

Passive Bauelemente

Der Beginn der Prüfung wird von der Prüfungsaufsicht bekannt gegeben. Wenn Sie vor dem offiziellen Beginn diese Seite umschlagen und die Aufgaben einsehen, wird dies als Täuschungsversuch gewertet. Füllen Sie folgenden Kasten vollständig aus.

Nachname	Vorname	Matrikelnummer
	Zutreffendes bitte ankreuzen <input type="checkbox"/> Erstprüfung <input type="checkbox"/> Wiederholungsprüfung	EDV-Nummer
Wiederholer/innen bitte ausfüllen		
Straße/ Nummer	Postleitzahl/ Ort	
Telefon	E-Mail	

Zur Prüfung zugelassene / mitzubringende Hilfsmittel

- Es sind keine Hilfsmittel außer den angegebenen erlaubt.
- Formelsammlung für PB SS 2005 (ohne handschriftliche Notizen)
- Zwei handschriftlich (einseitig) beschriebene DIN-A4-Seiten
- Taschenrechner und Schreibzeug (Lineal, Stifte etc., keine Bleistifte verwenden)

Hinweise zum Ablauf der Prüfung

- Halten Sie Ihren Studierendenausweis und Ihre Zulassungsbescheinigung bereit.
- Nach Prüfungsbeginn kontrollieren Sie bitte zuerst, ob das vorliegende Prüfungsheft vollständig ist.
- Die Prüfungsdauer beträgt 3 Zeitstunden.
- Jegliche Kommunikation ist während der Prüfung untersagt.
- Während der Prüfung werden Fragen zu Aufgaben oder Stoffgebiet nicht beantwortet.
- Beachten Sie Tafelanscribe und Folien, die zu Beginn oder während der Prüfung gezeigt werden.

Hinweise zum Bearbeiten der Aufgaben

- Die Prüfung besteht aus 10 Kurzaufgaben (Teil 1) und 3 Rechenaufgaben (Teil 2). In den beiden Teilen sind jeweils 30 Punkte erreichbar.
- Falls Ihnen die deutsche Sprache Schwierigkeiten bereitet, können Sie Begründungstexte alternativ in englischer Sprache formulieren.
- Wenn Sie den Unterpunkt einer Rechenaufgabe nicht gelöst haben, rechnen Sie mit den angegebenen Größen / Zahlenwerten weiter.
- Lösungen auf eigenen Blättern, unzureichend gekennzeichnete Lösungen und Lösungen auf Blättern ohne Angabe von Name, Matrikelnummer oder Aufgabennummer werden nicht gewertet.
- Für die Lösung ist der dafür vorgesehene Bereich unterhalb der jeweiligen Aufgabenstellung zu verwenden. Falls der vorhandene Platz nicht ausreichen sollte, verwenden Sie das hinten beigefügte Zusatzblatt. Bei Bedarf werden von der Prüfungsaufsicht weitere Blätter ausgegeben. Für jede Aufgabe muss eine separate Zusatzseite verwendet werden. Sind auf einer Seite Teile mehrerer Aufgaben gelöst worden, wird entsprechend der Aufgabennummer in der Kopfzeile gewertet.
- Die Ergebnisse und Begründungen sind in die dafür vorgesehenen Bereiche, Felder oder Diagramme zu schreiben bzw. anzukreuzen. Beschriften Sie keinesfalls die grau hinterlegten Korrekturfelder.

Viel Erfolg!

Teil 1: Kurzaufgaben (30 Punkte)

Kurzaufgabe K1: Leitungsmechanismen

a) Vergleichen Sie das Leitungsverhalten eines Metalls mit dem eines intrinsischen Halbleiters. Skizzieren Sie dazu jeweils die Lage der Fermi-Energie W_F im Bezug zum Leitungs- bzw. Valenzband. (2 Punkte)

Metall (1. Möglichkeit)	Metall (2. Möglichkeit)	Intrinsischer Halbleiter

b) Geben Sie für den Fall des metallischen Leiters und den des Halbleiters jeweils an, von welchen Größen die Ladungsträgerkonzentration n abhängt. (1 Punkt)

Metallischer Leiter:

Halbleiter:

Punkte K1

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

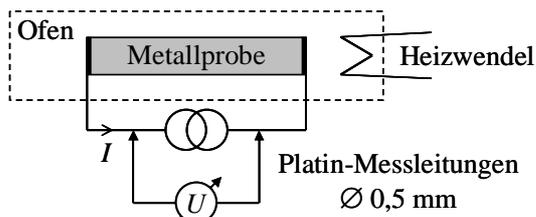
Kurzaufgabe K2: Textanalyse

Im Folgenden ist eine Publikation über die elektronische Leitung in Metallen abgedruckt. Ihre Aufgabe ist die Arbeit zu beurteilen. Bearbeiten Sie dazu die unten stehenden Fragestellungen.

Elektronische Leitung in Metallen

H. Desiato und D. Adams

2 Zur Untersuchung der elektronischen Leitung
 4 in Metallen wurde der Widerstand R zylindri-
 6 scher Proben gleicher Geometrie ($L = 25$ cm,
 8 $\varnothing = 0,5$ cm) über der Temperatur T mittels
 10 folgender Anordnung gemessen.

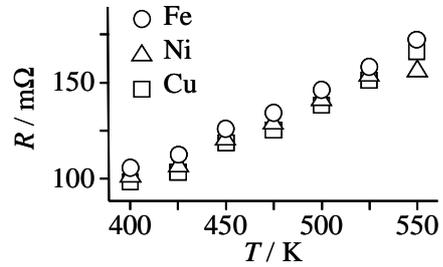


12 Die Messdaten im rechts stehenden R - T -Dia-
 14 gramm zeigen, dass der Widerstand mit sin-
 16 kender Temperatur zunimmt. Die Leitfähig-
 18 keit σ nimmt demnach mit steigender Tem-
 peratur ab. Dieses Verhalten ist durch die
 Bildung von Schottkydefekten erklärbar.

