

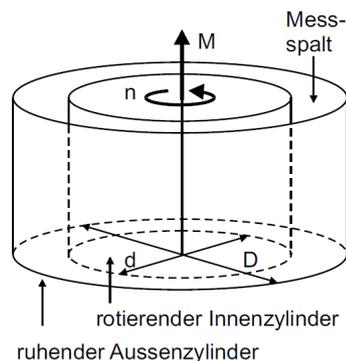
**Ausgabe:** 02.06.2014

**Abgabe:** bis 10.06.2014 10:00 Uhr

Prof. Dr. D. Suter

## Aufgabe 1: Hämorheometrie in einem Couette-Viskosimeter (4 Punkte)

In der Hämorheometrie werden die strömungsmechanischen Eigenschaften des Blutes untersucht. Dazu gehören die Messung der dynamischen Viskosität  $\eta$  sowie deren Abhängigkeit von der Scherrate  $\dot{\gamma}$ . Diese Abhängigkeit kann mit einer Anordnung aus zwei konzentrischen, coaxialen Zylindern, dem Couette-System, untersucht werden. Der Durchmesser des inneren Zylinders sei  $d = 5 \text{ cm}$ , der des äußeren Hohlzylinders sei  $D = 6 \text{ cm}$ . Der innere Zylinder rotiert mit der Drehzahl  $n$  und wirkt mit einem Antriebsmoment  $M$  auf das Blut, das sich im Zwischenraum der beiden Zylinder befindet. Das System hat eine Höhe  $h = 8,5 \text{ cm}$ . Für die Scherrate soll der Ansatz  $\dot{\gamma} = -\frac{\Delta w_\varphi}{\Delta r}$  gewählt werden. Dabei ist  $w_\varphi$  die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes ( $\varphi$  - Fließrichtung;  $r$  - Scherrichtung).



- Stellen Sie eine Bestimmungsgleichung für die Schubspannung  $\tau$ , für  $\dot{\gamma}$  sowie  $\eta$  in Abhängigkeit der Messgrößen  $M$  und  $n$  auf. Stellen Sie zuerst eine Beziehung zwischen  $M$  und  $\tau$  auf. Verwenden Sie später zur Bestimmung von  $\eta$  den newtonschen Ansatz. Vernachlässigen Sie für die Rechnung eventuelle Auswirkungen der Bodenfläche der Messanordnung.
- Bei einer Messung wurden die in der Tabelle angegebenen Werte aufgenommen. Bestimmen Sie damit  $\tau$ ,  $\dot{\gamma}$  und  $\eta$ .

$n \text{ [min}^{-1}\text{]}$	10	20	30	40	50	60
$M \text{ [1} \cdot 10^{-4} \text{ Nm]}$	0,49	0,91	1,35	1,76	2,12	2,47

- Ist die Annahme einer newtonschen Flüssigkeit aus dem ersten Aufgabenteil gerechtfertigt?

## Aufgabe 2: Atemvolumen

**3 Punkte**

Die Atmung kann durch verschiedene Volumina beschrieben werden. Unter dem Atemzug-Volumen  $V_a$  wird das Luftvolumen verstanden, das bei einem normalen Atemzug ein- bzw. ausgeatmet wird. Typische Werte für  $V_a$  sind  $0,51$  bei einer Frequenz von  $0,25 \text{ Hz}$ . Die Vitalkapazität  $V_m$  entspricht dem maximalen Atemzugvolumen unter bewusster Anstrengung von Zwergfell und Muskulatur. Die Atemfrequenz ist  $0,25 \text{ Hz}$ . Die Vitalkapazität ist von dem Alter und der Größe der Person abhängig, sowie vom Geschlecht. Es kann berechnet werden aus

$$V_m = (X - Y \cdot a) \cdot h \quad (1)$$

Dabei entspricht  $a$  dem Alter in Jahren und  $h$  der Größe der Person in  $\text{cm}$ . Es gilt zudem für einen Mann  $X = 27,63 \text{ cm}^2$  und  $Y = 0,112 \frac{\text{cm}^2}{\text{Jahre}}$ . Für eine Frau gilt  $X = 21,78 \text{ cm}^2$  und  $Y = 0,101 \frac{\text{cm}^2}{\text{Jahre}}$ . Ein

weiteres Volumen ist das Residualvolumen  $V_r$ . Dies ist das Volumen, das nach maximaler Ausatmung in den Atemwegen verbleibt. Es kann durch die folgende Gleichung angenähert werden.

$$V_r = 1,3l + 0,0125 \frac{1}{\text{Jahre}} \cdot a. \quad (2)$$

Schließlich ist die Totalkapazität die Summe aus der Vital-Kapazität und dem Residualvolumen.

- a) Wie groß ist das Atemzug-Volumen  $V_a$  in einer Minute?
- b) Wie viel Gramm Sauerstoff wird unter Normalbedingungen bei dem Atemzug-Volumen pro Minute aufgenommen. Bestimmen Sie die Menge an Kohlenstoffdioxid die unter den selben Bedingungen abgegeben wird. Nehmen Sie an, dass die Kohlenstoffdioxidmenge in der ausgeatmeten Luft 4% beträgt.
- c) Bestimmen Sie die Vitalkapazität  $V_m$  einer 60 Jahre alten und 1,6 m großen Frau, sowie die Kapazität eines 20 Jahre alten und 1,8 m großen Mannes.
- d) Bestimmen Sie die Totalkapazität der 60 Jahre alten Frau.

### **Aufgabe 3: Verzweigungen der Lunge**

**3 Punkte**

Bestimmen Sie den Strömungswiderstand der Luftröhre, der terminalen Bronchien bei denen noch kein Gasaustausch mit dem Blut stattfindet, der respiratorischen Bronchien, sowie der endständigen Alveolen. Wie groß ist dieser im Vergleich zum gesamten Strömungswiderstand der Lunge ( $800 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^3$ )? Nehmen Sie dafür an, dass sich pro Generation die Luftwege in 2 kleinere Luftwege aufteilen und die Atemwege zwischen den Verzweigungen als gerade Rohre betrachtet werden können. In wie weit ist diese Generationenbetrachtung passend?

Nützliche Informationen:

- Luftröhre: Generation 0, mittlere Länge 12,5 cm und mittlerer Durchmesser 1,9 cm.
- terminale Bronchien: Generation 10, mittlere Länge 0,55 cm und mittlerer Durchmesser 0,19 cm.
- respiratorische Bronchien: Generation 18, mittlere Länge 0,15 cm und mittlerer Durchmesser 0,065 cm.

$$[\eta_{\text{Atemluft}} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}]$$