

Kernspin-Tomographie

SE+ MED
4. Semester

Werner Backfrieder

Backfrieder-Hagenberg

Inhalte

- Kernspin
 - Physikalische Grundlagen
 - Larmofrequenz
- Relaxation
 - 90° Impuls, T1-, T2-Relaxation
 - Free Induction Decay (FID)
- Kontrast
 - Pulssequenzen
 - Kontrasmittel

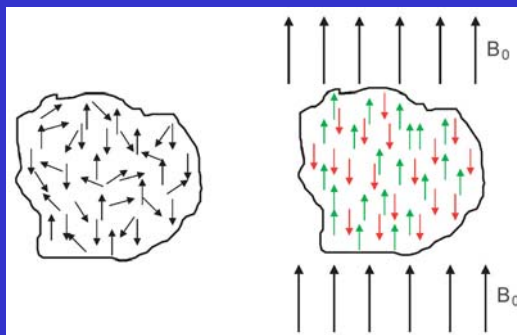
Backfrieder-Hagenberg

Kernspin

- Atomkerne bestehen aus Protonen und Neutronen
- Protonen besitzen positive elektrische Elementarladung
- Bewegung (Spin) der Ladung erzeugt ein magnetisches Moment, magnetischer Dipol
- Ungeradzahlige Kerne weisen Nettomagnetisierung auf -> Verwendung in Bildgebung: ^1H , ^{17}O , ^{19}F , ^{31}P

Backfriedler-Hagenberg

Kernspins im Magnetfeld



Kein B_0 , ungeordnete Spins

B_0 resultierendes magnetisches Moment

Magnetische Dipole ungeordnet
In einem äußeren Magnetfeld richten sich Spins entlang der Feldrichtung aus:
• parallel (grün)
• antiparallel (rot)
Parallele Einstellung ist energetisch günstiger
-> Zustand höher besetzt
-> makroskopische Magnetisierung

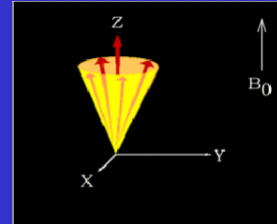
Backfriedler-Hagenberg

Rotierende Spins

- Im Magnetfeld rotieren die Spins um die Richtung des Feldes B_0 (analog einem Kreisel, Präzessionsbewegung)

$$\omega_{Lamor} = \gamma \cdot B_0$$

- Larmorfrequenz
 - Gyromagnetisches Verhältnis γ [MHz/T], elementspezifisch
 - Grundfeld B_0



Backfrieder-Hagenberg

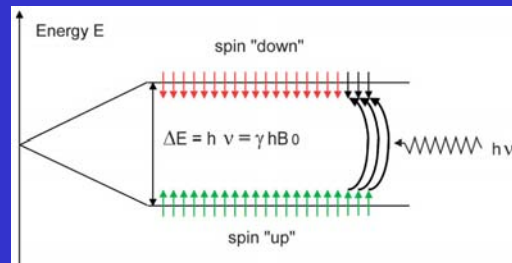
Gyromagnetisches Verhältnis

Nukleus	μ	γ MHz/T	% Körper
^1H	2.79	42.58	47
^{17}O	1.89	5.77	23
^{19}F	2.63	40.08	4×10^{-6}
^{23}Na	2.22	11.27	8×10^{-2}
^{31}P	1.13	17.25	7.5×10^{-2}

Ausgewählte Kerne in der MRI und MR Spektroskopie

Backfrieder-Hagenberg

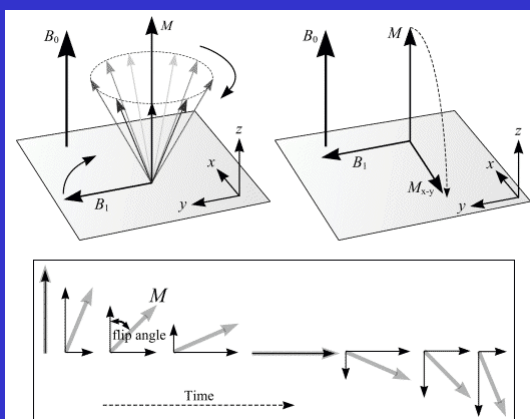
Anregung



- Verteilung der Spins im Equilibrium (Ruhezustand)
 - Anzahl der parallelen Spins höher (grün)
 - Verhältnis (parallel vs. anti-parallel durch Maxwell-Boltzmanstatistik beschrieben)
- Durch HF-Wellen mit Energie $\Delta E = \gamma \hbar B_0$ werden Spins in höheren antiparallelen Zustand gehoben

