

Schriftliche Kernfachprüfung 11. März 2009

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

## Zur Prüfung zugelassene / mitzubringende Hilfsmittel

- Es sind keine Hilfsmittel außer den angegebenen erlaubt.
- Formelsammlung für PB SS 2008 (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 Tafelanschriften 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!

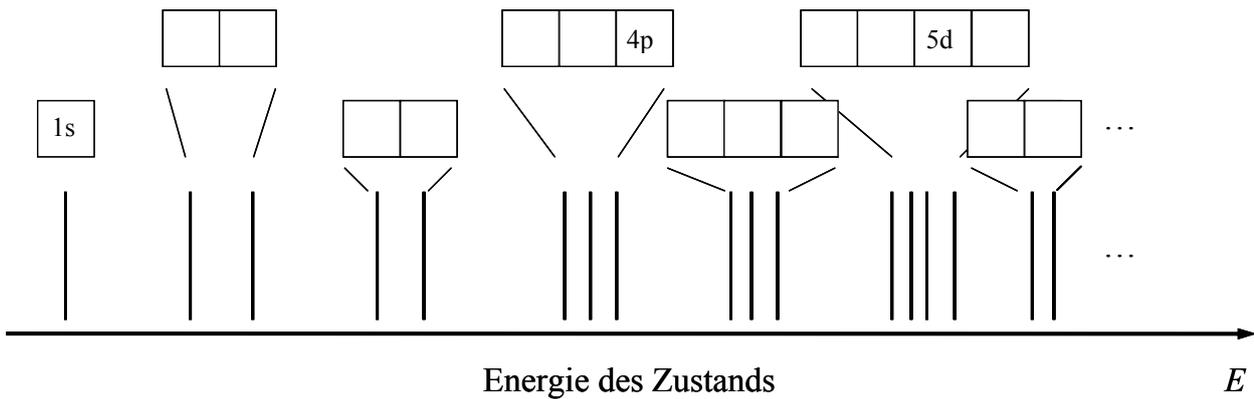
## Teil 1: Kurzaufgaben (30 Punkte)

### Kurzaufgabe K1: Atommodell

a) Schreiben Sie in die Tabelle, mit wie vielen Elektronen die angegebenen Orbitale maximal besetzt werden können. (1 Punkt)

Orbital	Anzahl Elektronen
s	
p	
d	
f	

b) Ordnen Sie den unten angegebenen Energieniveaus jeweils ein Orbital zu (1s, 2s, 2p, usw.). (2 Punkte)



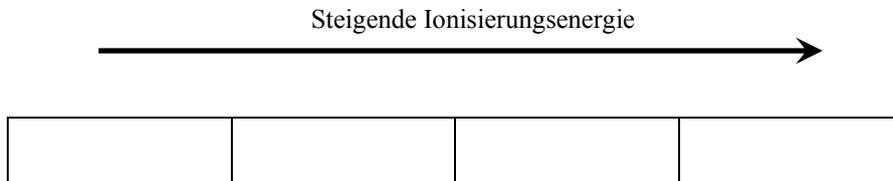
Punkte K1

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

**Kurzaufgabe K2: Periodensystem der Elemente**

a) Wie lautet die Elektronenkonfiguration des Elementes Brom (Br)? **(1 Punkt)**

b) Ordnen Sie die folgenden Elemente nach steigender Ionisierungsenergie: Kr, Ar, Xe, Ne. Begründen Sie kurz Ihre Antwort. **(1 Punkt)**



c) Was versteht man unter „Elektronenaffinität“ eines Atoms? **(1 Punkt)**

Punkte K2
-----------

### Kurzaufgabe K3: Chemische Bindungen

a) Welches Atom bzw. Ion der folgenden Paare hat jeweils den größeren Radius? Begründen Sie jeweils kurz Ihre Antwort. (1 Punkt)

