

Schriftliche Kernfachprüfung 14. August 2006

# 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 2006 (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!

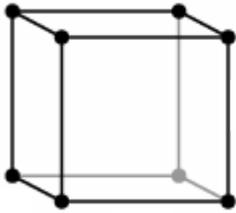
## Teil 1: Kurzaufgaben (30 Punkte)

### Kurzaufgabe K1: Elementarzellen

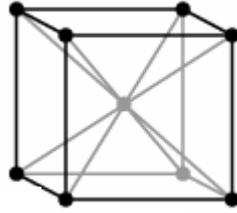
Strontium (Sr) ist ein häufiger Dotierungsstoff von Kathodenmaterialien der Hochtemperaturbrennstoffzelle. In reiner, metallischer Form liegt es in einem Gitter mit kubischer Grundstruktur vor. Die Koordinationszahl von Strontium beträgt 12.

a) Kreuzen Sie das zugehörige Gitter an und berechnen Sie die Gitterkonstante  $a$ . Der Atomradius von Strontium beträgt 215 pm. (2 Punkte)

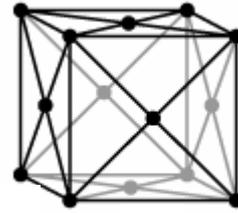
Kubisch-primitives Gitter



Kubisch-raumzentriertes Gitter



Kubisch-flächenzentriertes Gitter



b) Cer findet im Elektrolyten von Hochtemperaturbrennstoffzellen Anwendung. Berechnen Sie die Dichte von reinem, metallischem Cer, wenn dies in kubisch-flächenzentrierter Form vorliegt. Der Atomradius von Cer beträgt 183 pm. (1 Punkt)

Punkte K1

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

**Kurzaufgabe K2: Chemische Bindungen**

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

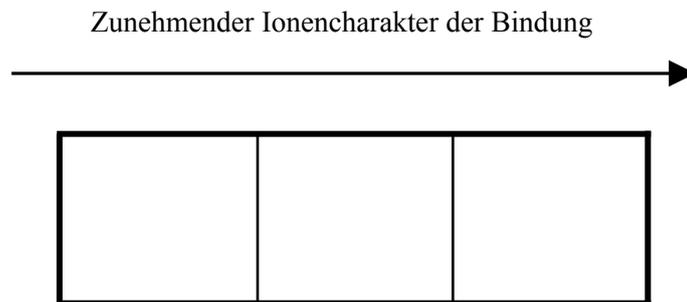
Na	Antwort:	Begründung:
Na <sup>+</sup>		

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

S <sup>2-</sup>	Antwort:	Begründung:
Cl <sup>-</sup>		

b) Welche Art von Bindung geht Neon (Ne) bei Temperaturen unter -246 °C ein, wenn es von der Gasphase in den flüssigen Aggregatzustand übergeht? (1 Punkt)

c) Ordnen Sie die drei binären Verbindungen KBr, KF, KCl nach zunehmendem Ionencharakter der chemischen Bindung und begründen Sie kurz Ihre Antwort. (1 Punkt)

