

Saalübung	Mo, 09.02.2015, 15:45 – 17:15Uhr
Themengebiet	Magnetismus
Übungsleiter	Dipl.-Ing. Michael Schönleber Dipl.-Phys. Julian Szasz

### A1: Begriffe und Grundlagen

Die Effekte im Magnetismus ähneln stark jenen Effekten, die bei der Polarisation von Dielektrika zu beobachten sind. Gab es dort noch elektrische Dipole, die für eine makroskopisch beobachtbare Polarisation der dielektrischen Materialien sorgten, so haben im Bereich des Magnetismus sogenannte magnetische Dipole starken Einfluss auf die Eigenschaften magnetisch messbarer Felder.

a.) Stellen Sie Analogien zwischen den charakteristischen elektrischen Feldgrößen  $P$ ,  $E$  und  $D$  sowie den entsprechenden magnetischen Feldgrößen  $B$ ,  $M$ ,  $J$  und  $H$  her.

*Hinweis: Lassen Sie sich nicht durch historisch begründete Begriffsähnlichkeiten verwirren.*

b.) Was ist der Unterschied zwischen  $M$  und  $J$ ?

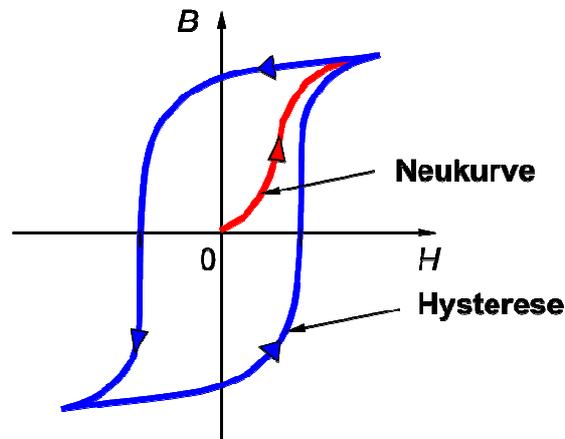
c.) Für Permanentmagnete gilt, dass die magnetische Feldstärke  $H$  den Wert 0 hat. Nach einer bekannten Beziehung berechnet sich die magnetische Flussdichte  $B$  zu  $B = \mu_0 \mu_R H$ , weshalb  $B$  somit ebenfalls 0 sein müsste. Dies ist offensichtlich nicht der Fall. Wo liegt der Fehler?

d.) Was haben Ferro-, Ferri- und Antiferromagnetismus gemeinsam, wodurch sie sich von Dia- und Paramagnetismus unterscheiden?

e.) Sortieren sie die in d) genannten Magnetisierungsmechanismen nach ihrer theoretisch erwarteten Stärke und begründen Sie.

**A2: Ferromagnetismus**

Zur Darstellung von Hysteresekurven ferroelektrischer Materialien wird in der Regel eine Auftragung  $B$  über  $H$  gewählt (siehe Skizze):



a) Kennzeichnen Sie charakteristische Punkte der Hysteresekurve, kennzeichnen Sie diese und machen Sie sich deren Bedeutung klar.

b.) Wie könnte man obige Kurve messtechnisch ermitteln?

c.) Ebenfalls gebräuchlich sind Hysteresedarstellungen, bei denen  $J$  über  $H$  aufgetragen wird. Wie verändert sich bei dieser Auftragung die Form der oben dargestellten Kurve?

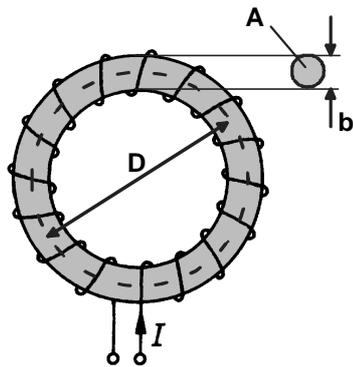
d.) Skizzieren Sie die Verläufe typischer Hysteresekurven für Materialien mit Anwendung in

- Transformatoren
- Magnetischen Speichern
- Hochfrequenzspulen

Materialien mit welchen Magnetisierungsmechanismen kommen üblicherweise in den verschiedenen Anwendungsfällen zum Einsatz?

**A3: Klausuraufgabe: Ringkernspule**

In Bild 1 ist eine Anordnung aus Ringkern und Spule skizziert.



