

Erklärung zu den "Pulssequenzen"

allgemein

Die Pulssequenzen dienen dazu messbare 2D-Bilder entstehen zu lassen. Mit ihnen kann festgelegt und präzise lokalisiert werden, welche Gewebeteile untersucht werden sollen.

Die drei häufig verwendeten Typen in der Diagnostik sind die Spin – Echo Sequenz, die Gradienten – Echo Sequenz und die Inversion Recovery Sequenz. Die Auswahl der Pulssequenzen wird vorgegeben von :

- der Inhomogenität des Magnetfeldes der Spule
- vom zu untersuchenden Material (Gewebe), Magnetisierungseigenschaften der Probe
- chemische Umgebung der Probe

Ein "Mangel", der aus diesen Eigenschaften sich begründet ist der, das bei mehreren Messungen die Signalstärke stark abfällt, somit unterschiedliche Gewebe nicht mehr klar differenziert und kontrastiert werden können. Um das zu beheben können verschieden Messungen mit verschiedenen Impulsfolgen benutzt werden. (a) Messungen mit kurzer Wiederholzeit TR im Vergleich zur Relaxation T1; mit langer Wiederholzeit TR oder mit einer zu TR vergleichbaren Wiederholzeit.

(a) Spin – Echo Sequenz – vergleichbare Wiederholzeit: $TR \approx T1$

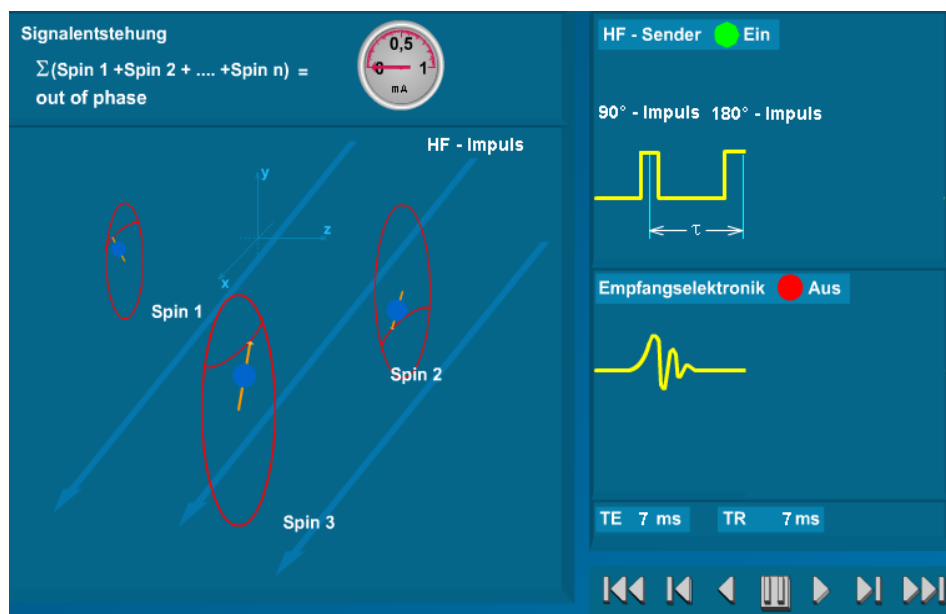
(b) Gradienten – Echo Sequenz - kurze Wiederholzeit: $TR < T1$

(c) Inversion Recovery Sequenz - lange Wiederholzeit: $TR > T1$

Nun zu den Erklärungen der ausgewählten Sequenzen



Die "Spin - Echo Sequenz"



TE - Echozeit

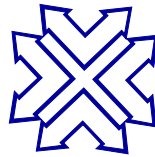
TR - Zeit zwischen den Impulsen (Wiederholzeit)