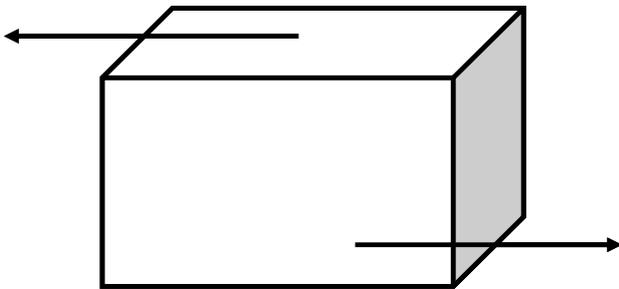


Punkte K2
-----------

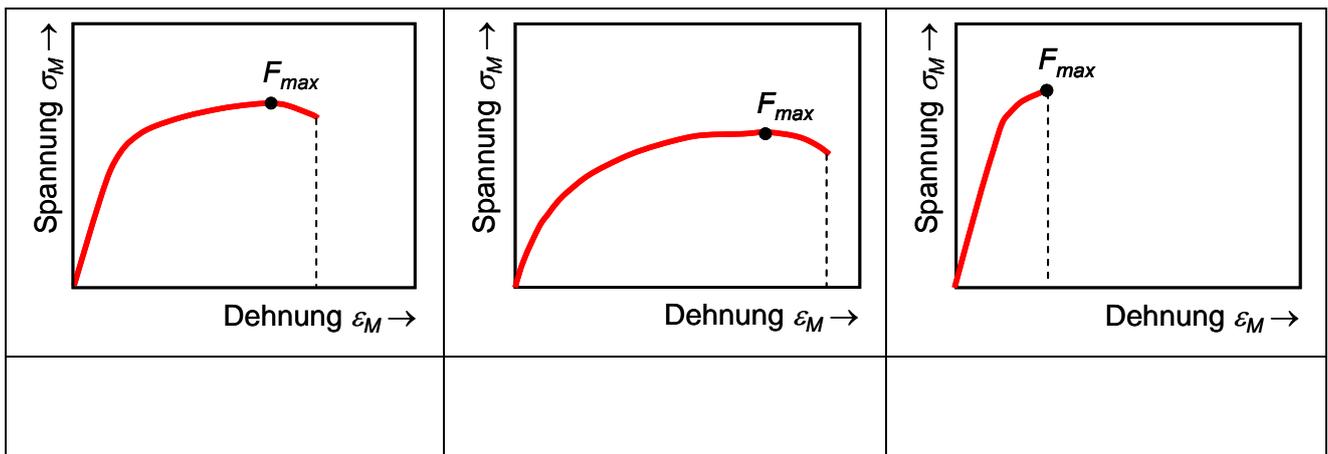
**Kurzaufgabe K3: Kristallfehler**

a) Auch in metallischen Werkstoffen treten häufig (immer) 1-dim. Kristallfehler auf. Bitte nennen Sie zwei 1-dim. Kristallfehler. **(1 Punkt)**

b) Was passiert mit Versetzungen in einem metallischen Werkstoff unter mechanischer Beanspruchung? Wie verhält sich der Werkstoff makroskopisch? Bitte zeichnen Sie in einer Skizze die Veränderung der gegebenen Ausgangsform. **(1 Punkt)**



c) Ordnen Sie den 3 Diagrammen jeweils das zugehörige Bruchverhalten eines metallischen Werkstoffs (Normaltyp, duktil, spröde) zu. **(1 Punkt)**



Punkte K3

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

**Kurzaufgabe K4: Metalle**

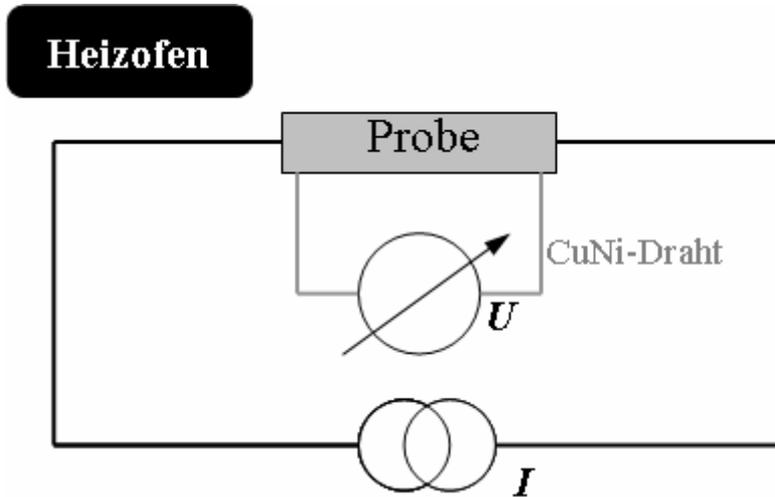
Der Prüfenieur Dr. Fahsenwinckl erhält drei längliche Proben mit identischer Geometrie, deren elektrischen Widerstand er bestimmen soll. Unglücklicherweise verwechselt sein Laborassistent die Proben.

Probe	Material
A	Cu
B	Cu + 1 % Ni
C	Cu + 1 % Co

a) Es werden Widerstandsmessungen durchgeführt, mit deren Hilfe Sie die Zuordnung angeben sollen. Geben Sie die Zuordnung an und begründen Sie kurz. (2 Punkte)

Gemessener Widerstand	Probe
17,4 mΩ	
6,14 mΩ	
3,17 mΩ	

b) Bei der Messung der reinen Kupferprobe verwendet der Assistent die skizzierte Vierpunktanordnung. Da es im Labor kalt ist, schaltet er einen Heizofen in der Laborecke ein. Dabei stellt er fest, dass nach Abschalten des Messstroms  $I$  noch ein Spannungssignal  $U_{Rest}$  gemessen wird. Was für ein Effekt tritt hier auf? (1 Punkt)



Punkte K4

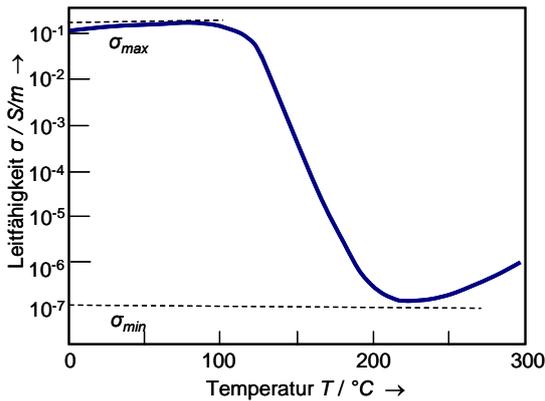
### Kurzaufgabe K5: Textanalyse

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

#### Elektronische Leitung in halbleitenden Keramiken

H. Desiato und D. Adams

Zur Untersuchung der elektronischen Leitung in halbleitenden Keramiken wurde folgende Kennlinie gemessen:



Im Bereich von 120–200 °C nimmt die Leitfähigkeit des Materials um 6 Größenordnungen ab, das heißt, das Material hat dort einen sehr hohen negativen Widerstandstemperaturkoeffizienten. Daher zählt dieses Material im o.g. Bereich zu den Kaltleitern.

