

---

## Kapillarität und Viskosität[1.5ex]

---

Praktikanten: Silke Andrea Teepe  
Gerald Loitz  
Marcel Kramer

E-Mail:

Betreuer: Alexander Schmelev

Testat:
---------



---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>1</b>
2.1	Oberflächenspannung . . . . .	1
2.2	Dynamische Viskosität . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Durchführung</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Auswertung</b>	<b>2</b>
4.1	Kapillarität . . . . .	2
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>3</b>



---

# 1 Einleitung

## 2 Theorie

### 2.1 Oberflächenspannung

Der Effekt der Kapillarität wird von Wechselwirkungen auf molekularer Ebene verursacht. Diese können in Zwei Arten unterteilt werden. Zu einem in die Kohäsionskräften, die innerhalb der Flüssigkeit wirken und zum anderen in die Adhäsionskräften, Kräften die zwischen der Flüssigkeit und einem Festkörper (Glas) oder einem Gas (Luft) auftreten.

Die wichtigsten Kohäsionskräfte sind die Van-der-Waals-Kräfte und die Dipol-Dipol-Kräfte. Die Van-der-Waals-Kräfte sind schwache Kräfte, die zwischen Molekülen und Atomen wirken. Sie entstehen durch zufällige Ladungsverschiebung innerhalb eines Moleküls durch seine freien Elektronen. Diese Ladungsverschiebungen verursachen, dass ein Molekül kurzzeitig zu einem Dipol wird und so mit anderen Molekülen wechselwirken kann. Dipol-Dipol-Kräfte hingegen werden zwischen Molekülen erzeugt, die ein dauerhaftes Dipolmoment besitzen.

Hält man einen Festkörper in eine Flüssigkeit so entstehen zwischen den Molekülen der Flüssigkeit und den Molekülen des Festkörpers Adhäsionskräfte. Sind diese Adhäsionskräfte größer als die Kohäsionskräfte innerhalb der Flüssigkeit so kann man beobachten wie sich die Flüssigkeit am Rand des Festkörpers hochzieht. Dieser Effekt heißt Kapillarität und ist besonders gut zu beobachten, indem man ein Glaskapillare in Wasser hält. Man sieht wie sich das Wasser im Inneren der Kapillare einen höheren Pegelstand als im Äußeren der Kapillare hat. Durch die stärkeren Adhäsionskräfte leistet das Wasser Arbeit entgegen der Gravitationskraft, was den Begriff der Oberflächenspannung  $\sigma$  motiviert.

$$dW = \sigma \cdot dA \quad \Leftrightarrow \quad \sigma = \frac{dW}{dA}$$

Steigt das Wasser in der Kapillare um die noch zu bestimmende Höhe  $h$  an, so verändert sich die potentielle Energie um

$$dE_{Pot} = m \cdot g \cdot dh = \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h \cdot g \cdot dh$$

und die Oberflächenenergie um

$$dE_O = -2 \cdot \pi \cdot R \cdot \sigma \cdot dh.$$

Dabei ist  $\rho$  die Dichte des Wassers und  $R$  der Radius der Kapillare. Die Energieerhaltung liefert

$$\begin{aligned}
& dE_{Pot} + dE_O = 0 \\
& \Leftrightarrow \pi \cdot R^2 \cdot \rho \cdot h \cdot g \cdot dh = 2\pi \cdot R \cdot \sigma \cdot dh \\
& \Leftrightarrow R \cdot \rho \cdot h \cdot g = 2\sigma \\
& \Leftrightarrow h = \frac{2\sigma}{R \cdot \rho \cdot g}
\end{aligned}$$

## 2.2 Dynamische Viskosität

Die Viskosität  $\eta = v \cdot \rho$  eines Fluids ist ein Maß für dessen Zähflüssigkeit.

Es existieren zwei verschiedene Strömungsarten die bei Fluiden auftreten können. Die laminare Strömung, bei der keine Turbulenzen auftreten, die Fluide also in Schichten strömen und die turbulente Strömung, bei der Verwirblungen auftreten, so dass die einzelnen Schichten eines Fluids untereinander vermischt werden.

