

Hinweise zur Klausur

Klausurtermin: 19.02.2015, 15:00-18:00 Uhr

Bei der Klausur mitzubringen:

- Studenausweis
- Immatrikulationsbescheinigung
- Formelsammlung (Version WS2014/2015) → Keine Notizen zugelassen
- Taschenrechner (gelöschter Speicher) → Keine Vorlesungsinhalte darstellbar (Smartphone / Ipad nicht zugelassen!)
- Zwei handschriftlich (einseitig) beschriebene DIN-A4 Blätter ODER ein doppelseitig beschriebenes DIN-A4 Blatt

Alte Klausuren zum Üben finden Sie auf der PB Homepage oder bei der Fachschaft. Für Fragen stehen die Übungsleiter gerne zur Verfügung!

- Sammelsprechstunde: Mi 11.02.2015, 14:00Uhr – 15:30Uhr
 - Ort: Raum 145/146, AVG (Geb. 50.41)

Modus:

- 20 Punkte Antwort-Wahl-Fragen + 10 Punkte Kurzaufgaben + 30 Punkte Rechenaufgaben

!!!WICHTIG!!!

Bitte melden Sie sich bei Nichtteilnahme rechtzeitig ab!

→ Bis einschließlich Di. 17.02.2015 online über Quispos (Bachelor) bzw. telefonisch (Diplom) im Sekretariat (0721/608-47491)

ODER

→ Bei den Vorlesungsassistenten Herrn Schönleber oder Herrn Szász per E-Mail. Sie gelten erst nach einer entsprechenden Bestätigungsemail als abgemeldet!

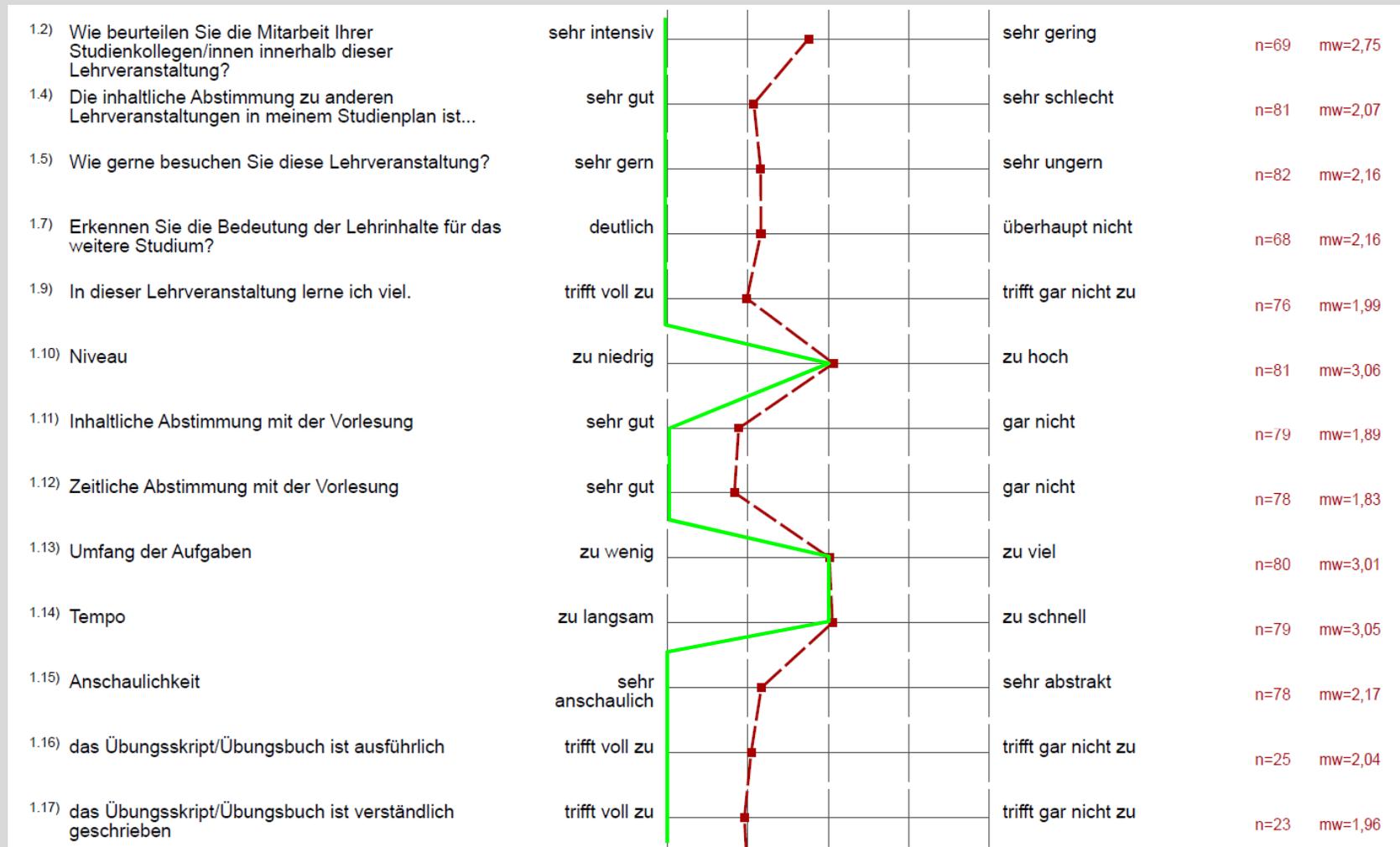
Danach: Nur noch persönlich am Tag der Prüfung zwischen 14:30 Uhr und 15:00 Uhr im Hörsaal. Wiederholer benötigen ein ärztliches Attest.

Unentschuldigte Nichtteilnahme muss laut Prüfungsordnung mit 5,0 bewertet werden, es gibt keinen Handlungsspielraum!

Ergebnis Übungsevaluation

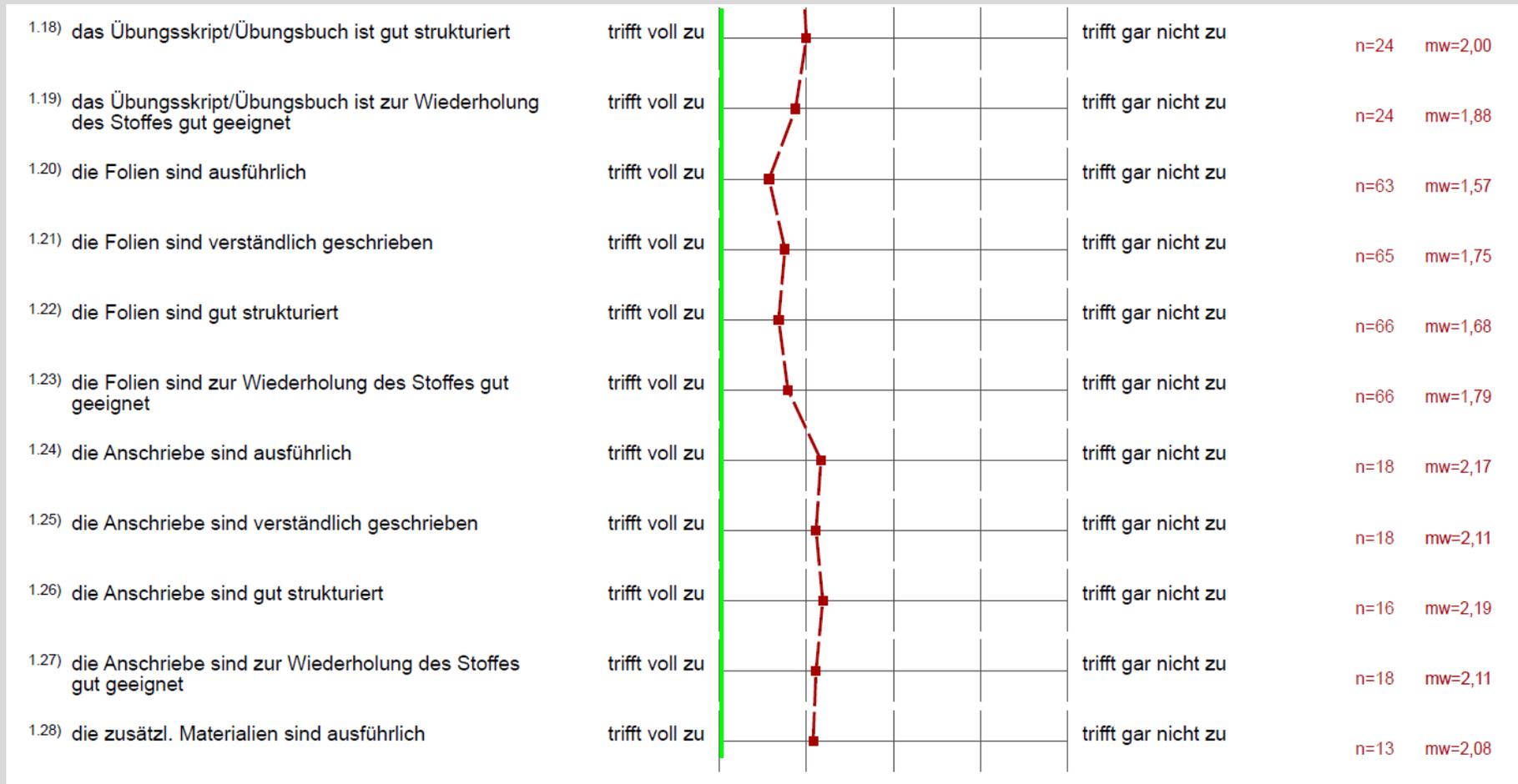
Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

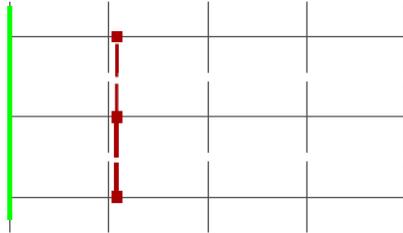
Übungsevaluation



Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

Übungsevaluation



1.29) die zusätzl. Materialien sind verständlich geschrieben	trifft voll zu		trifft gar nicht zu	n=12	mw=2,08
1.30) die zusätzl. Materialien sind gut strukturiert	trifft voll zu		trifft gar nicht zu	n=13	mw=2,08
1.31) die zusätzl. Materialien sind zur Wiederholung des Stoffes gut geeignet	trifft voll zu		trifft gar nicht zu	n=13	mw=2,08

3. Fragen zur Bewertung der Raumbedingungen

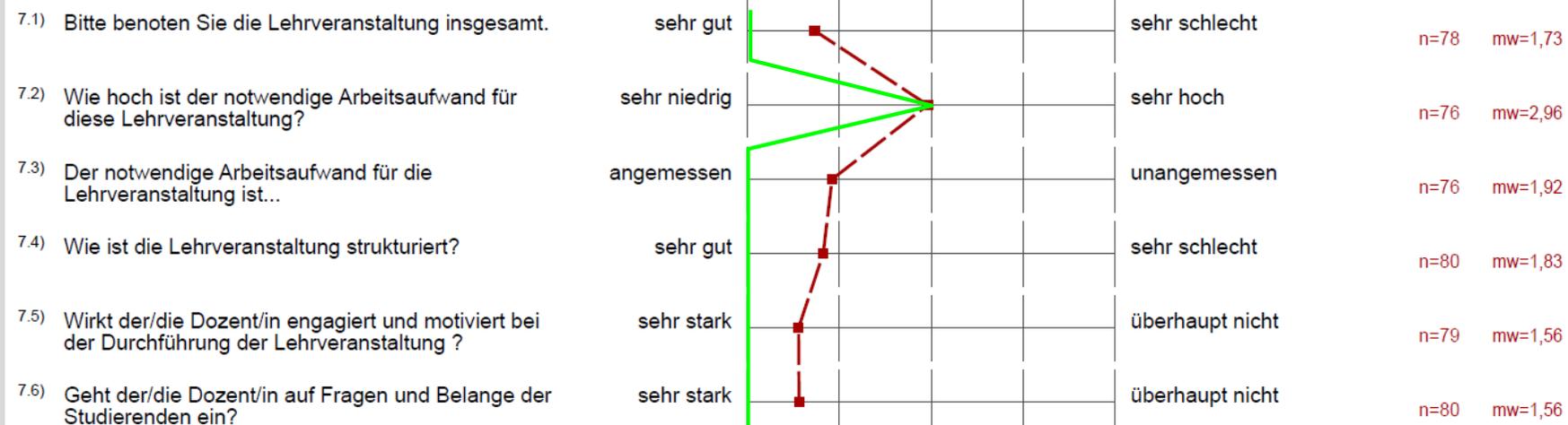
3.1) Die Raumgröße ist der Teilnehmerzahl	angemessen		unangemessen	n=83	mw=1,33
3.2) Die Akustik in diesem Raum ist	sehr gut		sehr schlecht	n=82	mw=2,23
3.3) Die Sichtbedingungen in diesem Raum sind	sehr gut		sehr schlecht	n=81	mw=2,17

4. Fragen zum/zur Dozenten/in

4.1) Verweist der/die Dozent/in auf Zusammenhänge zwischen Theorie und Praxis?	sehr stark		überhaupt nicht	n=80	mw=1,79
4.2) Der/Die Dozent/in spricht laut und deutlich.	trifft zu		trifft nicht zu	n=80	mw=1,53

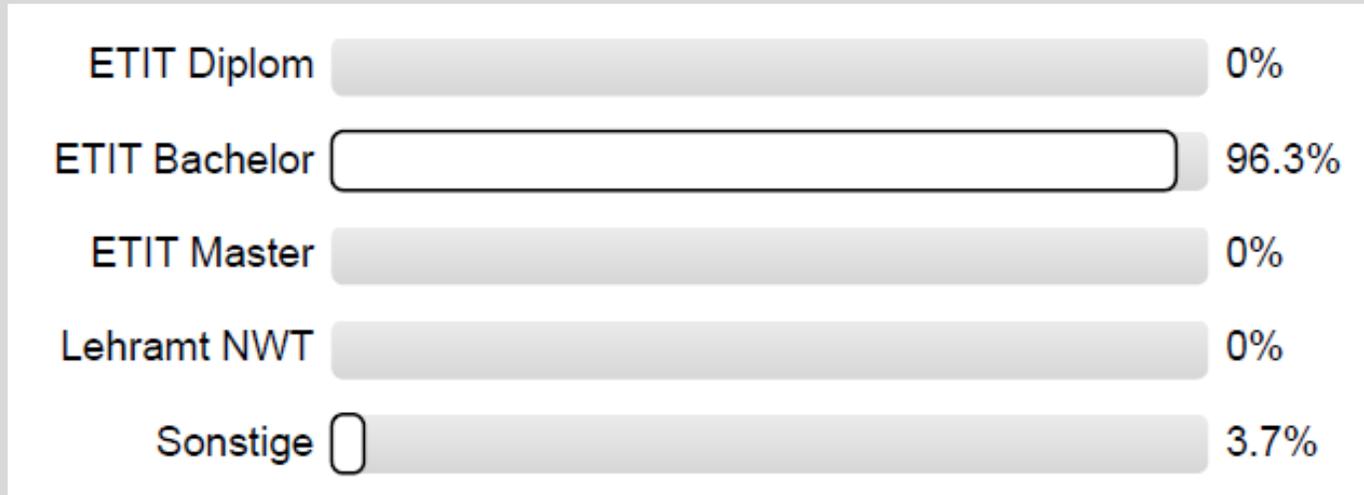


7. Monitoring



Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

Übungsevaluation - Teilnehmer



Materialwissenschaften & Werkstofftechnik

Vergewaltigungswissenschaften & Philosophie

Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

Übungsevaluation – Kommentare zum Hörsaal

Hörsaal Neue Chemie : 5,0 * | *Bitte beim Sekretariat melden

- schlechter ~~Hörsaal~~ Hörsaal

schlechter Hörsaal

Schleiß Hörsaal! (Neue Chemie)

• Hörsaal schlecht

Neue Chemie grausamster Hörsaal des ganzen Campus, das Ding sollte mal renoviert werden

Hörsaal ist zu kalt!

Schlechter Hörsaal, gute Übung

Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

Übungsevaluation – Terminkonflikt der MWT'ler

Vereinstaltungen Freitags nicht ~~+~~ besuchbar durch Doppelbelegung!
/schlecht

Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

Übungsevaluation – Forderung schriftliche Musterlösung

Es sollte eine ausdrückbare Musterlösung geben (~100 Folien von einer Übung kann man schlecht drucken)

Lösungsblätter wären noch schön, wo die Aufgaben auch in Kurzfassung gelöst sind

Anregung: Übungsfolien ab Anfang der Übung online, damit man zurückschleppen kann

• Weniger Lösungsfolien (nicht jeder Schritt als eigene Folie) bitte

Powerpoint als Lösung absolut ungeeignet!

- evtl. Kurzversion der Lösungsfolien zum Ausdrucken

- Bitte keine 160 Folien als Lösung ins Netz stellen, sondern ~~ein~~ normales Lösungsskript online stellen, dass man evtl. auch ausdrucken kann.

• evtl. ~~keine~~ Lösungen noch in „Textform“ / nicht als Folien

- Bitte auch Lösungen in Textform veröffentlichen (kann man ausdrucken und schneller benutzen, Folien für ausführliche Erklärungen)

Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

Übungsevaluation – Sprachliche Aspekte die ÜL betreffend 1

„mhk“ störend

Julian: du benutzt zu viele „ähms“, sonst beide sehr gut und anschaulich.

Auftretungshäufigkeit von „Ähms“ sollte reduziert werden

Übungsleiter 2: Erklärt sehr gut, leider stören die vielen „Ähms“ stark die Konzentration ^{auf den} ^{Zinhalt} ↓

Der eine sagt immer „Ähms“ vor jedem Satz, nach jedem Satz und in jedem Satz! Kann mich überhaupt nicht konzentrieren!

Ähm!

Julian, die „ähms“ brauchst du echt nicht, machen das Zuhören nur schwerer. Inhaltlich super! Weiter so!

- Zu viele Füllwörter („Ähm“). Eine Vortrag/Üb halten ist schon ok, aber die Füllwörter sind ausreißend für den Hörer. Stattdessen einfach Pause, oder so

@Julian, ein bisschen auf die „ähms“ achten

Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

Übungsevaluation – Sprachliche Aspekte die ÜL betreffend 2

Das schönste Land im deutschen Land - -

Endlich mal jemand der badisch schätzt. 😊

Schöner Dialekt :-)

Badner

Eine Übersicht/über alle wichtigen Inhalte eines Kapitels
zusammenfassung wäre auch sehr hilfreich

Stoff erscheint (gerade am Anfang) zusammenhanglos

Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

Übungsevaluation – Lob und Ermunterung 1

Sehr engagierte Übungsleiter, weiter so!
Das Foto zum Defektchemie „Kochrezept“ war klasse :-)

sehr gute Übung!

Super: Zusammenfassungen, Kochrezepte, Tips etc. ! ☺
Sehr anschaulich → top

2 gute Übungsleiter, aber Herr ~~_____~~ Szasz ist manchmal ein
_____ wenig schnell. _____

MICHAEL SCHÖNLEBER FOR PRESIDENT!!! (☺)(☺)(☺)

Beste Übung!

positiv: keine hochkomplexen Rechnungen, sondern Verstehen im Vordergrund
manchmal zu schnell | viel zusätzliche Infos zusätzlich zu dem was auf den Folien steht
↳ da bleibt auch was hängen !