Der Verlauf der Kennlinie ist durch temperaturabhängige Potentialbarrieren an den Korngrenzen der Keramik zu erklären. Das Material geht bei der Curie-Temperatur vom ferroelektrischen Zustand in den paraelektrischen Zustand über.

Im paraelektrischen Zustand kompensieren Polarisationsladungen aufgrund permanenter Dipole die negativen Korngrenzladungen. Im ferroelektrischen Zustand kommt es durch spontane Ladungsverschiebungen zu Raumladungen, die die negativen Korngrenzladungen kompensieren. Die Potentialbarriere sinkt ab, da die relative Dielektrizitätszahl  $\epsilon_r$  beim Übergang in den ferroelektrischen Zustand ansteigt. Aufgrund der wesentlich geringeren Potentialbarrieren an den Korngrenzen sinkt der Widerstand des Materials.

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

b) Finden Sie einen Fehler in den Zeilen 24-43. Geben Sie die Zeilennummer(n) an und beschreiben Sie, worin der Fehler besteht. (1 Punkt)

c) Geben Sie zwei Anwendungen an, in denen dieses Material eingesetzt werden kann. (1 Punkt)

Punkte K5

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

**Kurzaufgabe K6: Nichtlineare Widerstände**

Gegeben sei ein temperaturabhängiger Widerstand. In Abbildung 1 ist der Verlauf des Widerstandswertes über dem Kehrwert der Temperatur aufgetragen.

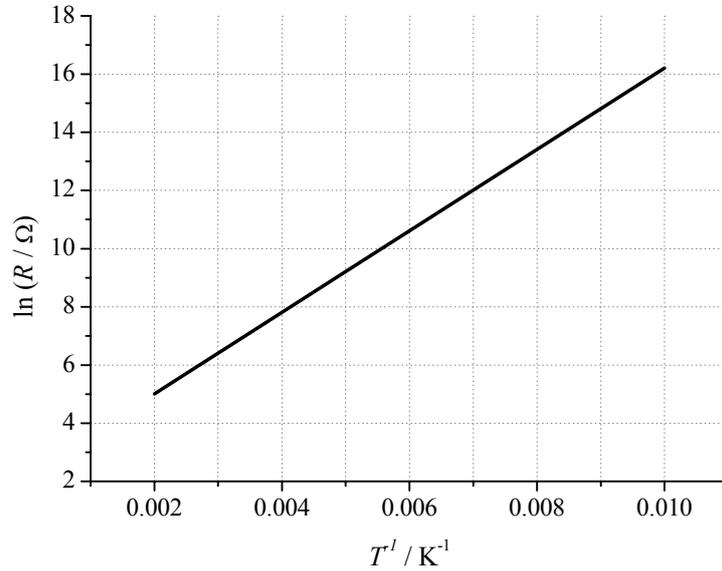
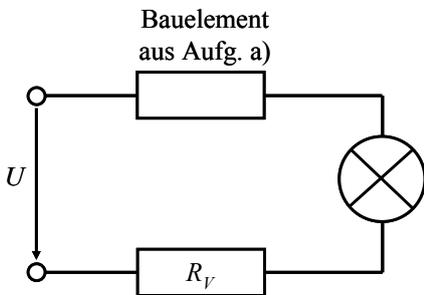


Abbildung 1 Temperaturabhängigkeit des Widerstandswertes

- a) Um welchen temperaturabhängigen Widerstandstyp handelt es sich? Begründen Sie Ihre Antwort. **(1 Punkt)**
- b) Bestimmen Sie aus dem Diagramm die Gleichung  $R = f(T)$  des temperaturabhängigen Widerstandes bezogen auf die Nenntemperatur  $T_N = 500 \text{ K}$ . **(1 Punkt)**

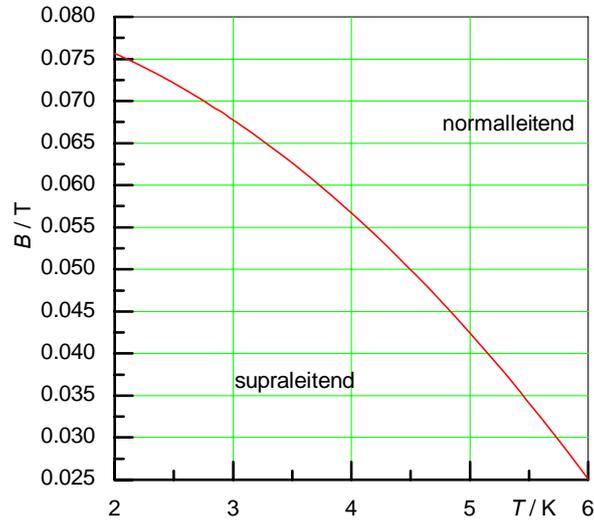
c) Erfüllt die angegebene Schaltung mit dem Bauteil aus Teilaufgabe a) als Einschaltverzögerung ihren Zweck? Begründen Sie Ihre Antwort. **(1 Punkt)**