Mit zunehmender Temperatur entstehen im
 Atomgitter Metallleerstellen V_{Me} . Es gilt: 22

$$[V_{Me}] = N_0 \exp(-W_s / kT) \quad 24$$

Jedes Metallatom, das den Festkörper ver-
 lässt, nimmt ein Elektron aus dem Leitungs-
 band mit. Entsprechend sinkt die Anzahl der
 freien Elektronen n und gemäß $\sigma = e_0 n \mu$
 muss die Leitfähigkeit abnehmen. 26
 28
 30



a) Finden Sie einen Fehler in den Zeilen 1-17. Geben Sie Zeilennummer(n) an und beschreiben Sie, worin der Fehler besteht. (1 Punkt)

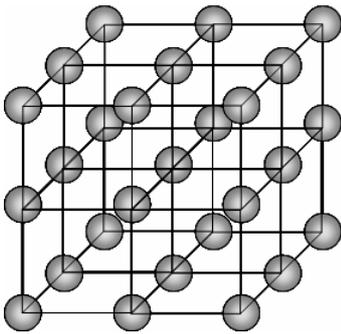
b) Diskutieren Sie, ob mit der verwendeten Messanordnung das Messziel erreicht werden kann. (1 Punkt)

c) Beurteilen Sie die Argumentation der Autoren in den Zeilen 17-29, indem Sie erklären, warum die Leitfähigkeit tatsächlich abnimmt. (1 Punkt)

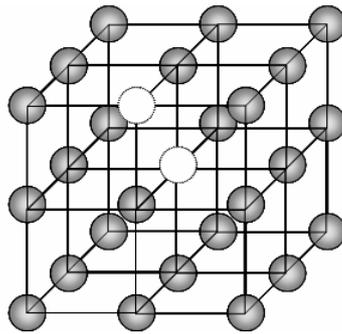
Punkte K2

Kurzaufgabe K3: Thermodynamik

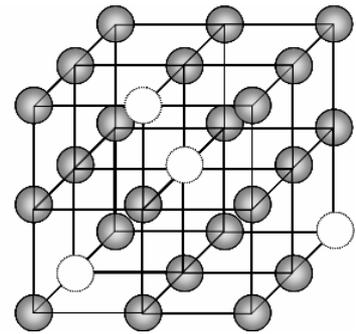
Dargestellt sind mögliche Zustände einer einatomigen Kristallstruktur bei der Temperatur $T_0 = 1160 \text{ K}$.



A



B



C

- Atom auf Gitterplatz
- Schottky-Leerstelle

a) Welcher der Zustände A, B, oder C ist der wahrscheinlichste? Berechnen Sie dazu jeweils die Freie Energie $F = E - T \cdot S$ des Zustands (die Freie Energie des idealen Kristalls A wird als $F_A = 0$ angenommen). Nehmen Sie dazu an, dass alle Kristallgitterplätze energetisch gleichwertig und alle gezeigten Leerstellen-Positionen ebenfalls energetisch gleichwertig sind. Für die Erzeugung einer Schottky-Leerstelle muss jeweils der Energiebetrag E_0 aufgewendet werden. **(2 Punkte)**

Hinweise: Für die Entropie S gilt: $S = k \cdot \ln \Omega$. Dabei ist Ω die Anzahl der Realisierungsmöglichkeiten, n

Teilchen auf N Plätze zu verteilen:
$$\Omega = \binom{N}{n} = \frac{N!}{(N-n)! \cdot n!}$$

Konstanten:

$E_0 = 0,28 \text{ eV}$

$k = 8,62 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$

b) Ab welcher Temperatur $T_1 > T_0$ gilt das unter a) hergeleitete Ergebnis nicht mehr? **(2 Punkte)**

Punkte K3

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

Kurzaufgabe K4: Chemische Bindungen

a) Welche der angegebenen Verbindungen SiC oder MgCl₂ besitzt einen größeren ionischen Bindungsanteil? Geben Sie eine kurze Begründung. **(1 Punkt)**

Begründung:

b) Wie lautet die Elektronenkonfiguration des Elements Aluminium? **(1 Punkt)**

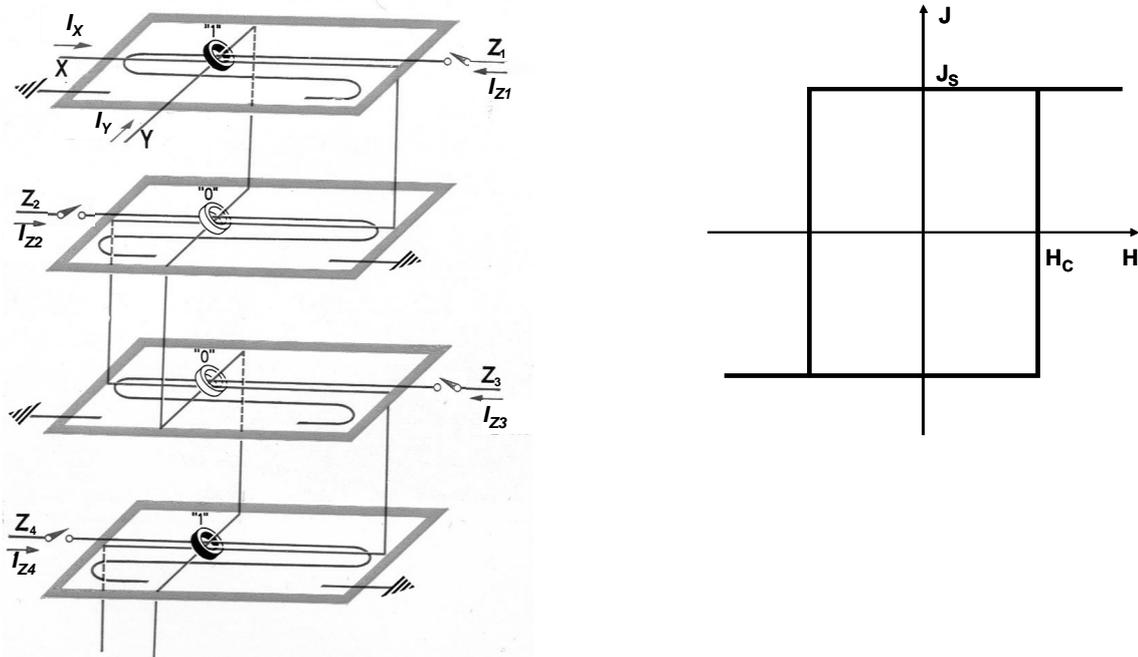
c) Ordnen Sie die Elemente Argon (Ar), Krypton (Kr), Neon (Ne) und Helium (He) nach ihren Ionisierungsenergien in der folgenden Tabelle. **(1 Punkt)**