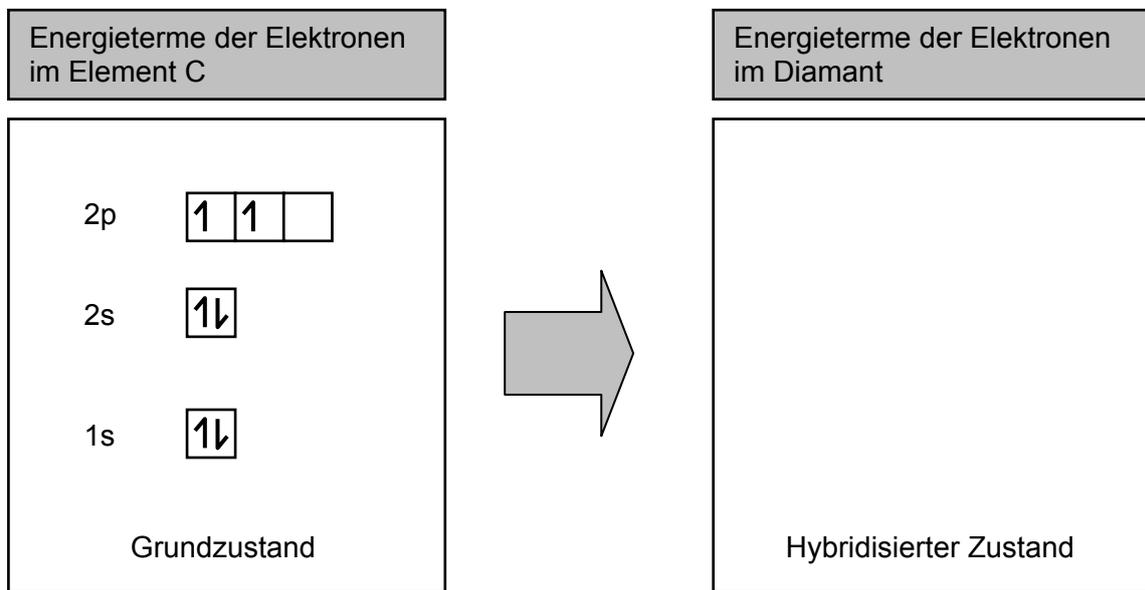
Rb	Antwort:	Begründung:
Rb <sup>+</sup>		

I	Antwort:	Begründung:
I <sup>-</sup>		

Br <sup>-</sup>	Antwort:	Begründung:
F <sup>-</sup>		

b) Nennen Sie die drei verschiedenen Bindungstypen (Idealtypen) und jeweils eine typische Beispielverbindung. (1 Punkt)

c) Vervollständigen Sie die rechte Hälfte des folgenden Schaubilds. Die Pfeile repräsentieren Elektronen und deren Spin, die quadratischen Kästen die Orbitale. (1 Punkt)

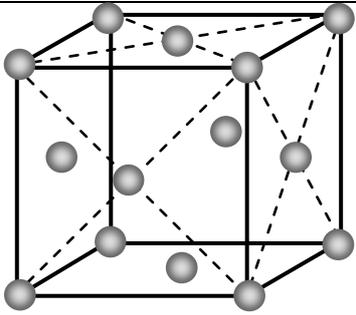


Punkte K3
-----------

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

**Kurzaufgabe K4: Kristallgitter Elementarzelle**

a) In der folgenden Skizze ist die Elementarzelle von Nickel abgebildet. Benennen Sie das Gitter, geben Sie die Koordinationszahl an und berechnen Sie die Raumerfüllung. **(2 Punkte)**



Elementarzelle von Nickel  
( $r_{Ni} = 125 \text{ pm}$ )

Bezeichnung:
Koordinationszahl:

Raumerfüllung:

b) Berechnen Sie die Dichte von Nickel. **(1 Punkt)**

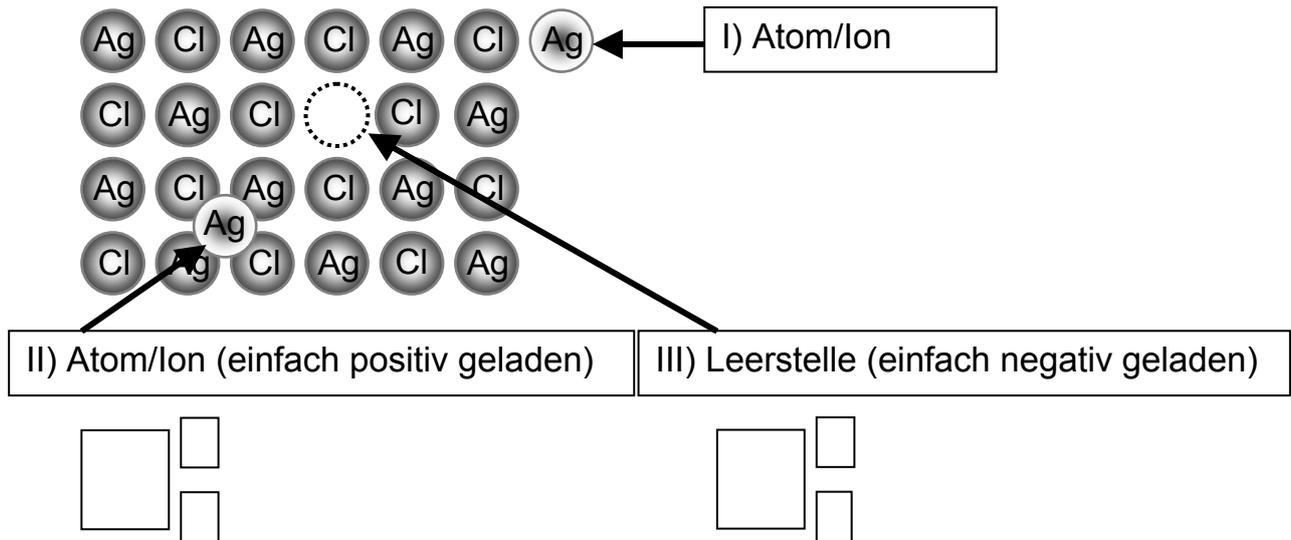
Punkte K4

### Kurzaufgabe K5: Defekte, Kröger-Vink-Notation

In den Werkstoffwissenschaften werden Gitterbaufehler genutzt, um die Materialeigenschaften gezielt zu beeinflussen. So kann z.B. der elektrische Leitwert oder auch der Temperaturexpansionskoeffizient an die Anwendung angepasst werden. Um Defekte zu beschreiben, wird die Kröger-Vink-Notation genutzt.

