

# Wichtige Hinweise zu den Versuchen 14 & 15

## von den Tutoren der Versuche 14 & 15:

Arne Emmel, Cornelia Jäschke, Charlotte Neitzel, Johannes Weis und Christian Sorgenfrei

Liebe Studierende der Medizin,

zusätzlich zu den üblichen und allgemein bekannten Anforderungen für Protokolle gelten bei den Versuchen 14 & 15 die folgenden Hinweise, die Ihnen bei der Auswertung helfen sollen, welche wir Tutoren Ihnen normalerweise an den Auswerteterminen mitgeteilt hätten.

## 1 Hinweise zu Versuch 14: Doppler-Sonographie

Die Anleitung zur Versuchsauswertung finden Sie auf Seite 71 im Praktikumsskript. *Zusätzlich* gelten folgende Hinweise:

- **zur a):** Bestimmen Sie die Steigung *mit* Fehler  $a \pm \Delta a$  aus den Steigungen von Ausgleichs- und Fehlergeraden  $a_{\text{Ausgleich}}$  und  $a_{\text{Fehler}}$ . Dafür müssen Sie die Werte des Messprotokolls aus dem Video *mit* Fehlerbalken auf Millimeterpapier auftragen und die Steigungen mit großen Steigungsdreiecken, die nicht durch Messpunkte gehen, sondern nur an den Geraden anliegen bestimmen. Dann ist  $a = a_{\text{Ausgleich}}$  und  $\Delta a = |a_{\text{Ausgleich}} - a_{\text{Fehler}}|$ . Mit  $a \pm \Delta a$  wird nun in b) weiter gerechnet.
- **zur b):** Wie im Text und im Video klar wird, ist  $\lambda = 2a$ . Da die Steigung fehlerbehaftet ist, muss hier Gaußsche Fehlerfortpflanzung angewendet werden (siehe Praktikumsskript: Seite 9 bis 11, Kapitel 2.2.6 bis 2.2.10).
- **zur c), d) und e):** Bei allen weiteren *vier* Formeln müssen ebenfalls Fehler mit Fehlerfortpflanzung berechnet werden! Nur dann können die zwei Werte der Schallgeschwindigkeit  $c$  und die zwei Werte der Fahrgeschwindigkeit des Wagens  $v$  jeweils richtig miteinander verglichen werden (d.h. stimmen sie jeweils im Rahmen ihrer Fehler überein?).
- **zur d):** Die Temperaturen sind in Kelvin einzusetzen. Für  $T$  können Sie den Mittelwert der beiden gemessenen Temperaturen verwenden und für  $\Delta T$  die Differenz der beiden Werte.
- **zur e):** Für die Zeit  $t$  ist in den beiden letzten Messreihen jeweils der Mittelwert  $\bar{t}$  mit dem Fehler des Mittelwerts  $\Delta \bar{t}$  zu verwenden (siehe Praktikumsskript: Seite 8 und 9, Kapitel 2.2.1 bis 2.2.5).

## 2 Hinweise zu Versuch 15: Strömungsgesetze des Blutkreislaufs

Die Anleitung zur Versuchsauswertung finden Sie auf Seite 79 im Praktikumsskript. *Zusätzlich* gelten folgende Hinweise:

- **zur a) bis h):** Da Sie eben bei Versuch 14 die Fehlerrechnung bei jeder Formel geübt und perfekt gemacht haben und man in diesem Versuch wirklich viele Werte errechnen muss, dürfen Sie hier eine vereinfachte Fehlerbetrachtung machen. Im Video haben Sie gesehen, dass die Werte für die Frequenzverschiebung stark schwanken. Ein relativer Fehler wurde für alle Werte im Messprotokoll angegeben. Dieser Fehler dominiert alle anderen. Daher reicht es hier zur Fehlerabschätzung dieses  $\frac{\Delta f}{f} \approx 20\%$  als einzigen Fehler zu berücksichtigen und mittels relativer Fehlerfortpflanzung (siehe Praktikumsskript: Seite 11, Kapitel 2.2.9) einen relativen Fehler für alle Geschwindigkeitswerte  $\frac{\Delta v}{v}$ , Flussraten  $\frac{\Delta Q}{Q}$ , usw. zu berechnen und anzugeben. Machen Sie sich aber dennoch Gedanken zu anderen Fehlerquellen und diskutieren Sie Ihre Ergebnisse unbedingt!
- **zur a):** Erklären Sie die Beobachtungen, die im Messprotokoll stehen und die Sie im Video gesehen haben, mit den Formeln (8) und (9) bzw. anschaulich anhand der Skizze.
- **zur b):** Es sollen die *Innen*-Querschnittsflächen der Röhren berechnet werden. Berücksichtigen Sie, dass bei den Angaben aber nur Außendurchmesser und Wandstärken gegeben sind.
- **zur d):** In Gleichung (8), zur Berechnung von  $v$ , ist  $f_0 = 2,0\text{ MHz}$ ,  $\Delta f$  sind die Frequenzverschiebungen aus dem Messprotokoll ( $f_{\max}$  &  $f_{\text{mean}}$ ) und  $c$  ist die Schallgeschwindigkeit in der Flüssigkeit.
- **zur d) bis h):** Führen Sie in diesem Versuch die Rechnungen immer für alle Werte durch, also für die vier Pumpleistungen und die zwei Rohre. D.h. Sie erstellen am besten Tabellen mit jeweils acht Werten für z.B. die Pumpleistung  $Q$ , den Strömungswiderstand  $R$ , die Viskosität  $\eta$ , usw.!
- **zur e):** Für die Berechnung der Flussraten  $Q$  sind die  $v_{\text{mean}}$ -Werte zu verwenden. Geben Sie  $Q$  unbedingt in SI-Einheiten an und rechnen Sie damit weiter! Diskutieren Sie auch den Graphen, den Sie erstellen. Tragen Sie auch absolute Fehler  $\Delta Q$  ein. Wie sollten die Kurven für die beiden Rohre zueinander liegen? Tun sie das im Rahmen ihrer Fehler? Was sind Gründe für eventuelle Abweichungen?
- **zur f):** Für die Druckabfälle über dem dickeren Rohr ( $\Delta p_1$ ) und dem dünneren Rohr ( $\Delta p_2$ ) gilt wie im Video erwähnt:  $\Delta p_1 = \frac{p_1 - p_2}{2}$  und  $\Delta p_2 = p_2 - p_3 - \Delta p_1$ . Mit Gleichung (6) müssen die Drücke nun noch in Pascal (SI-Einheit) umgerechnet werden. Gleichung (6) sollte eindeutig

$$\Delta p[\text{Pa}] = \frac{\Delta p[\text{mmFlüssigkeit}]}{1000} \rho_{\text{Flüssigkeit}}[\text{kg/m}^3] g[\text{m/s}^2]$$

lauten. Dichte und Erdbeschleunigung müssen also in SI-Basiseinheiten eingesetzt werden, die Flüssigkeitsstände in Millimeter.

Bitte beachten Sie, dass das nur Ergänzungen und Hinweise zu den Auswertungen (auf den Seiten 71 und 79 beschrieben) der beiden Versuche sind. Bearbeiten Sie davon *alle* Punkte und Fragen. Eine kurze Einleitung (mit Skizze) und eine Diskussion der Ergebnisse müssen ebenfalls angefertigt werden.

**Wir wünschen viel Erfolg bei den Auswertungen!**