

Übungsblatt 9

Ausgabe: Fr. 9. 6. 2006

Abgabe: bis Mi. 14. 6. 2006 12:00 Uhr

Aufgabe 1

Berechnen Sie aus den gemessenen Halbwertstiefen H den jeweiligen Absorptionskoeffizienten und stellen Sie fest, wie dieser vermutlich von der Frequenz des Ultraschalls ν abhängt.

Stoff	H [cm] für $\nu = 0,8$ MHz	H [cm] für $\nu = 1,5$ MHz	H [cm] für $\nu = 2,4$ MHz	H [cm] für $\nu = 4,5$ MHz
Herz	2,4	1,1	0,8	0,4
Niere	3,9	2,0	1,3	0,7
Leber	5,8	2,8	2,0	0,9
Zunge	3,5	1,6	1,1	0,5

Aufgabe 2

Eine brauchbare Ultraschalllinse muß eine möglichst kleine Reflexion aufweisen und eine möglichst hohe Brechzahl n besitzen. Nehmen Sie an, die Linse befindet sich in Wasser und der Schall fällt senkrecht ein (d. h. kleine Öffnungswinkel des Schallbündels und dünne Linse). Welches der aufgeführten Materialien würden Sie nehmen? Berechnen Sie zur Beantwortung dieser Frage sowohl die Brechzahl $n = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2}$ (Index 1: Linse, Index 2: Wasser) als auch den jeweiligen Reflexionsgrad $R = I_r/I_e$. Muß die Linse konkav oder konvex sein um zu fokussieren?

Stoff	Dichte $\rho \cdot 10^{-3}$ [kg/m ³]	Schallgeschwindigkeit c [m/s]
Wasser	1,00	1480
Eisen	7,90	5000
Aluminium	2,71	5200
Glas FK 1	2,27	4900
Polystyrol	1,06	1800
Plexiglas	1,18	1840

Aufgabe 3

Eine unter dem Winkel α auf das strömende Blut auftreffende Ultraschallwelle mit der Frequenz ν wird an den sich mit dem Blut bewegendem Erythrozyten nach allen Richtungen reflektiert. Zeigen Sie, daß für die in *senkrechter* Richtung zur Strömung des Blutes meßbare Ultraschallfrequenz ν'' die Beziehung $\nu'' = \nu \left(1 - \frac{\bar{v}}{c} \cos \alpha\right)$ gilt, aus der die unbekannte Strömungsgeschwindigkeit \bar{v} bestimmt werden kann.

Aufgabe 4

Mit Hilfe eines Ultraschall-Impuls-Echo-Verfahrens soll die Dicke D einer Augenlinse experimentell untersucht werden. Die mittlere Geschwindigkeit des Schalls in der Linse beträgt $\bar{c} = 1630$ m/s. Wie dick ist die Linse, wenn auf dem Oszilloskop zwei Pulse im zeitlichen Abstand von $\Delta t = 0,5 \cdot 10^{-5}$ s registriert werden? Auf dem Oszilloskop folgt noch ein dritter Puls mit einem Abstand von $1,3 \cdot 10^{-5}$ s nach dem zweiten Puls, der von einem Gegenstand im Auge herrührt. Wie tief liegt dieser Gegenstand im Auge (Abstand vom Hornhautscheitel zur Linse: 5,6 mm)?

Aufgabe 5

Ein Hochfrequenzgenerator gibt bei Erregung eines Ultraschallquarzes eine Wirkleistung von 150 W ab. Dieser elektroakustische Wandler arbeitet mit einem Wirkungsgrad von $\eta = 60\%$. Der Durchmesser der Quarzplatte des Wandlers beträgt $d = 80$ mm.

- Welche Ultraschallintensität kann maximal von dem Wandler abgestrahlt werden (bei gleichmäßiger Verteilung über die Oberfläche des Wandlers)?
- Die Frequenz des Gerätes sei $\nu = 900$ kHz. Wie groß ist der Effektivwert des (Wechsel-) Drucks in Luft bzw. in Muskeln? (Vernachlässigen Sie Reflexionen.) Aus der Vorlesung: $Z_{Luft} = 43$ g/(cm²s), $Z_{Muskel} = 1,63 \cdot 10^5$ g/(cm²s); $c_{Luft} = 331$ m/s, $c_{Muskel} = 1568$ m/s. Ist dieses Gerät zu Therapie Zwecken geeignet?
- Berechnen Sie den Effektivwert der Schallschnelle in Luft und Muskeln. Wie groß ist die Auslenkung und die Beschleunigung der Atome im Schallfeld? (→ Kapitel 4.2)