

Wie misst man die Magnetisierung einer Probe?

Welche physikalischen Effekte kommen dazu in Betracht?

1. Faraday-Waage

Energie eines Moments m im Feld \mathbf{B} :

$$E = - \mathbf{m} \mathbf{B}$$

Kraft im inhomogenen Feld $\mathbf{B}(z)$:

$$F_z = - m_z dB/dz$$

Hauptspule B_0 konst.

Gradientenspule B_1

Oben $B_0 - B_1$

Unten $B_0 + B_1$

B_0, B_1 unabh.
einstellbar

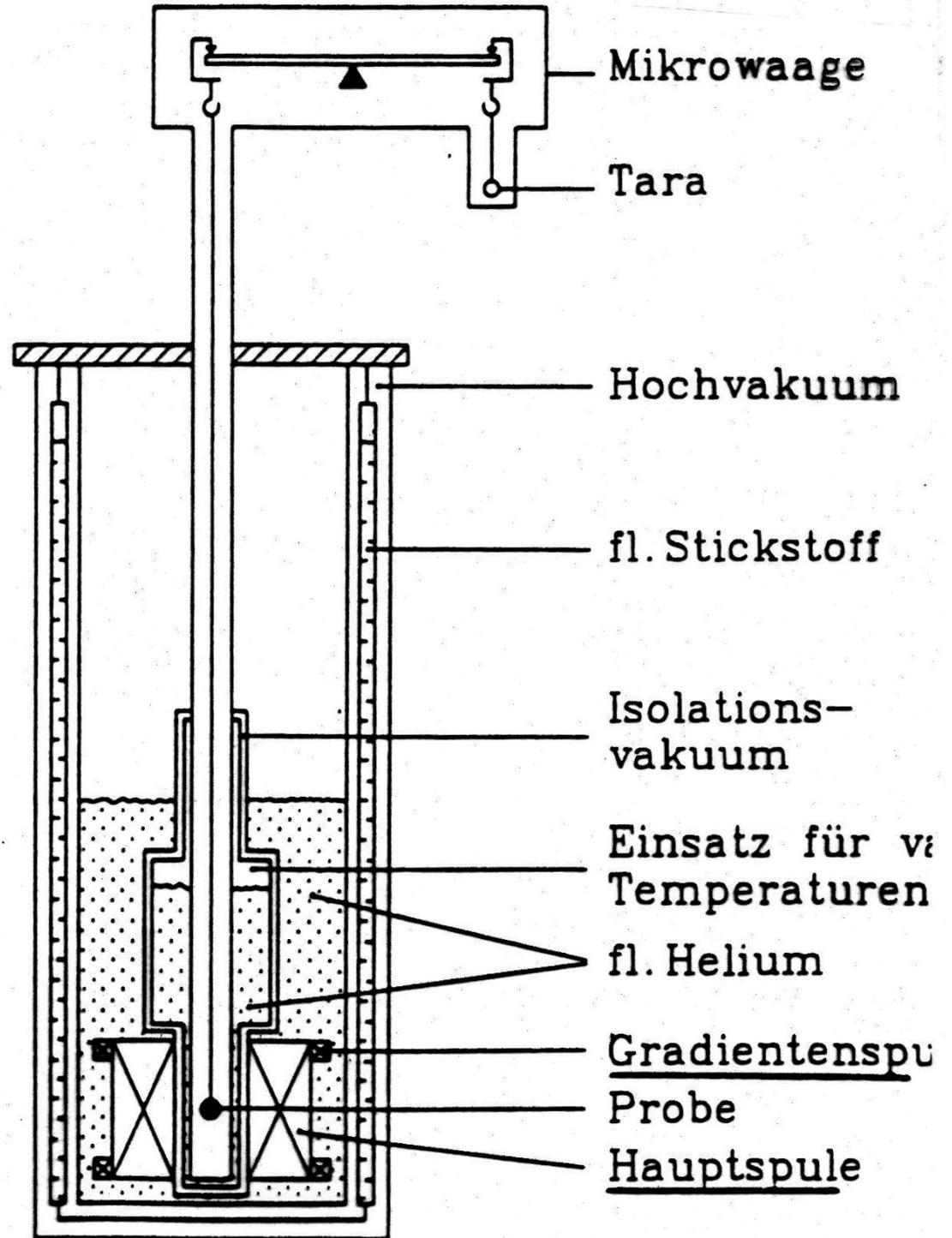
γ variabel

Empfindlichkeit

$$F_z = 1 \mu\text{g} \cdot 10 \text{m/s}^2$$

