

**Ausgabe:** 07.06.2013

**Abgabe:** bis 17.06.2013, 10:15 Uhr

Prof. Dr. D. Suter

## Aufgabe 1: Strömungswiderstand innerhalb der Aorta

2 Punkte

Betrachten Sie die Strömungscharakteristika innerhalb der Aorta unter der Annahme einer stationären Strömung.

- Berechnen Sie die Druckdifferenz, die auf einem 20 cm langen Abschnitt der Aorta nötig ist, um eine mittlere Geschwindigkeit von  $0,5 \text{ ms}^{-1}$  aufrecht zu erhalten. Die Viskosität von Blut beträgt  $4,5 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ .
- Ab welcher Geschwindigkeit würde die Strömung turbulent werden?

## Aufgabe 2: Herzleistung

3 Punkte

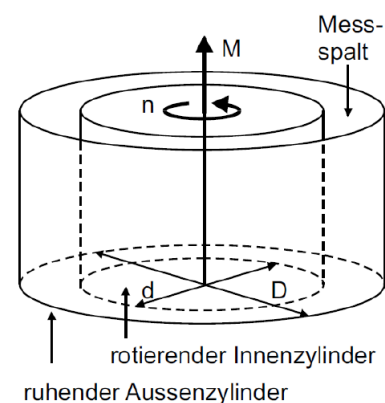
Zur einfachen Abschätzung der Herzleistung nehme man an, dass der mittlere systolische Druck des linken Ventrikels 110 mm Hg und der des rechten Ventrikels 15 mm Hg betrage. Das Herz habe ein Volumen von 350 ml und das Schlagvolumen eines Ventrikels betrage 80 ml.

- Wenn man annimmt, dass das Volumen des Ventrikels während eines Herzschlags gegen einen konstanten systolischen Druck verschoben wird, wie groß ist dann die vom Herzen pro Herzschlag erbrachte mechanische Arbeit?
- Wie hoch ist die mittlere Leistung bei einer Herzfrequenz von 70 Schlägen pro Minute? Wie groß ist die erbrachte Leistungsdichte?
- Ist die Leistungsdichte aus Aufgabenteil b mit einer Aquariumpumpe erreichbar? Die Pumpe soll ein Volumen von 0,3 l haben und pro Minute 15 l Wasser in die Höhe 6,12 m befördern können.
- Bisher wurde vernachlässigt, dass das ausgeworfene Blut beschleunigt werden muss. Wie groß ist der prozentuale Anteil der Beschleunigungsarbeit an der Gesamtarbeit? Die Auswurfgeschwindigkeit sei  $v = 0,5 \text{ m/s}$  und die Dichte von Blut ist  $\rho = 1,05 \text{ kg/l}$ .

## Aufgabe 3: Hämorheometrie im 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  $d = 4,5 \text{ cm}$ , der des äußeren Hohlzylinders sei  $D = 5 \text{ cm}$ . 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  $h = 8 \text{ cm}$ . Für die Scherrate gilt  $\dot{\gamma} = -\frac{\Delta w_\varphi}{\Delta r}$ . Dabei ist  $w_\varphi$  die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes ( $\varphi$  - Fließrichtung;  $r$  - Scherrichtung).



- a) 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.
- b) Bei einer Messung wurden die in der Tabelle angegebenen Werte aufgenommen. Bestimmen Sie damit  $\tau$ ,  $\dot{\gamma}$  und  $\eta$ .

$n \text{ [min}^{-1}\text{]}$	30
$M \text{ [1} \cdot 10^{-4} \text{ Nm]}$	1,34

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