

Klassische Physik 2

Elektrodynamik

SS2013

Johannes Blümer

V14 25. Juni

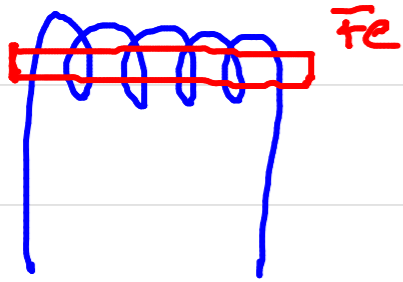
KIT-Centrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA



Magnetismus in Materie Folie.

Luftspule: $B_0 = \mu_0 n I$, $n = \frac{N}{L}$ Windungszahldichte

↓
"Eisenspule": $\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}_M$



alt. Beschreibung: $\vec{B} = \mu n I$ mit $\mu = \mu_0 \mu_r$

magn. Permeabilität
magn. Suszeptibilität
 $\chi_m = \mu_r - 1$

3 Arten v. Magnetismus:

1) Ferromagnetismus $\mu_r \gg 1$

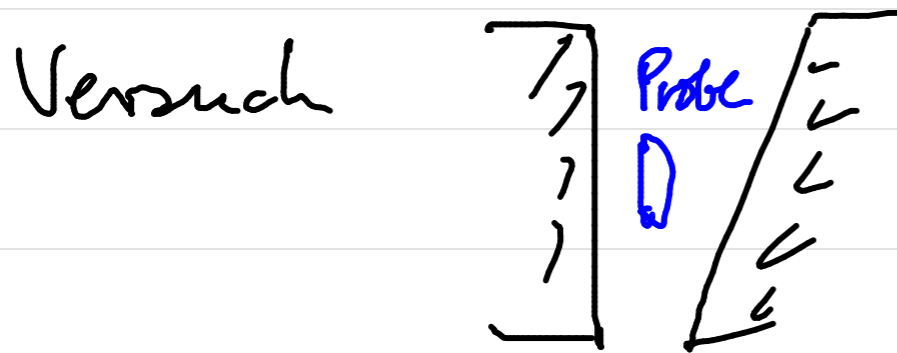
2) Paramagnetismus
 $\mu \gtrsim \mu_0$, $\chi_m > 0$, Al: $2,3 \times 10^{-5}$

Moleküle tragen ein permanentes magn. Dipolmoment,
das sich durch externe Felder (nicht perm.) ausrichten
läßt