Backfriedler-Hagenberg

2 Bezugssysteme, 90°-Puls



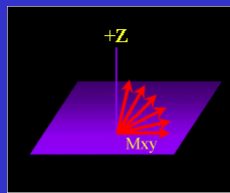
- Statisches (Labor) System
- Rotierendes System
- Im Rotierenden System ist HF-Feld ein konstantes Feld B_1 , welches die Magnetisierung kippt (Flip Angle)

Änderung der Magnetisierung mit steigender Dauer des HF-Impulses

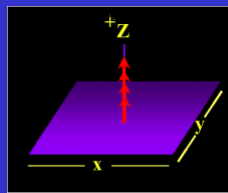
Backfriedler-Hagenberg

Nach 90°-Puls

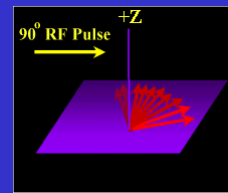
- Nach Abschalten des 90°-Pulses kehrt die Magnetisierung wieder in das Equilibrium zurück -> Längsmagnetisierung (M_z) steigt
- Einzelne Spins rotieren mit verschiedenen Geschwindigkeiten -> Phasenlage „zerfließt“ -> Quermagnetisierung (M_{xy}) sinkt



Rückkehr zum Equilibrium



Steigende M_z

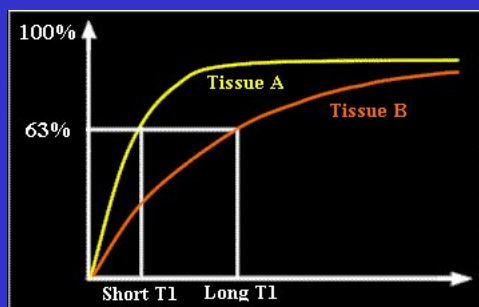


Zerfließende Phasenbindung

Backfrieder-Hagenberg

T1-Relaxation

$$M(t) = M_0(1 - e^{(-t/T1)})$$



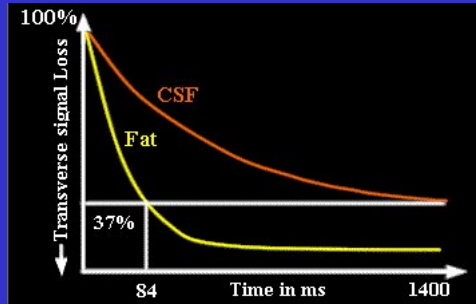
Kontrast zweier Materialien mit unterschiedlicher T1

- Magnetisierung nähert sich dem Equilibrium in Form einer Exponentiellen Sättigungskurve
- Energie Wird an das Gitter abgegeben (Spin-Gitter Relaxation)
- Zeitkonstante T1

Backfrieder-Hagenberg

T2-Relaxation

$$M_{xy}(t) = M_{xy0} \cdot e^{-t/T2^*}$$

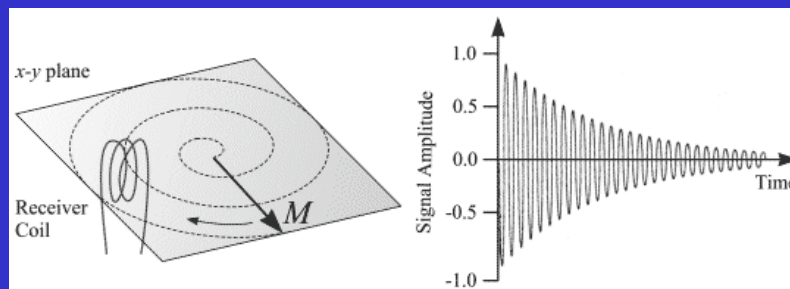


Kontrast zweier Materialien mit unterschiedlicher $T2^*$

- Quermagnetisierung zerfließt mit Zeitkonstante $T2^*$
- lokale Unterschiede im Magnetfeld
- unterschiedliche Phasengeschwindigkeit

Backfrieder-Hagenberg

Free Induced Decay (FID)

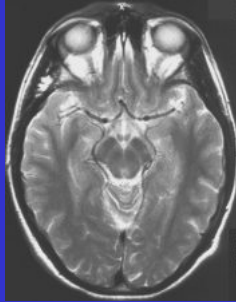


- Empfängerspule in xy -Ebene positioniert
- Misst die zerfallende (rotierende) Quermagnetisierung
- FID oszilliert mit Resonanzfrequenz, Dämpfungskonstante $T2^*$ (Feldinhomogenitäten, Störungen,...)

