V, P ersetzen durch $\vec{H}$

$$\delta W = -\left.\frac{H\,dB}{4\pi}\right|_M = -\left.\frac{B - 4\pi M}{4\pi}\,dB\right|_M = -\left.\frac{1}{4\pi} + M\,dB\right|_M$$

fällt mit Integrationsgrenzen raus

$$\delta W = -\left.\frac{H\,dB}{4\pi}\right|_H = \left.\frac{H\,d(H + 4\pi M)}{4\pi}\right|_H$$

$$= H\,dM\big|_H$$

Heisenberg-Modell

$$H = -J \sum_{\langle i,j \rangle} \vec{S}_i \vec{S}_j - (\dots)\,\vec{B}_{ext} \sum_i \vec{S}_i$$

nur nächste Nachbarn

dabei legt man das äußere Feld $H = B_{ext}$ an

Spule erzeugt H-Feld, das erzeugt M im Festkörper was B verändert

---

umschreiben von $\vec{H}$ zeigt

$$g \mu_B \vec{S}_i = \vec{m}_i$$ mag. Moment von Teilchen i

$$\Rightarrow \quad -B_{ext} \sum_i \vec{m}_i = -\vec{H} \sum_i \vec{m}_i = -\vec{H}\vec{M}$$

$$A = U - \vec{H}\vec{M} \quad \hat{=} \text{ Enthalpie}$$

$$Z = [2\cosh(\beta h)]^N$$

$$\vec{M} = -\frac{\partial G}{\partial \vec{H}}\Big|_T = -\frac{\partial}{\partial h}\left(-\frac{1}{\beta}\ln Z\right)\frac{\partial h}{\partial H}$$

$$= \frac{1}{\beta}\left(\frac{\partial}{\partial h}\ln\left(\left[2\cosh(\beta h)\right]^N\right)\right)\frac{g\mu_B\hbar}{2}$$

$$= \frac{1}{\beta} N \tanh(\beta h)\frac{g\mu_B\hbar}{2}$$

andererseits $\vec{M} = \sum_i \vec{m}_i = \frac{g\mu_B\hbar}{2}\sum_i \langle\sigma_i\rangle$

$\Rightarrow \langle\sigma_z\rangle = \tanh(\beta h)$

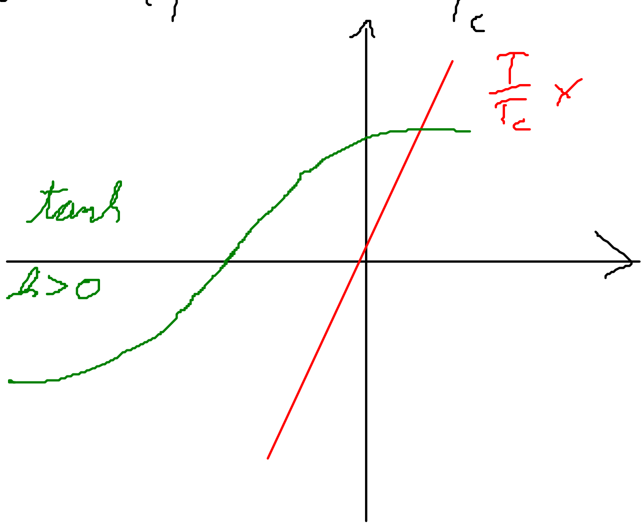
Mean - Field Näherung

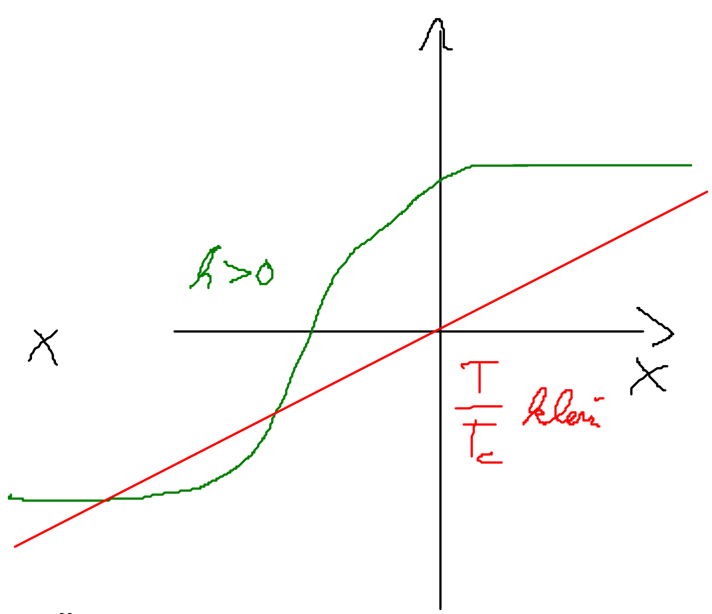
z Zahl der nächsten Nachbarn

$\vec{h}_{MF}$ selbstkonsistent berechnen da Mittelwert

Konsistenzbedingung $\vec{h}_{MF} \parallel \vec{h}$

$$\tanh(\beta h + x) = \frac{T}{T_c}x$$



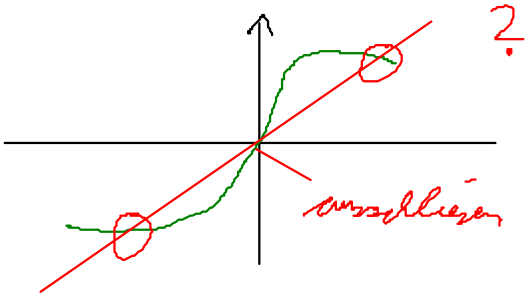


3 Lösungen ??

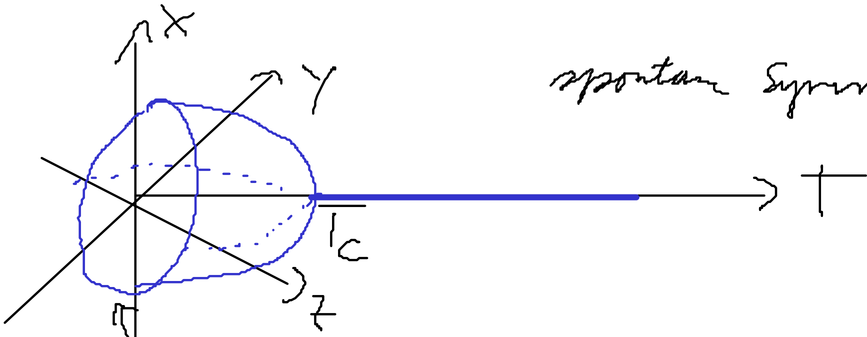
$\Rightarrow$ nur eine Richtig

$x > 0$ ist stabile Lösung

$h = 0$ auf Folie



welche ist die richtige Lösung ?



spontan Symmetriebrechung

alle Punkte haben gleiche Enthalpie
– welche ist der richtige ?

$\Rightarrow$ kleine Störung gibt Richtung vor

Variationsverfahren

$$G_{var} = Tr(\hat{H} \, W_{MF}) + k_B T \, Tr(W_{MF} \ln W_{MF})$$

$$W_{MF} = \frac{1}{Z_{MF}} e^{-\beta H_{MF}}$$ ← Zustand freier Spins

$$\ln W_{MF} = -\ln Z_{MF} - \beta H_{MF}$$

↳ Folie

$$G_{var} = -k_B T \ln Z_{MF} + \langle \hat{H} - \hat{H}_{MF} \rangle_{MF}$$

mit Korrelation ($\sigma_i \sigma_j$ – WW)