→ Ionisierungsenergie nimmt zu →			

Punkte K4

Kurzaufgabe K5: Magnetspeichersystem

Die Abbildung zeigt ein Magnetspeichersystem für binäre Daten. Die Farben schwarz (logisch „1“) und weiß (logisch „0“) der ferromagnetischen Ringe kennzeichnen unterschiedliche Zustände der magnetischen Polarisation. Die Ringe zeigen das rechts angegebene Polarisationsverhalten.



a) Die Drähte X, Y werden bei Lese- oder Schreiboperationen mit der gleichen konstanten Stromstärke belastet, wobei gilt $|I_X| = |I_Y| = I_{zi} = I_A$. In welchem Bereich müssen die durch die Ströme in den Ringen erzeugten magnetischen Feldstärken liegen, damit das System funktioniert? (1 Punkt)

$$< |H_X| = |H_Y| = |H_Z| <$$

b) Gehen Sie davon aus, dass die Magnetspeicher alle in „0“-Richtung magnetisiert sind. Wie wird die Information „1001“ geschrieben? Tragen Sie die dazu notwendigen Schalterstellungen und Stromstärken in die Tabelle ein! (2 Punkte)

Hinweis: Tragen Sie „offen“ bzw. „geschlossen“ für die Schalter Z1 ... Z4 ein!

Operation	I_X	I_Y	Z1	Z2	Z3	Z4
Schreiben						

Punkte K5

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

Kurzaufgabe K6: Metalle

a) Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen der elektrischen Leitfähigkeit σ und der Wärmeleitfähigkeit λ in Metallen. (1 Punkt)

b) Berechnen Sie näherungsweise die elektrische Leitfähigkeit von Silber, welches bei $T = 20\text{ °C}$ eine Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 4,1\text{ Wcm}^{-1}\text{K}^{-1}$ aufweist. (1 Punkt)

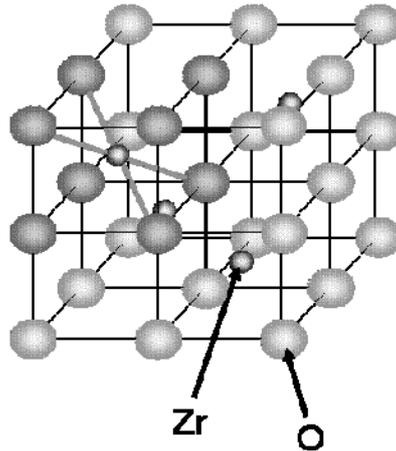
Hinweis: Gold hat bei $T = 20\text{ °C}$ den spezifischen Widerstand $\rho = 2,2\text{ }\mu\Omega\text{cm}$ und die Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 3,1\text{ Wcm}^{-1}\text{K}^{-1}$.

Punkte K6

Kurzaufgabe K7: Kröger-Vink-Notation

a) Geben Sie die chemische Summenformel von Zirkonoxid und die Wertigkeiten der Elemente im Gitter an. (1 Punkt)

b) Wie ist der Sauerstoff zu Zirkon im Zirkonoxidgitter koordiniert? Geben Sie die Koordinationszahl an. (1 Punkt)



c) Zur Erhöhung der ionischen Leitfähigkeit wird das Zirkonoxid mit Yttriumoxid (Y_2O_3) dotiert. Dabei wird ein Teil der Zirkonatome durch Yttriumatome ersetzt. Beschreiben Sie den Einbau eines Y_2O_3 -Moleküls in das Kristallgitter mittels Kröger-Vink-Notation. (1 Punkt)

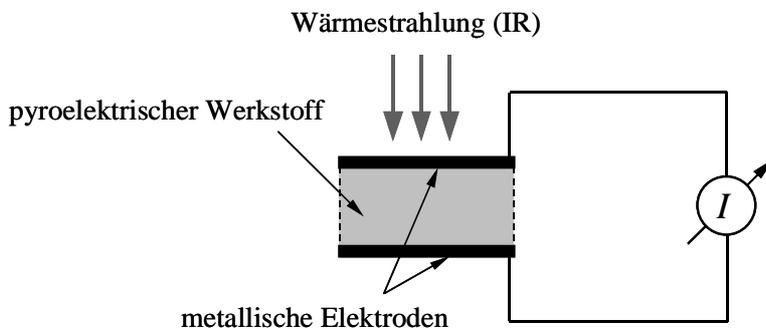
Punkte K7

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

Kurzaufgabe K8: Pyroelektrizität

a) Pyroelektrische Werkstoffe werden in Infrarotkameras, sog. Wärmebildkameras, zur Visualisierung von Wärmeverteilungen eingesetzt. Erläutern Sie kurz den physikalischen Effekt, der hier genutzt wird. (1 Punkt)

b) Eine pyroelektrische Scheibe wird an den Seiten mit dünnen, metallischen Elektroden an eine amperometrische Auswertelektronik angeschlossen, welche entsprechende Bildsignale für die Kamera erzeugt. Durch einfallende Wärmestrahlung erhöht sich die Temperatur der Scheibe und die Auswertelektronik detektiert eine Ladungsänderung ΔQ . Berechnen Sie den Pyrokoeffizienten π_p der Scheibe. (1 Punkt)