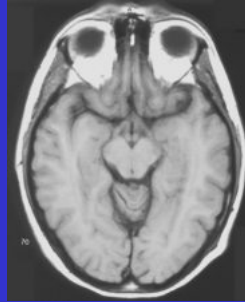
Backfrieder-Hagenberg

Kontraste

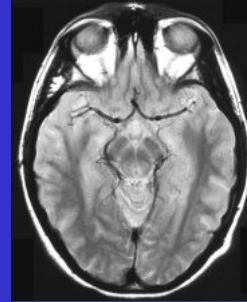
Durch Gewichtung mit verschiedenen Relaxationskonstanten werden verschiedenen Kontraste im gleichen Gewebe erzielt.



T1



Proton Density (PD)

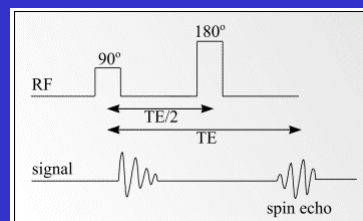
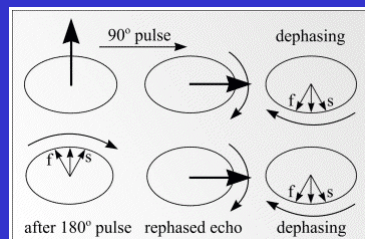


T2

Backfriedler-Hagenberg

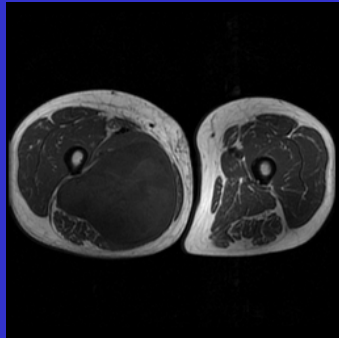
Spinecho

- 90° Impuls gefolgt von 180° Phasenumkehrimpuls
- Echos laufen nach TE wieder zu Maximalem Signal zusammen
- Höhe des Echos wird allein durch T2 bestimmt

