

# Versuch 110

## Höppler-Viskosimeter

### 1. Aufgaben

- 1.1 Ermitteln Sie die Temperaturabhängigkeit der dynamischen Viskosität von Wasser mit dem Höppler - Viskosimeter!
- 1.2 Stellen Sie die Ergebnisse grafisch dar, und bestimmen Sie die zugehörigen Materialkonstanten !

### 2. Grundlagen

#### Stichworte:

Laminare und turbulente Strömung, dynamische Viskosität, Viskosimeter, Gesetz von Hagen - Poiseuille

#### 2.1 Dynamische Viskosität

Die Strömung in Flüssigkeiten wird wesentlich durch die innere Reibung bestimmt. Bei der laminaren Strömung kann man sich die Flüssigkeit in dünne Schichten zerlegt denken, die wirbelfrei aneinander vorbeigleiten. Dabei tritt eine Tangentialspannung  $\tau$  (Kraft pro Flächenelement) auf, für die folgender Zusammenhang besteht

$$\tau = \eta \frac{d v}{d x} \quad (1)$$

Hier ist  $dv/dx$  der Geschwindigkeitsgradient bezüglich der sich bewegenden dünnen Schichten, und der Proportionalitätsfaktor  $\eta$  ist die dynamische Viskosität (Einheit:  $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ).

Für viele Flüssigkeiten findet man experimentell in einem begrenzten Temperaturbereich eine Temperaturabhängigkeit der dynamischen Viskosität in der Form

$$\eta (T) = A \exp (B/T) \quad (2)$$

wobei  $T$  die absolute Temperatur ist und die Größen  $A$  und  $B$  Materialkonstanten bezeichnen (Einheit von  $A$  :  $\text{Pa} \cdot \text{s}$ , Einheit von  $B$  :  $\text{K}$ ).

#### 2.2 Meßmethode

Das von Höppler entwickelte Viskosimeter mit geneigtem Rohr (ausführlich in /1/!) gestattet eine hohe Reproduzierbarkeit der Bewegung einer Kugel in einem viskosen Medium zur Bestimmung der dynamischen Viskosität  $\eta$  nach der empirischen Formel

$$\eta = K (\rho_k - \rho) t \quad (3)$$

Hier sind  $K$  eine empirische Konstante des Viskosimeters (Kugelkonstante),  $\rho_k$  die Dichte der Kugel,  $\rho$  die Dichte der Flüssigkeit und  $t$  die Zeit, in der die Kugel die Meßstrecke durchläuft. Das Höppler - Viskosimeter wird in der Praxis routinemäßig zur Bestimmung der dynamischen Viskosität eingesetzt.

### 3. Versuchsdurchführung

Das Viskosimeterrohr befindet sich in einem Temperiergefäß, in dem über einen angeschlossenen Thermostaten die gewünschte Temperatur eingestellt werden kann. Das Rohr ist vollständig mit der zu untersuchenden Flüssigkeit (hier: destilliertes Wasser) gefüllt. Es ist darauf zu achten, daß keine Luftblasen an der Kugel haften (ggf. Assistent benachrichtigen).

Die Dichte der Kugel  $\rho_k$  sowie die Kugelkonstante  $K$  sind der ausliegenden Gerätekarte zu entnehmen. Die temperaturabhängige Dichte des Wassers  $\rho$  finden Sie in einer Tabelle.

Nach Justierung des Viskosimeters ist die Fallzeit  $t$  der Kugel (zwischen den beiden äußeren Markierungen) mit einer Stoppuhr so oft zu messen, bis sich ein im Rahmen der Meßgenauigkeit konstanter Wert ergibt (bei fester Temperatur). Das Viskosimeter muß während der Messung arretiert sein.

Die Rückführung der Kugel in die Ausgangslage erfolgt durch Drehen des Viskosimeterrohres um  $180^\circ$ .

Zur Auswertung wird  $\ln(\eta / \text{Pa} \cdot \text{s})$  über  $1/T$  ( $T$  in Kelvin) aufgetragen. Nach Gl.(2) ergibt sich eine Gerade mit dem Anstieg  $B$ . Der Schnittpunkt mit der  $y$  - Achse ( $1/T = 0$ ) ist  $\ln A$ .

(Zur physikalischen Bedeutung der Konstanten vgl./7/, Bd. 4, Stichwort: „Viskosität / Platzwechselfvorgänge“).