Punkte K6

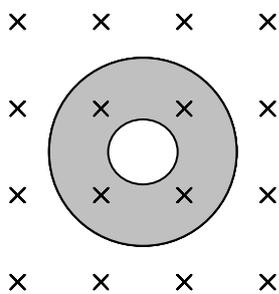
### Kurzaufgabe K7: Supraleitung

a) An dem Diagramm für einen Supraleiter 1. Art kann in Abhängigkeit von einem äußeren Magnetfeld und von der Temperatur abgelesen werden, in welchem Bereich das Material supraleitend ist. Berechnen Sie für dieses Material die Sprungtemperatur und die kritische Flussdichte bei  $T = 0$  K. (2 Punkte)

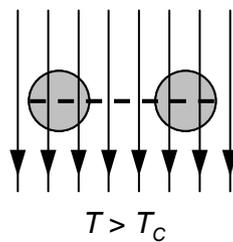


b) Ein Torus aus diesem Material wird innerhalb eines Magnetfeldes abgekühlt (siehe Skizze). Ändert sich das Magnetfeld  $B$  innerhalb der Öffnung des Torus, wenn das Material supraleitfähig wird, und wenn ja, wie? (1 Punkt)

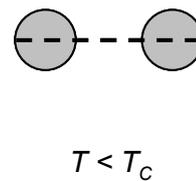
*Hinweis:* Grafische Lösung ausreichend, ergänzen Sie das Schnittbild für  $T < T_C$



Schnittbild:



Schnittbild:



Punkte K7

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

**Kurzaufgabe K8: Dielektrika**

a) In einem Folienkondensator befindet sich das Dielektrikum Epoxydharz. Welche Verlustleistung tritt in dem Dielektrikum auf? (2 Punkte)

- Wechselspannung:  $U_{eff} = 1 \text{ V}$ ,  $f = 60 \text{ Hz}$
- Epoxydharz: Dielektrizitätszahl  $\epsilon_r = 3,5$ , Verlustfaktor  $\tan \delta = 10^{-2}$
- Plattenkondensator: Fläche  $A = 10 \text{ cm}^2$ , Dicke  $d = 10 \text{ }\mu\text{m}$

b) Ordnen Sie die Temperaturkoeffizienten der Elektronen-, Ionen- und Orientierungspolarisation zu. (1 Punkt)

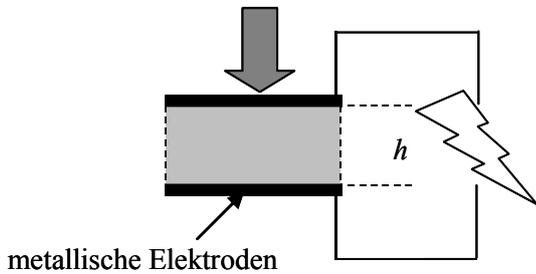
- $TK_\alpha \cong 0 \frac{1}{\text{K}}$  ..... - polarisation
- $TK_\alpha \cong 10^{-4} \frac{1}{\text{K}}$  ..... - polarisation
- $TK_\alpha = -T^{-1}$  ..... - polarisation

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

### Kurzaufgabe K9: Piezoelektrizität

Piezofeuerzeuge nutzen zur Funkenerzeugung Piezoelektrizität statt eines konventionellen Reibsteins. Dazu wird eine Feder im Piezo-Zündelement gespannt, die bei vollständig eingedrücktem Taster blitzartig entspannt wird. Daraufhin wird ein Stößel zum Zeitpunkt  $t = 0$  mit großer Kraft auf einen Piezokristall geschlagen und es kommt zum Funkenüberschlag an den dicht beieinander liegenden Elektroden.

Mechanische Spannung (Stößel)



Zündspannung	$U$	=	14 kV
Dielektrizitätszahl	$\epsilon_r$	=	6500
Piezoelektrische Ladungskonstante	$d$	=	$830 \cdot 10^{-12} \text{ m/V}$
Höhe	$h$	=	$400 \text{ }\mu\text{m}$

a) Welche mechanische Spannung  $\sigma_M$  muss der Piezokristall zum Zeitpunkt  $t = 0$  erfahren, um die benötigte Zündspannung  $U$  für den Funkenüberschlag zu erreichen? (1 Punkt)

b) An die Elektroden wird nun ein Spannungsmessgerät angeschlossen, wodurch der Funkenüberschlag vermieden wird. Zeichnen Sie für  $t > 0$  den qualitativen Verlauf der Spannung  $U$  am Messgerät für den Fall, dass der Stößel bei  $t = 0$  konstant auf den Piezokristall drückt. (1 Punkt)



