

Ausgabe: 26.05.2014

Abgabe: bis 02.06.2014 16:00 Uhr

Prof. Dr. D. Suter

Aufgabe 1: Arteriengeflecht

3 Punkte

Im Körper des Menschen verzweigen sich die Arterien von der Aorta bis hin zu den Kapillaren und verändern dabei ihren Durchmesser. Nehmen Sie vereinfacht an, dass sich jede Arterie nach der Länge L in zwei kleinere gleich große Arterien verzweigt. Für die nachfolgenden Betrachtungen nehmen Sie an, dass das Hagen-Poiseuillesche Gesetz innerhalb der Arterien gilt und der Durchmesser der Aorta $D = 2,5 \text{ cm}$ beträgt. Weiterhin soll der Einfluss des Durchmessers auf die Viskosität vernachlässigt werden.

- Bestimmen Sie den Faktor Φ mit dem der Durchmesser D_n von Schritt zu Schritt kleiner wird, wenn der Druckabfall für jede Stufe stets gleich bleiben soll.
- Wie verändert sich die mittlere Fließgeschwindigkeit w von Stufe zu Stufe?
- Wie viele Verzweigungsstufen sind nötig bis der Durchmesser nur noch $8 \mu\text{m}$ beträgt?

Aufgabe 2: Strömungswiderstand innerhalb der Aorta

3 Punkte

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

- Berechnen Sie die Kraft, die auf einem 20 cm langen Abschnitt der Aorta l nötig ist, um eine mittlere Geschwindigkeit $v_{\text{durchschn}}$ von $0,5 \text{ m s}^{-1}$ aufrecht zu erhalten. Die Viskosität η_{Blut} von Blut beträgt $4,5 \text{ mPa} \cdot \text{s}$.
- Um wie viel Prozent fällt der Strömungsdruck von $1,6 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ auf diesem 20 cm langen Abschnitt, wenn für den Querschnitt A 2 cm^2 angenommen wird.
- Ab welcher Geschwindigkeit würde die Strömung turbulent werden?

Aufgabe 3: Herzleistung

3 Punkte

Zur einfachen Abschätzung der Herzleistung nehme man an, dass der mittlere systolische Druck des linken Ventrikels 100 mm Hg und der des rechten Ventrikels 15 mm Hg betrage. Das Herz habe ein Volumen von 300 ml und das Schlagvolumen eines Ventrikels betrage 70 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 ν von 72 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 $0,2 \text{ l}$ haben und pro Minute 10 l Wasser in die Höhe $6,12 \text{ m}$ 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 $\rho = 1,05 \text{ kg/l}$.