- Sonst ihm ist die Übung ihm recht gut ihm gestaltet ☺

Übungsleiter sehr motiviert

Super locker und ansprechende Sprache, gute Erklärungen

Folien sind sehr gut strukturiert und gut zur Wiederholung geeignet.

. Erklärungen sehr verständlich

Schönleber rockt da hause!

. Inhalte werden gut & verständlich vermittelt

Folien sind zum Nachbereiten sehr gut ausgearbeitet.

Danke!!!

Übung 8

A1: Begriffe und Grundlagen

Die Effekte im Magnetismus ähneln stark jenen Effekten, die bei der Polarisierung von Dielektrika zu beobachten sind. Gab es dort noch elektrische Dipole, die für eine makroskopisch beobachtbare Polarisierung 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.

Lösung 1: Mathematische Analogie

Magnetika

Magnetische Feldstärke H [A/m]

Magnetische Flussdichte/Induktion B [Vs/m²]

Magnetische Polarisation J [Vs/m²]

Magnetisierung M [A/m]

$$B = \mu_0 \cdot H + J$$

In linearer Materie

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$$

$$J = \mu_0 \cdot \chi_m \cdot H$$

$$M = \chi_m \cdot H$$

$$\mu_r = 1 + \chi_m$$

Dielektrika

Elektrische Feldstärke E [V/m]

Dielektrische Verschiebungsdichte D [As/m²]

Dielektrische Polarisation P [As/m²]

(-)

$$D = \varepsilon_0 \cdot E + P$$

In linearer Materie

$$D = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot E$$

$$P = \varepsilon_0 \cdot \chi_e \cdot E$$

(-)

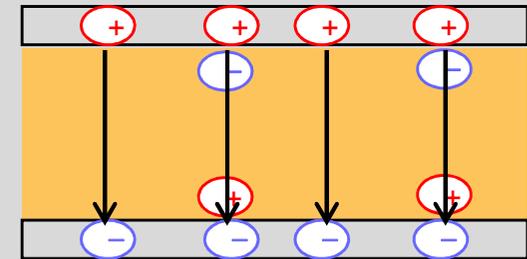
$$\varepsilon_r = 1 + \chi_e$$

Lösung 2: Physikalisch anschauliche Analogie

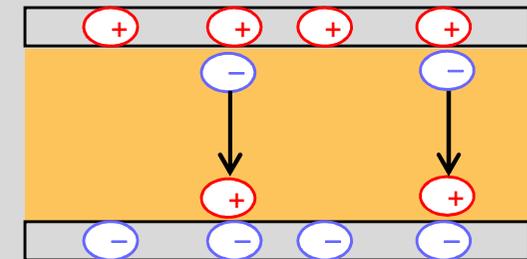
Wiederholung: Dielektrische Felder

 \vec{D}

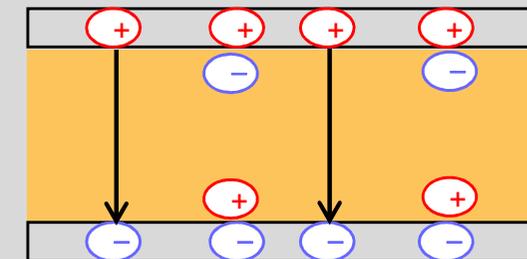
Dielektrische Verschiebungsdichte: Beschreibt die durch Ladungen verursachte Teilkomponente des elektrischen Feldes

 \vec{P}

Dielektrische Polarisierung: Beschreibt die durch Dipole verursachte Komponente des elektrischen Feldes (in der Regel die Verschiebungsdichte kompensierend)

 \vec{E}

Elektrische Feldstärke: Resultierende makroskopische Kraftwirkung auf eine fiktive Probeladung → Messbar!

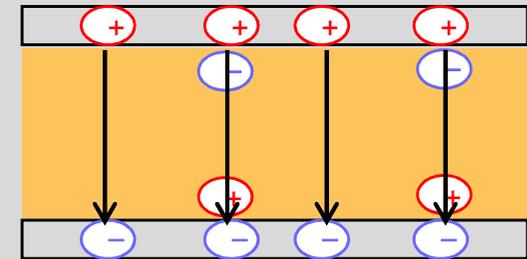


Lösung 2: Physikalisch anschauliche Analogie

Analogien:

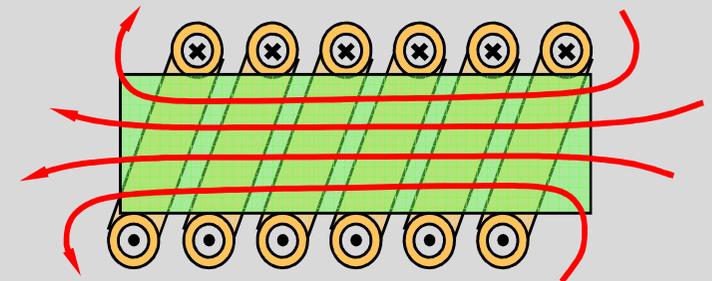
\vec{D}

Dielektrische Verschiebungsdichte: Beschreibt die durch Ladungen verursachte Teilkomponente des elektrischen Feldes



\vec{H}

Magnetische Feldstärke: Beschreibt die durch Stromfluss verursachte Teilkomponente des magnetischen Feldes

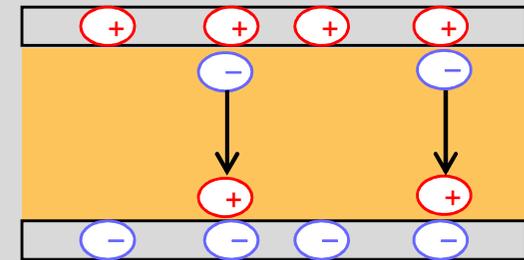


Lösung 2: Physikalisch anschauliche Analogie

Analogien:

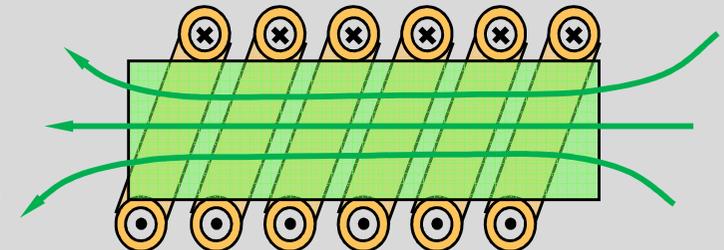
\vec{P}

Dielektrische Polarisierung: Beschreibt die durch Dipole verursachte Komponente des elektrischen Feldes (in der Regel die Verschiebungsdichte kompensierend)



\vec{M} / \vec{J}

Magnetisierung M / magnetische Polarisierung J : Beschreibt die durch Elementarmagnete verursachte Komponente des magnetischen Feldes (in der Regel die magnetische Feldstärke verstärkend (Ausnahme: Diamagnetismus))

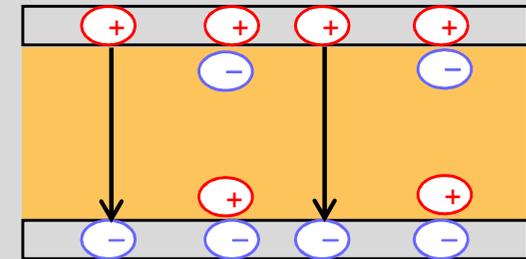


Lösung 2: Physikalisch anschauliche Analogie

Analogien:

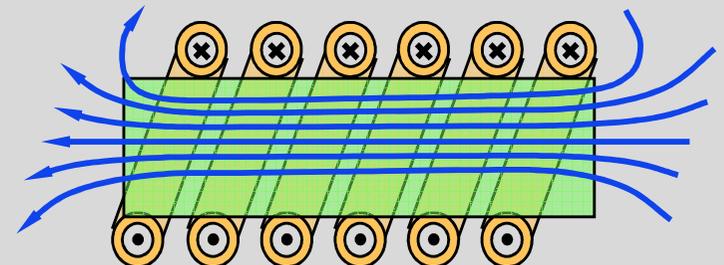
\vec{E}

Elektrische Feldstärke: Resultierende makroskopische Kraftwirkung auf eine fiktive Probeladung → Messbar!



\vec{B}

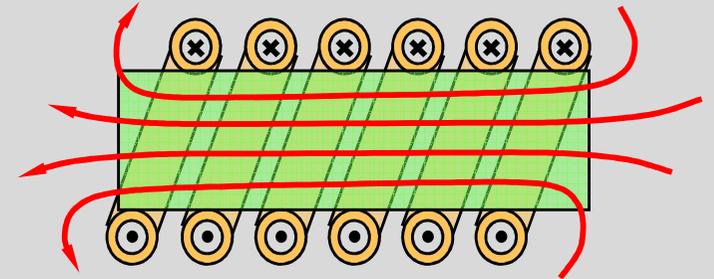
Magnetische Flussdichte: Resultierende makroskopische Kraftwirkung auf einen fiktiven stromdurchflossenen Leiter → Messbar!



Lösung 2: Physikalisch anschauliche Analogie

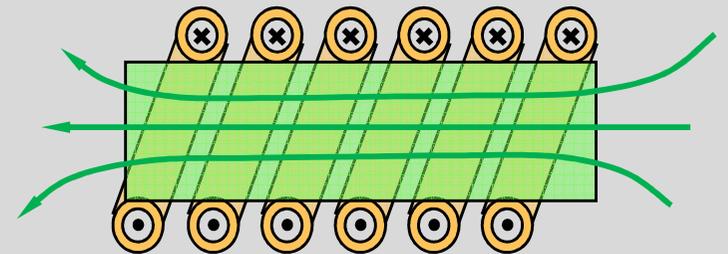
$$\vec{D} \leftrightarrow \vec{H}$$

Magnetische Feldstärke: Beschreibt die durch Stromfluss verursachte Teilkomponente des magnetischen Feldes



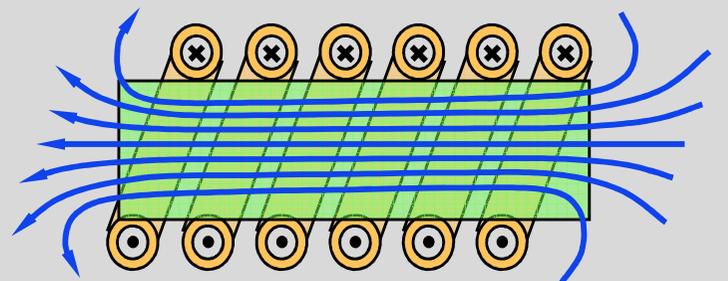
$$\vec{P} \leftrightarrow \vec{M} / \vec{J}$$

Magnetisierung M / magnetische Polarisation J : Beschreibt die durch Elementarmagnete verursachte Komponente des magnetischen Feldes (in der Regel die magnetische Feldstärke verstärkend (Ausnahme: Diamagnetismus))



$$\vec{E} \leftrightarrow \vec{B}$$

Magnetische Flussdichte: Resultierende makroskopische Kraftwirkung auf einen fiktiven stromdurchflossenen Leiter → Messbar!



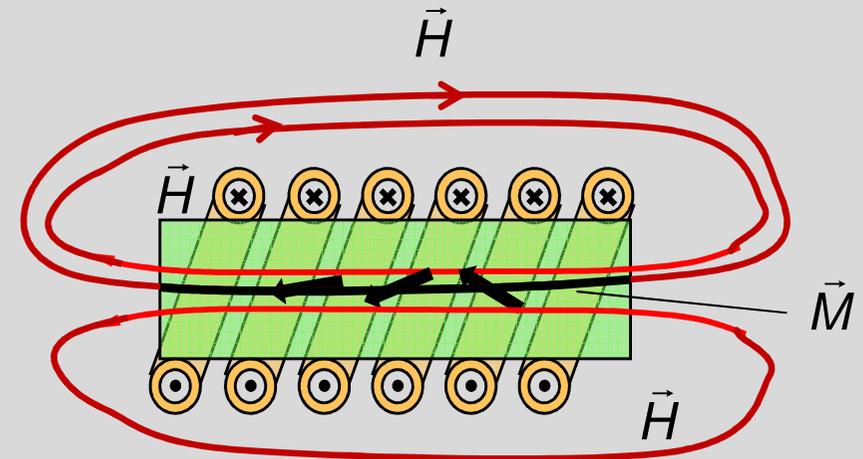
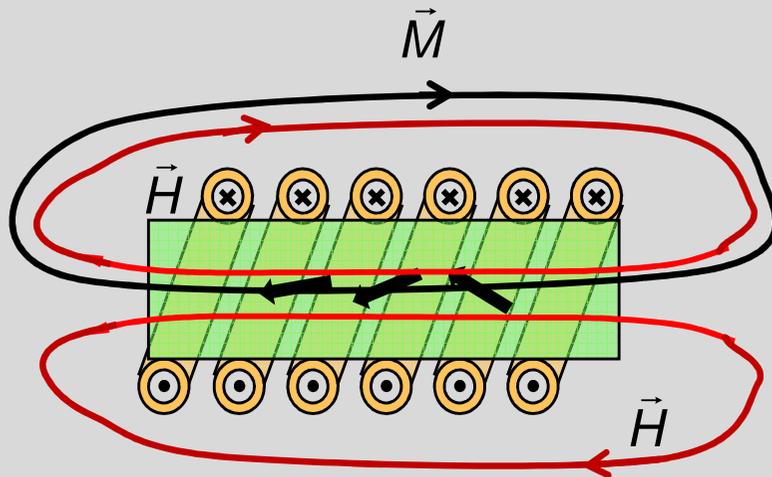
Exkurs: Weitere mehrdeutige Betrachtungsweisen

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0 \Leftrightarrow \operatorname{div} (H + M) = 0$$

Maxwell nicht eindeutig!

$$\operatorname{div} \vec{H} = \operatorname{div} \vec{M} = 0$$

$$\operatorname{div} \vec{H} = -\operatorname{div} \vec{M} \neq 0$$



Quellenfreiheit aller Teilfelder

→ Geschlossene Feldlinien

→ Teilfelder im kompletten Raum

Physikalisch korrekt

Teilfelder haben gemeinsame Quellen/Senken

→ nur Summe ist quellenfrei

→ \vec{M} nur im Material

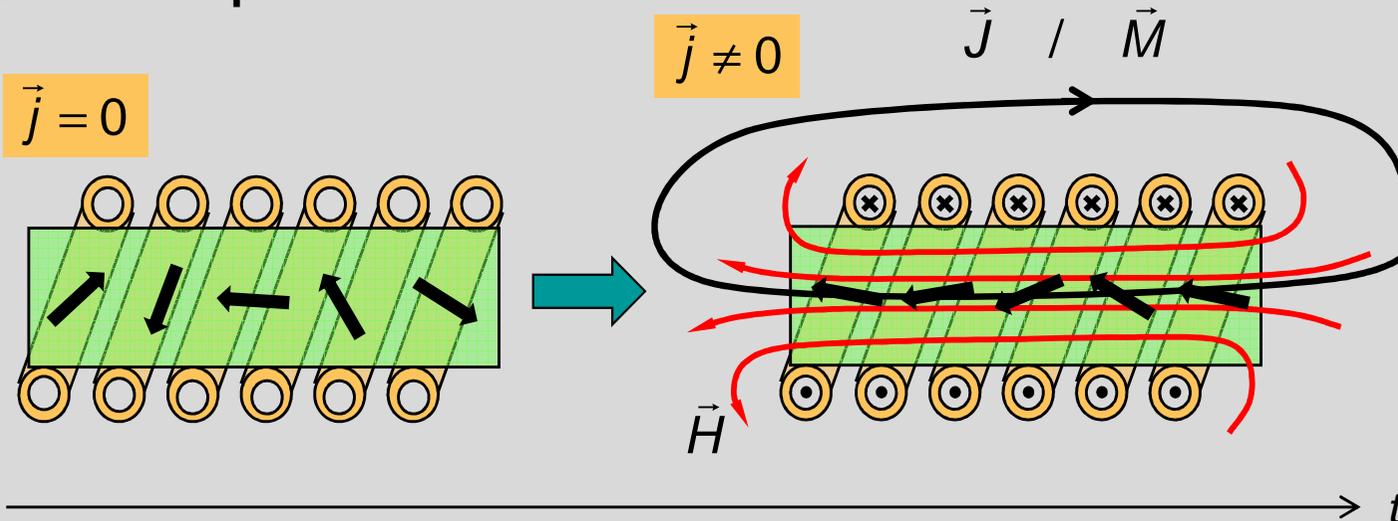
Theorie magnetischer Kreise: Vorteilhaft für Luftspaltberechnungen etc.

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

\vec{M} $\left[\frac{A}{m} \right]$ Magnetisierung / \vec{J} $\left[\frac{Vs}{m^2} \doteq T \right]$ Magnetische Polarisation

Verknüpfungsgleichung $\vec{J} = \mu_0 \vec{M} \quad \rightarrow \quad \vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \vec{J} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M})$

Situation Spule

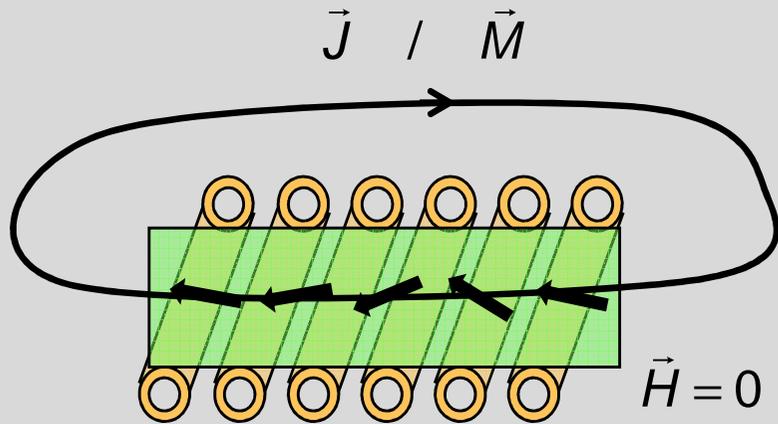


Lösung:

Beide Felder beschreiben qualitativ den durch Materialeinfluss verursachten Teil der magnetischen Flussdichte. Sie unterscheiden sich lediglich durch die Konstante μ_0 . M trägt damit gedanklich die Einheit des H-Feldes, J die Einheit des B-Feldes.

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?

Situation Permanentmagnet (Spule eigtl. überflüssig)



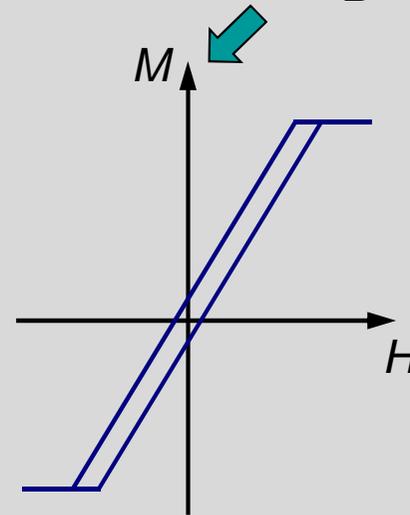
$\vec{j} = 0 \rightarrow$ **Kein H-Feld**

Die genannte Beziehung stellt eine Vereinfachung für näherungsweise lineare Medien dar. Bei einem Permanentmagneten ist diese Linearität nicht gegeben und die genannte Vereinfachung somit nicht gültig.