$$\frac{dB_0}{dz} = 10 \text{T/m}$$

$$\Rightarrow M_{\text{min}} = 10^{-10} \text{J/T}$$



$$m \approx 10^{-10} \frac{\text{J}}{\text{T}} \cdot 2$$

$$\mu_B \approx 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{T}} = 58 \mu\text{eV/T}$$

$$1 \text{ mol} \approx 6 \cdot 10^{23} \cdot \text{Teilchen}$$

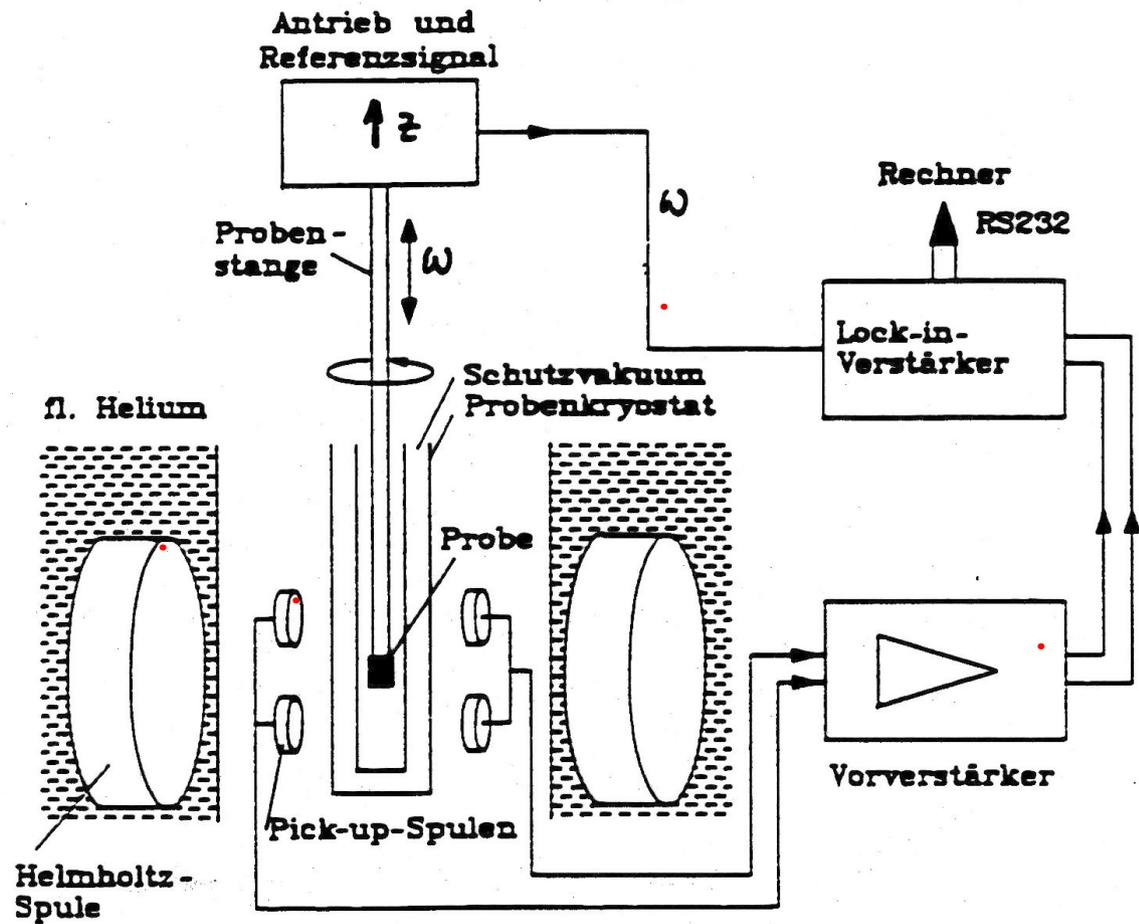
Vibrationsmagnetometer

Probe vibriert in Spule

$$|U| = w F \frac{d}{dt} B_z$$

(Windungszahl Fläche)

