

Relaxationszeiten T_1 & T_2

$$\frac{d\vec{\mu}(t)}{dt} = \gamma_e (\vec{\mu} \times \vec{B}) - \tilde{R} \cdot (\vec{\mu} - \vec{\mu}_B)$$

Relaxationsmatrix $R = \begin{pmatrix} \frac{1}{T_2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{T_2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{T_1} \end{pmatrix}$

empirisch von Bloch
eingeführte Dämpfungsterm

μ_B : mag. Moment im
thermodyn. Gleichgewicht
(Boltzmann Statistik)

Beispiel A: $\vec{\mu}(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \mu_{z0} \end{pmatrix}$ long. Magnetisierung

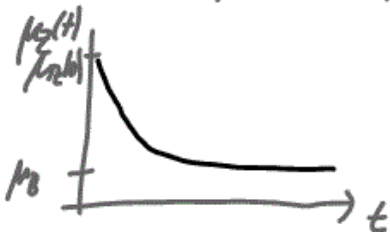
$(\mu_{z0} \neq \mu_B)$
 $\vec{B} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ B_0 \end{pmatrix}$

$B_0' : B_0 - \frac{\omega_L}{\gamma_e}$

$\rightarrow \mu_x(t) = \mu_y(t) = 0$

$\frac{d\mu_z(t)}{dt} = -\frac{1}{T_1} (\mu_{z0} - \mu_B)$

$\mu_z(t) = (\mu_{z0} - \mu_B) \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \mu_B$



Beispiel B : $\vec{\mu}(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ \mu_{y0} \\ 0 \end{pmatrix}$ transversale Magnetisierung

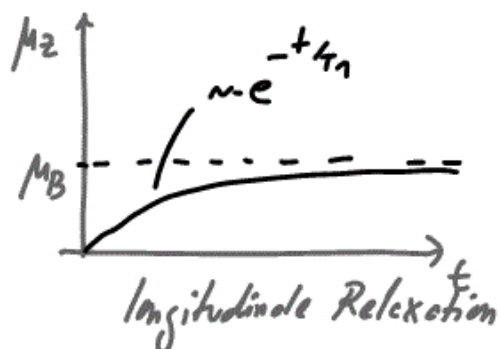
$\vec{B} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ ohne MW-Einstrahlung
on-Resonance $B'_z = 0$

$$\begin{aligned} \hookrightarrow \frac{d\mu_x(t)}{dt} &= \gamma_e \cdot (\underbrace{\mu_y(t)}_0 \cdot \underbrace{B_z}_0 - \underbrace{\mu_z(t)}_0 \cdot \underbrace{B_y}_0) - \frac{1}{T_2} \mu_x \\ &= 0 \quad \boxed{\mu_x(t) = 0} \end{aligned}$$

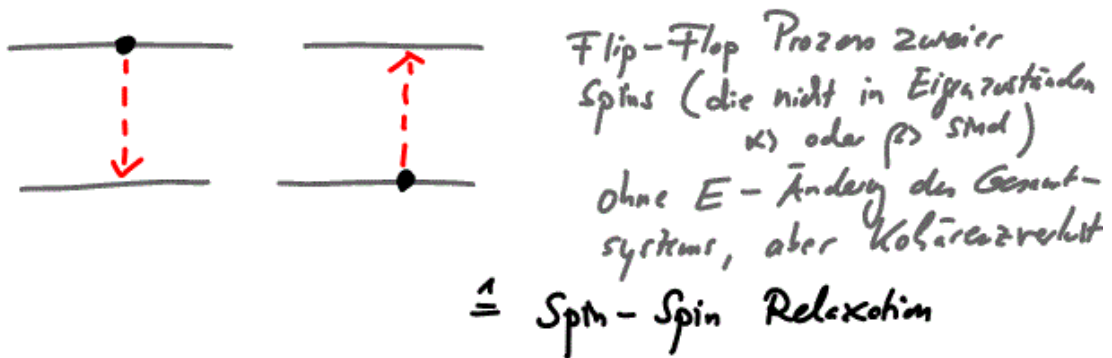
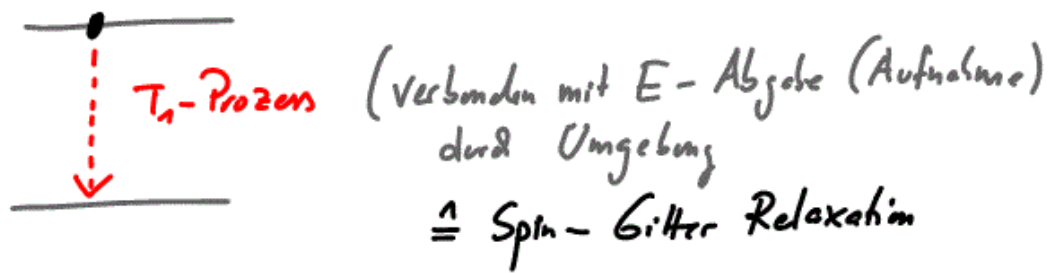
$$\begin{aligned} \frac{d\mu_y(t)}{dt} &= \gamma_e (\underbrace{\mu_z(t)}_0 \cdot \underbrace{B_x}_0 - \underbrace{\mu_x(t)}_0 \cdot \underbrace{B_z}_0) - \frac{1}{T_2} \mu_y \\ \boxed{\frac{d\mu_y(t)}{dt} = -\frac{1}{T_2} \mu_y(t)} &\Rightarrow \mu_y(t) = \mu_{y0} \cdot e^{-t/T_2} \end{aligned}$$

$$\frac{d\mu_z(t)}{dt} = \gamma_e (\underbrace{\mu_x}_0 \cdot \underbrace{B_y}_0 - \underbrace{\mu_y}_0 \cdot \underbrace{B_x}_0) - \frac{1}{T_1} (\mu_z(t) - \mu_B)$$