Herleitung H-B-Zusammenhang

Allgemein gilt:

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M})$$

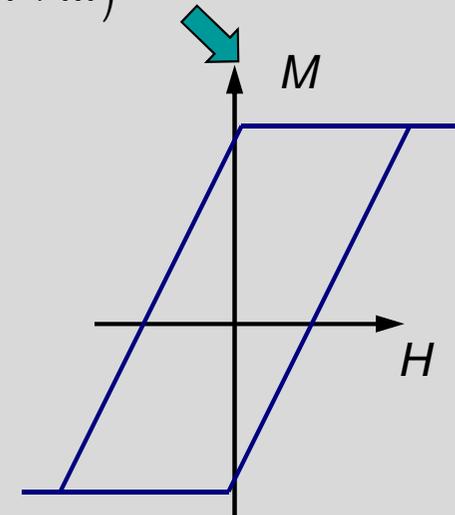


Z.B. Eisenkern Trafo

$$\vec{M} \approx \chi_M \vec{H}$$



$$\vec{B} = \mu_0 \underbrace{(1 + \chi_M)}_{\mu_R} \vec{H}$$



Permanentmagnet

$$\vec{M} \neq \mu_R \vec{H}$$

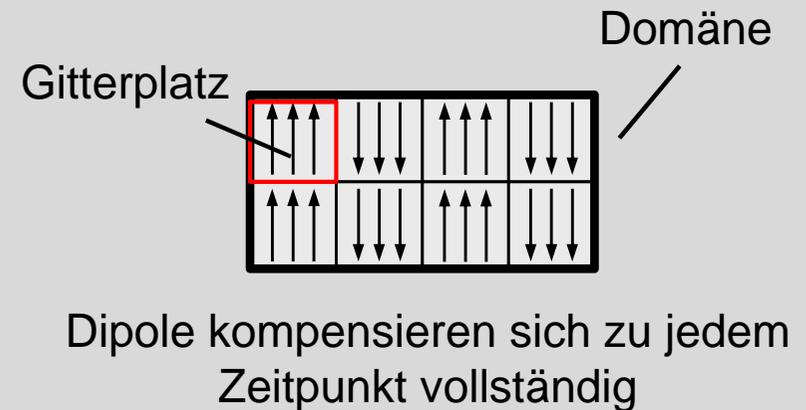
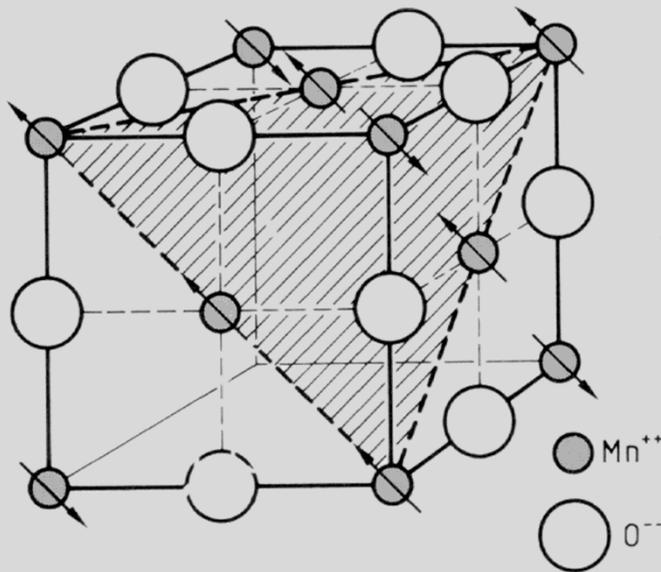


$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M})$$

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

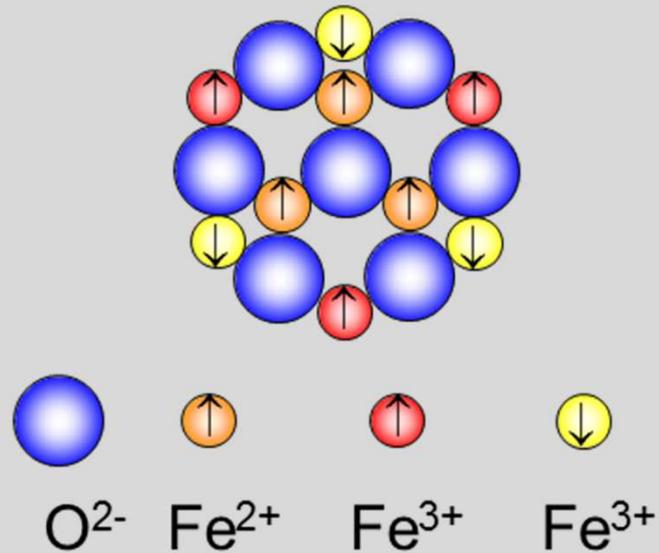
Antiferromagnetismus

Kopplung benachbarter magnetischer Momente innerhalb gewisser Bereiche (Domänen): Nahezu vollständige Kompensation durch Antiparallelstellung.



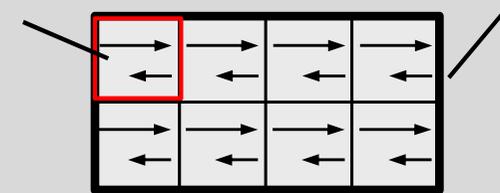
Ferrimagnetismus

Kopplung benachbarter magnetischer Momente innerhalb gewisser Bereiche (Domänen): Unvollständige Kompensation durch Antiparallelstellung.



Gitterplatz

Domäne

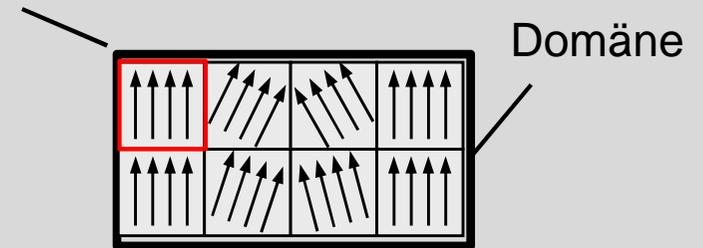


Dipole kompensieren sich zu jedem Zeitpunkt nur unvollständig und richten sich aneinander aus

Ferromagnetismus

Kopplung benachbarter magnetischer Momente innerhalb gewisser Bereiche (Domänen): Verstärkung durch Parallelstellung.

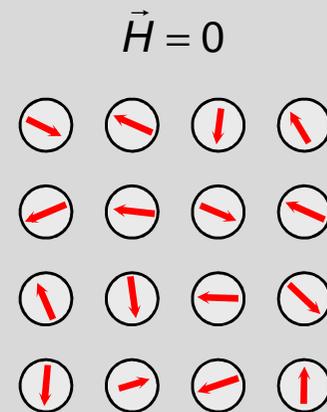
Gitterplatz



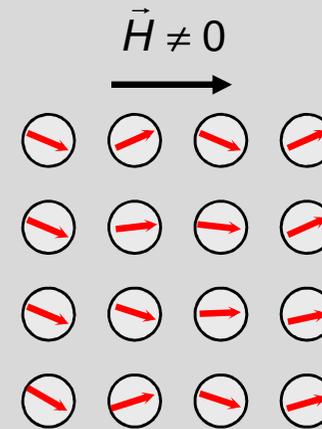
Permanente Dipolmomente richten sich in gleiche Richtungen aus

Paramagnetismus

Ausrichtung permanent vorhandener atomarer magnetischer Momente in Richtung des äußeren Magnetfelds. Keine Kopplung einzelner Momente.



Momente
statistisch verteilt,
keine Kopplung

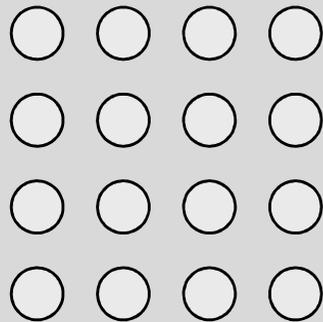


H-Feld richtet die
magnetischen Dipole
teilweise aus

Diamagnetismus

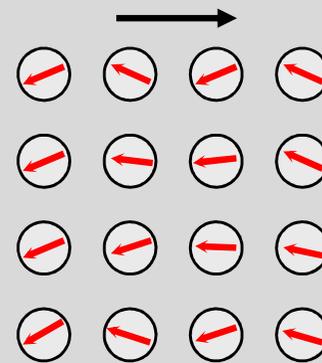
Induzierung atomarer magnetischer Momente entgegen der Richtung des äußeren Magnetfelds

$$\vec{H} = 0$$



Keine magnetischen
Dipole

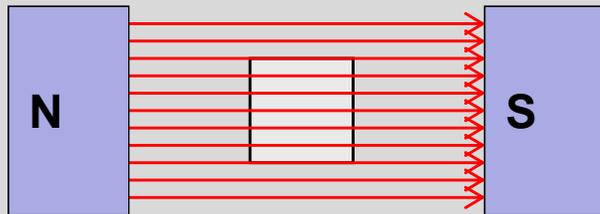
$$\vec{H} \neq 0$$



Induzierte magnetische Dipole
(entgegen äußerer Ursache)

Wirkung in homogenen Magnetfeldern

Verstärkend



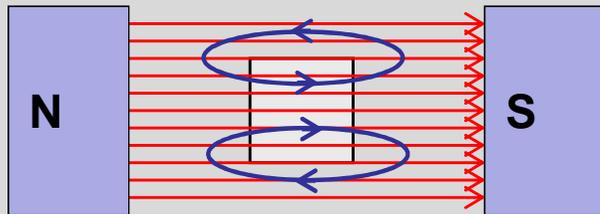
Ferromagnetismus

Ferrimagnetismus

Paramagnetismus

Wirkung in homogenen Magnetfeldern

Verstärkend



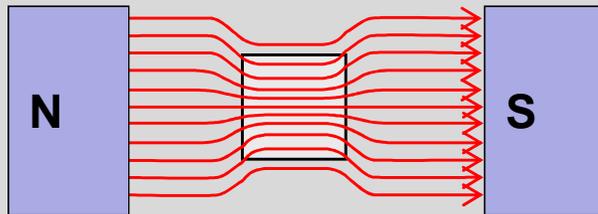
Ferromagnetismus

Ferrimagnetismus

Paramagnetismus

Wirkung in homogenen Magnetfeldern

Verstärkend



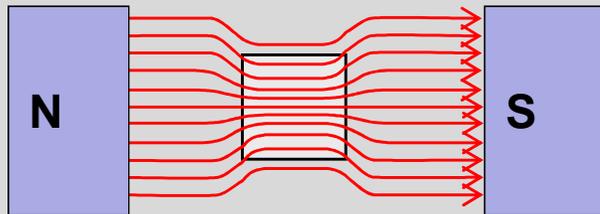
Ferromagnetismus

Ferrimagnetismus

Paramagnetismus

Wirkung in homogenen Magnetfeldern

Verstärkend

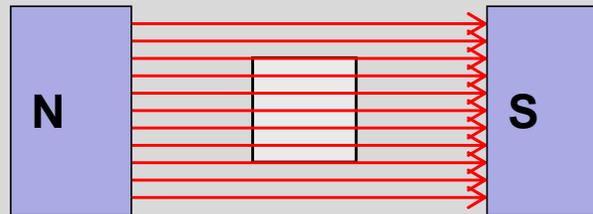


Ferromagnetismus

Ferrimagnetismus

Paramagnetismus

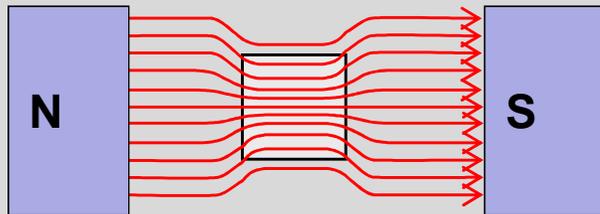
Neutral



Antiferromagnetismus

Wirkung in homogenen Magnetfeldern

Verstärkend

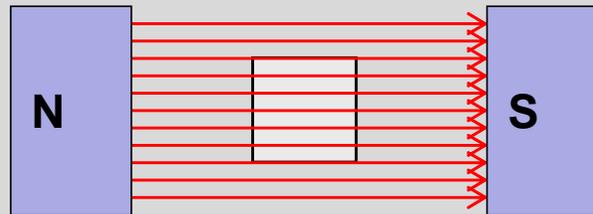


Ferromagnetismus

Ferrimagnetismus

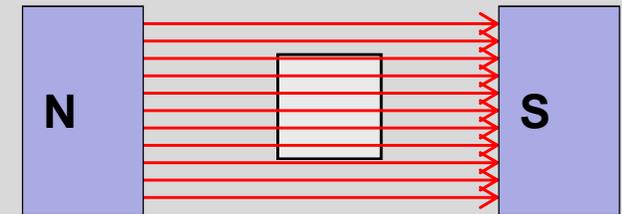
Paramagnetismus

Neutral



Antiferromagnetismus

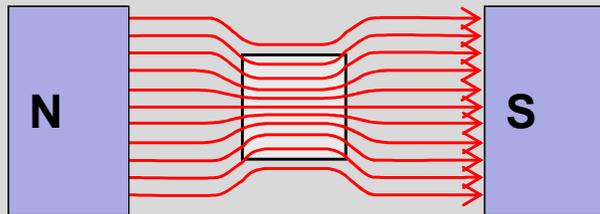
Schwächend



Diamagnetismus

Wirkung in homogenen Magnetfeldern

Verstärkend

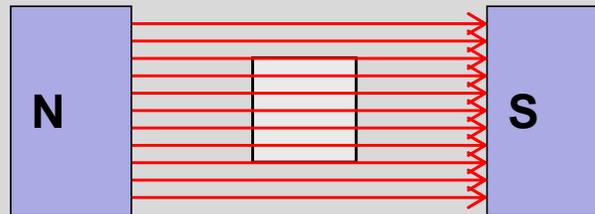


Ferromagnetismus

Ferrimagnetismus

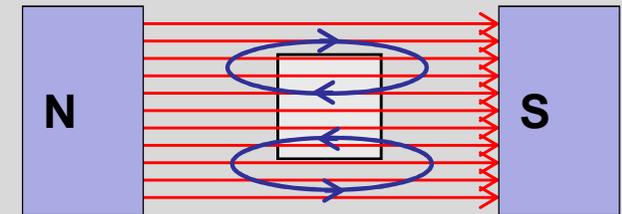
Paramagnetismus

Neutral



Antiferromagnetismus

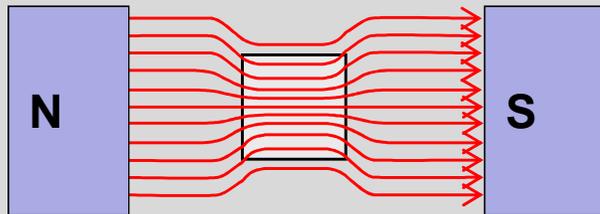
Schwächend



Diamagnetismus

Wirkung in homogenen Magnetfeldern

Verstärkend

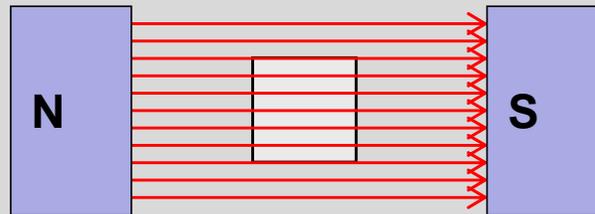


Ferromagnetismus

Ferrimagnetismus

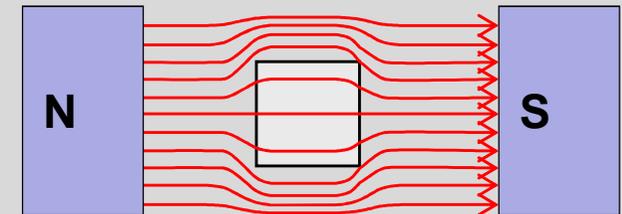
Paramagnetismus

Neutral



Antiferromagnetismus

Schwächend



Diamagnetismus

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

Antiferromagnetismus

Kopplung benachbarter magnetischer Momente innerhalb gewisser Bereiche (Domänen): Nahezu vollständige Kompensation durch Antiparallelstellung.

Ferrimagnetismus

Kopplung benachbarter magnetischer Momente innerhalb gewisser Bereiche (Domänen): Unvollständige Kompensation durch Antiparallelstellung.

Ferromagnetismus

Kopplung benachbarter magnetischer Momente innerhalb gewisser Bereiche (Domänen): Verstärkung durch Parallelstellung.

Diamagnetismus

Induzierung atomarer magnetischer Momente entgegen der Richtung des äußeren Magnetfelds. Keine Kopplung einzelner Momente.

Paramagnetismus

Ausrichtung permanent vorhandener atomarer magnetischer Momente in Richtung des äußeren Magnetfelds. Keine Kopplung einzelner Momente.

Kopplung und Domänenbildung

Antiferro, Ferri- und Ferromagnetismus haben die Kopplung magnetischer Momente und die Ausbildung von Domänen gemeinam. Bei Dia- und Paramagnetismus tritt beides nicht auf.

Weder Kopplung noch Domänenbildung

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

Stärke (von Ausnahmen abgesehen)

Diamagnetismus

Induzierung atomarer magnetischer Momente entgegen der Richtung des äußeren Magnetfelds. Keine Kopplung einzelner Momente.

Antiferromagnetismus

Kopplung benachbarter magnetischer Momente innerhalb gewisser Bereiche (Domänen): Nahezu vollständige Kompensation durch Antiparallelstellung.

Paramagnetismus

Ausrichtung permanent vorhandener atomarer magnetischer Momente in Richtung des äußeren Magnetfelds. Keine Kopplung einzelner Momente.

Ferrimagnetismus

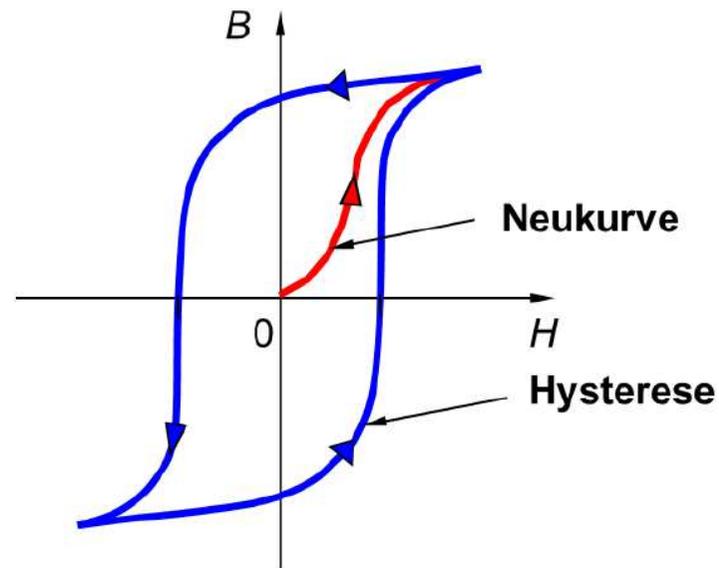
Kopplung benachbarter magnetischer Momente innerhalb gewisser Bereiche (Domänen): Unvollständige Kompensation durch Antiparallelstellung.