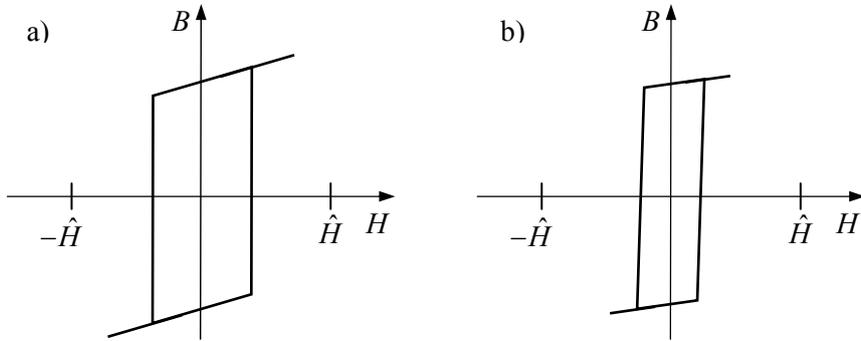
c) Nennen Sie 2 weitere Anwendungen für piezoelektrische Werkstoffe. (1 Punkt)

Punkte K9

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

**Kurzaufgabe K10: Magnetismus**

Für einen Transformator stehen zwei Eisenkerne mit den angegebenen  $B(H)$ -Kurven zur Verfügung. Primärseitig wird eine sinusförmige Spannung so eingeprägt, dass bei der Betriebsfrequenz die  $B(H)$ -Kurve zwischen  $-\hat{H}$  und  $+\hat{H}$  durchlaufen wird.



a) Das Diagramm in Bild 1 zeigt die Kupfer-, Wirbelstrom- und Hystereseverluste ( $P_{cu}, P_w, P_{hys}$ ) des Transformators für beide Eisenkerne über der Frequenz dargestellt. Überlegen Sie sich, welcher Verlustanteil ab einer gewissen Frequenz ausfällt und geben Sie an, für welchen Eisenkern dies zuerst geschieht. (1 Punkt)

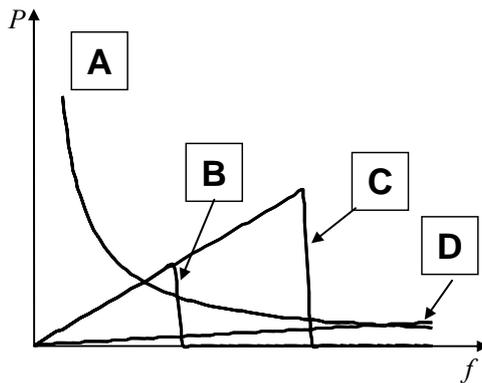


Bild 1: Frequenzabhängigkeit der Verlustanteile

b) Ordnen Sie die Verluste ( $P_{cu}, P_w, P_{hys}$ ) den angegebenen Kurven zu und begründen Sie die Zuordnung. (2 Punkte)