a) Benennen Sie nach Kröger-Vink die in der Skizze gezeigten Defekte II) und III) im Silberchlorid. (1 Punkt)

AgCl-Kristall:



b) Nennen Sie die genaue Bezeichnung der oben skizzierten Punktdefekte I und II. (1 Punkt)

I) \_\_\_\_\_

II) \_\_\_\_\_

c) Welche Eigenschaft muss ein Atom/Ion aufweisen, um Platz II einnehmen zu können? (1 Punkt)

Punkte K5

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

**Kurzaufgabe K6: Nichtlineare Widerstände**

a) In Abbildung 1 und 2 sind die Strom-Spannungs-Kennlinien von nichtlinearen Widerständen gegeben. Geben Sie zu jeder Strom-Spannungs-Kennlinie den Namen des Bauteils und ein geeignetes Material an. (2 Punkte)

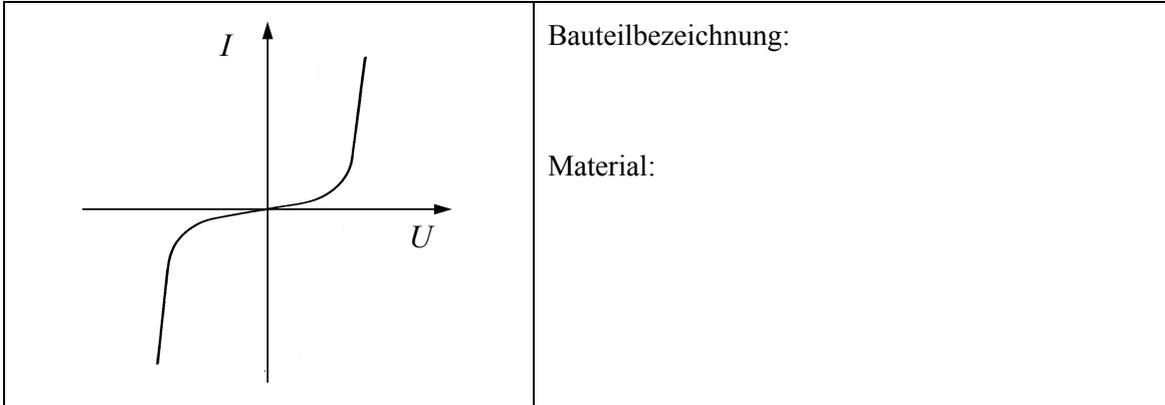


Abbildung 1

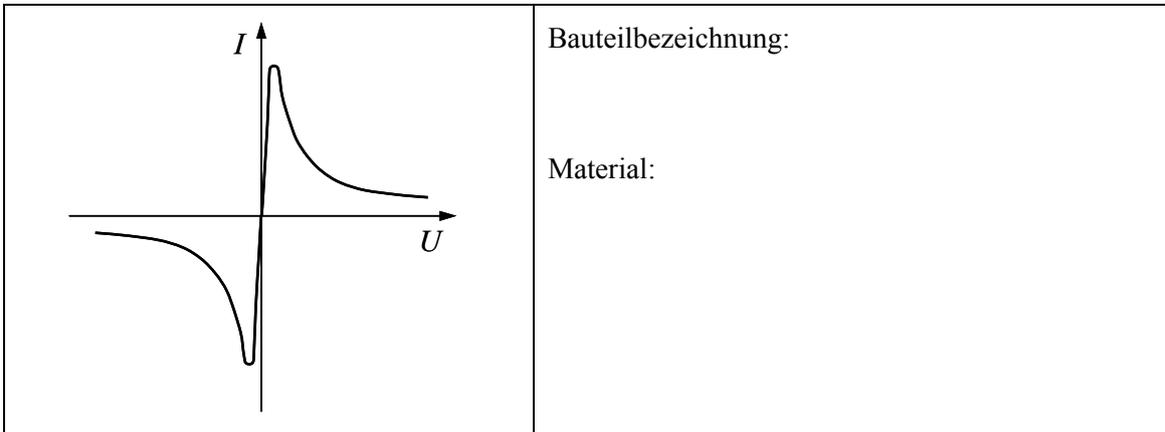


Abbildung 2

b) Zum Schutz vor Überspannungen, z.B. bei einem Blitzeinschlag, soll die folgende Schaltung realisiert werden. Welches nichtlineare Bauteil (Material: polykristallin, halbleitend) eignet sich für die Parallelschaltung zum Verbraucher? Geben Sie eine Begründung! (1 Punkt)