t - doppelte Echozeit

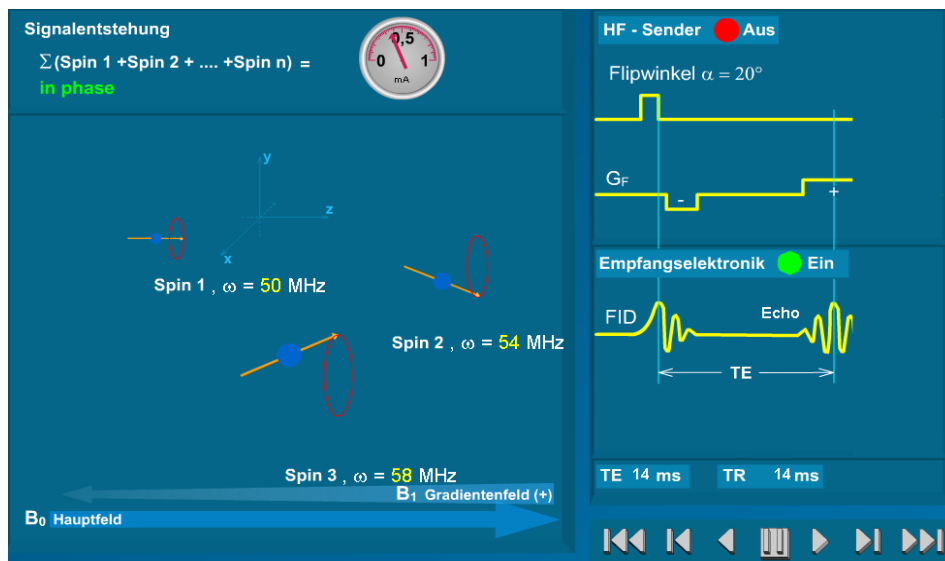
FID - free induction decay; MR Signal; freie Induktionszerfall

Die Inhomogenität des Magnetfeldes in der großen Spule eines MRT verursacht einen schnellen Abfall des Signals, da sie zu einer zusätzlichen "Dephasierung" der Spins führt. Wir wissen, nur in Phase befindliche Spins erzeugen ein meßbares Signal. Die Spin-Echo Sequenz ist ein Trick der Dephasierung entgegen zu wirken. Nach dem 90°-Impuls präzedieren die Spins und kommen aus der anfänglich gemeinsamen Phase. Sie bewegen sich nicht mehr in Phase, sie dephasieren. Nach einer gewissen zeit wird ein 180° Impuls geschickt. Er bewirkt, dass sich die Spins 180° um die y-Achse drehen. Bei einer Uhr mit der Y-richtung von 6 nach 12 bedeutet das, die Uhr wird z.B. von 10°Uhr auf 2°Uhr oder z.B. von 3 auf 9Uhr umgestellt. Da das nicht nur mit einem, sondern allen Spins geschieht werden die Spins, die am schnellsten umgelaufen sind und deshalb „vorne“ lagen nach dem 180° Impuls die letzten sein. Nach einer Weile werden sie den Rückstand wieder aufholen, da sie schneller präzedieren. Nach exakt der zeit zwischen 90 und 180 Puls werden alle Spins wieder in Phase sein. Es entsteht wieder ein meßbares Signal (FID).

Es ist aber zu beachten, das die Pulsfolge mehrerer 90°-180° Impulse, also bei mehreren Messungen, mit kleiner Wiederholzeit TR im Vergleich zur Relaxation T1, das meßbare Signal kleiner wird.



Die "Gradienten Echo Sequenz"



TE - Echozeit

TR - Zeit zwischen den Impulsen (Wiederholzeit)

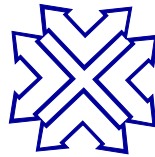
t - doppelte Echozeit

FID - free induction decay; MR Signal; freie Induktionszerfall

Das Verfahren dient für Untersuchungen, bei denen Material z.B. Gewebe analysiert wird, das eine kurze Wiederholzeit TR im Vergleich zur Relaxation T1 zwischen den Impulsen erfordert.