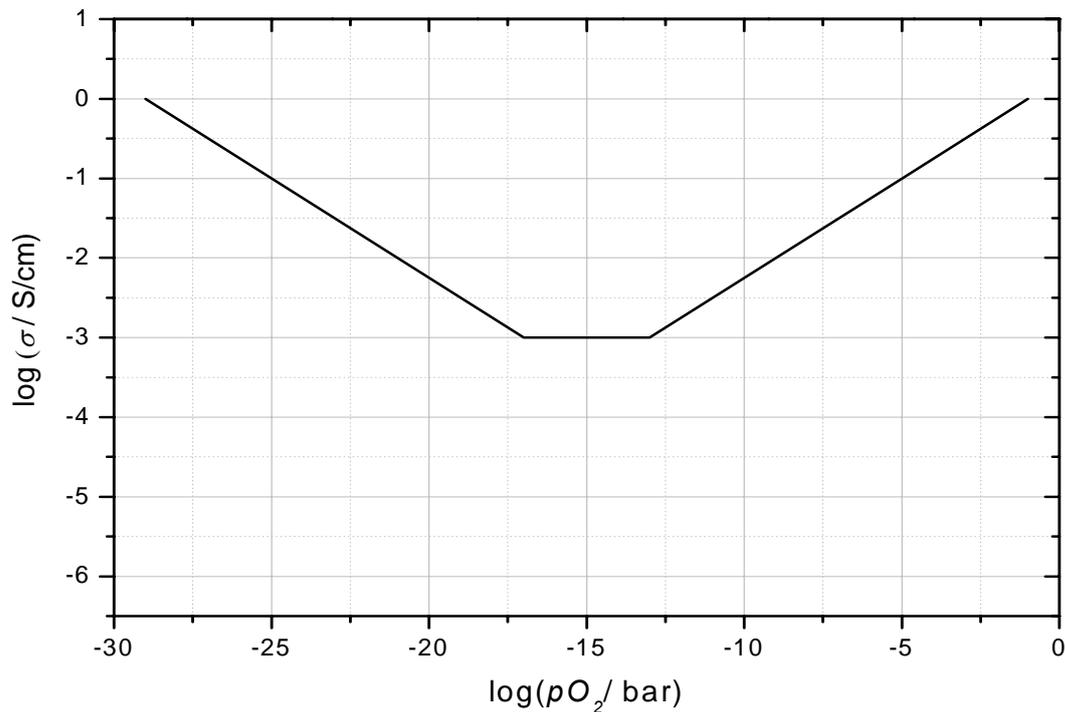
Punkte K10
------------

## Teil 2: Rechenaufgaben (30 Punkte)

### Rechenaufgabe A1: Defektchemie

Gegeben ist die Leitfähigkeit  $\sigma = \sigma_p + \sigma_n + \sigma_{ion}$  von Strontiumtitanat ( $\text{SrTiO}_3$ ) als Funktion des Sauerstoffpartialdrucks  $p\text{O}_2$  der umgebenden Gasatmosphäre bei einer Temperatur von 800 °C. Das  $\text{SrTiO}_3$  ist mit einem Akzeptor der Konzentration  $[\text{Fe}'] = 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  dotiert.

*Hinweis:* Die Beweglichkeiten  $\mu_p = \mu_n$  werden als konstant angenommen.



a) Kennzeichnen Sie eindeutig die Partialdruckbereiche mit dominierender p-, n- und ionischer Leitfähigkeit. Ermitteln Sie den Leitfähigkeitswert von  $\sigma_n$  und  $\sigma_{ion}$  bei einem Sauerstoffpartialdruck von  $p\text{O}_2 = 10^{-5} \text{ bar}$  aus dem Diagramm. (3 Punkte)

*Hinweis:* Die ionische Leitfähigkeit ist keine Funktion von  $p\text{O}_2$ , grafische Lösung ist möglich.

$\sigma_n(p\text{O}_2 = 10^{-5} \text{ bar}) =$	Punkte A1.a
$\sigma_{ion}(p\text{O}_2 = 10^{-5} \text{ bar}) =$	

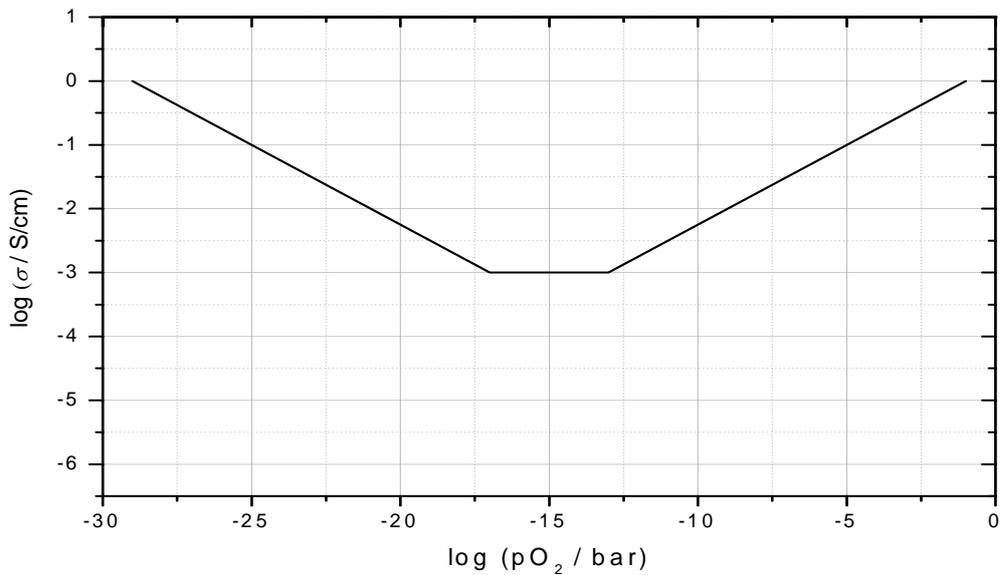
Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

b) Geben Sie die vollständige Elektroneutralitätsbedingung (ENB) unter Verwendung aller relevanten Ladungsträger  $V_O^{\bullet\bullet}$ ,  $e'$ ,  $h^{\bullet}$ ,  $Fe'$  an. (1 Punkt)

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

c) Skizzieren Sie den Verlauf der Leitfähigkeit bei ca. 10-facher Akzeptorkonzentration  $[Fe']$  qualitativ in das gegebene Diagramm. (2 Punkte)

Hinweis:  $[V_O^{\bullet\bullet}]$  sei konstant bezüglich  $pO_2$ .