Scheibenfläche	A	=	240 mm ²
Temperaturänderung	ΔT	=	15 K
Ladungsänderung	ΔQ	=	1,22 mC

c) Wie kann in Wärmebildkameras eine besonders hohe Auflösung zur Visualisierung der Wärmeverteilung eines betrachteten Körpers erreicht werden? (1 Punkt)

Punkte K8

Kurzaufgabe K9: Polarisationsmechanismen

a) Nennen Sie 3 von 4 möglichen Polarisationsmechanismen. Hinweis: Gegeben ist ein polykristalliner Werkstoff, 2 Phasenanteile sind erlaubt. **(1 Punkt)**

b) Ordnen Sie die folgenden Einkristalle aufsteigend nach ihrer Polarisierbarkeit. **(1 Punkt)**

- BaTiO_3 ($T \gg T_C$)
- $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ ($T < T_C$)
- Al_2O_3 ($T=20^\circ\text{C}$)
- He ($T < 0,95\text{K}$ bei $p \geq 25\text{bar}$)

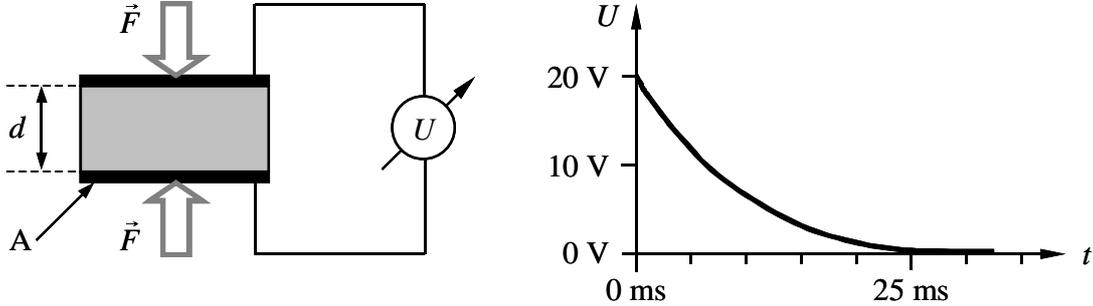
c) Nennen Sie den Polarisationsmechanismus, der bei allen in b) genannten Werkstoffen nicht auftritt. **(1 Punkt)**

Punkte K9

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

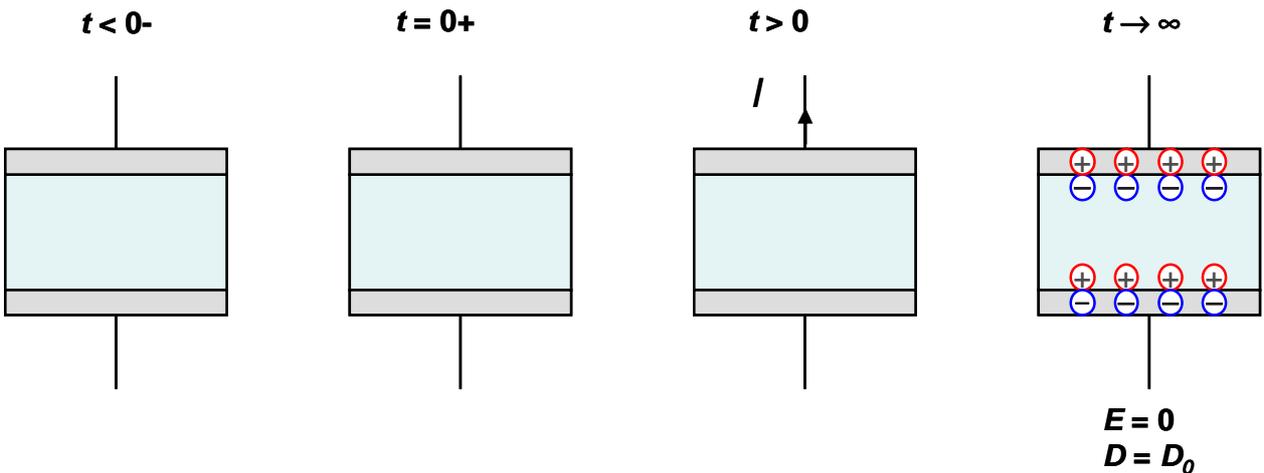
Kurzaufgabe K10: Dielektrika

a) Eine piezoelektrische Keramik wird gemäß der skizzierten Anordnung kontaktiert und an ein Oszilloskop mit dem Innenwiderstand $1\text{ M}\Omega$ angeschlossen. Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird eine Kraft F auf die Stirnflächen A ausgeübt. Gleichzeitig wird der Verlauf der Spannung U aufgezeichnet.



