

Ausgabe: 04.01.2016

Abgabe: 11.01.2016, 10:15 Uhr

Prof. Dr. D. Suter

Aufgabe 1: Bildgebung mittels Ultraschall (3 Punkte)

- a) (i) Es gibt zwei Verfahren, welche in der Ultraschalltechnik angewendet werden. Erläutern Sie diese und stellen Sie die Unterschiede dar.
- (ii) Erklären Sie die drei Betriebsmodi, mit denen ein Ultraschallgerät zur Bildaufnahme verwendet werden kann. Gehen Sie auf Vor- und Nachteile ein und nennen Sie Verwendungsbeispiele. ((i)+(ii) 0,5 Punkte)
- b) Mit dem Impuls-Echo-Verfahren sollen die Abmessungen eines Augenmodells bestimmt werden. Hierzu wird eine 2 MHz-Sonde mit Koppelgel mittig auf die Hornhaut gesetzt und mit einem A-Scan werden die Echos an den Grenzflächen der Iris und der Retina aufgenommen.
- (i) Warum ist es wichtig, das Koppelgel auf die Sonde zu geben, bevor die Messungen gemacht werden?
- (ii) Berechnen Sie die Ausmaße des Augenmodells mit den Messwerten $t_1 = 11,6 \mu\text{s}$ (Iris), $t_2 = 17,9 \mu\text{s}$ (Linse), $t_3 = 25,4 \mu\text{s}$ (hintere Linse), $t_4 = 70,3 \mu\text{s}$ (Retina). ((i)+(ii) 1 Punkt)
- c) Ist es mit der 2 MHz-Sonde möglich, einen Fremdkörper der Größe $d = 0,5 \text{ mm}$ im menschlichen Gewebe (nicht mehr im Auge!) direkt in der Aufnahme zu erkennen, ohne zusätzliche Annahmen über die Pulslänge und Geometrie des Schallkopfes treffen zu müssen? (0,5 Punkte)
- d) Welche Bedingungen müssen für eine brauchbare Ultraschall-Linse erfüllt sein? Entscheiden Sie anhand dieser Kriterien, ob Sie für Ihre Messungen eine Linse aus Aluminium oder Glas verwenden sollten. Nehmen Sie für Ihre Rechnung an, dass die Linse sich in Wasser befindet und der Schall senkrecht einfällt. (1 Punkt)

$$c_{\text{Glaskörper}} = c_{\text{Iris}} = 1410 \frac{\text{m}}{\text{s}}, c_{\text{Linse}} = 2500 \frac{\text{m}}{\text{s}}, Z_{\text{Gewebe}} = 1,5 \cdot 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}, \rho_{\text{Gewebe}} = 1,01 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3},$$
$$\rho_{\text{Wasser}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho_{\text{Alu}} = 2710 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho_{\text{Glas}} = 2270 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, c_{\text{Alu}} = 5200 \frac{\text{m}}{\text{s}}, c_{\text{Glas}} = 4900 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Aufgabe 2: Doppler-Ultraschall (3 Punkte)

Mit dem Doppler-Ultraschall können durch Ausnutzung des Doppler-Effekts z.B. Strömungsgeschwindigkeiten vom Blut im Herzen oder in den Blutgefäßen gemessen werden.

Sie wollen nun mit einem Ultraschallwandler, welcher eine Frequenz von $f = 5 \text{ MHz}$ aussendet, eine Arterie des Durchmessers $d = 1,5 \text{ cm}$ beschallen, um die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes zu bestimmen. Nehmen Sie an, dass Blut sich wie eine newtonsche Flüssigkeit verhält. Sie halten den Wandler in einem Winkel von $\alpha = 45^\circ$ auf die Haut über der Arterie.

- a) Erklären Sie die Funktionsweise eines Ultraschallwandlers. Mit welchem Effekt arbeiten die Wandler heutzutage? (0,5 Punkte)
- b) Wie groß ist die Geschwindigkeit v eines Blutkörperchens, welches sich genau in der Mitte der Arterie bewegt, wenn Sie eine Frequenzverschiebung von $\Delta f = 930 \text{ Hz}$ messen? (2 Punkte)
- c) Ist die Annahme einer newtonschen Flüssigkeit für die errechnete Geschwindigkeit vertretbar? Begründen Sie Ihre Antwort. (0,5 Punkte)

$$\rho_{\text{Blut}} = 1050 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \eta_{\text{Blut}} = 0,018 \text{ Pa s}$$

Aufgabe 3: Relaxationszeit der MRI (3 Punkte)

Bei der Durchführung eines MRI-Experiments invertieren Sie die Gleichgewichtsmagnetisierung M_0 Ihrer Probe durch einen 180° -RF-Puls.

- a) Bestimmen Sie den zeitlichen Verlauf der Rückkehr ins Gleichgewicht $M_Z(t)$, lösen Sie hierzu die Bloch-Gleichung. Wie lange dauert es bei einer longitudinalen Relaxationszeit von $T_1 = 1$ s bis 85 % von M_0 wieder hergestellt sind? (2 Punkte)
- b) Wie groß ist M_0 bei einem Feld von $B_0 = 2$ T und einer Temperatur von $T = 54,7^\circ\text{C}$, wenn Sie das Experiment mit einer Bierprobe durchführen? Nähern Sie das Bier hierfür als ein Ethanol-Wasser-Gemisch mit einem Ethanolgehalt von 4 Volumenprozent. (1 Punkt)

$$M_{C_2H_6O} = 46 \frac{\text{g}}{\text{mol}}, \rho_{C_2H_6O} = 0,79 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$