Das Verhältnis von Trägheits- zu Zähigkeitskräften wird durch die dimensionslose Reynoldszahl  $Re$  angegeben. Sie ist ein Maß dafür ob eine Strömung laminar oder turbulent ist. Es gilt

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\eta},$$

wobei  $\rho$  die Dichte des Fluids,  $d$  die Länge des Gegenstandes in dem sich die Strömung befindet und  $v$  die durchschnittliche Geschwindigkeit angibt.

Verursacht wird die Viskosität von der inneren Reibung die in Flüssigkeiten auftritt. Die Bewegungsgleichung einer solchen Flüssigkeit in einem Rohr mit Berührungsfläche  $A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l$  ist gegeben durch

$$F = \eta \cdot A \cdot \frac{dv}{dz}.$$

## 3 Durchführung

## 4 Auswertung

In der Tabelle 1 und Tabelle 2 sind die gemessenen Längen  $l$  und Durchmesser  $d$  der Kapillare. Aus den Werten in Tabelle 3 und der Formel (??) folgen die relativen Dichten von destilliertem Wasser, Methanol und Ethylenglykol und mit der Voraussetzung  $\rho_{Wasser} = 10^3 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$  die Dichten in Tabelle 4.

### 4.1 Kapillarität

Kapillar	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Verwendet	rel. Fehler
Rot	69(2)	84(2)	86(2)	85(2)	2.4%
Blau	116(2)	117(2)	117(2)	117(2)	1.7%
Grün	181(2)	179(2)	181(2)	180(2)	1.1%

**Tabelle 2:** Durchmesser der Kapillare in  $10^{-5}$  m

Auslenkung $r[\text{cm}]$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Wasser								11	100
Methanol			1	10				100	
Ethylenglykol				100		100		10	

**Tabelle 3:** Gewichte Verteilung bei der Mohrschen Waage

Die Messwerte der Höhenunterschiede  $h_{Kap}$  zur Bestimmung der Kapillarität sind in Tabelle 5 für destilliertes Wasser, in Tabelle 6 für Methanol und in Tabelle 4.1 für Ethylenglykol aufgeführt. Aus diesen Messwerten ergeben sich nach der Formel (??) die Werte für die Oberflächenspannung  $\sigma$  und aus der Formel (??) die Fehler in den Tabellen 4.1, ?? und ??, sowie in der Grafik ??.

Kapillar	$l[\text{mm}]$
Rot	231(1)
Blau	220(1)
Grün	228(1)

**Tabelle 1:** Länge  $l$  der Kapillare

## 5 Diskussion

Flüssigkeit	Dichte $\rho[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$
Wasser	$1.00 \cdot 10^3$
Methanol	$0.85 \cdot 10^3$
Ethylenglykol	$1.09 \cdot 10^3$

**Tabelle 4:** Dichte

---

Kapillar	Messung 1	Messung 2	Messung 3
Rot	35	37	38
Blau	9	23	24
Grün	15	17	15

**Tabelle 5:**  $h_{Kap}$  in mm für destilliertes Wasser mit einem Fehler von  $\pm 1$  mm

Kapillar	Messung 1	Messung 2	Messung 3
Rot	15	14	14
Blau	10	10	11
Grün	6	6	7

**Tabelle 6:**  $h_{Kap}$  in mm für Methanol mit einem Fehler von  $\pm 1$  mm

Kapillar	Messung 1	Messung 2	Messung 3
Rot	22	22	24
Blau	20	16	15
Grün	10	10	11

**Tabelle 7:**  $h_{Kap}$  in mm für Ethylenglykol mit einem Fehler von  $\pm 1$  mm

Kapillar/Messung	$\sigma_{Wasser}$	$\sigma_{Methanol}$	$\sigma_{Ethylenglykol}$
Rot 1			
Rot 2			
Rot 3			
Blau 1			
Blau 2			
Blau 3			
Grün 1			
Grün 2			
Grün 3			

**Tabelle 8:** Oberflächenspannung  $\sigma$  in

Kapillar	$t_A$
Rot	67
Blau	20
Grün	6

**Tabelle 9:** Ausflusszeit  $t_A$  von 20.5 ml destilliertem Wasser bei 50 cm Füllhöhe



---

Messung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$h_1[\text{cm}]$	49	45	40	35	30	50	40	50	46	42
$h_2[\text{cm}]$	45	40	35	30	25	40	30	43.5	42.5	38.5
$t[\text{s}]$	52	75	83	99	112	142	182	45	49	54

**Tabelle 10:** Länge  $l$  der Kapillare in mm