Bestimmen Sie die Kapazität C der Anordnung aus Keramik und Elektroden. (2 Punkte)

b) Skizzieren Sie in den folgenden Abbildungen die Polarisations- und Plattenladungen für die gegebenen Zeitpunkte ein. Orientieren Sie sich an der Vorgabe für $t \rightarrow \infty$. (1 Punkt)

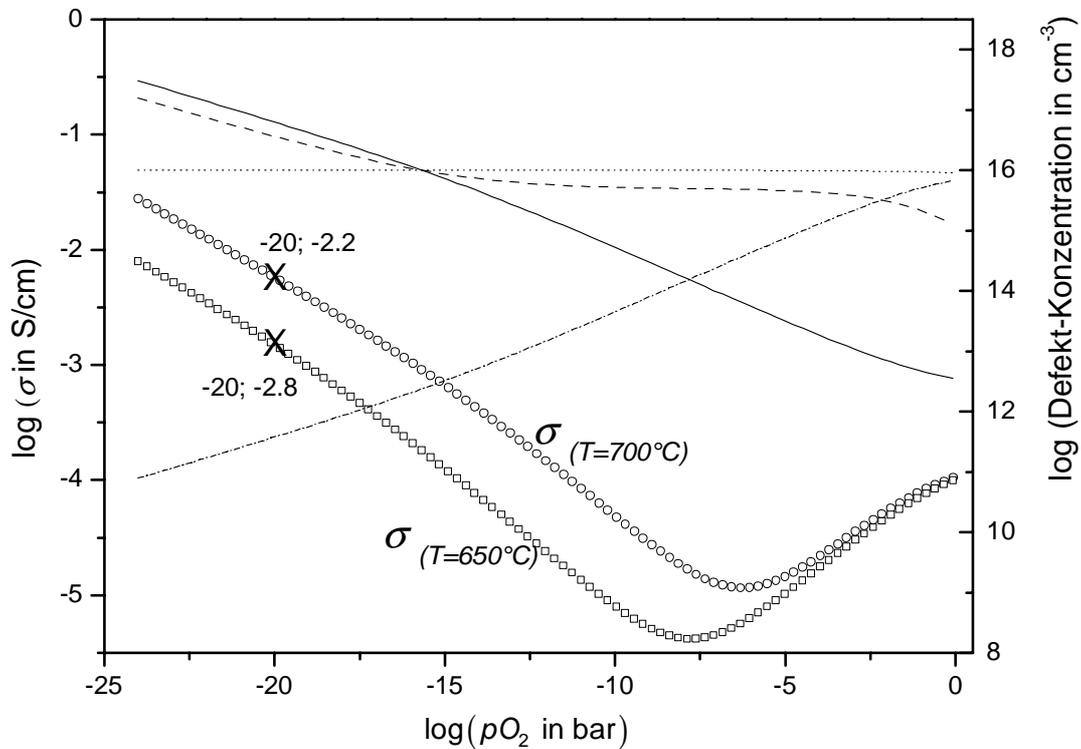


Punkte K10

Teil 2: Rechenaufgaben (30 Punkte)

Rechenaufgabe A1: Defektchemie

Dargestellt ist der typische Verlauf der elektronischen Leitfähigkeit $\sigma = e\mu_p p + e\mu_n n$ von akzeptordotiertem Strontiumtitanat SrTiO_3 für $T = 650^\circ\text{C}$ (Quadrate) und $T = 700^\circ\text{C}$ (Kreise) sowie die Defektkonzentrationen (dünne Linien) für $T = 650^\circ\text{C}$ in doppeltlogarithmischer Skaleneinteilung.



σ : el. Leitfähigkeit (Kreise und Quadrate, linke Ordinate); Defektkonzentrationen (dünne Linien, rechte Ordinate): p : Löcher-, n : Elektronen-, $[V_O^{**}]$: Sauerstoffleerstellen-, $[Fe_{Ti}']$: Akzeptor-Konzentration;
 pO_2 : Sauerstoffpartialdruck.

a) Teilen Sie den Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit σ bei $T = 650^\circ\text{C}$ in 3 Sauerstoffpartialdruckbereiche auf: A) Bereich mit dominierender „n-Leitung“, B) Bereich mit dominierender „p-Leitung“ und C) Bereich mit dominierender intrinsischer Leitfähigkeit. Markieren Sie diese Bereiche entsprechend in der Grafik. Die Beweglichkeit μ der Elektronen bzw. Defektelektronen kann als konstant bzgl. pO_2 angenommen werden. **(1 Punkt)**

Zudem sind in der Grafik die Verläufe der Defektkonzentrationen als Funktion vom Sauerstoffpartialdruck für $T = 650^\circ\text{C}$ als dünne Linien eingezeichnet. Ordnen Sie diesen 4 Kurven die entsprechenden Defektkonzentrationen p , n , $[V_O^{**}]$ und $[Fe_{Ti}']$ zu, indem Sie diese eindeutig an die 4 Kurvenverläufe schreiben. **(2 Punkte)**

Lösung in Skizze eintragen!	Punkte A1.a
-----------------------------	-------------

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

b) Schreiben Sie die Elektroneutralitätsbedingung (ENB) für die oben aufgeführten 4 Defektkonzentrationen auf. **(1 Punkt)**

Allgemeine ENB:		Punkte A1.b
-----------------	--	-------------

c) Für bestimmte pO_2 -Bereiche kann die allgemeine ENB ($T = 650 \text{ °C}$) jeweils auf 2 Defektkonzentrationen vereinfacht werden. Schreiben Sie für die in der Tabelle vorgegebenen pO_2 -Bereiche die entsprechende vereinfachte ENB auf. **(2 Punkte)**

pO_2 / bar :	$< 10^{-20}$	$10^{-20} \dots 10^{-10}$	$10^{-10} \dots 10^{-5}$	$> 10^{-5}$	Punkte A1.c
Vereinfachte ENB:					

d) $SrTiO_3$ befindet sich in einer sauerstoffarmen Atmosphäre, $pO_2 \leq 10^{-20}$ bar. Die Wechselwirkung zwischen dem Gittersauerstoff und der Atmosphäre wird durch das Reaktionsgleichgewicht $O_o^x \rightleftharpoons V_o^{\bullet\bullet} + 2e' + \frac{1}{2} O_{2(g)}$ beschrieben. Berechnen Sie für diesen „sauerstoffarmen“ pO_2 -Bereich die Leitfähigkeit in der Form $\sigma = \sigma_0 \cdot e^{-\frac{\Delta G_0}{kT}} \cdot \left(\frac{pO_2}{\text{bar}} \right)^m$ mit Hilfe der vereinfachten Elektroneutralität $n \approx 2[V_o^{\bullet\bullet}]$ und der Beziehung $[O_{2(g)}] = pO_2$. Bestimmen Sie die Konstanten m , σ_0 , ΔG_0 mit Hilfe der markierten Wertepaare aus der gegebenen Grafik. **(4 Punkte)**