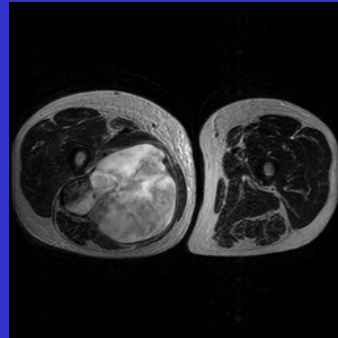


Backfriedler-Hagenberg

Spin Echo Contrast



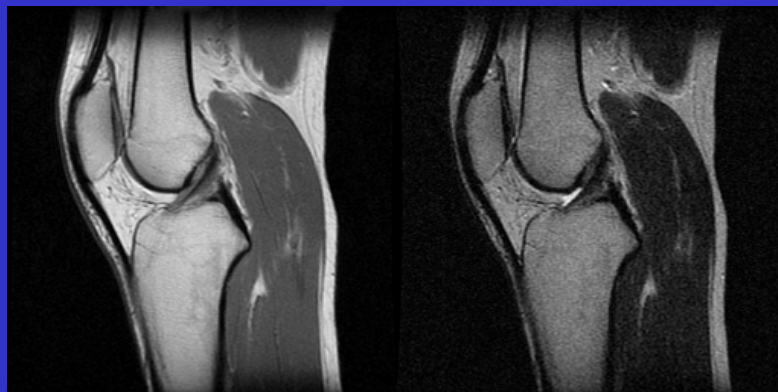
T1 weighted



T2 weighted

Backfrieder-Hagenberg

Spin Echo Contrast

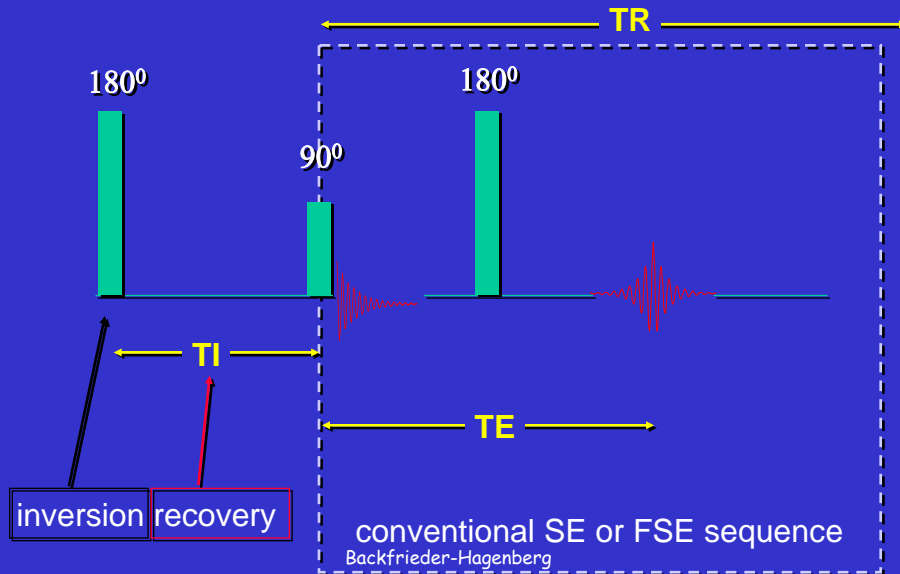


PD weighted

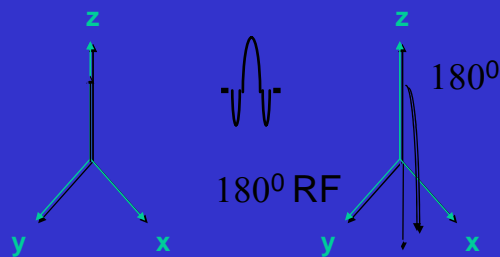
T2 weighted

Backfrieder-Hagenberg

Inversion Recovery

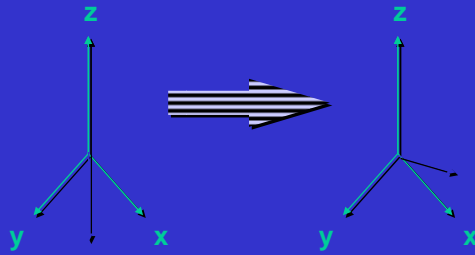


Initial 180° Flip *inversion*



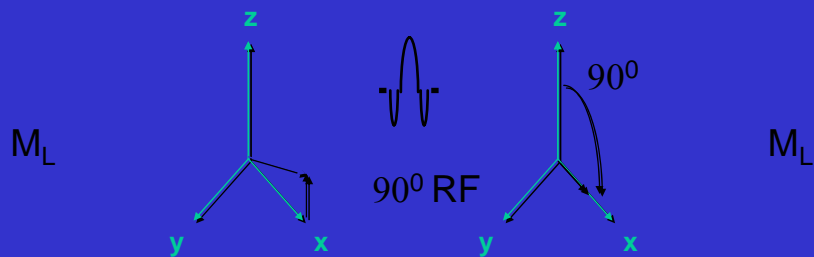
Backfrieder-Hagenberg

T1 Relaxation *recovery*



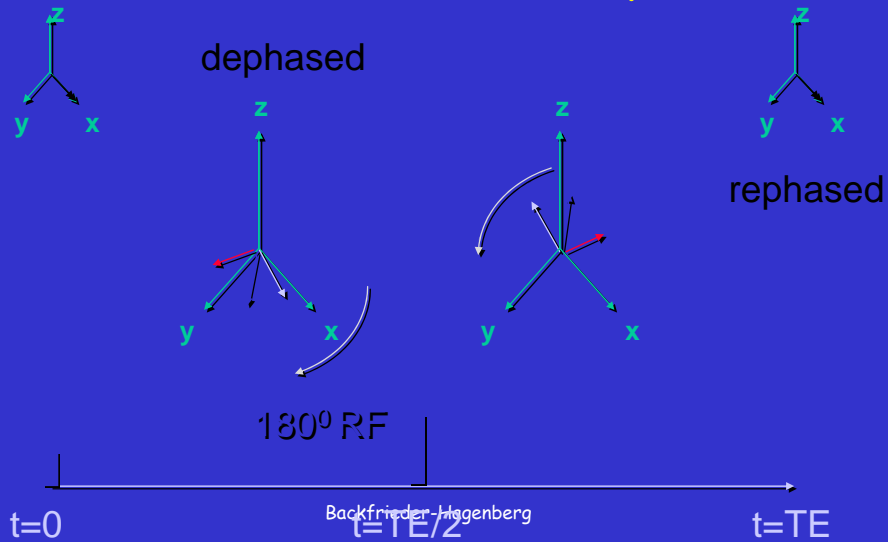
Backfrieder-Hagenberg

90° Flip



Backfrieder-Hagenberg

Second 180° Flip



Inversion Recovery

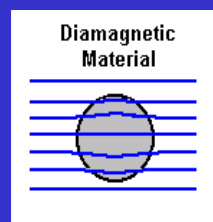
- Formel
- Graph
- TR ?