3) Diamagnetismus

$\mu \approx \mu_0$, $\chi_m < 0$, Pb: -1.7×10^{-5}

äußeres B-Feld erzeugt ein entgegengesetztes
inneres Dipolmoment

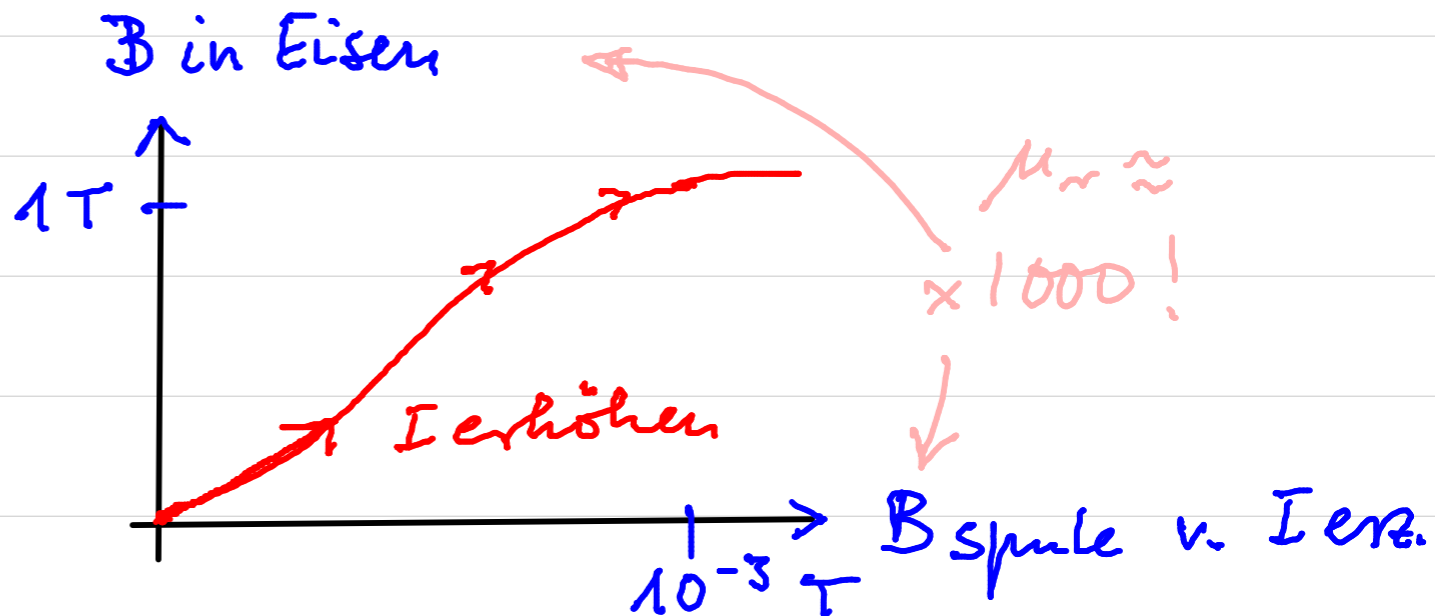


Wäskmantel: \uparrow

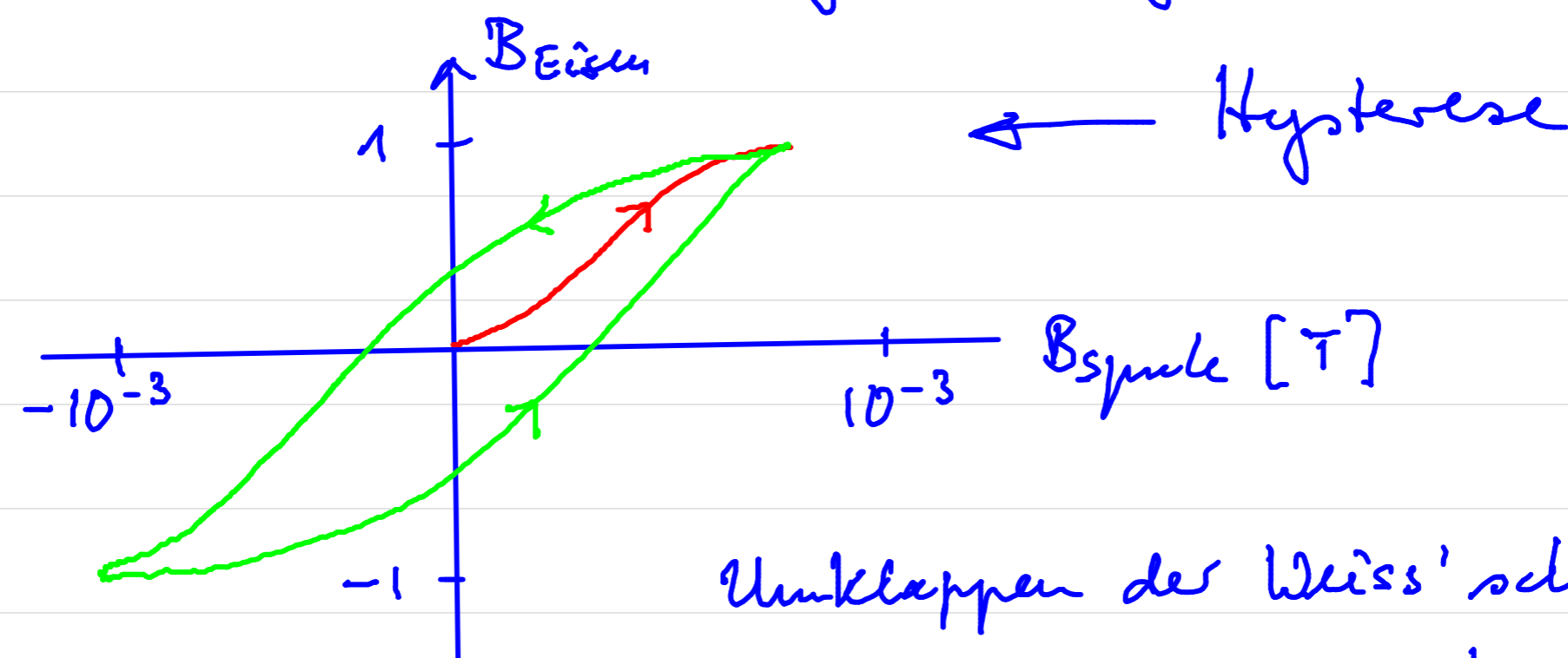
Platin: \downarrow + Drehung

fl. Luft: O₂ Para..
N₂ Dia..