$m =$

$\Delta G_0 =$

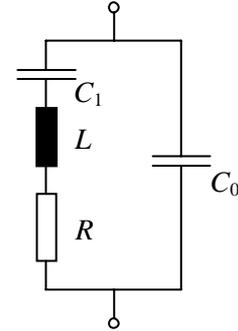
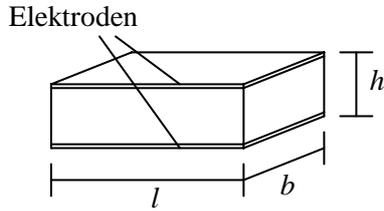
$\sigma_0 =$

Punkte A1.d

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

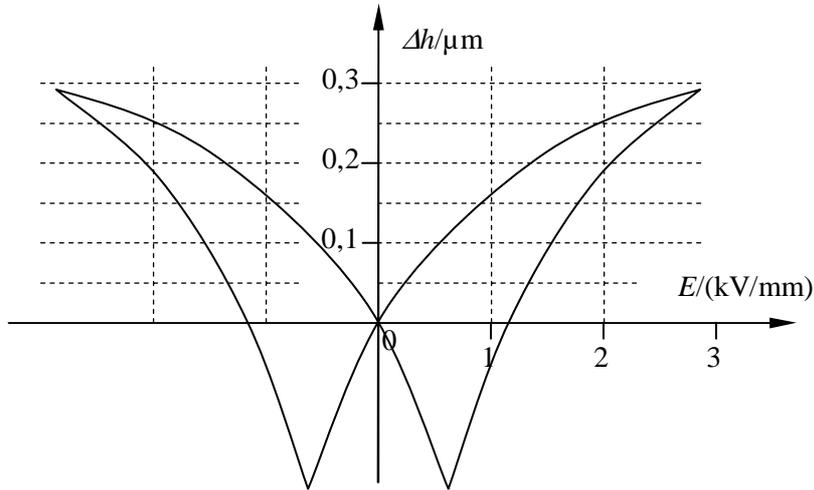
Rechenaufgabe A2: Piezoelektrizität

Dargestellt sind ein piezoelektrischer Aktor und das zugehörige elektrische Ersatzschaltbild. Die Dicke der Elektroden ist bei allen Rechnungen zu vernachlässigen.



Daten: $l = 10 \text{ mm}$, $b = 4 \text{ mm}$, $h = 0,4 \text{ mm}$, $\epsilon_r = 2000$, $C(\omega=0) = 1,76 \text{ nF}$

a) Die Messung der Dehnung Δh als Funktion der elektrischen Feldstärke E ergibt das gezeichnete Diagramm. Der Aktor war bei dieser Messung mechanisch nicht belastet.



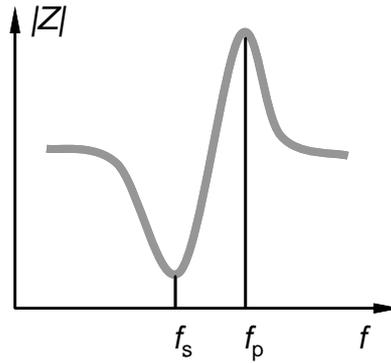
Welche Werkstoffklasse zeigt dieses Hystereseverhalten? (1 Punkt)

Bestimmen Sie die mittlere piezoelektrische Ladungskonstante d im Bereich von 0 bis 1 kV/mm für eine positiv gepolte Probe. (1 Punkt)

Werkstoffe:	Punkte A2.a
$d =$	

Ersatzwert: $d = 400 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{N}}$

b) Die Messung der Impedanz über der Frequenz f ergibt den gezeichneten Verlauf.



Die Serienresonanzfrequenz f_s beträgt 5 MHz, die Parallelresonanzfrequenz f_p beträgt 7,07 MHz = $\sqrt{2} \cdot 5$ MHz. Hinweis: Der piezoelektrische Kopplungsfaktor berechnet sich zu $k^2 = \frac{C_1}{C_0 + C_1} = \frac{f_p^2 - f_s^2}{f_p^2}$.

Berechnen Sie die Werte für C_0 und C_1 des elektrischen Ersatzschaltbildes. (2 Punkte)

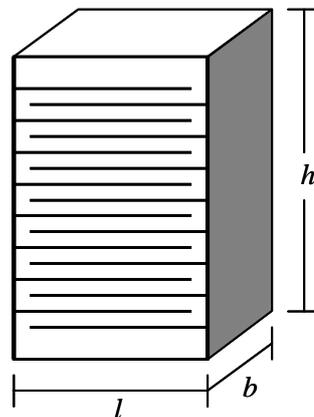
$C_0 =$	$C_1 =$	Punkte A2.b
---------	---------	-------------

c) Mit dem oben beschriebenen Material soll ein Vielschichtaktor zum Antrieb von Einspritzventilen für Dieselmotoren aufgebaut werden, der folgende Anforderungen erfüllen soll: maximale Betriebsspannung 100 V, maximale elektrische Feldstärke 1 kV/mm, Längenänderung $\Delta h = 12 \mu\text{m}$, $b = l = 5$ mm.

Wieviele Schichten sind dazu erforderlich?

Welche minimale Höhe h_{\min} ergibt sich für diesen Aktor?

(3 Punkte)



Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

Anzahl der Schichten: $h_{\min} =$	Punkte A2.c
---	-------------

Ersatzwert: 250 Schichten

Ersatzwert: $h_{\min} = 25 \text{ mm}$

d) Wie groß ist die Gesamtkapazität des Vielschichtaktors? Annahme: Elektrodenfläche = Grundfläche.