Backfrieder-Hagenberg

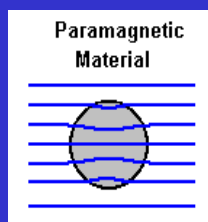
Introduction to Contrast Agents

Backfrieder-Hagenberg

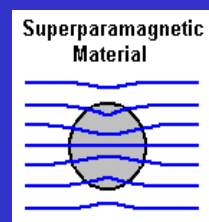
Magnetic Properties of Materials



Weakly repel:
water and tissue



Weakly attract:
Gd T_1 and T_2
Reducing agents



Interact strongly:
Fe susceptibility
agents (T_2^*).

Backfrieder-Hagenberg

Contrast Agents

- Contrast agents can function by altering:
 - T1 - Paramagnetic agents
 - T2 - Paramagnetic and Susceptibility agents
 - T2* - Susceptibility agents
 - proton density - hormones and diuretics

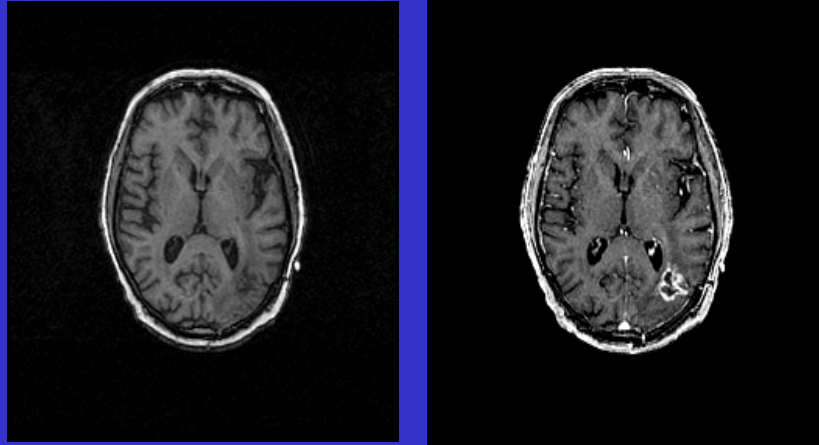
Backfrieder-Hagenberg

Paramagnetic

- Molecular tumbling results in reduced T1 and T2.
 - Shorten T2 => reduced signal
 - Shorten T1 => increased signal
- Gd chelate
 - Used as an enhancing agent (T1 weighted sequence).

Backfrieder-Hagenberg

Gd Enhanced Brain Malignancy



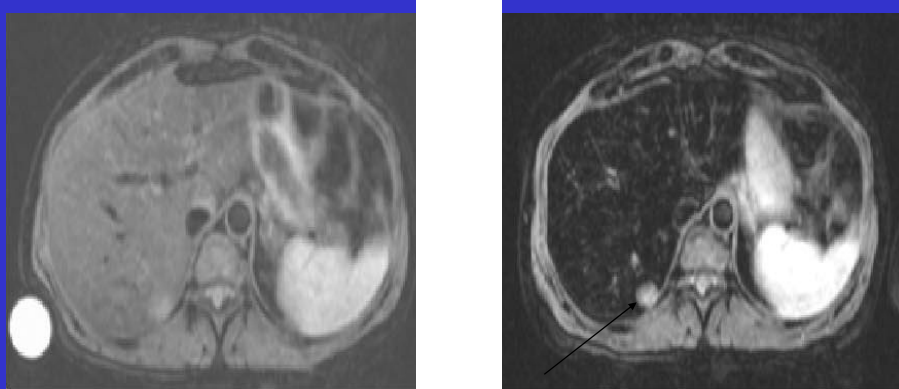
Backfrieder-Hagenberg

Superparamagnetic

- Susceptibility agents
 - Cause local field inhomogeneity and very short T_2^* .
 - Used to remove signal on T_2 or T_2^* weighted images.

Backfrieder-Hagenberg

Negative Contrast From Iron Oxide



Backfrieder-Hagenberg

Factors controlling SNR

- Basic factors
 - Field strength
 - Coil tune and match
 - Magnet shim
- Setup factors:
 - Coil selection (Filling factor)
 - Sequence selection (longer TR/shorten TE)
- Sequence variables:
 - Voxel volume
 - Averages
 - Bandwidth
 - Gap

Backfrieder-Hagenberg

Links

- <http://www.simplyphysics.com/MRIIntro.html>
- <http://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/inside.htm>
- <http://www.amershamhealth.com/medcyclopaedia/medical/index.asp>

Backfrieder-Hagenberg