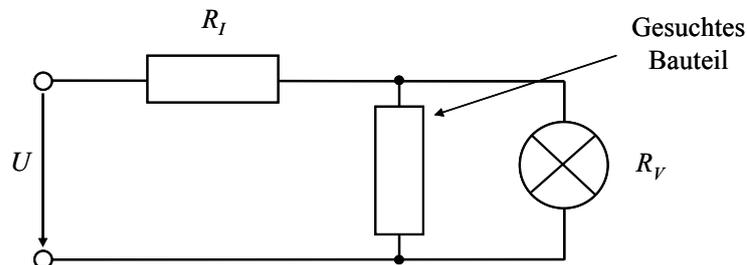
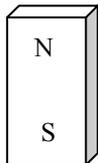
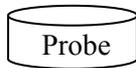


Abbildung 3: Schaltung mit Überspannungsschutz

Punkte K6
-----------

### Kurzaufgabe K7: Supraleitung

a) Eine Probe aus  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  (YBCO),  $T_c = 93 \text{ K}$ , wird in flüssigem Stickstoff (Siedepunkt  $T_S(\text{N}_2) = 77,35 \text{ K}$ ) gekühlt, anschließend über den Pol eines Permanentmagneten gebracht (siehe Skizze) und dort losgelassen. Was passiert und warum? (1 Punkt)



b) Aus einem supraleitenden Metall wird ein Draht mit  $D=2 \text{ mm}$  Durchmesser gefertigt. Die kritische Feldstärke  $H_c$  bei  $T = 10 \text{ K}$  beträgt für das verwendete Metall  $10^4 \frac{\text{A}}{\text{cm}}$ .

Berechnen Sie die kritische Stromdichte für dieses Material. (1 Punkt)

c) Erläutern Sie den grundlegenden Unterschied zwischen Supraleitern erster und zweiter Art. (1 Punkt)

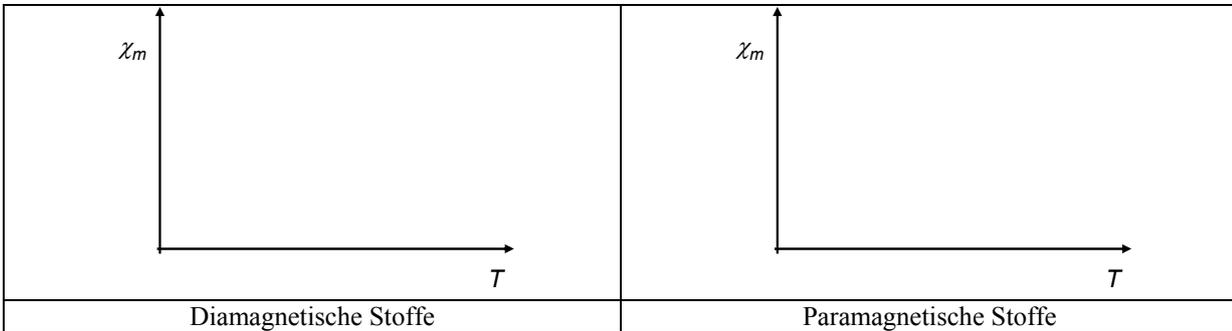
Punkte K7

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

**Kurzaufgabe K8: Magnetismus**

a) Welche Polarisationsmechanismen müssen bei einem Werkstoff vorliegen, damit er als Dauermagnet eingesetzt werden kann? (1 Punkt)

b) Zeichnen Sie qualitativ den Verlauf der Suszeptibilität  $\chi_m$  über der Temperatur  $T$  für diamagnetische und paramagnetische Stoffe in die Diagramme ein. (1 Punkt)



c) Welches ist die stärkste Form des Magnetismus? Wie sind bei diesem Polarisationsmechanismus die atomaren Momente orientiert? (1 Punkt)

Punkte K8
-----------

### Kurzaufgabe K9: Magnetismus im Wechselfeld

a) Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild einer realen Spule mit kleiner Kapazität. (1 Punkt)

b) Berechnen Sie die Länge einer abgewickelten langen Spule mit vernachlässigbarer Kapazität und einer relativen Permeabilität von  $\mu_r = 3000$ . Der Verlustfaktor bei einer Frequenz  $f_s = 50$  Hz betrage  $\tan \delta = 1,46$ . Die Zahl der Windungen betrage  $n = 200$ . Nehmen Sie für die Querschnittsfläche der Spule einen Wert von  $0,8 \text{ cm}^2$  an. (2 Punkte)

*Hinweis:* Nutzen Sie die Beziehung:  $\tan \delta = \frac{R_V(\omega)}{\omega \cdot L}$ . Für  $R_V$  können Sie einen Wert von  $138 \text{ m}\Omega$  annehmen.