$$\text{Dipolfeld: } \mu_0 m / (2\pi z^3)$$



5T

$$z = z_0 + \Delta \sin \omega t$$

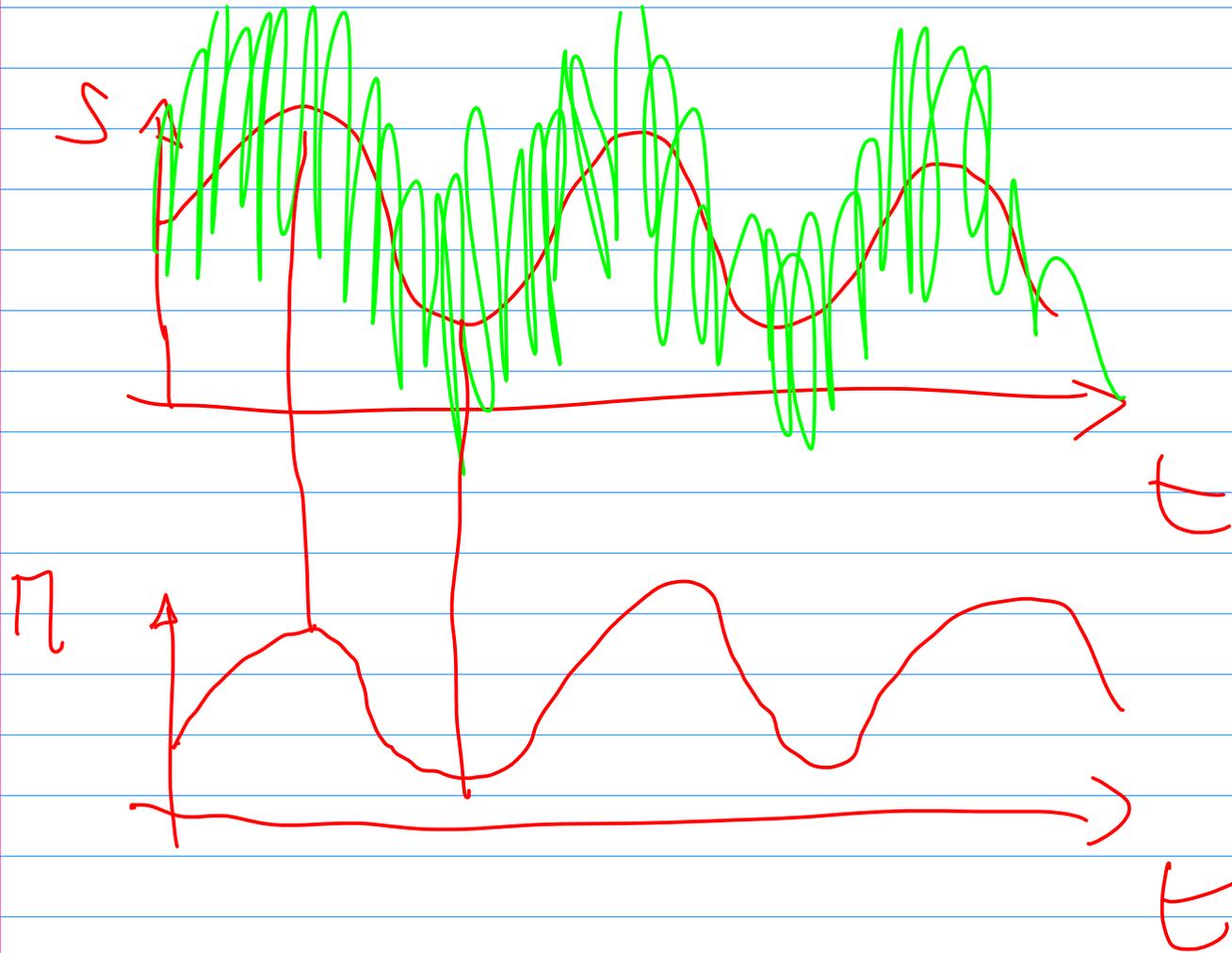
$$\rightarrow U = w F \underbrace{\mu_0 \frac{m}{2\pi}}_{2000 \text{ cm}^2} \underbrace{\frac{3}{2^4}}_{0.15 \text{ cm}} \underbrace{\Delta \omega \cos \omega t}_{2\pi \cdot 44 \text{ Hz}}$$