Ferro-Magnet: Hysteresese



nichtlineare Kurve der magn. Sättigung \uparrow "Neukurve"



Umklappen der Weiss'schen Bereiche
erfordert Energieaufwand

$L \propto$ Fläche der
Hysteresese

Materialeigenschaft \downarrow
Versuch: Eisen, Nickel

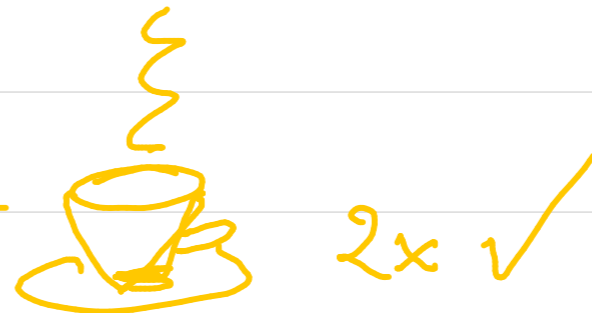
\uparrow
Ströme \rightarrow Magnetfelder
 \leftarrow "Induktion"

Induktion, Magnetischer Fluss

magn. Fluss Φ_m durch eine Fläche A ist definiert durch $\Phi_m = B_{\perp} \cdot A = B \cdot A \cdot \cos \theta = \vec{B} \cdot \vec{A}$ für homogene Felder

allg. Fall: $\Phi_m = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$

$$[\Phi_m] = 1 \text{ Tm}^2 = 1 \text{ Weber (Wb)}$$



Variation von Φ : ① Winkeländerung

② Orient.

③ Deformation, Fläche ändern

Φ_m durch Leiter-
schleifen

Induktion: messe die in Spulen induzierte Spannung

Faraday: Induktionsgesetz

es wird eine Spannung induziert, wenn sich die Konfiguration von Leiterschleifen und Magnetfeld geeignet ändert

Die entscheidende

Größe ist die Änderungsrate des magn. Flusses, $\dot{\Phi}_m$

$$U_{\text{ind}} = - \frac{d\Phi_m}{dt} = - \dot{\Phi}_m = - \frac{d}{dt} \int_A \mathbf{B} \cdot \cos \theta \cdot dA$$

" $-$ " ist die Lenz'sche Regel

Die von einer Zustandsänderung verursachte Induktionsspannung ist stets so gerichtet, daß sie ihrer Ursache entgegen zu wirken sucht.

2. Formulierung: Ändert sich der magn. Fluss durch eine Fläche, so wird ein Strom induziert, [wenn er fließen kann] der seinerseits ein Magnetfeld und damit einen magn. Fluss durch dieselbe Fläche hervorruft, der seiner Ursache entgegen gerichtet ist.

Folge der Energieerhaltung

Induktion durch Bewegung

$$|U_{\text{ind}}| = \dot{\Phi}_m = \frac{d}{dt} (B \cdot A) = B \cdot \frac{dA}{dt} = B \frac{s \cdot v dt}{dt} = B \cdot s \cdot v$$

|
herv.

auch aus Lorentzkraft: Ladungsträger im Stab ($-e$)

$$\vec{F}_L = q \vec{v} \times \vec{B} = -e v B$$

Arbeitsaufwand für Trennung $W = -e v B s$

$$\text{Spannung} = \text{Energie pro Ladung} = U_{\text{ind}} = \frac{W}{q} = \underbrace{v B_s}_{\substack{\text{rot} \\ \text{des } \vec{B}}} \checkmark$$

Induktivität



B-S etc: $B \propto I \Rightarrow$

$\Phi_m = L \cdot I$

wobei L die Induktivität der Spule ist

$$[L] = 1 \frac{\text{Wb}}{\text{A}} = 1 \frac{\text{Tm}^2}{\text{A}} = 1 \text{ Henry (H)}$$

$$B_{\text{Spule}} = \mu_0 \frac{n}{l} I \quad \Phi_{\text{Sp}} = n B A = n \mu_0 \frac{n}{l} A I = \left[\mu_0 \frac{n^2}{l} A \right] \cdot I$$

$$\text{also } L_{\text{Spule}} = \mu_0 \left(\frac{n}{l}\right)^2 \cdot \underbrace{l A}$$

Volumen der Spule

$$L_{\text{Sp.}} = \mu_0 \frac{n^2}{l} A$$

$$\text{damit } U_{\text{ind}} = - \frac{d\Phi_{\text{m}}}{dt} = - \frac{d}{dt} (L \cdot I) \rightarrow -L \cdot \dot{I} \text{ wenn } L \text{ konst}$$

$\underbrace{\hspace{10em}}$
induz. Spannung ist proportional zu Stromänderung