Ferromagnetismus

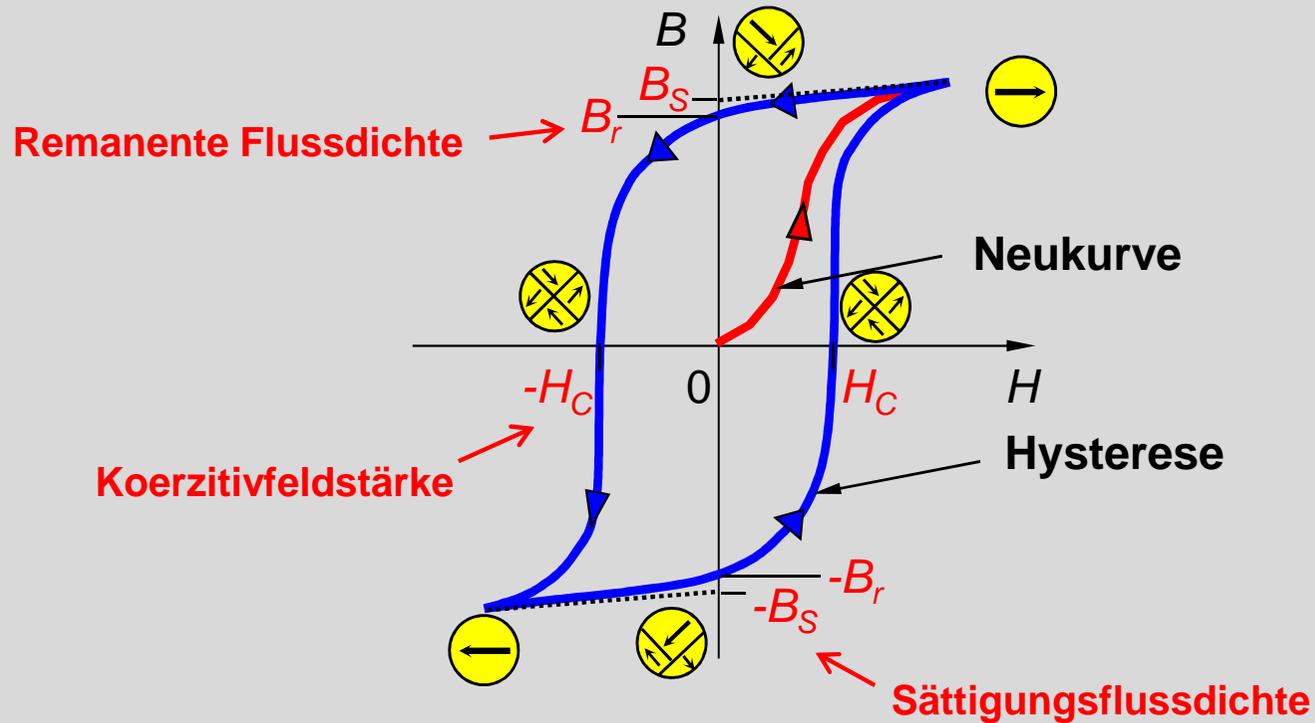
Kopplung benachbarter magnetischer Momente innerhalb gewisser Bereiche (Domänen): Verstärkung durch Parallelstellung.

A2: Ferromagnetismus

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



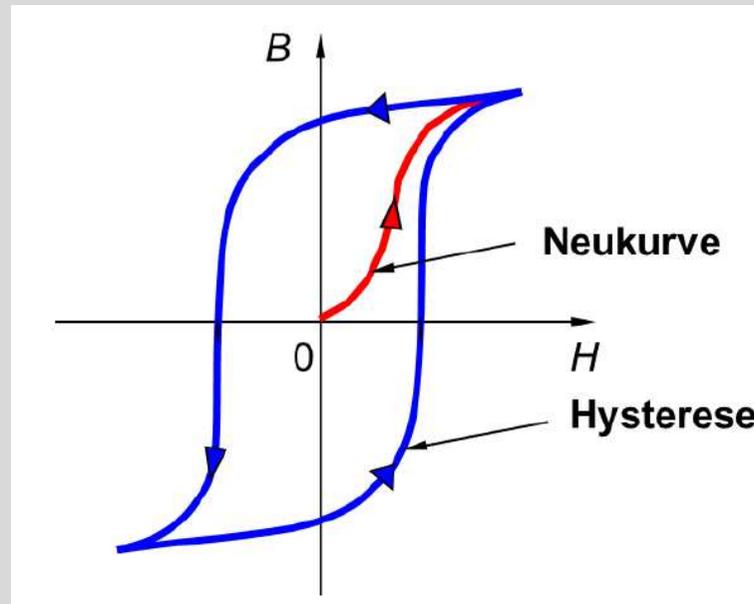
a) Kennzeichnen Sie charakteristische Punkte der Hysteresekurve, kennzeichnen Sie diese und machen Sie sich deren Bedeutung klar.



Remanente Flussdichte: Übrigbleibende Flussdichte bei $H=0$

Koerzitivfeldstärke: Feldstärke, die angelegt werden muss um die magnetische Flussdichte zum verschwinden zu bringen

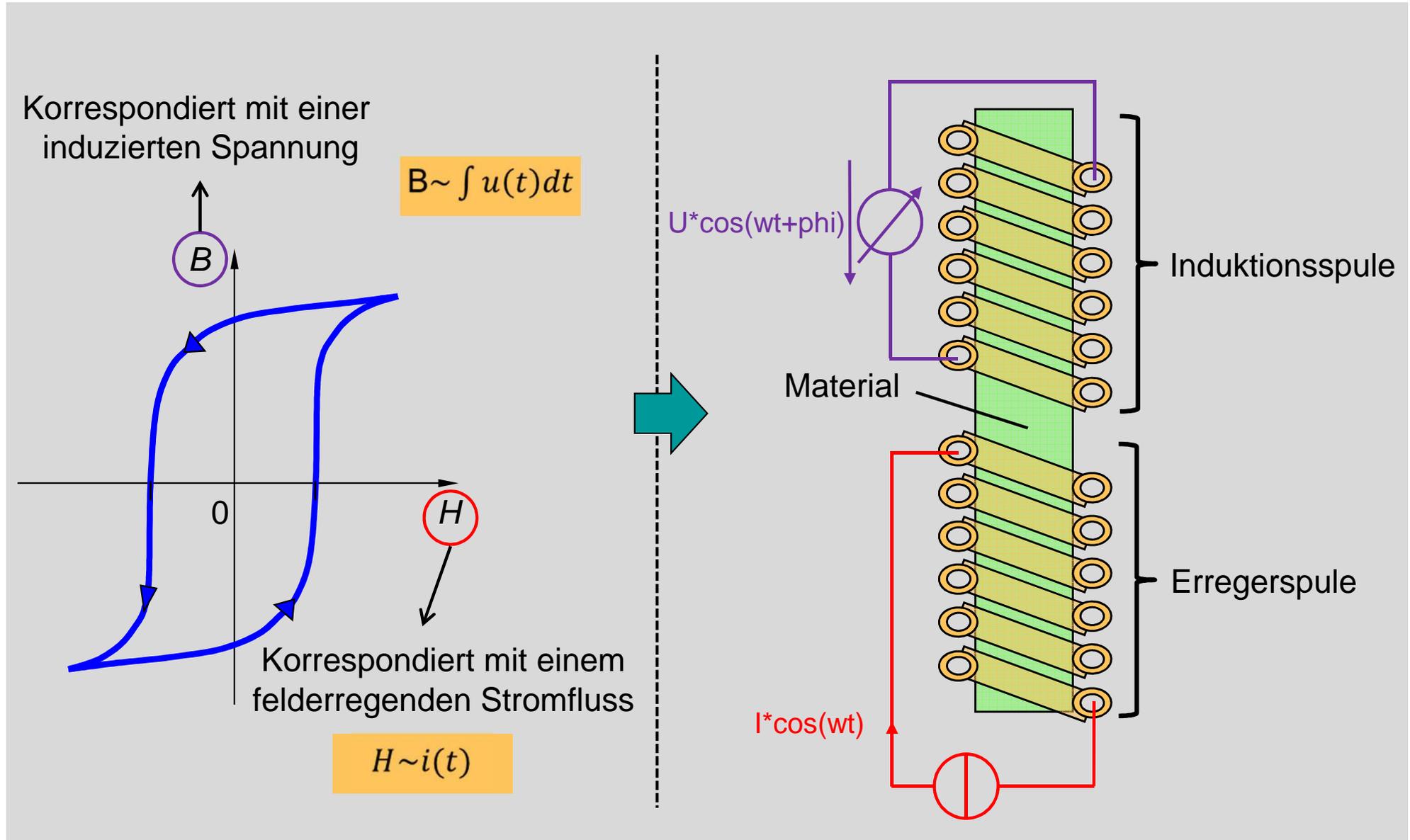
Sättigungsflussdichte: Flussdichte ab der alle magnetischen Dipole ausgerichtet sind



b.) Wie könnte man obige Kurve messtechnisch ermitteln?

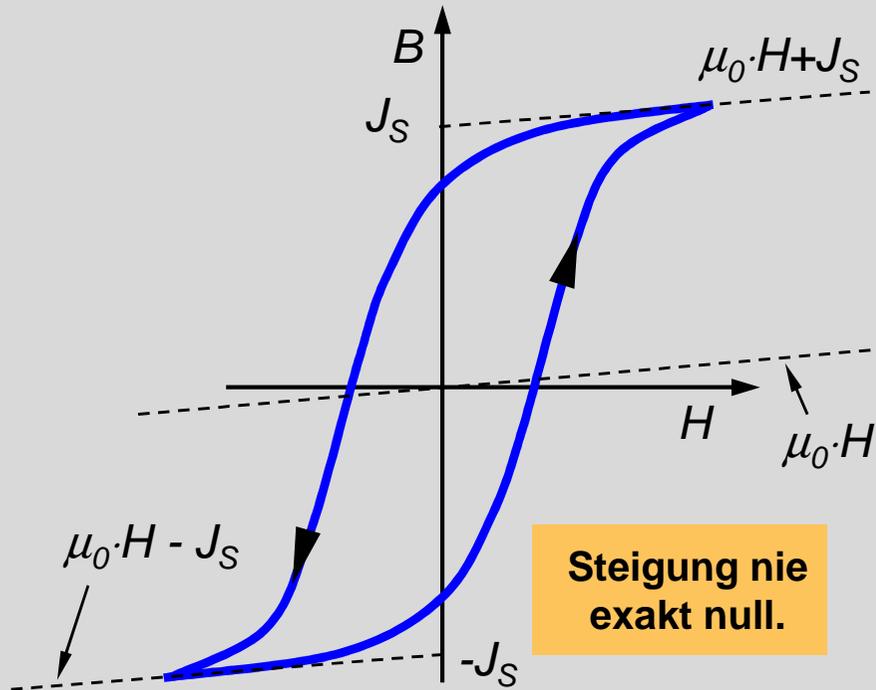
Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

Übung 8



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

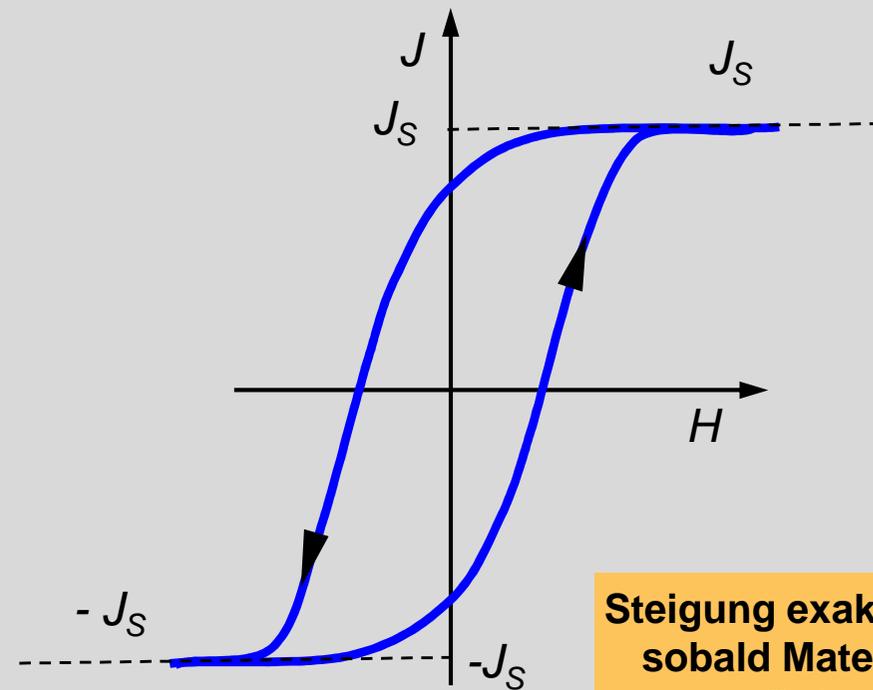
B(H)-Diagramm



Steigung nie exakt null.

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \vec{J}$$

J(H)-Diagramm



Steigung exakt null sobald Material gesättigt.

$$\vec{J} = \vec{B} - \mu_0 \vec{H}$$

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

- i. Transformatoren
- ii. Magnetischen Speichern
- iii. Hochfrequenzspulen

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

Transformator

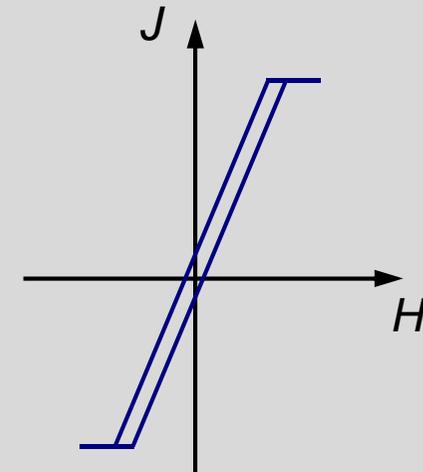
Anforderung Trafo

Lineares Übertragungsverhalten
Geringe Hystereseverluste
Kleiner Leerlaufstrom



Anforderung Kennline

Linearer Verlauf
Geringe Hystereseffläche
Steiler Verlauf



Ferromagnetischer
Werkstoff



Z. B. Eisen

Speicher

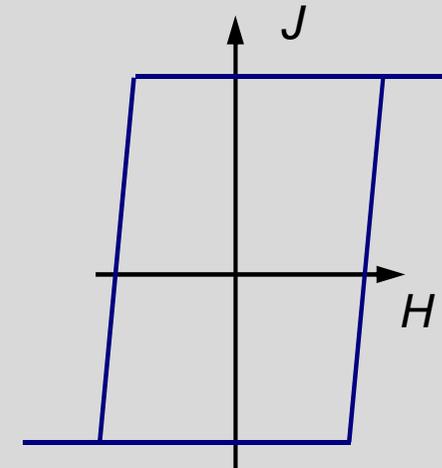
Anforderung Speicher

Diskrete Zustände
Kein versehentliches
Umschalten



Anforderung Kennline

Hartes Schalten
Große Koerzitivfeldstärke



Hartmagnetischer
Ferrimagnetischer
Werkstoff



Z. B.
Mg-Zn-Ferrite

Hochfrequenzspule

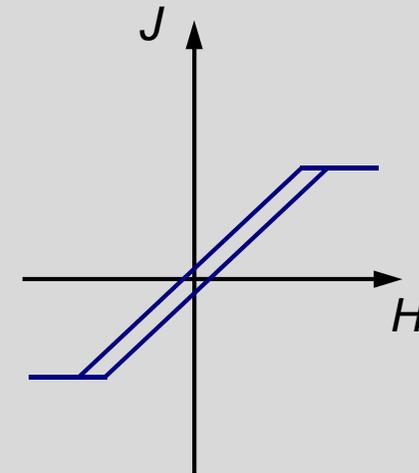
Anforderung HF-Spule

Geringe Hystereseverluste
Geringe Wirbelstromverluste



Anforderung Kennlinie

Geringe Hystereseffläche
Geringe Leitfähigkeit



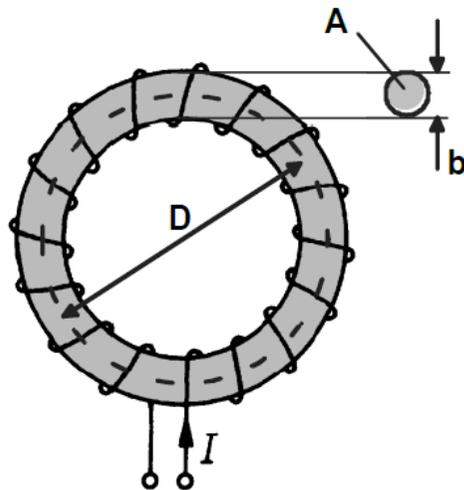
Weichmagnetischer
Ferrimagnetischer
Werkstoff



Z. B.
Ni-Zn-Ferrite

A3: Klausuraufgabe: Ringkernspule

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



Zahlenwerte:

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

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

$$\text{Windungszahl} \quad n = 2250$$

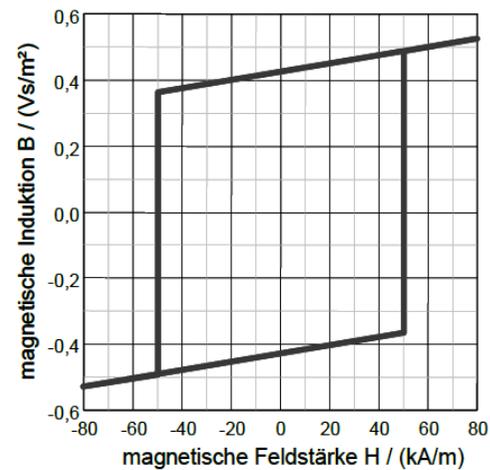
A ist die Querschnittsfläche des Ringkerns.

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.