Zahlenwerte:

Durchmesser des Rings  $D = 6 \text{ cm}$

Durchmesser des Kerns  $b = 0,75 \text{ cm}$

Windungszahl  $n = 2250$

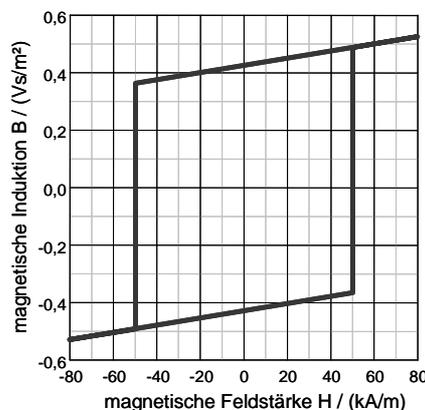
A ist die Querschnittsfläche des Ringkerns.

Bild 1: Ringkern und Spule

Für die Lösung der Aufgabe gelten folgende Vereinfachungen:

Streifelder sind zu vernachlässigen, die magnetische Flussdichte ist im gesamten magnetischen Kreis über die Querschnittsfläche A konstant.

a) Der Kern besteht aus einem Werkstoff mit dem in Bild 2 dargestellten, idealisierten  $B(H)$ -Zusammenhang. Zeichnen Sie die magnetische Polarisierung  $J$  in Abhängigkeit von der magnetischen Feldstärke  $H$ . Nutzen Sie dazu die Werte aus Tabelle 1. Begründen Sie den Verlauf Ihrer Lösung rechnerisch.



$H / \text{kAm}^{-1}$	-80	-50	50	80	50	-50
$B(H) / \text{Vsm}^{-2}$	-0,526	-0,488	-0,362	+0,526	+0,488	+0,362

b) In die Spule wird ein Strom  $i(t) = I_0 \cdot \cos(\omega t)$  mit  $I_0 = 5 \text{ A}$  eingepreßt. Zeichnen Sie den Verlauf der magnetischen Feldstärke  $H(t)$  und der magnetischen Induktion  $B(t)$  in dem magnetischen Material in die Diagramme am Ende des Übungsblatts ein.

c) Berechnen Sie die Hystereseverlustleistung  $P_H = V \cdot f \cdot \oint HdB$  im Ringkern (Anordnung gemäß Bild 1) bei einer Frequenz  $f = 50 \text{ Hz}$  und dem in Teilaufgabe b) gegebenen Strom  $i(t)$ .

d) Im Folgenden wird die Anordnung aus Bild 1 mit einem Ringkern aus einem anderen ferromagnetischen Werkstoff betrieben. Der Werkstoff zeigt den in Bild 3 dargestellten  $B(H)$ -Zusammenhang.

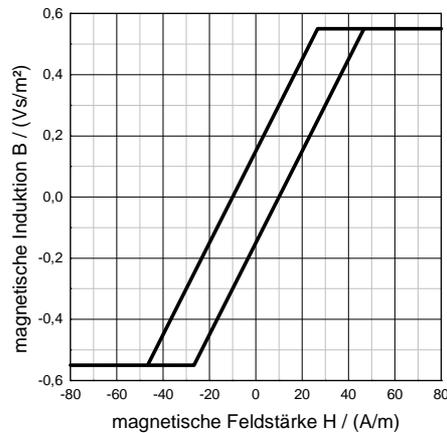


Bild 3: Hysterese

Berechnen Sie den Strom  $I_S$ , der in der Spule fließen muss, um in diesem Werkstoff die Sättigung zu erreichen. Entnehmen Sie benötigte Werte aus dem Diagramm.

#### A4: Multiple Choice:

- Die paramagnetische Suszeptibilität
  - nimmt mit steigender Temperatur ab.
  - ist temperaturunabhängig.
  - nimmt mit steigender Temperatur zu.
  - ist in Supraleitern im supraleitenden Zustand besonders hoch ( $\chi \gg 1$ ).
- Welche der Aussagen über ferromagnetische und ferroelektrische Werkstoffe sind richtig?
  - Hysterese tritt bei ferroelektrischen und ferromagnetischen Werkstoffen unterhalb der Curie-Temperatur auf.
  - Ferroelektrische und ferromagnetische Bauelemente bestehen aus oxidkeramischen Werkstoffen. Sie werden durch einen Sinterprozess hergestellt.
  - Die Hystereseschleifen  $B(H)$  und  $P(E)$  geht für hohe  $H$ - bzw.  $E$ -Werte jeweils in eine Sättigungsgerade mit Steigung null über.
- Ein ferromagnetischer Werkstoff mit ausgeprägter Hysterese wird über seine Curietemperatur erhitzt. Der Werkstoff wird:
  - diamagnetisch
  - ferrimagnetisch
  - paramagnetisch
  - piezoelektrisch

