

# Praktikum Allgemeine Chemie und Grenzflächenerscheinungen

## Bachelorstudiengang Media Production

### Versuch A

## Bestimmung der Viskosität Newton'scher Flüssigkeiten

### 1 Aufgabenstellung

Es sind die dynamischen Viskositäten von zwei Glycerin-Wasser-Mischungen bei 25 °C und 45 °C mit einem Kugelfallviskosimeter zu bestimmen und die zugehörigen Dichtewerte mittels Senkspindel zu ermitteln.

### 2 Grundlagen

Die Definition der dynamischen Viskosität  $\eta$  geht vom Vorliegen einer laminaren Strömung aus. Eine solche Strömungsform lässt sich u.a. durch eine Kapillarströmung bzw. durch die Strömung um eine Kugel realisieren und liegt als Messprinzip dem Kapillar- und dem Kugelfallviskosimeter zugrunde.

#### Kugelfallviskosimeter

Wenn eine Kugel vom Radius  $r$  in einer unendlich ausgedehnten Flüssigkeit nach unten fällt, wird sie einerseits durch die Schwerkraft (vermindert um den Auftrieb) beschleunigt und andererseits durch die Reibung der Flüssigkeit gebremst. Die Kugel bewegt sich dann mit konstanter Geschwindigkeit  $c$  weiter. Für diese Bewegung gilt das Stoke'sche Gesetz:

$$c = \frac{F}{6 \cdot \pi \cdot r \cdot \eta} \quad [1]$$

$c$  = konst. Geschwindigkeit der fallenden Kugel     $F$  = Kraft     $r$  = Kugelradius     $\eta$  = dynamische Viskosität

$$F = g \cdot V_K \cdot (\rho_K - \rho_{Fl}) \quad [2]$$

$g$  = Fallbeschleunigung     $V_K$  = Kugelvolumen     $\rho_K$  = Dichte der Kugel     $\rho_{Fl}$  = Dichte der Flüssigkeit

Ermittelt man die Zeit, die die Kugel benötigt, um mit konstanter Geschwindigkeit eine Strecke  $h$  zwischen zwei Messmarken eines Rohres zu durchfallen, so erhält man für die Fallgeschwindigkeit  $c$ :

$$c = \frac{\Delta h}{t} \quad [3]$$

$\Delta h$  = Fallhöhe     $t$  = Fallzeit

Fasst man die Gleichungen [1], [2] und [3] zusammen und berücksichtigt, dass  $V_K = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$  ist, so ergibt sich für die dynamische Viskosität  $\eta$ :



$$\eta = \frac{2 \cdot r^2 \cdot g \cdot (\rho_K - \rho_{Fl}) \cdot t}{9 \cdot \Delta h} \quad [4]$$

Da die praktische Messung in einem endlich dimensionierten Rohr durchgeführt wird, ist eine Korrektur der Gleichung [4] erforderlich (Ladenburg'sche Korrektur). Einfacher erfolgt die Eichung des Kugelfallviskosimeters mit einer Flüssigkeit bekannter Viskosität und die Zusammenfassung aller Geräteparameter zu einer Geräte- bzw „Kugel“-Konstanten K:

$$\eta = K \cdot t \cdot (\rho_K - \rho_{Fl}) \quad [5]$$

### Dichtebestimmung mit Senkspindel

Häufig werden Auftriebsmethoden zur Dichtebestimmung angewendet. Ihnen liegt das archimedische Prinzip zugrunde. Eine einfache Methode benutzt einen schwimmenden Auftriebskörper, dessen Eintauchtiefe bei konstantem Gewicht ein Maß für die Dichte der Flüssigkeit ist. Es gilt für die Dichte  $\rho_{Fl}$  der Flüssigkeit:

$$\rho_{Fl} = \frac{m_A}{V_A} \quad [6]$$

$m_A$  = Masse des Auftriebskörpers     $V_A$  = eintauchendes Volumen des Auftriebskörpers

Die Dichtemessung mittels Senkspindel (Aräometer) beruht auf diesem Prinzip. Es handelt sich um einen luftgefüllten Hohlkörper aus Glas, dessen unteres Ende durch eine Metallfüllung belastet ist, damit der Massenmittelpunkt möglichst tief liegt. Am oberen Ende läuft der Glashohlkörper in einem zylindrischen Hals aus, auf dem eine Skala angebracht ist, an der sich die Dichte in g/cm<sup>3</sup> ablesen lässt.