Punkte A1.c
-------------

d) Bei hoher Temperatur gelten folgende Reaktionen:



Geben Sie zunächst die zugehörigen Massenwirkungsgesetze (MWG) an. Verwenden Sie für Reaktion (1)  $\Delta G_0$  als freie Reduktionsenthalpie und  $K_0$  als Konstante, für die Reaktion (2) den Bandabstand  $E_g$  und die Konstante  $K_2$ . Führen Sie dann geeignete Vereinfachungen ein und formen Sie die Massenwirkungsgesetze so um, dass Sie einen Ausdruck für  $n =$  und  $n \cdot p =$  erhalten. (2 Punkte)

*Hinweis:* Betrachten Sie die Konzentration  $[\text{O}_o]$  als Konstante. Verwenden Sie die Beziehungen  $[\text{O}_{2(g)}] = p\text{O}_2$  und  $2[\text{V}_o^{\bullet\bullet}] \approx [\text{Fe}']$ . Verwenden Sie für die Boltzmannkonstante  $k$  und für die Temperatur  $T$ .

$n =$  $n \cdot p =$	Punkte A1.d
----------------------------	-------------

*Hinweis:* Falls Sie den Aufgabenteil d) nicht gelöst haben, rechnen Sie bitte mit  $n = K_n \cdot e^{R_n(T) \cdot \Delta G_0} \cdot p\text{O}_2$  und  $n \cdot p = K_{np} \cdot e^{R_{np}(T) \cdot E_g}$  weiter.

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

e) Geben Sie für den  $p$ -leitenden Bereich die Abhängigkeit der Defektkonzentration  $p$  als Funktion von Temperatur  $T$ , Sauerstoffpartialdruck  $p_{\text{O}_2}$ , Reduktionsenthalpie  $\Delta G_0$  und Bandabstand  $E_g$  an. Welche Bedingung muss für den Bandabstand  $E_g$  gelten, damit die Löcherkonzentration  $p$  temperaturunabhängig wird? (2 Punkte)

$p =$  $E_g =$	Punkte A1.e
----------------------	-------------

## Rechenaufgabe A2: Pyroelektrika

Ein  $A = 200 \text{ mm}^2$  großer Pyrodetektor wird in einem Bewegungsmelder zur Überwachung eines Hauseingangs eingesetzt (Bild 1). Ein Besucher läuft frontal auf die Haustür zu und befindet sich zum Zeitpunkt  $t = 0$  in dem vom Bewegungsmelder überwachten Bereich.

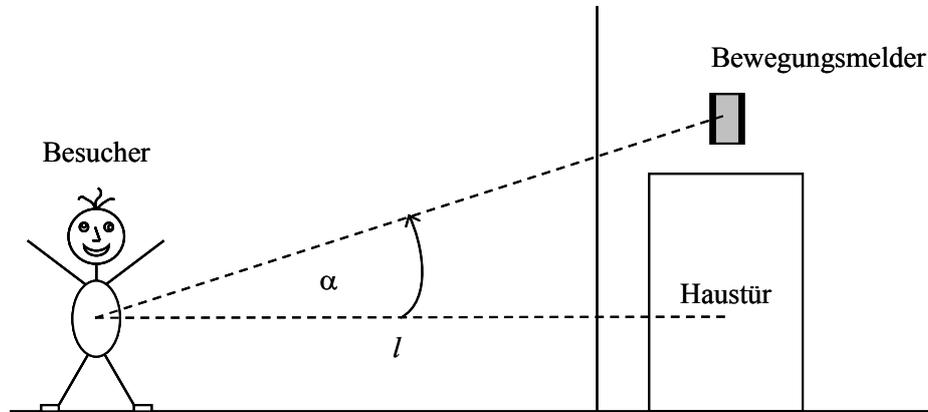


Bild 1: Besucher und Bewegungsmelder

a) Der Abstand zur Haustür betrage  $l = 2 \text{ m}$ , der Winkel  $\alpha = 30^\circ$ . Die vom Besucher radial abgestrahlte Wärmeleistung beträgt  $P = 60 \text{ W}$ . Berechnen Sie die auf den Detektor auftreffende Wärmeleistung  $P_S$ . (3 Punkte)

*Hinweis:* Der Besucher kann als punktförmige Wärmequelle betrachtet werden.

$P_S =$	Punkte A2.a
---------	-------------

*Hinweis:* Wenn Sie diesen Punkt nicht gelöst haben, rechnen Sie mit  $P_S = 0,100 \text{ mW}$  weiter.

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

In Bild 2 sind Kennlinien der remanenten Polarisation  $P_R$  über der Temperatur  $T$  von drei verschiedenen Materialien A, B und C gegeben.