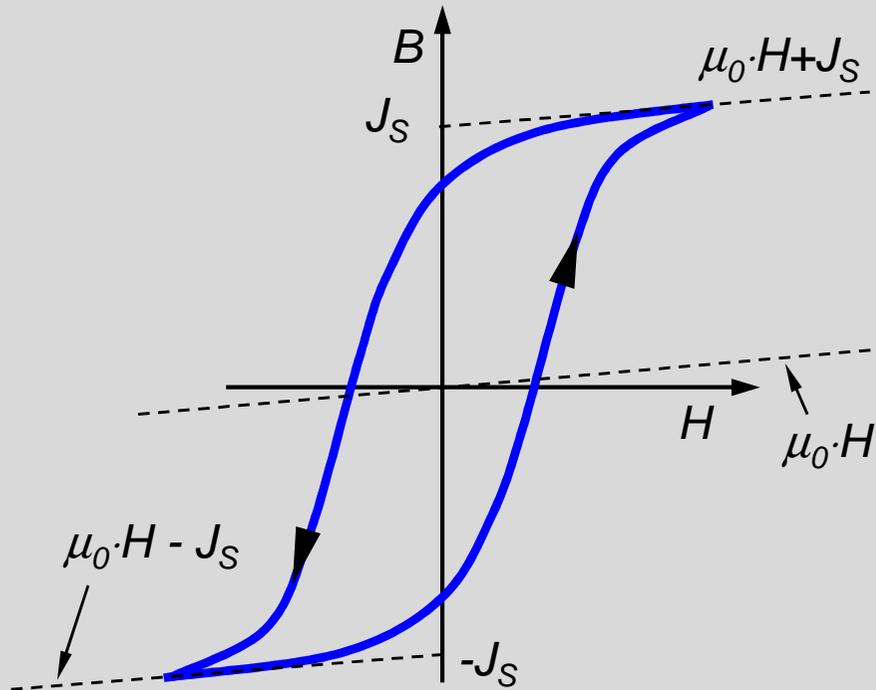
a) Der Kern besteht aus einem Werkstoff mit dem in Bild 2 dargestellten, idealisierten $B(H)$ -Zusammenhang. Zeichnen Sie die magnetische Polarisation J in Abhängigkeit von der magnetischen Feldstärke H . Nutzen Sie dazu die Werte aus Tabelle 1. Begründen Sie den Verlauf Ihrer Lösung rechnerisch.



H / 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

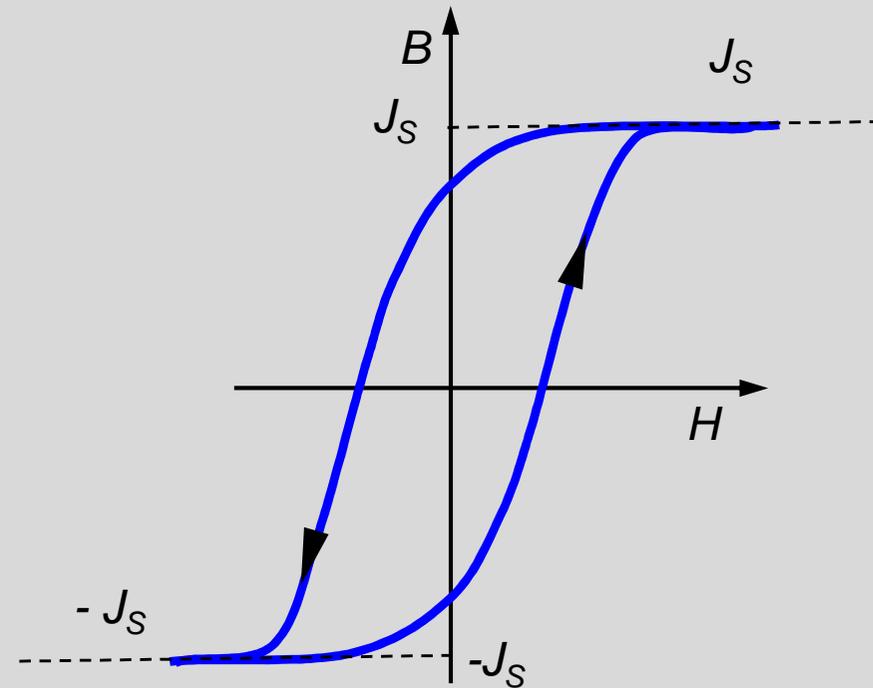
Erinnerung:

B(H)-Diagramm



$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \vec{J}$$

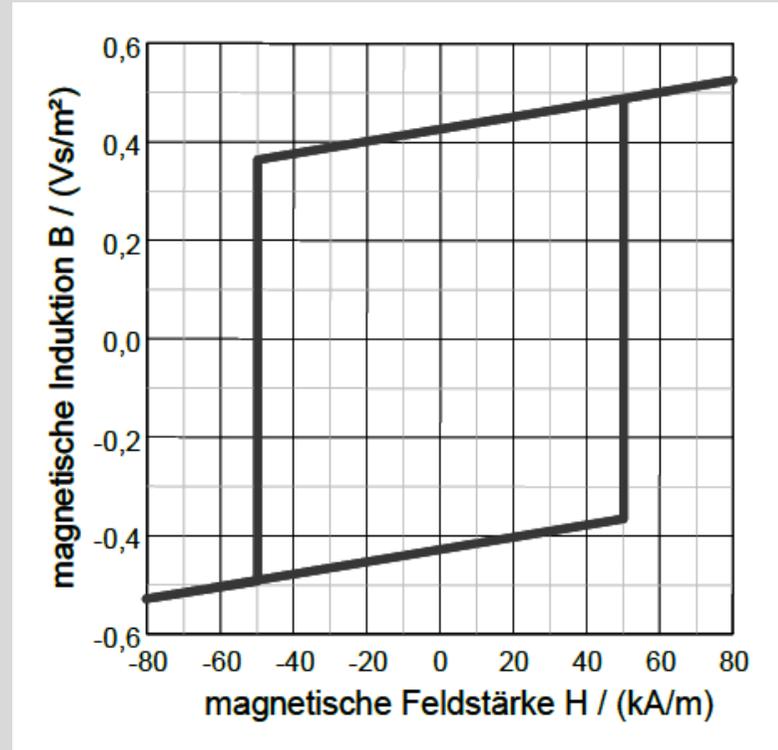
J(H)-Diagramm



$$\vec{J} = \vec{B} - \mu_0 \vec{H}$$

Erinnerung:

B(H)-Diagramm



$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \vec{J}$$

J(H)-Diagramm

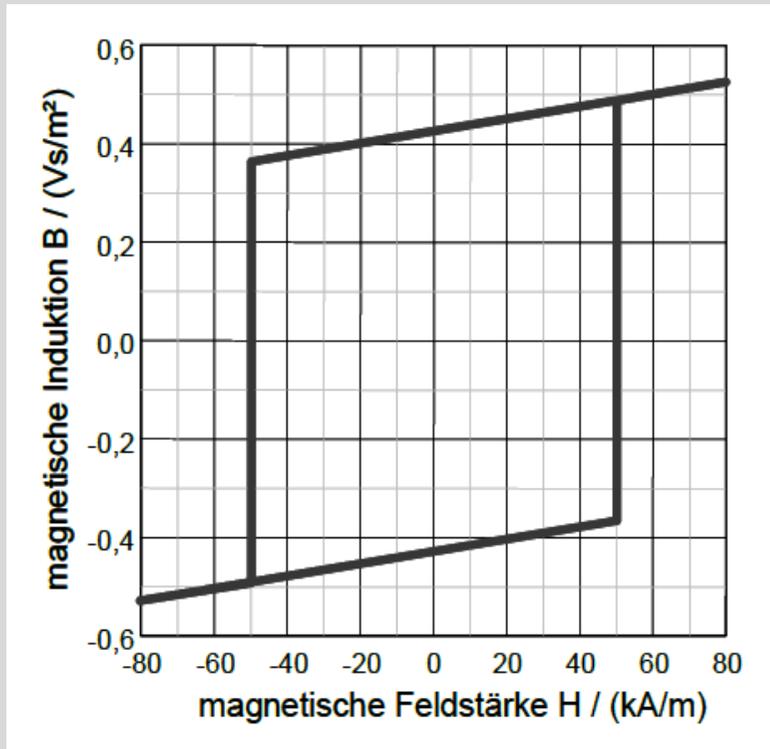
?

$$\vec{J} = \vec{B} - \mu_0 \vec{H}$$

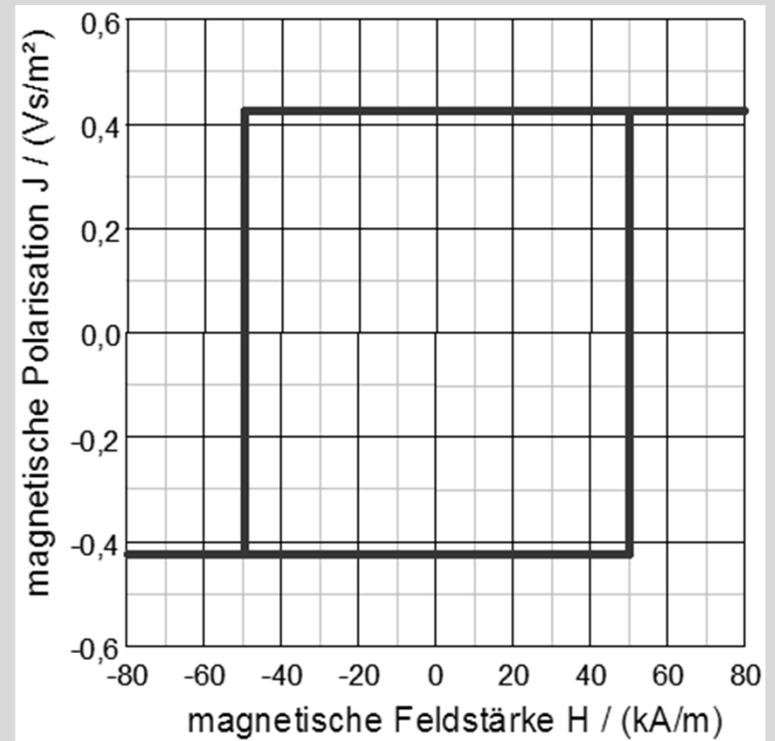
Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

Übung 8

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



$$\vec{J} = \vec{B} - \mu_0 \vec{H}$$

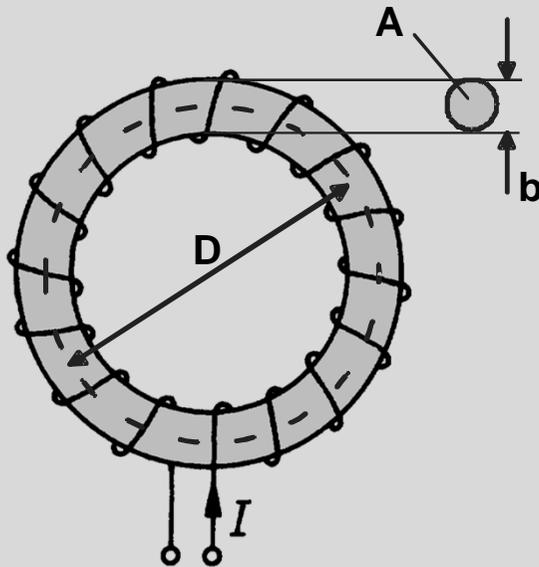
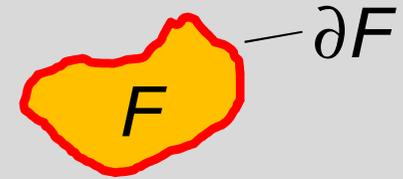


b) In die Spule wird ein Strom $i(t) = I_0 \cdot \cos(\omega t)$ mit $I_0 = 5 \text{ A}$ eingeprägt. Zeichnen Sie den Verlauf der magnetischen Feldstärke $H(t)$ und der magnetischen Induktion $B(t)$ in dem magnetischen Material in die Diagramme am Ende des Übungsblatts ein.

Erinnerung Felder und Wellen:

Maxwell Gleichung

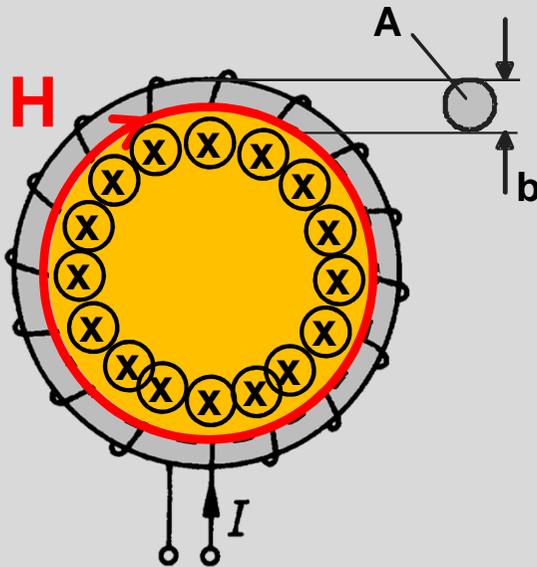
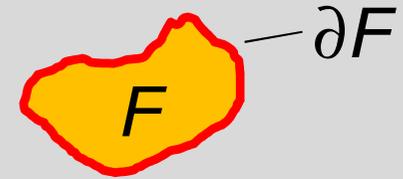
$$\operatorname{rot} H = j \Leftrightarrow \oint_{\partial F} H ds = \int_F j df$$



Erinnerung Felder und Wellen:

Maxwell Gleichung

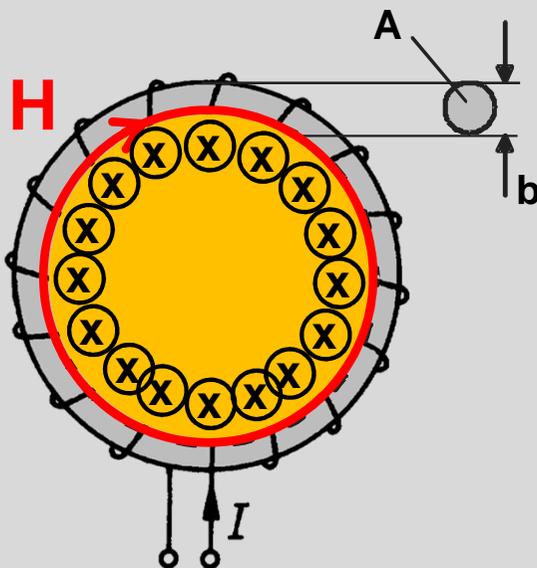
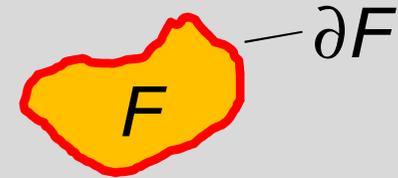
$$\text{rot}H = j \Leftrightarrow \oint_{\partial F} H ds = \int_F j df$$



Erinnerung Felder und Wellen:

Maxwell Gleichung

$$\text{rot}H = j \Leftrightarrow \oint_{\partial F} H ds = \int_F j df$$



$$\oint_{\partial F} H ds = \int_F j df$$

H konstant auf Umlauf, j existiert nur in den Leitern

$$H \oint_{\partial F} ds = n \int_F j_{\text{Leiter}} df \Rightarrow H \cdot 2\pi \frac{D}{2} = n \cdot I$$

Auflösen liefert

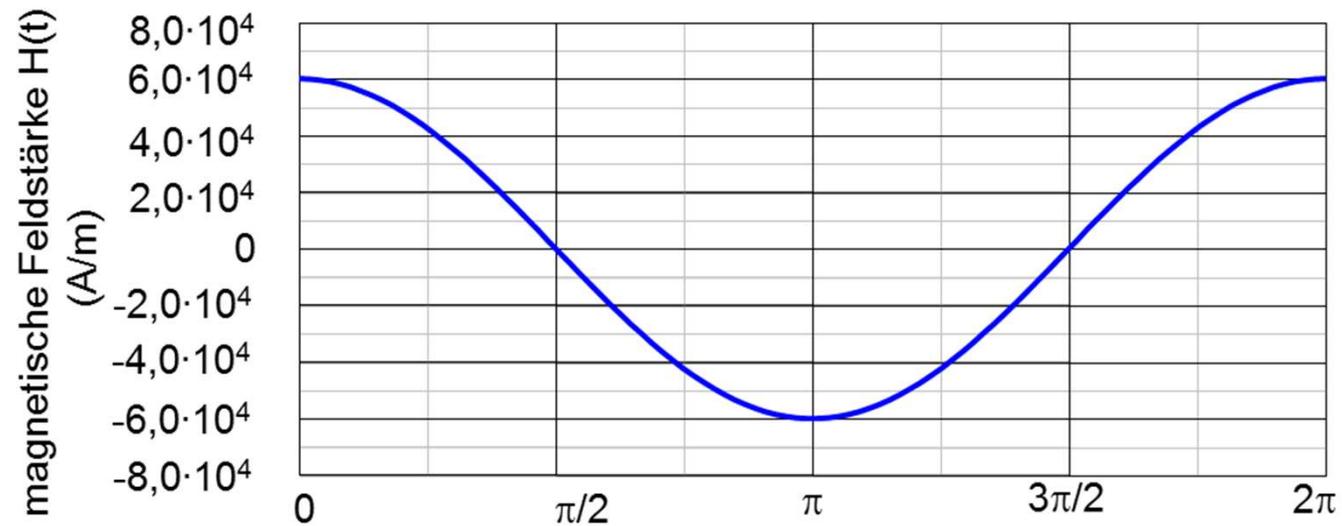
$$H = \frac{n \cdot I}{\pi \cdot D} \Rightarrow H(t) = \frac{n \cdot I(t)}{\pi \cdot D} = \frac{n}{\pi \cdot D} \cdot I_0 \cos(\omega t)$$

$$H(t) = \frac{n}{\pi \cdot D} \cdot I_0 \cos(\omega t)$$

Werte einsetzen liefert:

$$H(t) = 59.68 \frac{\text{kA}}{\text{m}} \cdot \cos(\omega t)$$

Zeichnen:

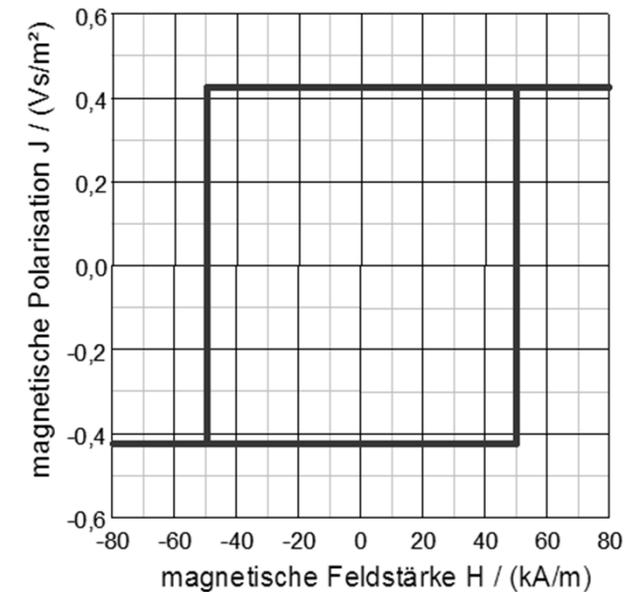
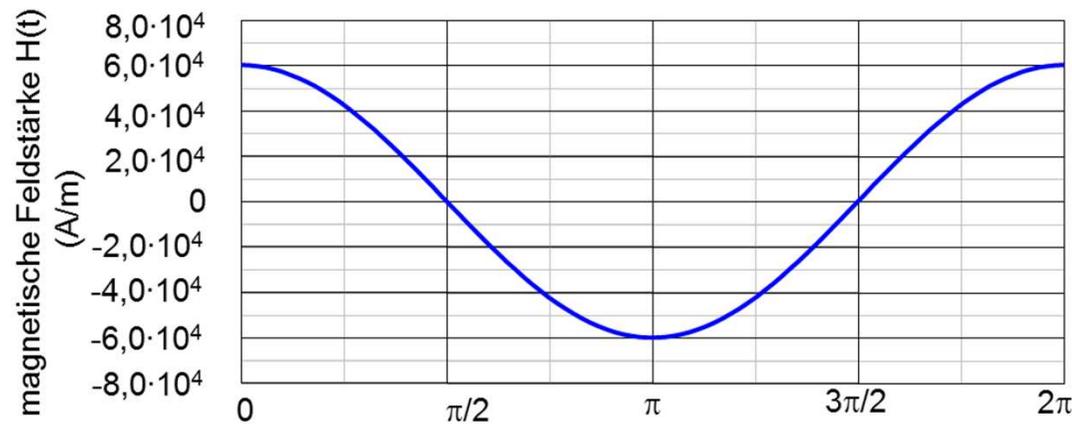


b) In die Spule wird ein Strom $i(t) = I_0 \cdot \cos(\omega t)$ mit $I_0 = 5 \text{ A}$ eingeprägt. Zeichnen Sie den Verlauf der magnetischen Feldstärke $H(t)$ und der magnetischen Induktion $B(t)$ in dem magnetischen Material in die Diagramme am Ende des Übungsblatts ein.