### **3 Vorbereitung**

Vor Beginn des Praktikums sind im Protokoll folgende Aufgaben schriftlich zu lösen:

- 3.1 Worin liegen die Ursachen für die Viskosität von Flüssigkeiten?
- 3.2 Wie lautet das Newton'sche Fließgesetz?
- 3.3 Wodurch unterscheiden sich Newton'sche und Nichtnewton'sche Flüssigkeiten?
- 3.4 Skizzieren Sie den prinzipiellen Verlauf der Temperatur- und Konzentrationsabhängigkeit der Viskosität von Flüssigkeiten.

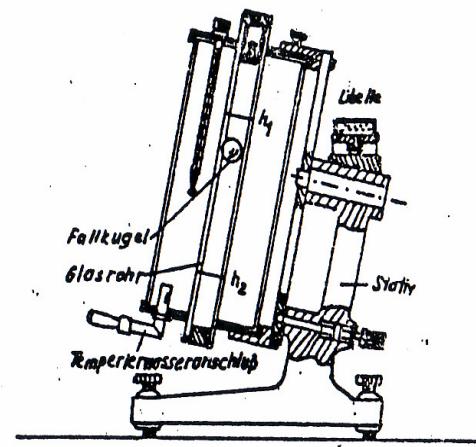
### **4 Experimentelle Durchführung**

#### Viskositätsbestimmung mittels Kugelfallviskosimeter

Für das im Praktikum verwendete Höppler-Viskosimeter werden vom Hersteller folgende Eichparameter für den zugehörigen Kugelsatz zertifiziert (Geräte-Nr. 396, Kugelsatz 458):

Kugel	Durchmesser [mm]	Kugelgewicht [g]	Dichte d. Kugel [g/cm³]	Kugelkonstante vorwärts [mPa * cm³/g]	Kugelkonstante rückwärts [mPa * cm³/g]
1	15,815	4,617	2,2292	0,01052	0,01054
2	15,598	4,425	2,2270	0,10974	0,10982
3	15,588	16,114	8,1252	0,1196	0,1195
4	15,285	15,195	8,1263	0,519	0,519
5	14,000	10,994	7,6518	6,798	6,799
6	10,999	5,432	7,7967	35,04	35,04

Das Fallrohr des Viskosimeters wird etwa zu  $\frac{3}{4}$  mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt. Die geeignete Kugel (Kugel 1 oder 2) ist mit Hilfe der Lochlehre auszuwählen, mit einem Lederläppchen zu säubern und mittels einer Kugelpinzette vorsichtig in das Fallrohr einzubringen. Das Fallrohr ist vollständig aufzufüllen und zu verschließen, wobei auf Luftblasenfreiheit zu achten ist. Nach mind. 10 min Temperieren wird die Fallzeit der Kugel zwischen der oberen und unteren Ringmarke des Fallrohres gemessen (Dreifachbestimmung). Zum Wechsel der Messlösung wird die Kugel mittels Kugelfang entnommen, die Messlösung wieder in die Vorratsflasche zurück gegossen, das Fallrohr gründlich mit warmem Wasser gespült und anschließend mit Ethanol, damit es besser an der Luft trocknet.



### Dichtebestimmung

Das Messgefäß wird zu ca.  $\frac{3}{4}$  mit der Untersuchungslösung gefüllt und nach 10 min Temperierzeit erfolgt die Dichtebestimmung mittels Senkspindel. Nach der Messung wird die Lösung in die Vorratsflasche zurückgegossen, das Messgefäß gründlich mit warmem Wasser gespült und anschließend mit Ethanol, damit es besser an der Luft trocknet.

## 5 Auswertung / Diskussion

5.1 Ermittlung der Konzentration der Glyzerin-Lösungen in Masseprozent aus den Dichtewerten bei 25 °C mittels ausliegender Tabelle.

5.2 Tabellarische Aufstellung aller Messdaten und errechneten Viskositätswerte.

5.3 Graphische Darstellung der Abhängigkeit der Viskosität von der Konzentration der Glyzerin-Lösungen bei 25 °C. Ergänzen Sie dazu die Literaturwerte für die reinen Stoffe Wasser und Glyzerin.

Stellen Sie im selben Diagramm die Messwerte für 45 °C dar.

5.4 Diskutieren Sie die Ergebnisse hinsichtlich Konzentrations- und Temperaturabhängigkeit der Viskosität!