Punkte K9

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

### Kurzaufgabe K10: Textanalyse

Im Folgenden ist ein wissenschaftlicher Text über Pyroelektrizität abgedruckt. Ihre Aufgabe ist es, den Text zu beurteilen. Bearbeiten Sie dazu die unten stehenden Fragestellungen.

#### Pyroelektrizität

2 Pyroelektrische Werkstoffe sind Festkörper,  
 4 die auch in Abwesenheit eines äußeren  
 6 elektrischen Feldes spontane oder  
 8 permanente Polarisation aufweisen. Dafür  
 10 darf der Kristall kein Symmetriezentrum  
 12 aufweisen. Der Effekt zeigt sich darin, dass  
 14 bei gleichmäßiger Erwärmung eines Kristalls  
 an dessen polaren Stirnflächen elektrische  
 Ladungen induziert werden. Dies ist auf  
 die Änderung der remanenten Polarisation  $P_r$   
 mit der Temperatur  $T$  zurückzuführen. Die  
 Konstante  $\pi_p$  wird als Pyrokoeffizient  
 bezeichnet

$$\pi_p = \frac{dP_r}{dT}$$

16 Ab  $T < T_C$  verschwindet der Effekt. In Bild 1  
 18 sind die wesentlichen Elemente eines  
 pyroelektrischen Empfängers dargestellt.  
 20 Eine pyroelektrische Scheibe mit  
 22 Polarisationsrichtung senkrecht zur  
 Scheibenebene ist an der Unter- und  
 Oberseite mit Elektroden versehen.

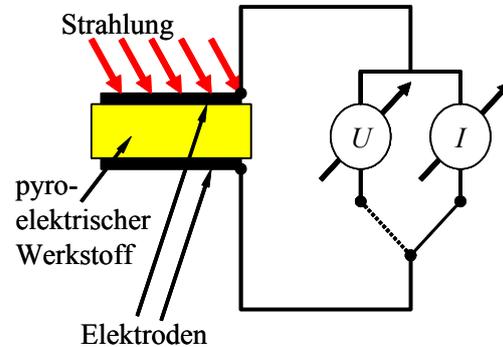


Bild 1 Schematische Darstellung eines pyroelektrischen Empfängers

Fällt nun auf die Scheibe eine zeitlich 24  
 variable Wärmestrahlung, so führt dies zu  
 einer zeitlich veränderlichen Temperatur, die 26  
 eine entsprechende Änderung der  
 Polarisations bewirkt. Mit Hilfe der 28  
 potentiometrischen oder amperometrischen  
 Auswerteelektronik kann die Änderung der 30  
 Polarisations erfasst werden.

a) Finden Sie einen Fehler in den Zeilen 6-23. Geben Sie die Zeilennummer(n) an und beschreiben Sie, worin der Fehler besteht. (1 Punkt)

b) Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen Temperaturänderung und Messsignal bei der potentiometrischen Auswertung. (1 Punkt)

c) Geben Sie eine konkrete Anwendung für einen pyroelektrischen Empfänger an. (1 Punkt)

