot \pi \cdot D} \quad (2)$$

1.2.2 2.2 Durchführung und Aufbau

An einem Stativ wird eine Federwaage befestigt und an dieser wiederum der Aluminiumring. Nun wird die Federwaage so tariert, dass das Gewicht des Ringes als Nullpunkt angezeigt wird. Auf einer Laborhebebühne wird ein Becherglas mit destilliertem Wasser soweit gehoben, bis es den Ring zur Hälfte bedeckt ist. Nun wird die Hebebühne langsam nach unten gekurbelt, bis die Flüssigkeitslamelle reißt und die Kraft notiert, die die Federwaage unmittelbar vor dem Reißen anzeigt. Diese Messung wird wiederholt um eine Messreihe mit $n=10$ Messungen anzufertigen. Zuletzt wird mittels Gl. 2 die Oberflächenspannung σ und ihre Unsicherheit berechnet.

Verwendete Geräte und Unsicherheiten

- Federwaage:
- Schublehre:

1.2.3 2.3 Daten und Auswertung

$$\bar{F} = (81.50 + / - 0.22) \text{ mN}$$

$$\sigma = (64.9 + / - 0.4) \frac{\text{mN}}{\text{m}}$$

1.2.4 2.4 Diskussion

Der Literaturwert für die Oberflächenspannung von Wasser bei 20°C liegt bei 72.75 mN/m [2].

References

- [1] Release on the IAPWS formulation 2008 for the viscosity of ordinary water substance. Technical report, International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS), Berlin, Germany, 2008.
- [2] Oberflächenspannung, 2025. Abgerufen am 09.10.2025.