$$H(t) = \frac{n}{\pi \cdot D} \cdot I_0 \cos(\omega t)$$

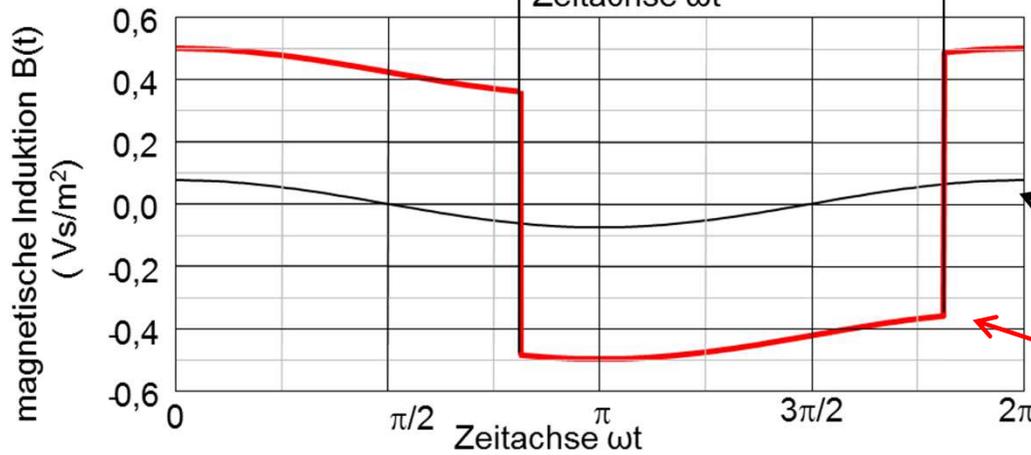
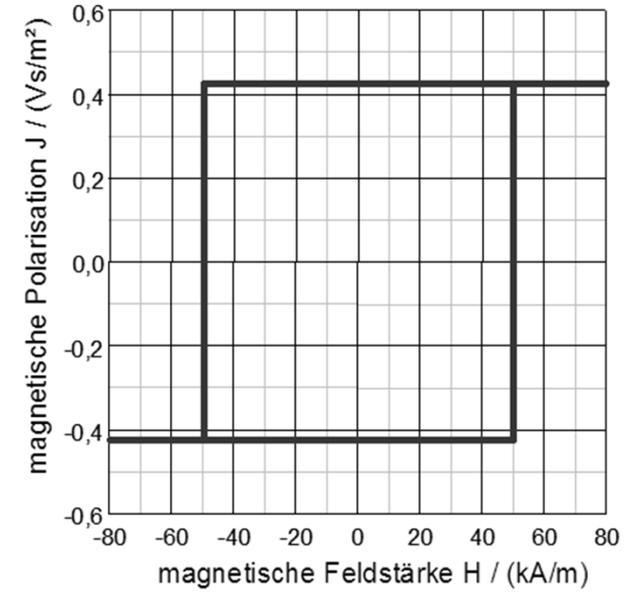
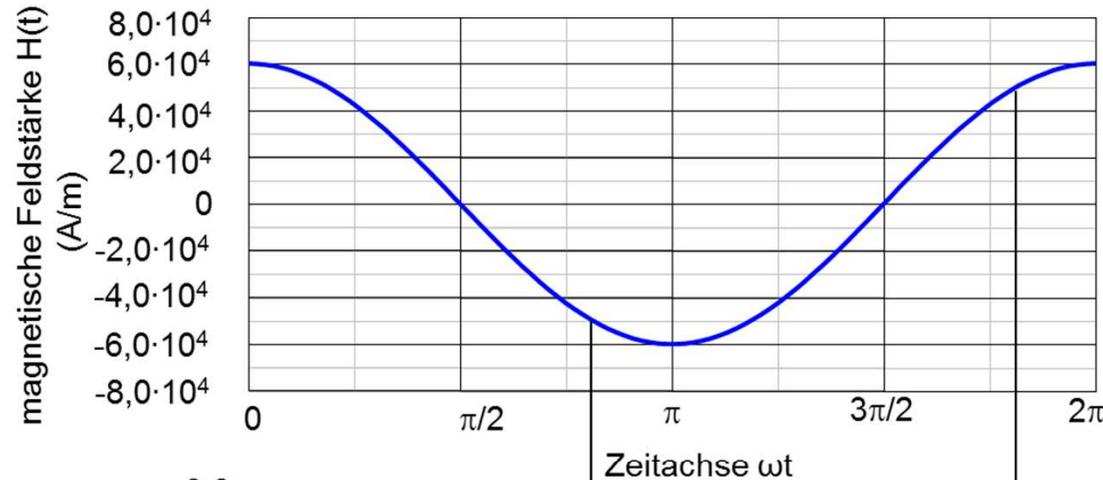
Für die Beziehung zwischen B und H-Feld gilt

$$B = \mu_0 H + J \Rightarrow B(t) = \mu_0 H(t) + J(H(t))$$



Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

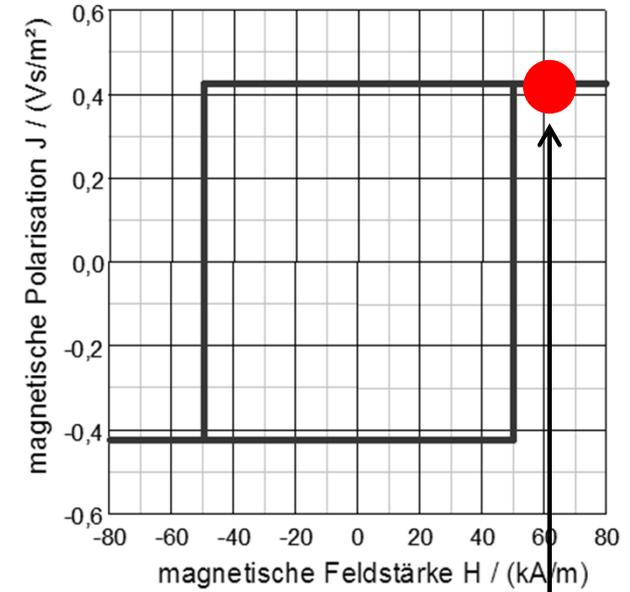
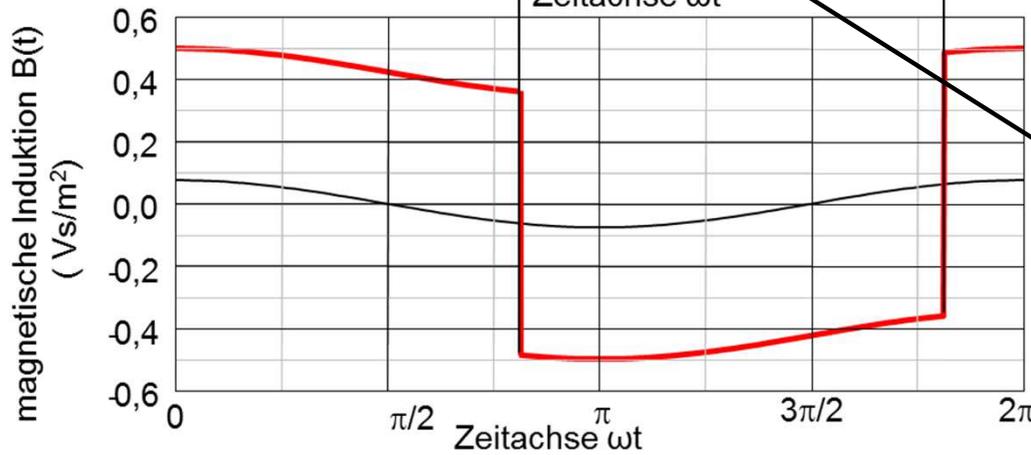
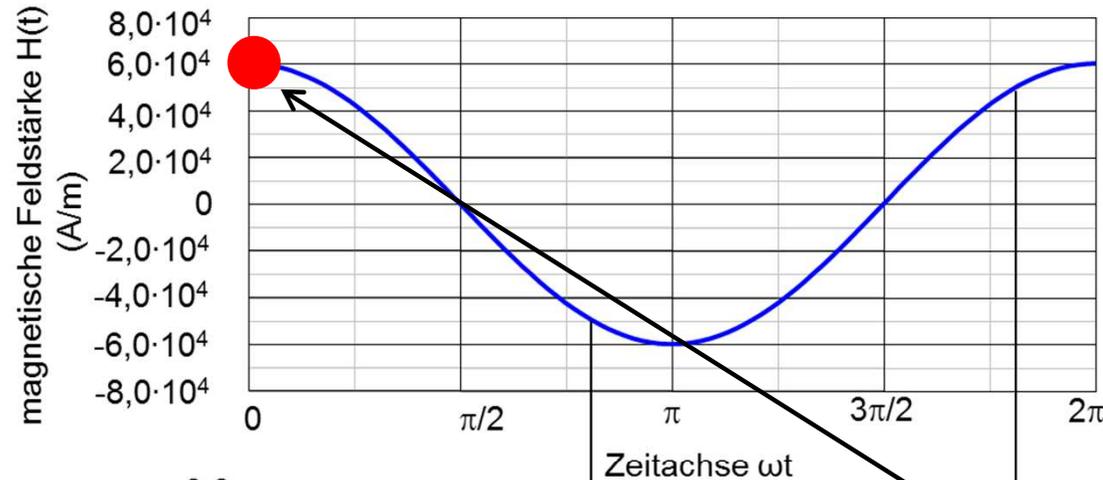
Übung 8



$$B(t) = \mu_0 H(t) + J(H(t))$$

Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

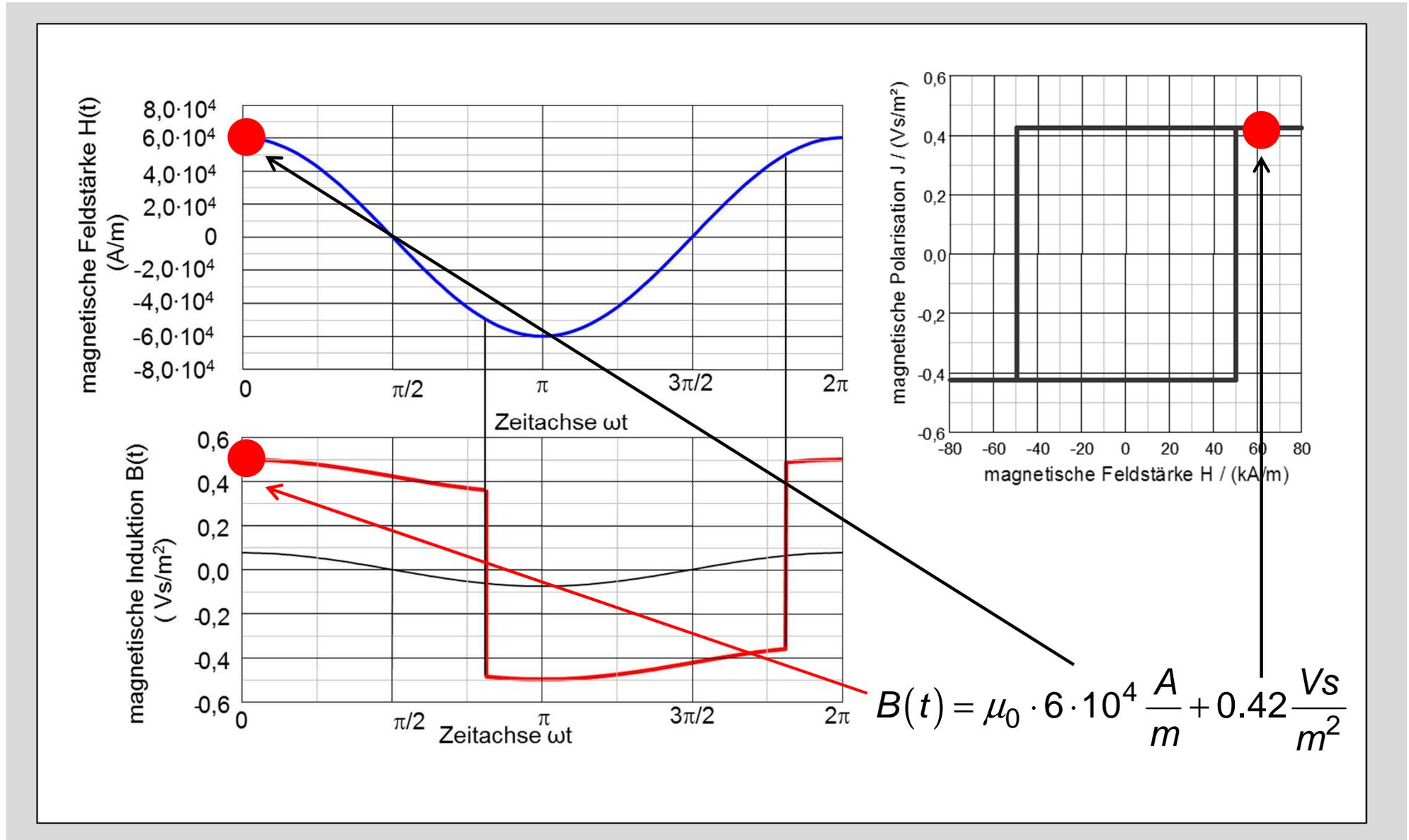
Übung 8



$$B(t) = \mu_0 \cdot 6 \cdot 10^4 \frac{\text{A}}{\text{m}} + 0.42 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$$

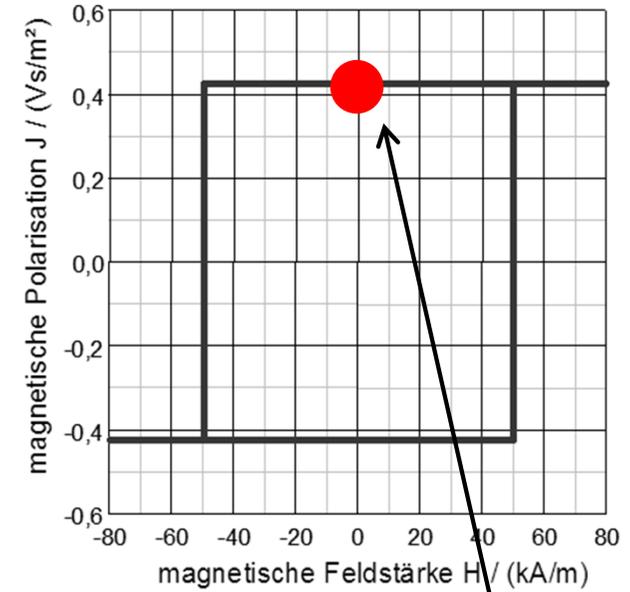
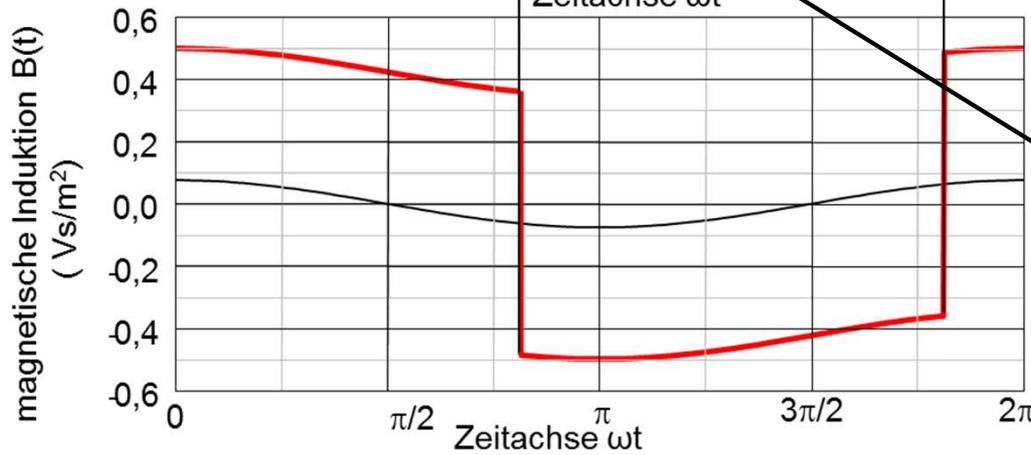
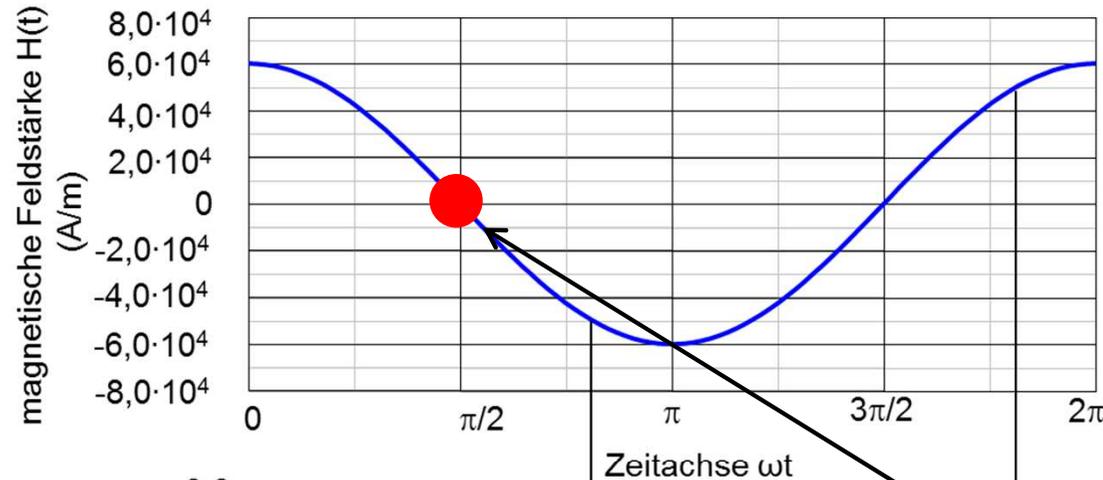
Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