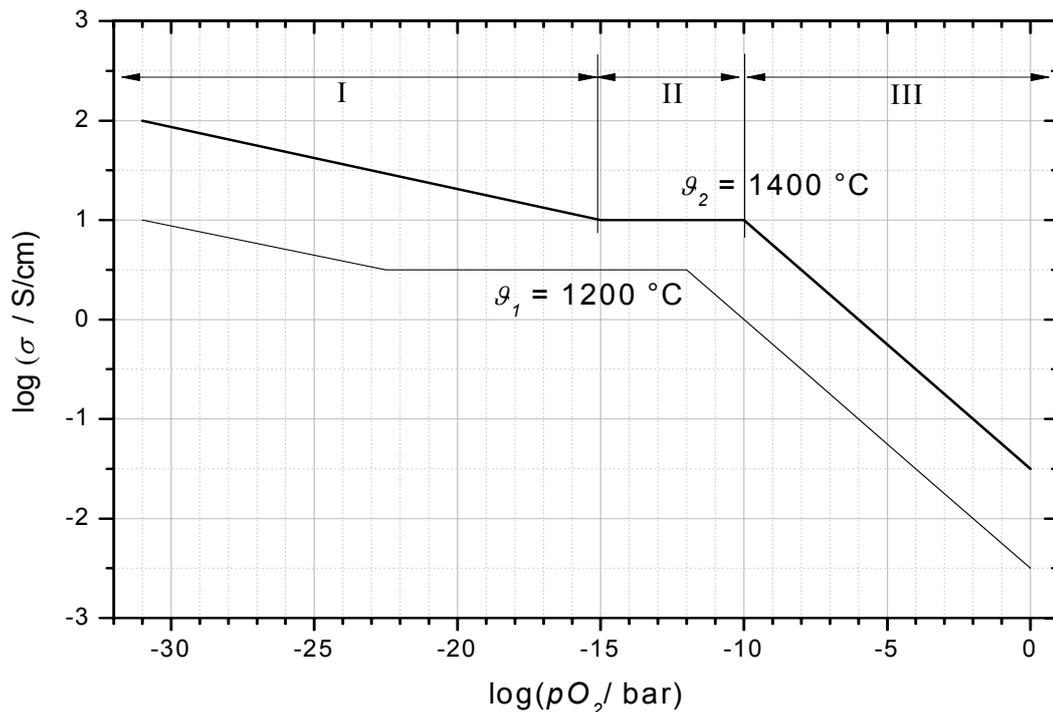
Punkte K10

## Teil 2: Rechenaufgaben (30 Punkte)

### Rechenaufgabe A1: Defektchemie

Gegeben ist die spezifische Leitfähigkeit  $\sigma$  von Lanthan (La) dotiertem Bariumtitanat  $(\text{Ba}_3\text{La})\text{TiO}_3$  als Funktion des Sauerstoffpartialdruckes  $p\text{O}_2$  der umgebenden Gas-Atmosphäre für die zwei Temperaturen  $\vartheta_1 = 1200\text{ °C}$  und  $\vartheta_2 = 1400\text{ °C}$ .

*Hinweise:* Die Beweglichkeiten  $\mu_p = \mu_n = 1\text{ cm}^2/(\text{Vs})$  werden als konstant angenommen.



a) Geben Sie die vollständige Elektroneutralitätsbeziehung (ENB) an. Zu berücksichtigen sind die elektronischen Ladungsträger (Elektronen  $e$ , Defektelektronen  $h$ ), die Dotierung ( $\text{La}_{\text{Ba}}^\bullet$ ) und die intrinsischen Defekte (Sauerstoffleerstellen  $V_{\text{O}}^{\bullet\bullet}$ , Bariumleerstellen  $V_{\text{Ba}}^{//}$ ). Alle Defekte sollen vollständig ionisiert sein. **(1 Punkt)**

	Punkte A1.a
--	-------------

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

b) Geben Sie die vereinfachten Elektroneutralitätsbeziehungen (ENB) für die Bereiche I, II und III, Einteilung bei  $g_2 = 1400 \text{ }^\circ\text{C}$ , an. Berücksichtigen Sie jeweils nur 2 Defektkonzentrationen und begründen Sie kurz mithilfe des Kurvenverlaufs Ihre Antwort. Alle Defekte sollen vollständig ionisiert sein. **(3 Punkte)**.

Bereich	I	II	III
ENB:			
Erklärung:			

Lösungen bitte in Tabelle eintragen	Punkte A1.b
-------------------------------------	-------------

c) Bestimmen Sie die Ionisierungsenergie  $E_D$  des Donators  $D$  mithilfe der Reaktionsgleichung  $D^x \rightleftharpoons D^\bullet + e'$ ,  $n = [D^\bullet]$  und den gegebenen Leitfähigkeitswerten aus dem Diagramm. Die übrigen Defekte sollen vollständig ionisiert sein. **(2 Punkte)**

$E_D =$	Punkte A1.c
---------	-------------

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

d) Bestimmen Sie die Bildungsenthalpie der Sauerstoffleerstellen  $\Delta G_0$  mit Hilfe der Reaktionsgleichung  $O_O^x \rightleftharpoons \frac{1}{2} O_{2(g)} + V_O^{\bullet\bullet} + 2e'$ ,  $n = 2[V_O^{\bullet\bullet}]$  und den gegebenen Leitfähigkeitswerten aus dem Diagramm. Die übrigen Defekte sollen vollständig ionisiert sein. **(2 Punkte)**

$\Delta G_0 =$	Punkte A1.d
----------------	-------------

e) Wie groß ist die Dotierungskonzentration  $x$  von  $(\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x)\text{TiO}_3$  unter der Annahme, dass der Donator bei  $\vartheta_2 = 1400 \text{ }^\circ\text{C}$  vollständig ionisiert vorliegt? Die Gitterkonstante von kubischem  $(\text{Ba},\text{La})\text{TiO}_3$  ist  $a = 0,4 \text{ nm}$ .  
**(2 Punkte)**

$x \approx$

Punkte A1.e

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

### Rechenaufgabe A2: Metalle

In Bild 1 ist ein Thermoelement aus Ni und aus einem unbekanntem Material A dargestellt. Die Widerstands-Temperatur-Messkurve des Materials A ist in Bild 2 gegeben.