Mit welchem Strom muss der Aktor angesteuert werden, wenn die geforderte Längenänderung in 0,1 msec erreicht werden soll (konstanter Strom vorausgesetzt)?

(2 Punkte)

$C =$ $I =$	Punkte A2.d
--------------------	-------------

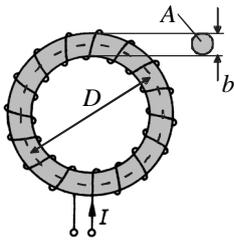
Ersatzwert: $C = 1,2 \mu\text{F}$

e) Welche andere Aktorbauart bietet sich an, wenn bei gleicher Gesamtauslenkung wie bei dem gegebenen Vielschichtaktor eine wesentlich kleinere Kraft gefordert wird? **(1 Punkt)**

	Punkte A2.e
--	-------------

Rechenaufgabe A3: Magnetismus

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



Zahlenwerte:

Durchmesser des Rings	$D = 2,5 \text{ cm}$
Durchmesser des Kerns	$b = 4 \text{ mm}$
Windungszahl	$n = 150$
Drahtdurchmesser	$d_D = 0,08 \text{ mm}$
Drahtlänge	$l_D = n \cdot \pi \cdot b$

Bild 1: Ringkern und Spule

Für die Lösung der Aufgabe gelten für alle Unterpunkte folgende Vereinfachungen:

- Das Volumen des Magnetkerns wird durch $V_K \approx \frac{\pi^2}{4} \cdot D \cdot b^2$ angenähert.
- Streifelder sind zu vernachlässigen, die magnetische Flussdichte ist im gesamten magnetischen Kreis über die Querschnittsfläche A konstant.

a) Der Kern besteht aus einem nichtleitfähigen, ferrimagnetischen Werkstoff. In Bild 2 ist der $B(H)$ -Zusammenhang für kleine Auslenkungen dargestellt. Dieser kann mit den Gleichungen (1) und (2) analytisch beschrieben werden. Die Spule wird von einem Wechselstrom $I(t) = I_0 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$ mit $I_0 = 1 \text{ mA}$ und $f = 1 \text{ kHz}$ durchflossen. Berechnen Sie die Hystereseverlustleistung $P_H = V_K \cdot f \cdot \oint H dB$. (3 Punkte)

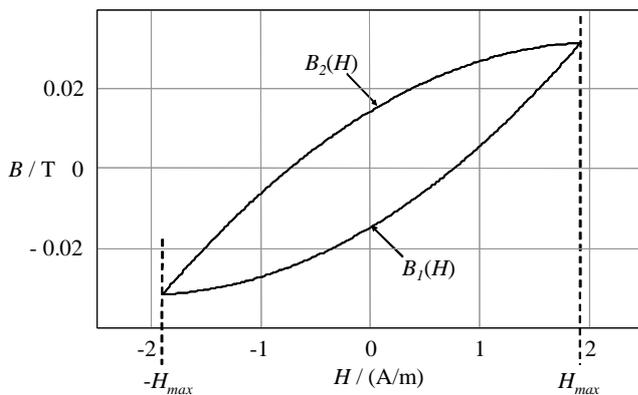


Bild 2: Magnetische Hysterese

$$B_1(H) = \mu_a \cdot H + v(2 \cdot H \cdot H_{\max} + H^2 - H_{\max}^2) \quad (1)$$

$$B_2(H) = \mu_a \cdot H + v(2 \cdot H \cdot H_{\max} - H^2 + H_{\max}^2) \quad (2)$$

$$\mu_a = 1000 \cdot \mu_0$$

$$v = 0,004 \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A}^2}$$

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

$P_H =$	Punkte A3.a
---------	-------------

Wenn Sie diesen Punkt nicht gelöst haben, rechnen Sie mit $P_H = K_1 \cdot f \cdot V_K \cdot H_{\max}^3$ und $K_1 = 0,01067 \text{ Vs/A}^2$ weiter.

b) Für den komplexen Widerstand $Z_L(\omega)$ der Ringkernspule ist in Bild 3 ein Ersatzschaltbild angegeben. Die Hystereseverlustleistung P_H wird durch den frequenzabhängigen Ersatzwiderstand $R_H(\omega)$ berücksichtigt. Leiten Sie die Funktion $R_H(\omega)$ ab. (3 Punkte)

Hinweis: Vernachlässigen Sie bei der Lösung dieses Aufgabenteils die Kapazität C_w .

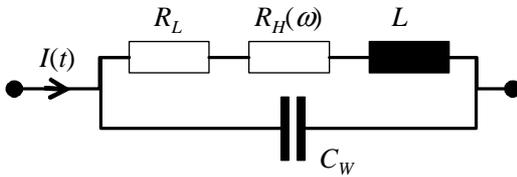


Bild 3: Ersatzschaltbild

C_w : Kapazität
 L : Induktivität
 R_L : ohmscher Leitungswiderstand
 $R_H(\omega)$: frequenzabhängiger Ersatzwiderstand zur Beschreibung der Hystereseverluste

$R_H(\omega) =$	Punkte A3.b
-----------------	-------------

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

c) Betrag, Real- und Imaginärteil der Impedanz $Z(\omega)$ der verlustbehafteten Spule mit dem Ersatzschaltbild entsprechend Bild 3 sind in Bild 4 über der Kreisfrequenz ω aufgetragen. Bestimmen Sie die Größen R_L und L . (2 Punkte)