$$U_{\min} = 10 \mu\text{V} \Rightarrow m_{\min} \approx 10^{-8} \frac{\text{J}}{\text{T}}$$

$\frac{d\Delta}{dz}$
 $\frac{d\Delta}{d\omega}$

Nachteil: Geometrieabhängig
 → keine Absolutmessungen
 → gut für Relativwerte

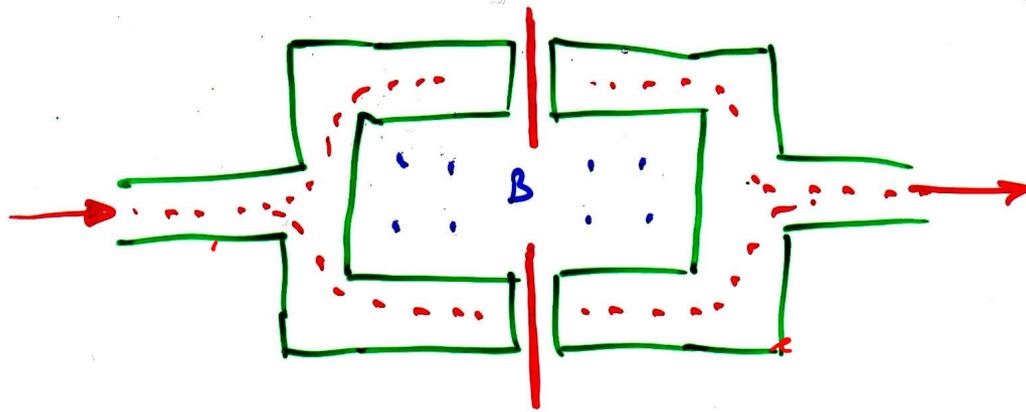
Lock-in



S.M.

SQUID

(später en détail..)