Übung 8



Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

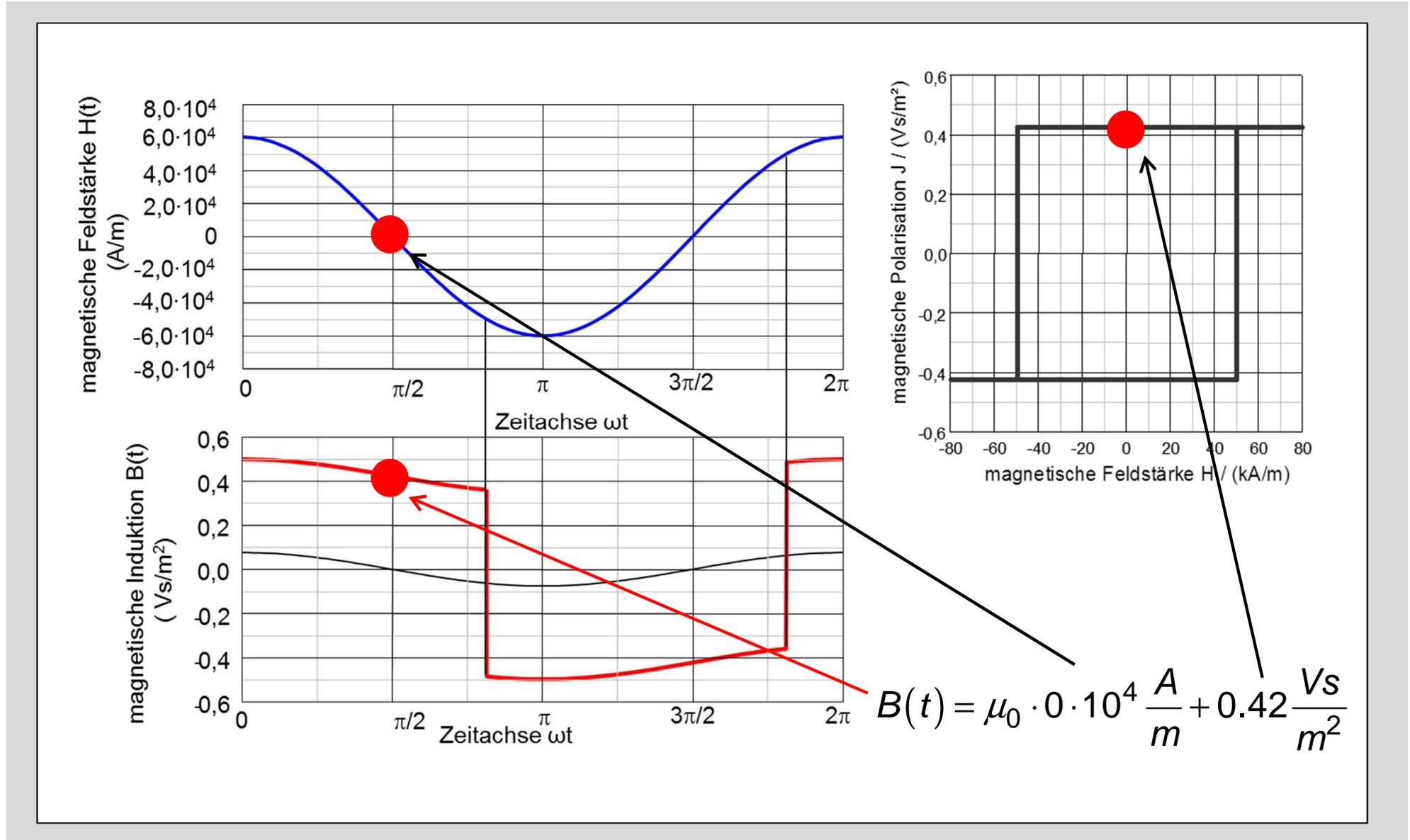
Übung 8



$$B(t) = \mu_0 \cdot 0 \cdot 10^4 \frac{A}{m} + 0.42 \frac{Vs}{m^2}$$

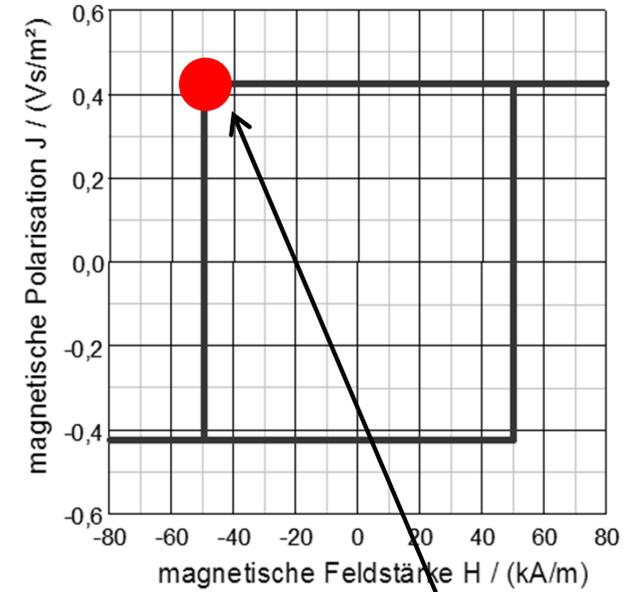
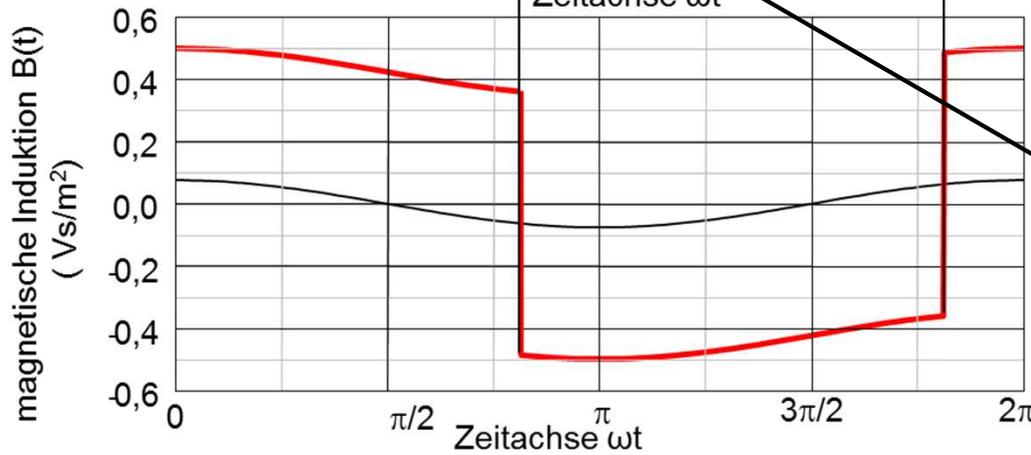
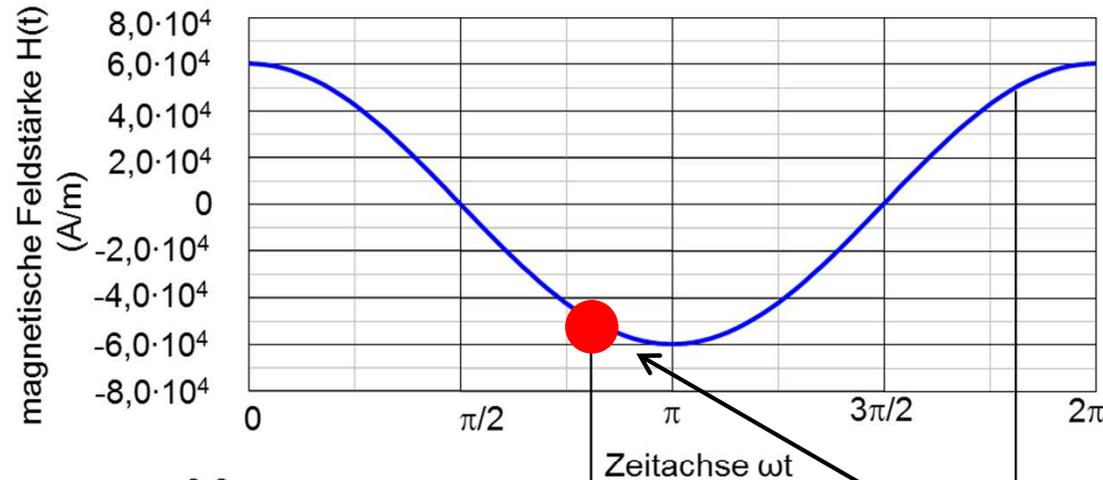
Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

Übung 8



Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

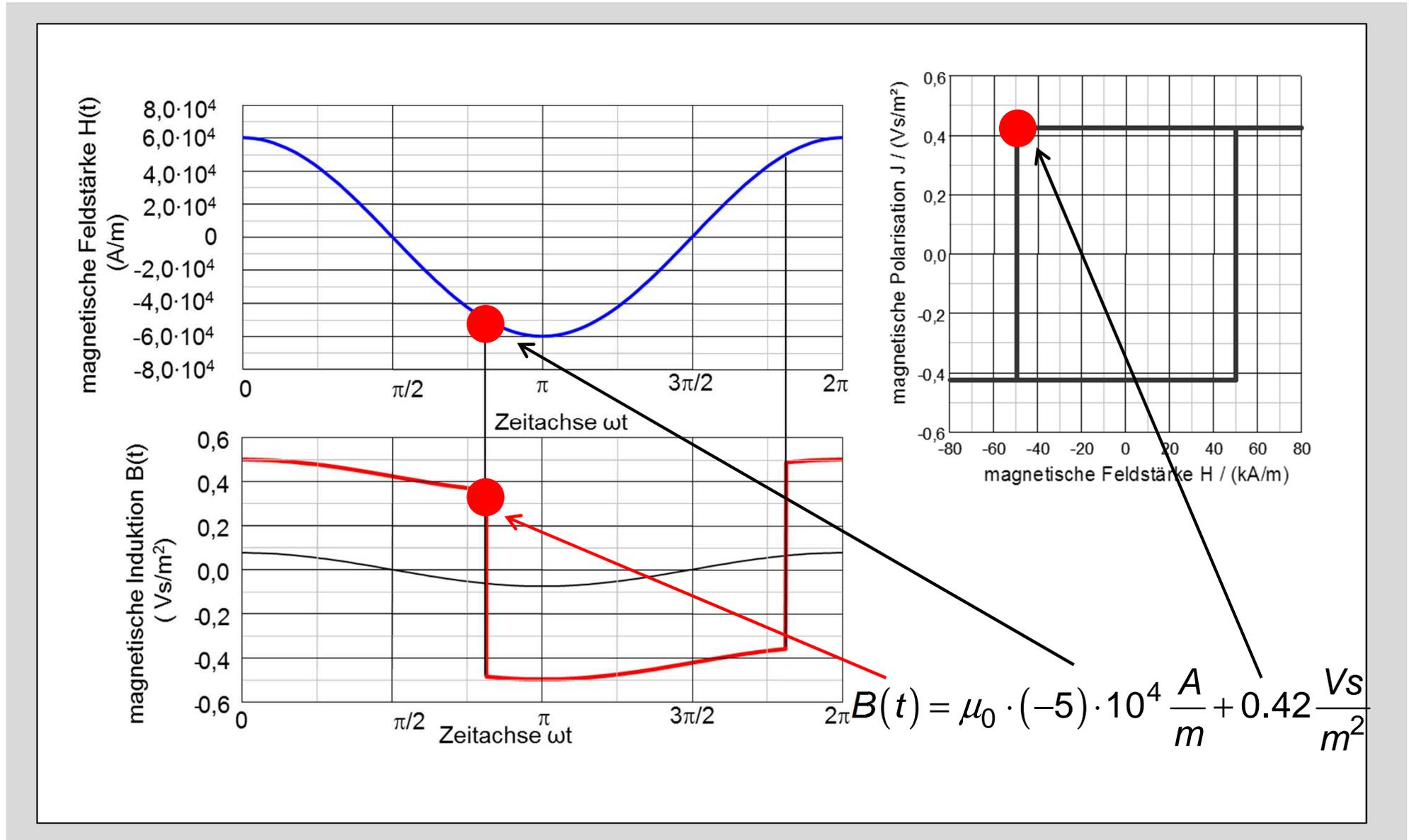
Übung 8



$$B(t) = \mu_0 \cdot (-5) \cdot 10^4 \frac{A}{m} + 0.42 \frac{Vs}{m^2}$$

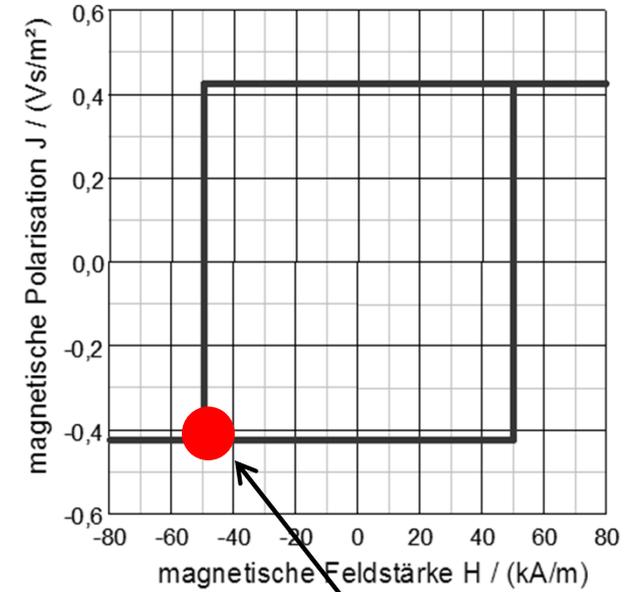
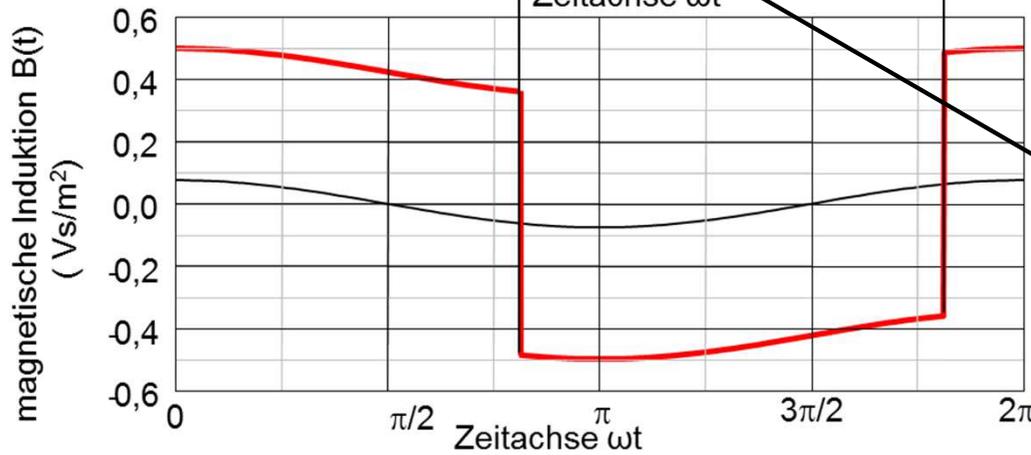
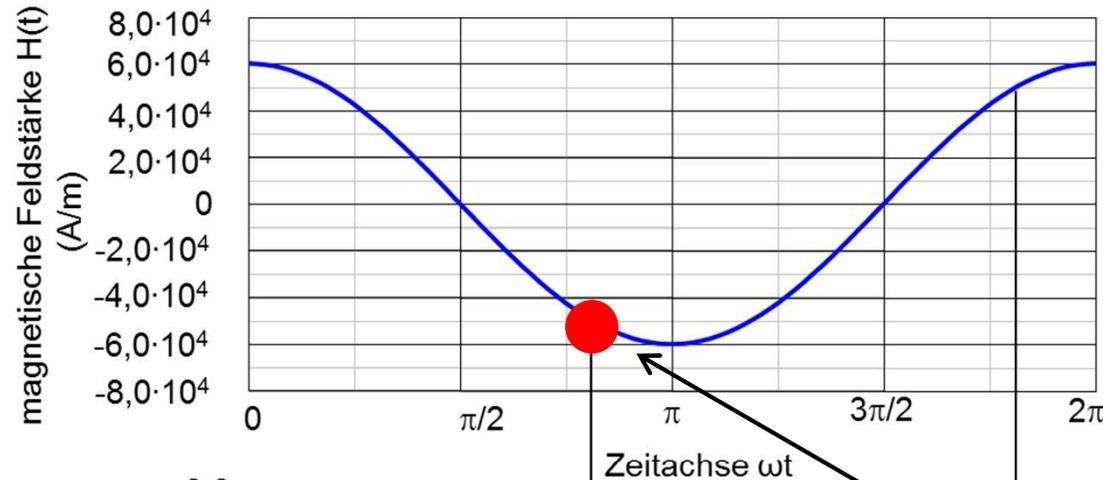
Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

