

Ausgabe: 09.01.2015

Abgabe: bis 16.01.2015 10:15 Uhr

Prof. Dr. D. Suter

Aufgabe 1: Spin-Echo-Sequenz**2 Punkte**

Eine der am häufigsten in der MRI-Bildgebung verwendeten Bildgebungssequenzen ist die Spin-Echo Sequenz. Für die Signalamplitude in jedem Voxel der damit gewonnenen MRI-Bilder gilt der Zusammenhang:

$$S(T_1, T_2) = S_0 \exp^{-T_E/T_2} (1 - \exp^{-T_R/T_1}) \quad (1)$$

Mit dieser Sequenz soll ein Kontrastbild zwischen Fett- und Muskelgewebe erreicht werden. Für die Relaxationszeiten der beiden Gewebearten gilt:

Gewebe	T_1 [s]	T_2 [ms]
Fett	0.2	100
Muskel	1.0	30

- Worin bestehen die Unterschiede bei der T_1 - und der T_2 -Gewichtung?
- Betrachten Sie die beiden Fälle der T_1 -Gewichtung und T_2 -Gewichtung. Was ist das optimale T_E respektive T_R bei der T_1 - respektive T_2 -Gewichtung? Welchen Kontrast zwischen Fett- und Muskelgewebe kann man damit erreichen?

Aufgabe 2: Resonante Anregung und Relaxation**4 Punkte**

Zu Weihnachten haben Sie einen Kernspintomographen geschenkt bekommen den Sie nun ausprobieren möchten. Dazu führen Sie einige Messungen an einer Materialprobe durch. Auch wenn Sie ihr Labor auf $T_L = -253^\circ\text{C}$ herunterkühlen müssen, entscheiden Sie sich für flüssigen Wasserstoff mit der Dichte $\rho = 70 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

- Bestimmen Sie die Gleichgewichtsmagnetisierung M_0 ihrer Probe, wenn die Stärke des Magnetfeldes $B_0 = 3\text{T}$ beträgt und rechtfertigen Sie sich, dass Sie sich nicht für die ^{12}C Probe entschieden haben, die auch zur Verfügung stand.
- Sie bringen nun die Wasserstoffprobe in den Kernspintomographen und schalten das Magnetfeld B_0 ein. Aus offensichtlichen Gründen warten Sie nicht ab, bis die Probe vollständig magnetisiert ist, sondern geben sich mit einer Magnetisierung von $0.99M_0$ zufrieden. Zu welchem Zeitpunkt ist dies der Fall? Die longitudinale Relaxationszeit betrage $T_1 = 2\text{s}$.
- Mit einem zu B_0 senkrechten magnetischen Wechselfeld der Stärke $B_1 = 10\text{mT}$ und passender Frequenz wollen Sie die Magnetisierung umkehren. Wie lange müssen Sie dafür das RF-Feld einschalten?
- Nachdem Sie das RF-Feld ausgeschaltet haben, relaxiert das System. Welchen Anteil der ursprünglichen Magnetisierung M_0 weist es nach $t_{relax} = 9.21\text{s}$ auf?

Aufgabe 3: Auflösungsvermögen und HF-Absorption**4 Punkte**

- a.) Das statische Magnetfeld B_0 wird in einem MRI Tomographen der Feldstärke 3T mit einem linearen Gradientenfeld G überlagert ($|G| = 2\text{mT/m}$), um eine Ortsbestimmung durchführen zu können. Beide Felder seien in x-Richtung orientiert. Für die Magnetfeldstärke gilt folgende Beziehung:

$$B = B_0 + xG \quad (2)$$

Das Signal wird mit einer zeitlichen Auflösung von $\tau = 4\text{ms}$ aufgenommen.

Bestimmen Sie die Frequenzauflösung und die räumliche Auflösung, die mit diesem Gerät erzielt werden kann. ($\gamma_{\text{Proton}} = 2.675 \cdot 10^8\text{s}^{-1}\text{T}^{-1}$)

- b.) Wie hoch ist die Bandbreite des zu erwartenden Signals, wenn die untersuchte Schichtdicke 15mm beträgt?
- c.) Bei einer Turbo-Spin-Echo Sequenz werden zuerst drei 90° -Pulse appliziert, auf die sechs 180° -Pulse und nochmal drei 90° -Pulse folgen. Diese Sequenz soll auf 30 Schichten mit einer Repetitionszeit von $T_R = 5\text{s}$ angewandt werden. Nehmen Sie an, dass der 180° -Puls 4ms dauert und im Mittel eine Amplitude von 150V hat. Der Wellenwiderstand sei auf 50Ω angepasst. Berechnen Sie die spezifische Absorptionsrate ($SAR = \text{Leistung/Masse}$) in W/kg bei einer Körpermasse von $m = 80\text{kg}$ unter der Bedingung, dass die halbe Leistung vom Körper absorbiert wird.
- d.) Welcher Temperaturerhöhung entspricht diese Leistung nach einer Stunde? Nehmen Sie dazu an, dass der Körper näherungsweise aus Wasser bestehe. Andere Beiträge als die absorbierten Pulse werden nicht betrachtet.