$$\vec{B} = \text{rot } \vec{A}$$

Interferenz der Supraströme

Phase \leftrightarrow B

Extrem empfindliche Messung von B

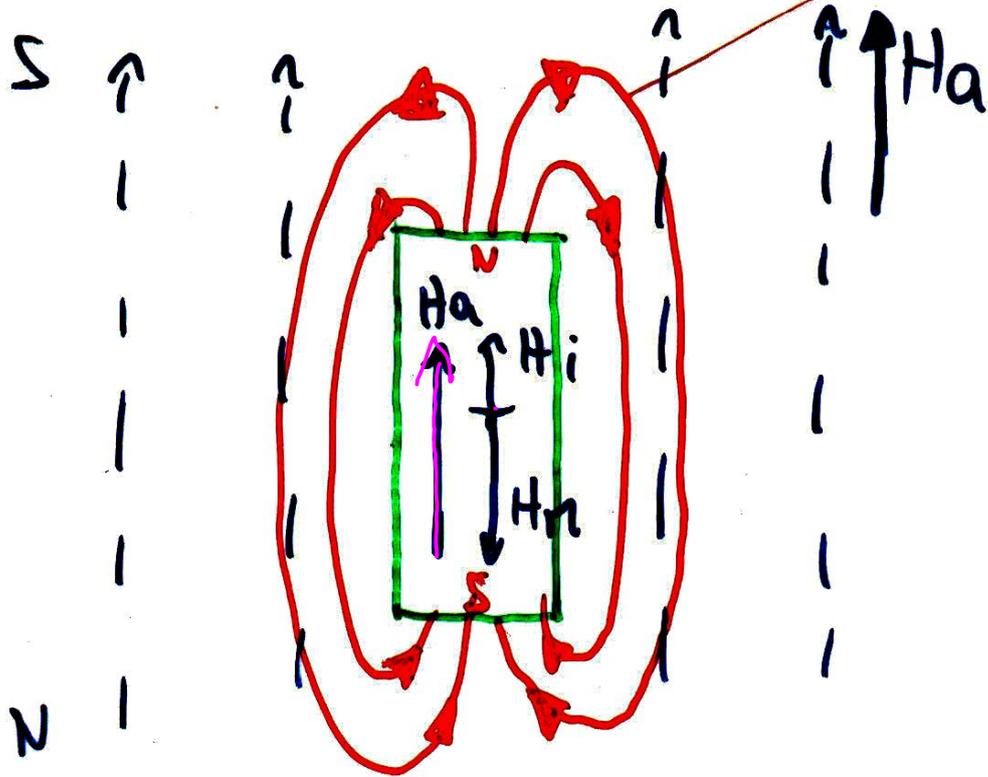
$$m_{\text{min}} : 10^{-13} \text{ Am}^2 = 10^{-13} \frac{\text{J}}{\text{T}}$$

$$1 \text{ Monolage Fe} : 10^{-8} \text{ Am}^2 \\ 5.5 \text{ nm}^2$$

$$\text{SQUID 1998} : 10^{-14} \text{ T}$$

Entmagnetisierung

H-Feld des Stabes



Magnetisierung
≙ internes Feld
≙ $H_n \downarrow \uparrow H_a$

$$M = \frac{\chi H_a}{1 + N \chi}$$

Spezialfälle einfacher Körper:

$$M = \frac{\chi H_a}{1 + N\chi}$$

Kugel

$$N_x = \frac{2}{3}$$

Zylinder $\parallel z$

$$N_x = N_y = \frac{1}{2}$$

$$N_z = 0$$

Platte (∞ in x, y)

$$N_x = N_y = 0$$

$$N_z = 1$$

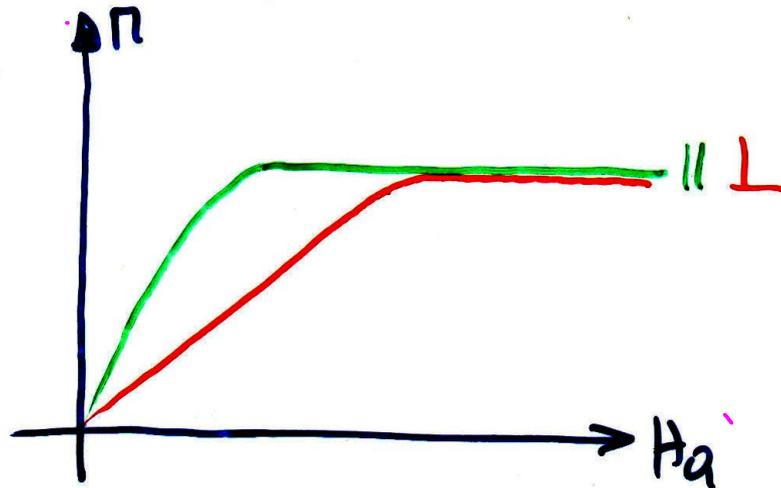
Konsequenz: Filme

$H_a \parallel$ Filmebene: $M_{\parallel} = \chi H_a \rightarrow$ leicht

$H_a \perp$ Filmebene: $M_{\perp} = \frac{\chi}{1+\chi} H_a \rightarrow$ schwer

magnetisierbar

\Rightarrow Formanisotropie



RECORDING!