Übung 8



Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

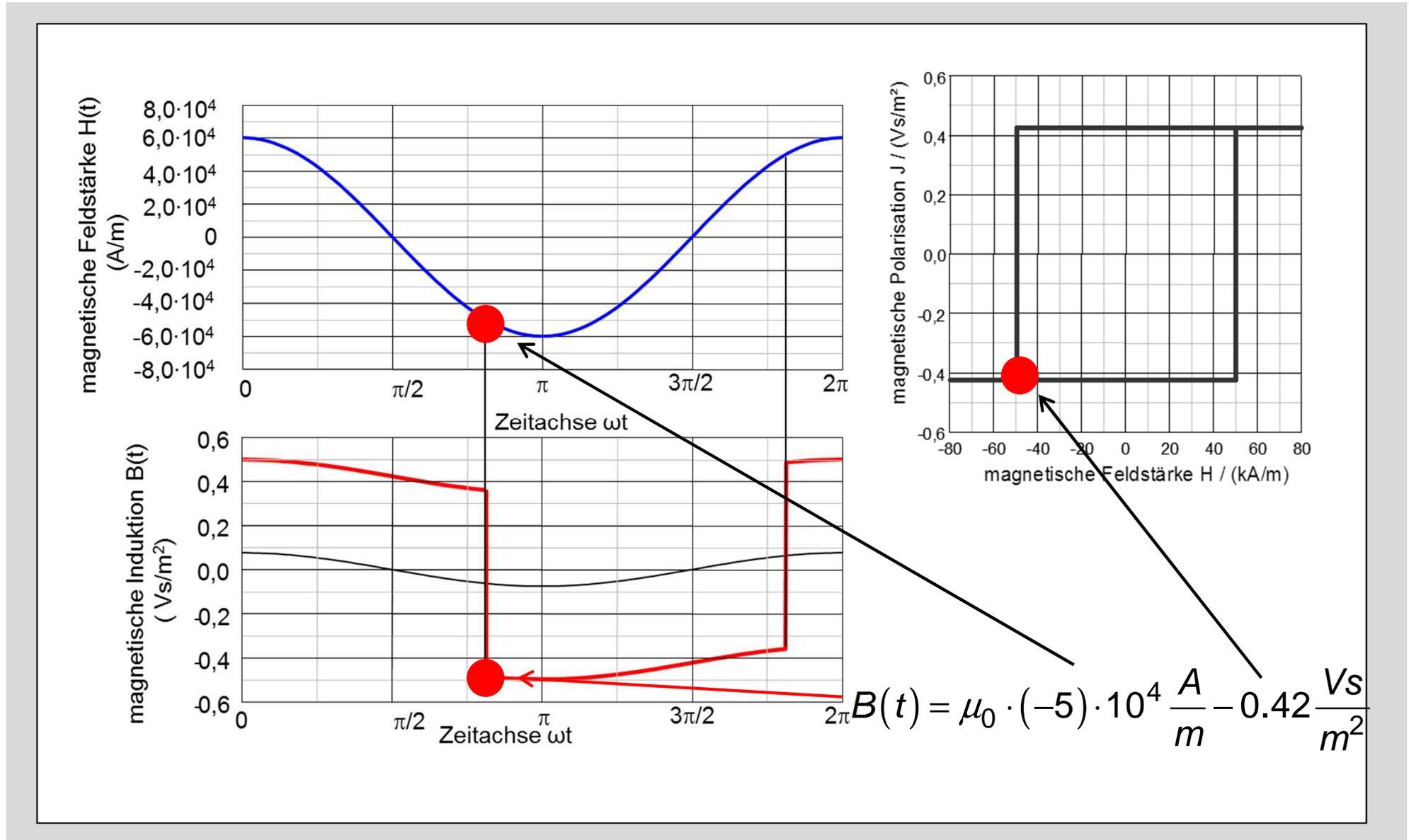
Übung 8



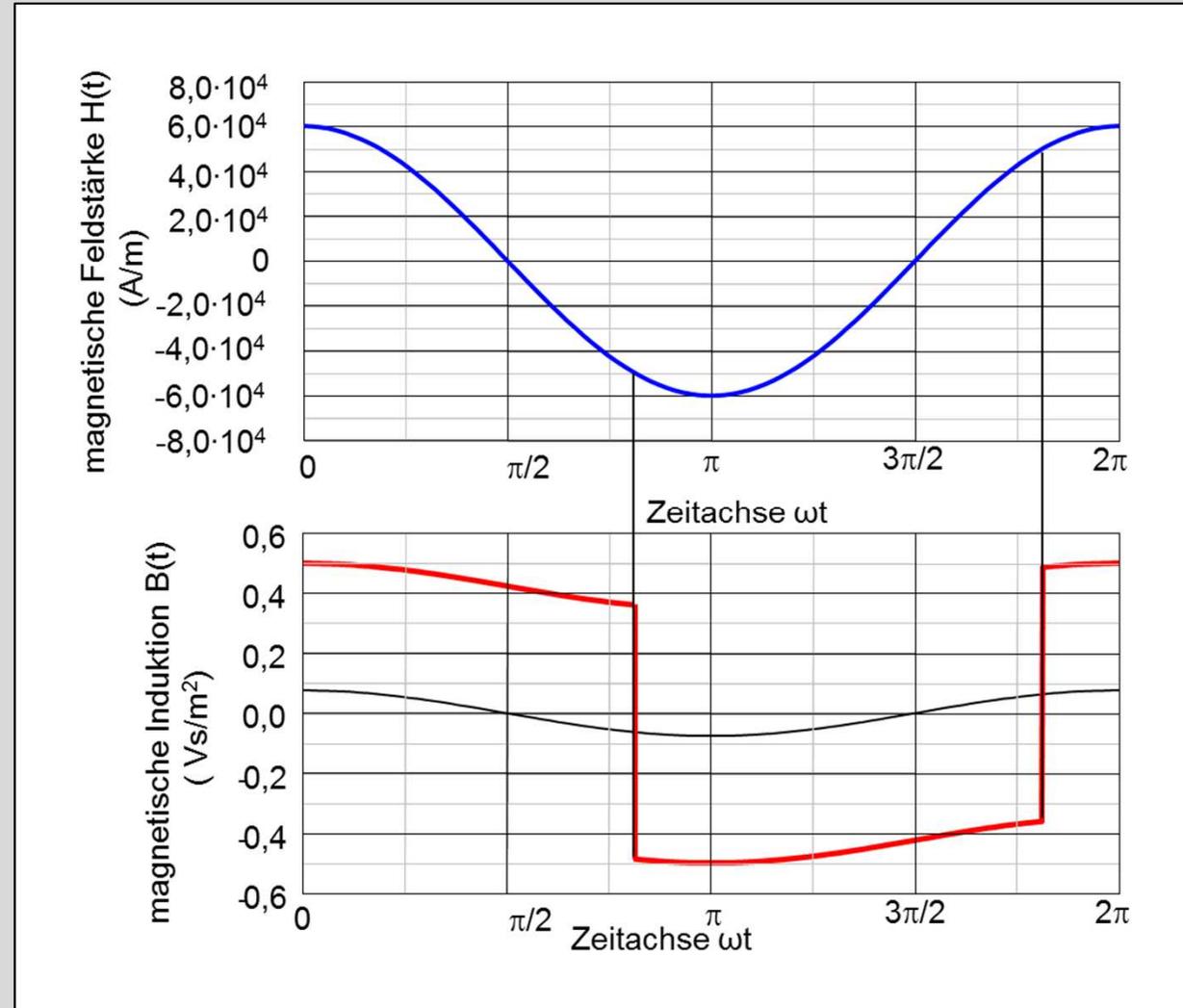
$$B(t) = \mu_0 \cdot (-5) \cdot 10^4 \frac{A}{m} - 0.42 \frac{Vs}{m^2}$$

Passive Bauelemente Wintersemester 2014/15

Übung 8



Lösung:

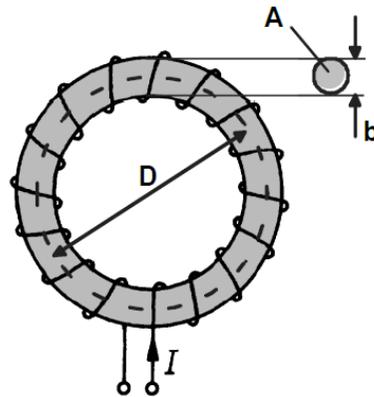


c) Berechnen Sie die Hystereseverlustleistung $P_H = V \cdot f \cdot \oint HdB$ im Ringkern (Anordnung gemäß Bild 1) bei einer Frequenz $f = 50$ Hz und dem in Teilaufgabe b) gegebenen Strom $i(t)$.

$$P_V = V \cdot f \cdot \int H dB$$

Berechne zunächst Volumen des Eisenkerns V

$$V \approx \underbrace{\pi \left(\frac{b}{2} \right)^2}_A \cdot \underbrace{2\pi \frac{D}{2}}_{\text{Umfang}}$$



Zahlenwerte einsetzen

$$V \approx 8.327 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Zahlenwerte:

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

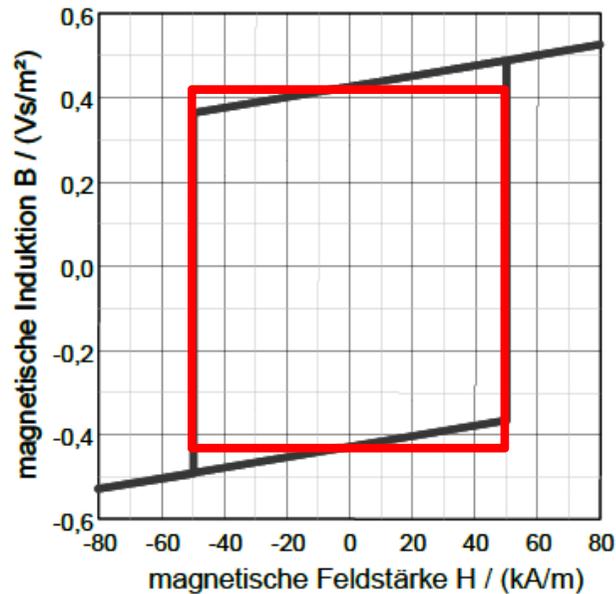
Durchmesser des Kerns $b = 0,75 \text{ cm}$

Windungszahl $n = 2250$

A ist die Querschnittsfläche des Ringkerns.

$$P_V = V \cdot f \cdot \int HdB \quad V \approx 8.327 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Berechne nun das Integral \rightarrow Entspricht Fläche der Hysteresekurve



Ablezen liefert:

$$\int HdB = \left(0.42 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \cdot 2 \right) \cdot \left(50 \frac{\text{kA}}{\text{m}} \cdot 2 \right) = 84000 \frac{\text{VsA}}{\text{m}^3}$$



Alles in Formel einsetzen

$$P_V = 35W$$

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.

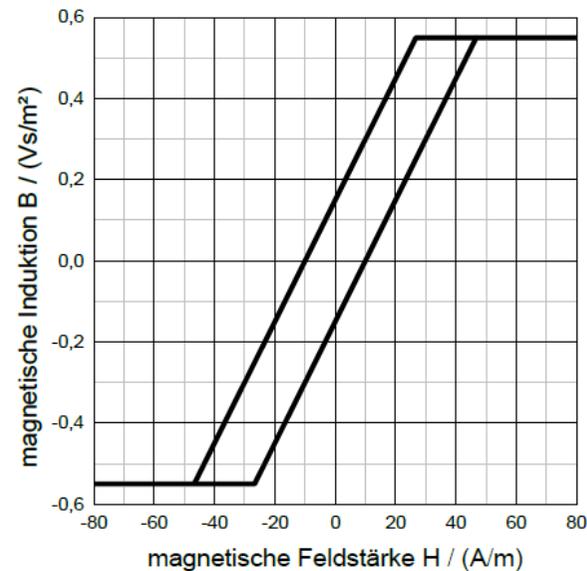
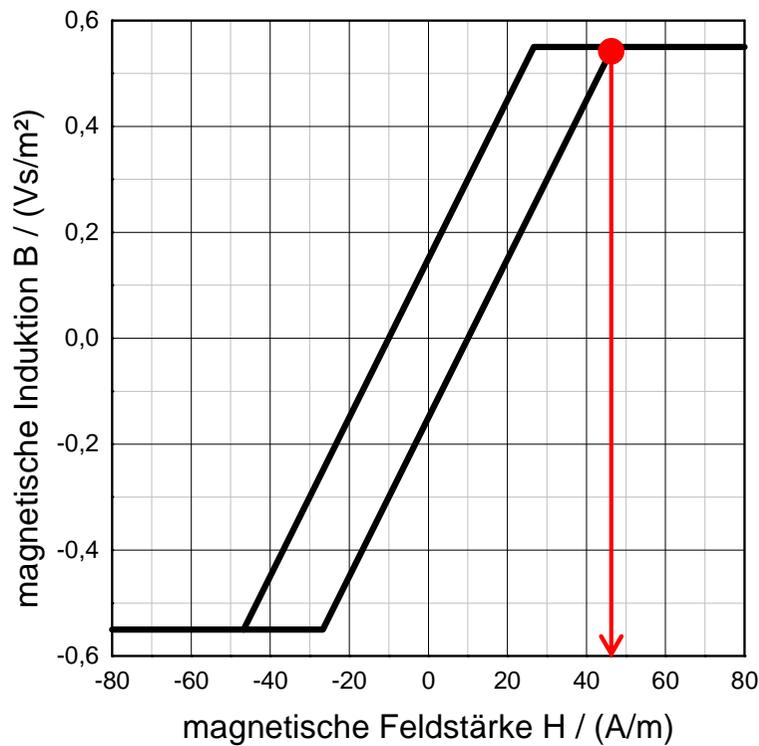


Bild 3: Hysterese

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.

$$I_S = ?$$



Sättigungsfeldstärke ablesen

$$H_S = 46 \frac{A}{m}$$

Für Beziehung zwischen Strom und magn. Feldstärke gilt immer noch (siehe b.)

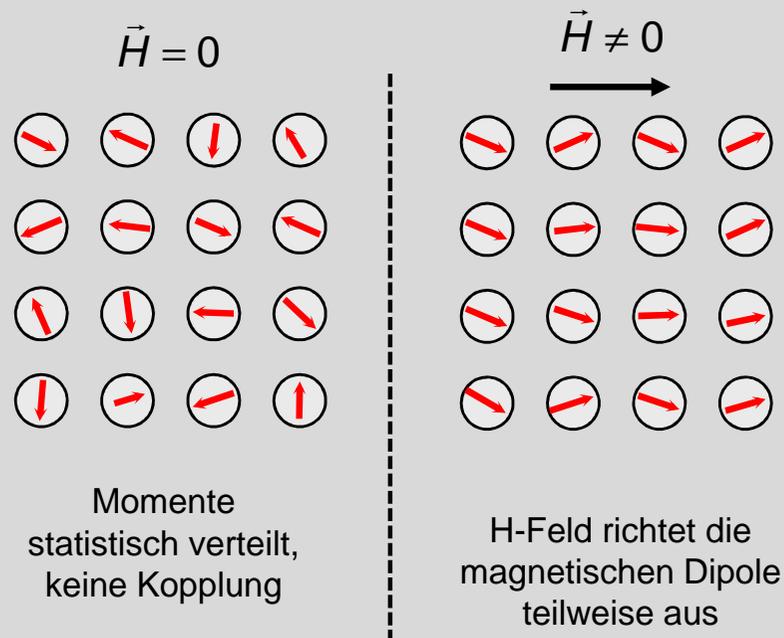
$$H = \frac{n \cdot I}{\pi \cdot D} \Rightarrow I_S = \frac{\pi \cdot D \cdot H_S}{n}$$

Zahlenwerte einsetzen

$$I_S = 3.85 \text{ mA}$$

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 ($\chi \gg 1$).



Steigende Temperatur \rightarrow mehr
Wärmebewegung \rightarrow schlechtere
Ausrichtung \rightarrow Suszeptibilität nimmt ab
(Curie-Weiss-Gesetz)

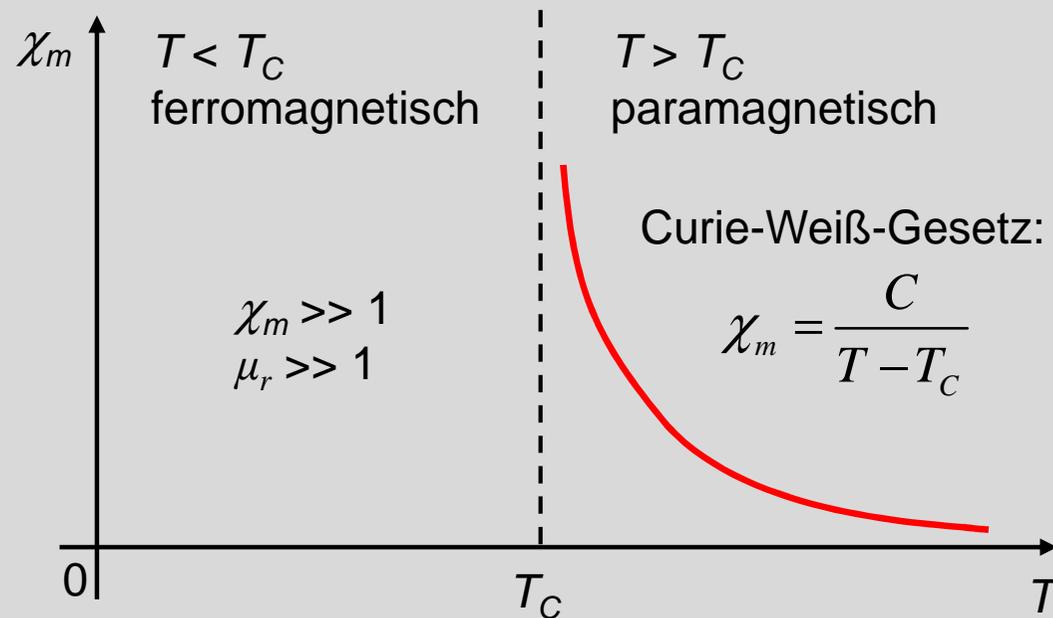
2. Welche der Aussagen über ferromagnetische und ferroelektrische Werkstoffe sind richtig?
- a) Hysterese tritt bei ferroelektrischen und ferromagnetischen Werkstoffen unterhalb der Curie-Temperatur auf. ✓
 - b) Ferroelektrische und ferromagnetische Bauelemente bestehen aus oxidkeramischen Werkstoffen. Sie werden durch einen Sinterprozess hergestellt.
 - c) Die Hystereseschleifen $B(H)$ und $P(E)$ geht für hohe H - bzw. E -Werte jeweils in eine Sättigungsgerade mit Steigung null über.

a) ist korrekt. Oberhalb der Curie-Temperatur tritt paramagnetisches Verhalten auf

b) ist falsch. Ferromagnetische Bauelemente bestehen aus Metallen wie Eisen.

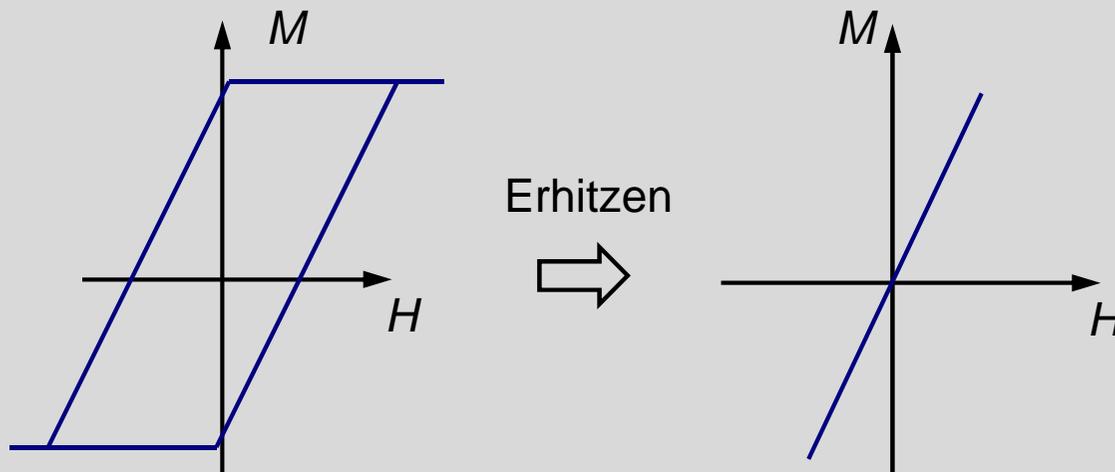
c) ist falsch. Es bleibt eine zu H proportionale Reststeigung (siehe 2c.)

3. Ein ferromagnetischer Werkstoff mit ausgeprägter Hysterese wird über seine Curietemperatur erhitzt. Der Werkstoff wird:
- a) diamagnetisch
 - b) ferrimagnetisch
 - c) paramagnetisch ✓
 - d) piezoelektrisch



c) ist korrekt. Oberhalb der Curie-Temperatur tritt paramagnetisches Verhalten auf, da dort die Kopplung der magnetischen Dipole aufgehoben wird.

3. Ein ferromagnetischer Werkstoff mit ausgeprägter Hysterese wird über seine Curietemperatur erhitzt. Der Werkstoff wird:
- a) diamagnetisch
 - b) ferrimagnetisch
 - c) paramagnetisch ✓
 - d) piezoelektrisch



Permanentmagnete verlieren ihre remanente Flussdichte und werden somit entmagnetisiert.

Vielen Dank!

**Und viel Erfolg
bei der Klausur!!!**