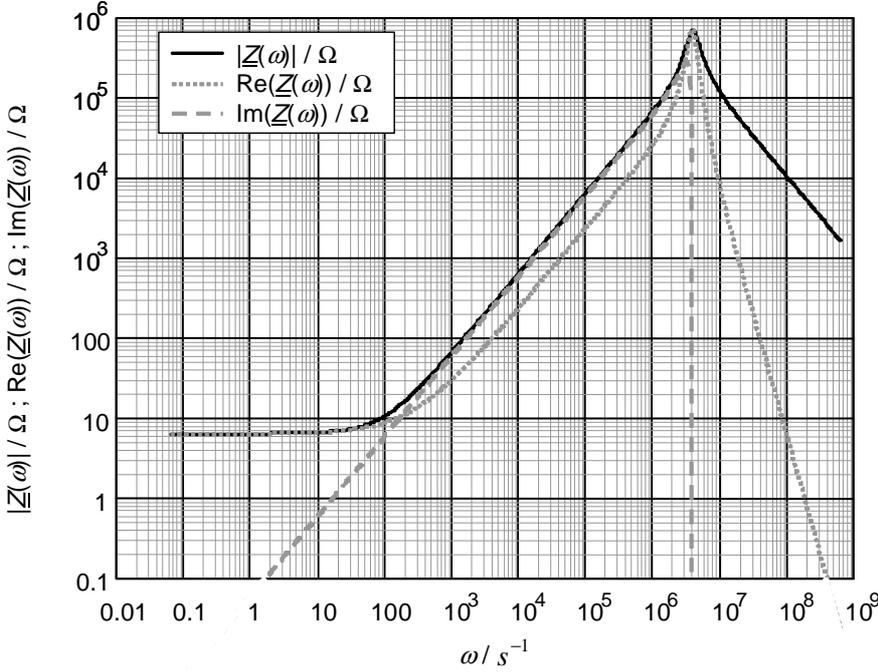


Bild 4: Betrag, Realteil und Imaginärteil der Impedanz Z

$R_L =$

$L =$

Punkte A3.c

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

d) Bestimmen Sie den Wert $\hat{\mu}_r$ für $\hat{H} = 1.91 \text{ A/m}$. Welche Materialgruppe aus Bild 5 ist auszuwählen, wenn Sie ein maximales $\hat{\mu}_r$ benötigen? Welche zusätzlichen Verluste treten in diesem Material dann auf? (2 Punkte)

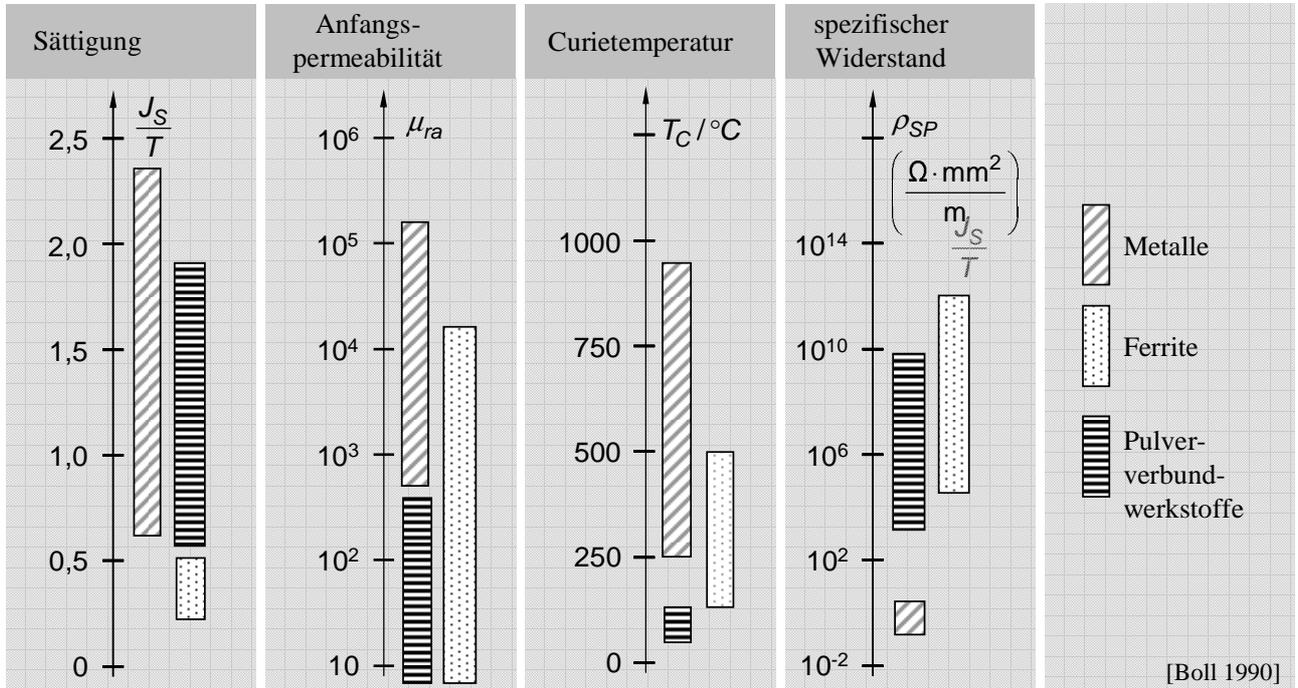


Bild 5: Übersicht ferro- und ferrimagnetischer Werkstoffklassen

$\hat{\mu}_r =$ Materialgruppe: zusätzliche Verluste:	Punkte A3.d
---	-------------

Nachname	Vorname	Matrikelnummer
----------	---------	----------------

Zusatzblatt zu Aufgabe _____

A large grid of dashed lines for drawing or calculations, consisting of 20 columns and 25 rows.

Erreichte Punkte

A large grid of dashed lines, approximately 20 columns wide and 30 rows high, covering most of the page. In the bottom right corner of the grid, there is a small rectangular box with a solid border and a light gray fill. Inside this box, the text "Erreichte Punkte" is written in a small, black, sans-serif font.

Erreichte Punkte