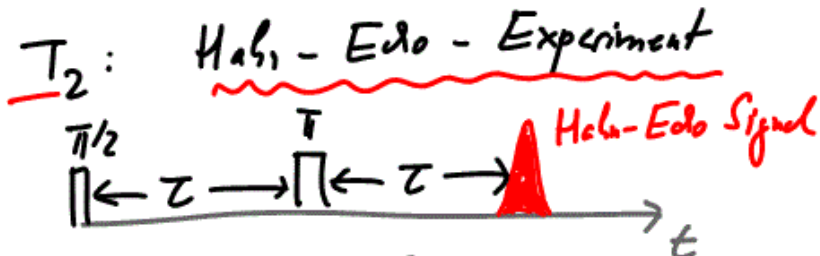
$$\boxed{\frac{d\mu_z(t)}{dt} = -\frac{1}{T_1} (\mu_z(t) - \mu_B)} \Rightarrow \mu_z(t) = \mu_B (1 - e^{-t/T_1})$$



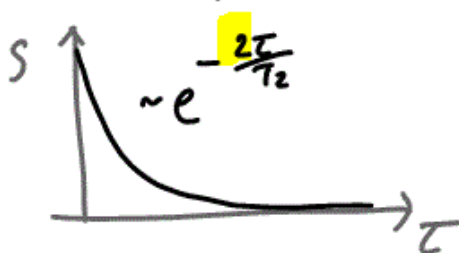
Energetisches Bild (einfaches Bild!)



Messung von T_1 & T_2

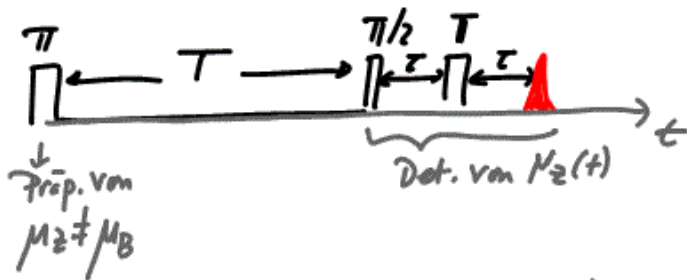


Messung Amplitude (oder Fläche) von Hahn-Echo als Fkt. von τ

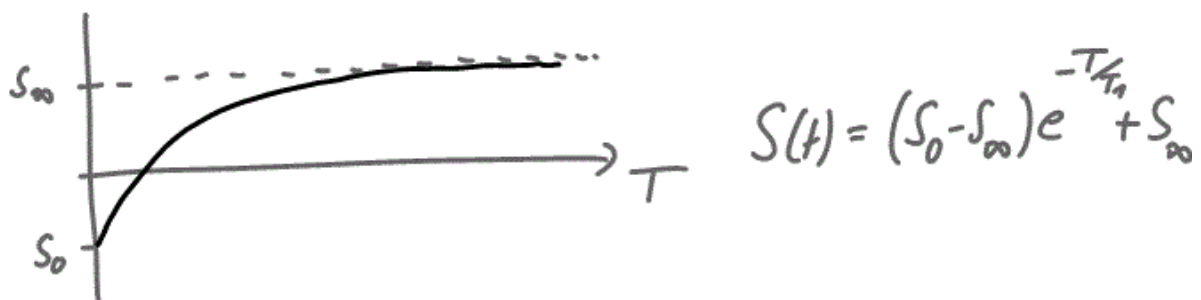


$$S(t) = S_0 \cdot e^{-\frac{2\tau}{T_2}}$$

T_1 : Inversion - Recovery - Experiment



Messung Echo-Intensität (oder Fläche) als Funktion von T
($T \gg \tau$)



T_1 & T_2 hängen von Aggregatzustand ab (flüssig, fest)
von Temperatur T
von Spm-Konzentration
von spezif. Umgebung
von Art des param. Zentrums

Ursachen für Relaxation:
(einfaches Bild!)

- WW mit Umgebung
- Anisotropie von WW (\tilde{g} , \tilde{A})
(Rotation im Magnetfeld)
- WW mit anderen Elektronen-
oder Kernspins

Kann beschrieben werden durch ein Störfeld $\vec{B}_s(t)$ am
Ort des Elektronenspins

Für T_1 -Prozesse wichtig: Fluktuationen von x & y-Kompon.
von $\vec{B}_s(t)$, die auf einer Zeitskala
von $\frac{1}{\omega_L}$ ablaufen ($J(\omega_L)$)

Für T_2 -Prozesse wichtig: Fluktuationen von x & y-Kompon.
von $\vec{B}_s(t)$, die auf einer Zeitskala
von $\frac{1}{\omega_L}$ ablaufen ($J(\omega_L)$)

J: Spektraldichtefunktionen
des fluktuierenden
Störfeldes

Und Fluktuationen von z-Komponente
die bei langem Zeitskalen
ablaufen ($\sim J(0)$)

$$\Rightarrow \boxed{T_2 \leq T_1}$$