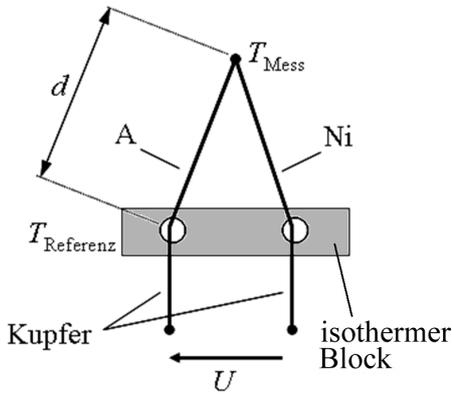


Bild 1:

Thermoelement, bestehend aus zwei Schenkeln (A, Ni)

Schenkellänge jeweils  $d = 125 \text{ mm}$

Temperaturen:  $T_{\text{Referenz}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_{\text{Mess}} = 120 \text{ }^\circ\text{C}$

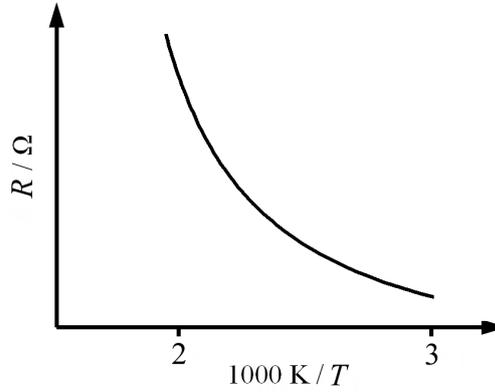


Bild 2:

Widerstands-Temperatur-Messkurve  $R(T^{-1})$  des Werkstoffs A aus Bild 1

Material	$\eta / (\mu\text{V/K})$
BaTiO <sub>3</sub>	- 400
Ni	- 15
Pd	- 3
Pt	0
PtRh	7
Cu	8
Si	500

Tab. 1:

Thermokraft verschiedener Materialien: Seebeck-Koeffizient  $\eta$

a) Welches Material aus Tab. 1 kommt für den Schenkel A in Frage, wenn eine möglichst empfindliche Temperaturmessung gewährleistet sein soll? Begründen Sie Ihre Antwort kurz. **(2 Punkte)**

	Punkte A2.a
--	-------------

b) Wie groß ist die gemessene Thermospannung  $U$ , wenn für Schenkel A Palladium verwendet wird? **(1 Punkt)**

$U \approx$	Punkte A2.b
-------------	-------------

c) Wie viele Leitungselektronen  $N$  befinden sich im Nickel-Drahtstück (rechter Schenkel des Thermoelements), und wie groß ist ihre Konzentration  $n$ ? **(2 Punkte)**

*Hinweise:* Nehmen Sie an, dass jedes Nickelatom ein Elektron als Leitungselektron abgibt. Die Dichte von Nickel beträgt  $\rho_{Ni} = 8,9 \text{ g/cm}^3$ . Der Draht habe einen kreisförmigen Querschnitt mit dem Durchmesser  $D = 1,2 \text{ mm}$ .

$N =$ _____ , $n =$ _____	Punkte A2.c
---------------------------	-------------

*Hinweis:* Wenn Sie diesen Punkt nicht gelöst haben, rechnen Sie mit  $n = 5 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$  weiter.

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

d) Die Diffusionskonstante der Elektronen im Nickel hat bei Raumtemperatur ( $T = 298 \text{ K}$ ) den Wert  $D_n = 0,25 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ . Berechnen Sie hieraus die Leitfähigkeit  $\sigma$  von Ni bei Raumtemperatur. **(2 Punkte)**

$\sigma =$	Punkte A2.d
------------	-------------

*Hinweis: Wenn Sie diesen Punkt nicht gelöst haben, rechnen Sie mit  $\sigma = 2 \cdot 10^5 \text{ S/cm}$  weiter.*

e) Welche thermische Energie  $\Delta E$  wird im stationären Betrieb pro Sekunde durch die Wärmeleitung entlang des Ni-Drahtes an den isothermen Block (aus Bild 1) abgeführt? Nehmen Sie hierbei vereinfachend an, dass die Temperatur im Draht linear mit der Länge abfällt und die elektrische Leitfähigkeit des Metalls linear mit der Temperatur abnimmt. (3 Punkte)

*Hinweise:* Die Lorenz-Zahl von Ni beträgt  $L = 2,1 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \Omega \cdot \text{K}^{-2}$ . Vernachlässigen Sie die thermische Ausdehnung des Drahtes ebenso wie die Wärmeabgabe durch Konvektion oder Strahlung.

$\Delta E =$

Punkte A2.e

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

### Rechenaufgabe A3: Dielektrika

Es soll ein keramischer Vielschichtkondensator (Bild 1) entworfen werden.

