Biomedizinische Technik
Aufgaben Teil Ultraschall / Sonographie

---

1. Ein Transducer sende ein Ultraschallsignal mit einer Frequenz von 3 MHz aus.

a) Wie gross ist die Wellenlänge in Fettgewebe?
b) Wie gross ist die Wellenlänge im Knorpel?
c) Das Signal werde nach der Passage von Fettgewebe an einer Struktur reflektiert, die in einer Tiefe von 3 cm sitzt. Wie lange dauert es, bis der Transducer das Echo detektieren kann?

2. Das ausgesendete Signal eines Transducers habe eine Frequenz von 2 MHz.

a) Sind Fremdkörper mit einem Durchmesser von 0.5 mm als solche im US-Bild direkt identifizierbar (genaue Begründung)?
b) Wie verändert sich die Situation von Teilaufgabe (a), wenn die Frequenz auf 20 MHz erhöht wird (Vor- und Nachteile)?

3. In einer Tiefe von 5 cm werde eine Abschwächung der Intensität eines US-Signals auf 50% gemessen.

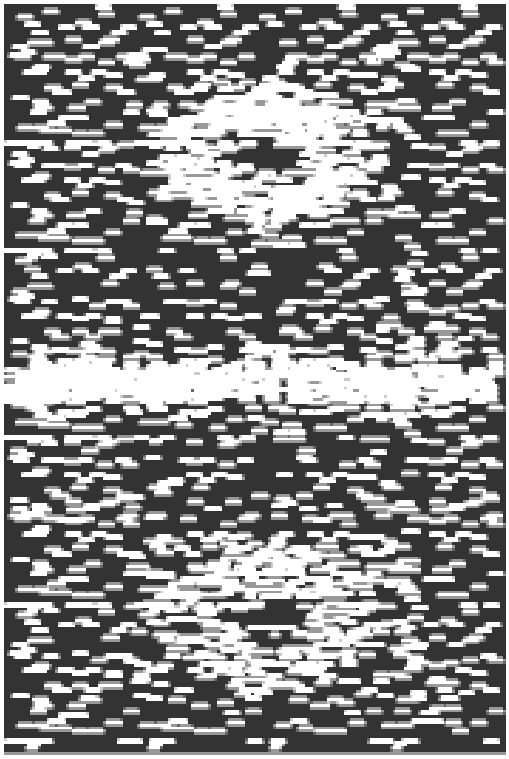
a) Wie gross ist der Attenuationskoeffizient in cm^{-1} prechenden Gewe-es?
b) Um wie viele dB wird das Signal in dieser Tiefe abgeschwächt?
c) Wie muss die Frequenz verändert werden, um eine grössere Eindringtiefe zu erhalten? Welcher nachteil ergibt sich daraus?

4. In zwei gleich dichten Medien betrage der Wellengeschwindigkeitsunterschied 10%. Wie gross ist die Reflexionsfraktion R?

5. Bei Ultraschalluntersuchungen wird die Körperstelle, wo der Schallkopf angesetzt wird, mit einem Gel eingeschmiert. Was ist die Funktion dieses Gels?

6. Erklären Sie die Entstehung eines Zystenartefakts: An welchen anatomische Strukturen treten diese typischerweise auf?

7. Betrachten Sie nachfolgendes Bild: Was fällt auf? Wie können die Erscheinungen im Bild erklärt werden?



Biomedizinische Technik
Lösungen zu Aufgaben Teil Ultraschall

1a) $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{1475 m/s}{3 \cdot 10^6 Hz} = 0.49 mm$

1b) $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{1620 m/s}{3 \cdot 10^6 Hz} = 0.54 mm$

1c) $\Delta t = \frac{2x}{c} = \frac{0.06 m}{1475 m/s} = 4.1 \cdot 10^{-5} s = 41 \mu s$

2a) $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{1500 m/s}{2 \cdot 10^6 Hz} = 0.75 mm$ → Der Objektdurchmesser ist deutlich kleiner als die Wellenlänge. Somit reicht die laterale Auflösung nicht aus. Für die axiale Auflösung spielt zudem noch die Pulsdauer eine Rolle.

2b) $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{1500 m/s}{20 \cdot 10^6 Hz} = 0.075 mm$ → Das laterale Auflösungsvermögen verbessert sich stark. Nachteilig ist die durch die höhere Frequenz bedingte stärkere Absorption.

3a) $\mu = -\frac{\ln(I(x)/I_0)}{x} = -\frac{\ln(0.5)}{5cm} = \frac{\ln 2}{5cm} = 0.1386cm^{-1}$

3b) $\Delta L = 10 \cdot \lg\left(\frac{I(x)}{I_{ref}}\right) - 10 \cdot \lg\left(\frac{I_0}{I_{ref}}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{I(x)}{I_0}\right) = -3dB$

3c) Die Frequenz muss herabgesetzt werden (s. Faustregel). Damit reduziert sich auch die laterale Auflösung im Bild.

4) $R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = \frac{1.1 \cdot c\rho - c\rho}{1.1 \cdot c\rho + c\rho} = \frac{0.1 \cdot c\rho}{2.1 \cdot c\rho} = \frac{0.1}{2.1} = 4.76 \cdot 10^{-2}$

5) Wäre zwischen Transducer und Haut ein Luftspalt, so würde dort ein Impedanzsprung erfolgen. Da die Wellengeschwindigkeit in Luft nur ca. 344 m/s beträgt, im biologischen Gewebe aber um oder über 1500 m/s liegt, würden sich grosse Verluste ergeben. Um eine gute Ankoppelung an das Körpergewebe zu erreichen, wird ein Gel verwendet, welcher den Impedanzsprung deutlich verkleinert, da die Wellengeschwindigkeit im Gel deutlich höher liegt als in Luft.

6. siehe Skript

7. Spiegelbildartefakt, siehe Skript.