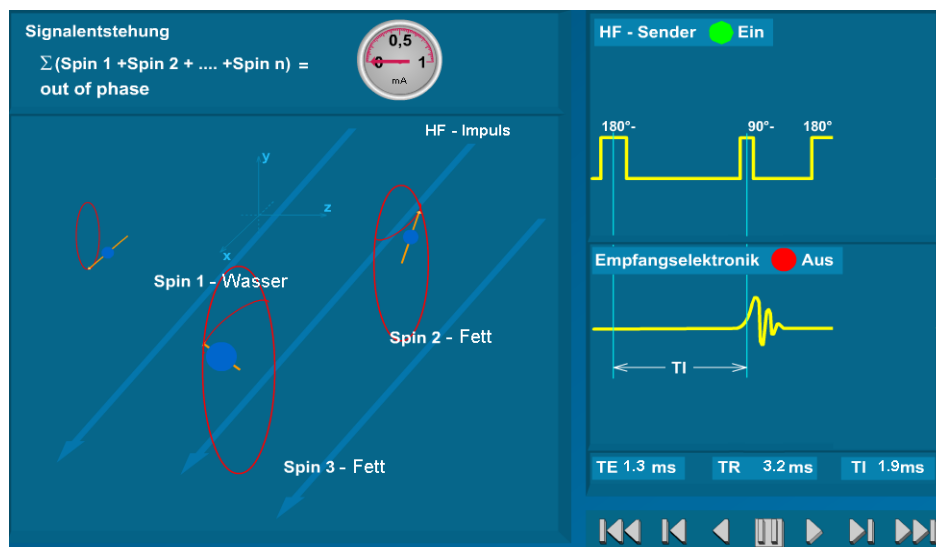
Wenn $T1 > TR$ ist der Spin nach einem ersten 90° Puls noch nicht ausreichend relaxiert, d.h. die Komponente des Spins in Feldrichtung ist kleiner als beim ersten 90° Impuls. Als Folge wird das zweite Meßsignal kleiner sein. Dieser Prozeß verstärkt sich in der Folge weiter.

Durch eine aus der Erfahrung bekannte Wahl des günstigsten Winkels α (Flipwinkel - α), der kleiner als 90° sein muß, z.B. eine Drehung um 20° , bewirkt der Impuls eine Transversalmagnetisierung von nur 34% des Maximalwertes, aber die Longitudinalmagnetisierung ist noch 94% des Maximalwertes. Somit steht für den notwendigen nächsten α - Impuls noch eine genügend große Longitudinalmagnetisierung zur Verfügung, was ausreicht um auch im Fall kurzer Wiederholzeiten TR ein gut messbares Signal zu erzeugen. Wie bereits mehrfach betont, um Bilder zu erhalten, müssen alle Spins sich in Phase befinden, nur dann entsteht ein meßbares Signal. Im Fall der Gradienten Echo Sequenz geschieht das durch das Schalten eines dephasierenden und rephasierenden Feldgradienten.



Nach dem α Impuls werden alle Spins mit einem Feldgradienten (-) aufgefächert oder dephasiert. Kurze Zeit danach bringt ein umgekehrt gepolter Feldgradient (+) alle Spins in Phase oder rephasiert. Da die Spins für einen kurzen Moment in Phase sind, ist ein Signal meßbar. Nach einem kurzen TR wird wieder ein α Impuls mit wechselndem Feldgradienten eingebracht, solange bis die Meßreihe abgeschlossen ist.

Die "Inversion Recovery Sequenz"



TE - Echozeit

TR - Zeit zwischen den Impulsen (Wiederholzeit)

t - doppelte Echozeit

FID - free induction decay; MR Signal; freie Induktionszerfall

Inversion Recovery Sequenz dient der Untersuchungen von Materialien z.B. Gewebe, welche eine lange Wiederholzeit TR im Vergleich zur Relaxation T1 zwischen den Impulsen erfordern.

Ein "Vorimpuls" läßt die Längsmagnetisierung in die Gegenrichtung (um 180°, also negative z-Richtung) umklappen. Die Quermagnetisierung ist davon nicht betroffen. Nach dem Abschalten des 180°-HF-Impulses beginnen die Spins aller Gewebe zu relaxieren.

Da das Ziel dieser Meßtechnik eine bewußte Unterdrückung von Signalen bestimmter Gewebe ist, wird mit dem nächsten 90° Impuls gewartet. Erst wenn, der Spin des Gewebes, welches uns nicht interessiert, einen Nulldurchgang in der Längsmagnetisierung erreicht, wird der 90° Puls gestartet. Der Nulldurchgang der Längsmagnetisierung ist genau da, wo sich die Spins exakt in der x-y Ebene befinden.

Die Zeit zwischen dem 180° und 90° Impuls wird Inversionszeit genannt. Nach dem 90°-Impuls wird wieder ein 180° Impuls geschaltet, der die Spins wieder in Phase bringen soll, analog dem Ablauf bei der Spin-Echo Sequenz.