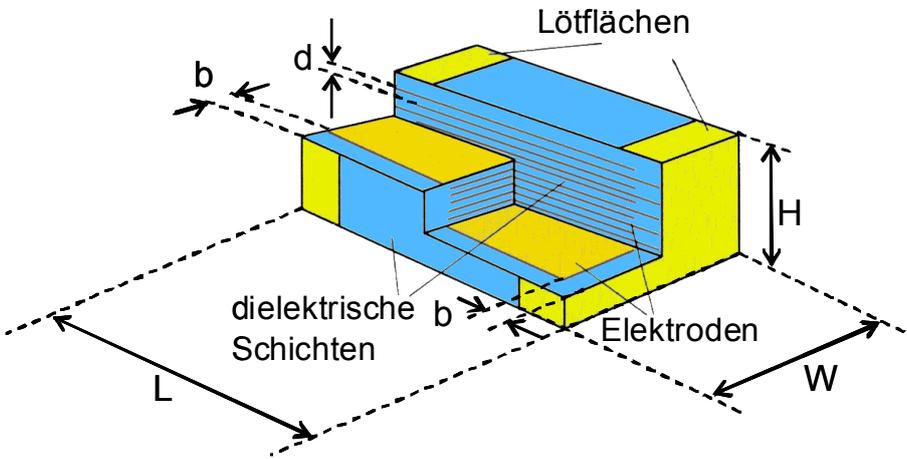


Bild 1

Als Dielektrikum stehen die Materialien 1 bis 4 aus Bild 2 zur Verfügung. Mögliche Baugrößen für das Gehäuse sind in Tabelle 1 angegeben.

#### Randbedingungen:

minimale Schichtdicke des Dielektrikums:  $d_{\min} = 1 \mu\text{m}$

Anzahl der aktiven dielektrischen Schichten:  $n$

Breite des äußeren Randes:  $b = 100 \mu\text{m}$

Höhe  $H$  des Kondensators:  $H = 0.5 \cdot W$

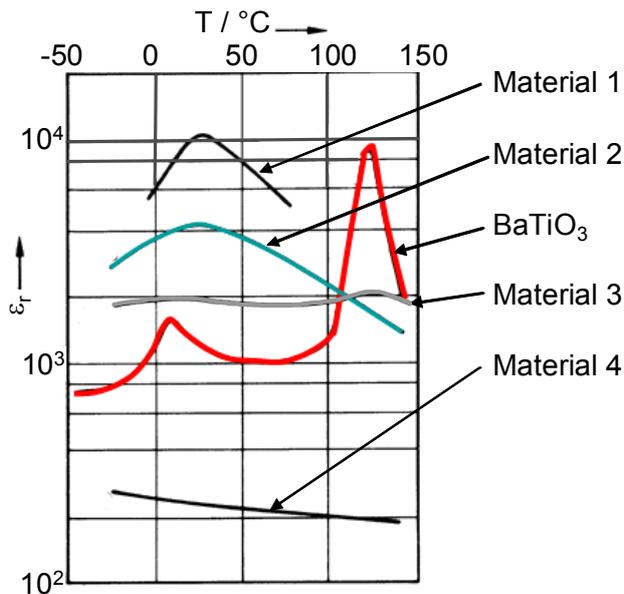


Bild 2

Tabelle 1

Baugröße Internationaler Code	Baugröße Metrischer Code	Abmessungen L×W [mm×mm]
01005	0402	0,4×0,2
0201	0603	0,6×0,3
0402	1005	1,0×0,5
0603	1608	1,6×0,8
0805	2012	2,0×1,2
1206	3216	3,2×1,6
1210	3225	3,2×2,5

Der Einfluss der thermischen Ausdehnung des Dielektrikums auf die Temperaturabhängigkeit der Kapazität soll im Folgenden vernachlässigt werden.

Der Kondensator soll die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Kapazität:  $C_{\text{nenn}} = 100 \mu\text{F}$
- $T_{\text{nenn}} = 20 \text{ °C}$
- $\Delta C / C_{\text{nenn}} = \pm 15 \%$  für  $-25 \text{ °C} < T < 85 \text{ °C}$
- Nennspannung:  $U_{\text{nenn}} = 6.3 \text{ V}$
- Für den Kondensator sollte eine möglichst kleine Baugröße ausgewählt werden.

a) Welches der in Bild 2 aufgeführten Materialien ist für diesen Kondensator am besten geeignet? Weisen Sie nach, dass Ihre Auswahl unter Berücksichtigung der gegebenen Randbedingungen alle Anforderungen erfüllt. (3 Punkte)

	Punkte A3.a
--	-------------

Für den Fall, dass Sie Unterpunkt a) nicht lösen konnten, rechnen Sie mit Material 3 weiter.

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

b) Mit welcher der Baugrößen aus Tabelle 1 können die Anforderungen an den Kondensator erfüllt werden? Weisen Sie nach, dass die von Ihnen ausgewählte Baugröße in Kombination mit dem in a) ausgewählten Material unter Berücksichtigung der gegebenen Randbedingungen alle Anforderungen erfüllt. **(3 Punkte)**

Baugröße:	Punkte A3.b
-----------	-------------

Für den Fall, dass Sie Unterpunkt b) nicht lösen konnten, rechnen Sie mit Baugröße 1210 weiter.

c) Dimensionieren Sie den Kondensator im Hinblick auf die Dicke des Dielektrikums  $d$  und die Anzahl der aktiven Schichten  $n$ . **(4 Punkte)**

$d =$  $n =$	Punkte A3.c
--------------------	-------------



Erreichte Punkte