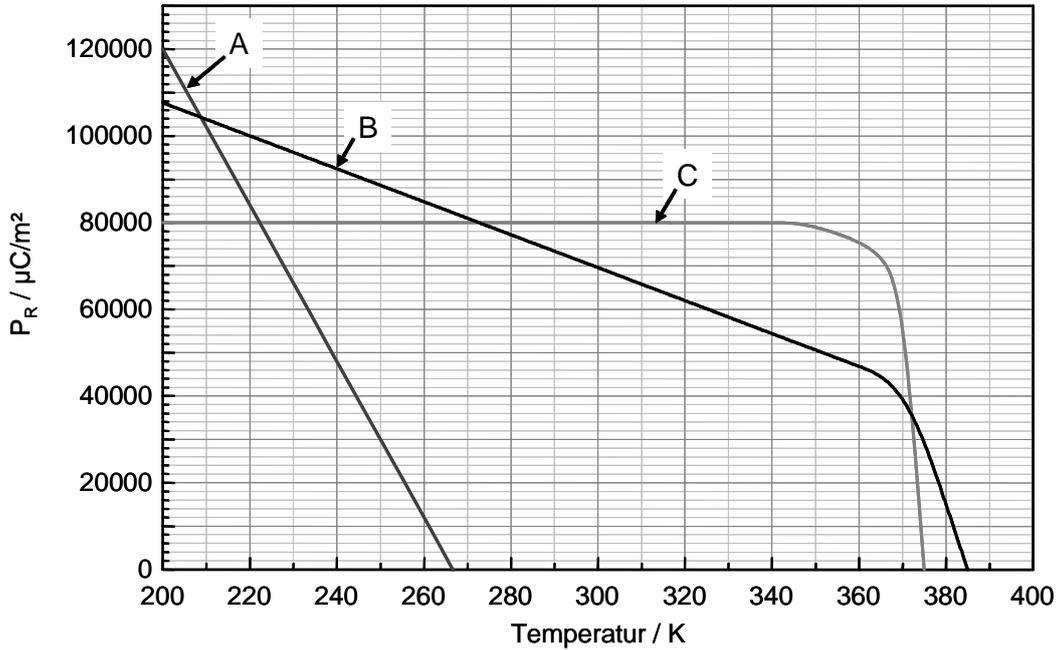


Bild 2: Kennlinien der remanenten Polarisation

b) Der Pyrodetektor wird bei einer Umgebungstemperatur von  $T_U = 25\text{ }^\circ\text{C}$  eingesetzt. Welcher der drei Werkstoffe aus Bild 2 ist für die Verwendung als Pyrodetektor geeignet? Geben Sie eine kurze Begründung für Ihre Wahl an und berechnen Sie den Pyrokoeffizienten  $\pi_p$ . (2 Punkte)

geeignetes Material:	Punkte A2.b
Pyrokoeffizient:	

Hinweis: Wenn Sie diesen Punkt nicht gelöst haben, rechnen Sie mit  $\pi_p = 375 \frac{\mu\text{C}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$  weiter.

c) Für  $t < 0$  s befindet sich der Pyrodetektor im thermischen Gleichgewicht mit der Umgebung  $T_S = T_U$ . Zum Zeitpunkt  $t = 0$  fällt die vom Besucher abgestrahlte Wärmeleistung  $P_S$  aus Teil a) auf den Pyrodetektor und dessen Temperatur  $T_S$  steigt über die Umgebungstemperatur  $T_U$  an. Berechnen Sie den Verlauf der Sensortemperatur  $T_S(t)$ . (3 Punkte)

Hinweise:

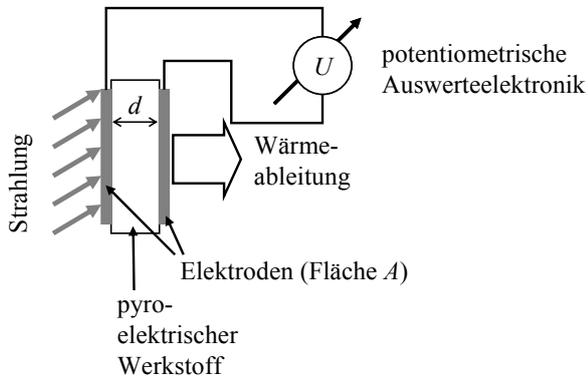
Masse	$m = 120 \text{ mg}$
Wärmekapazität	$c = 420 \text{ J/kgK}$
Wärmeableitungskoeffizient	$k_{ab} = 10 \text{ mW/K}$
Abgeführte thermische Leistung	$P_{ab} = k_{ab} \cdot (T_S - T_U)$
Temperaturänderung	$\frac{dT(t)}{dt} = \frac{P(t)}{c \cdot m}$
Lösung für die DGL $\frac{dy(x)}{dx} = a \cdot y_0 + a \cdot b - a \cdot y(x)$	$y(x) = y_0 + b \cdot (1 - e^{-a \cdot x})$

$T_S(t) =$	Punkte A2.c
------------	-------------

Hinweis: Falls Sie diesen Punkt nicht gelöst haben, rechnen Sie mit  $\Delta T_S(t) = 0,01 \cdot (1 - e^{-0,2 \cdot 10^3 \cdot t})$  weiter.

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

Der Pyrodetektor ist an den Seiten mit metallischen Elektroden versehen und an eine potentiometrische Auswerteelektronik angeschlossen (Bild 3). Aufgrund von Leckströmen befinden sich Ladungen auf den Elektroden und bei der Temperatur  $T_S = T_U$  wird keine Spannung gemessen.



Eigenschaften des Pyrodetektors  
 Dicke:  $d = 80 \mu\text{m}$   
 Elektrodenfläche:  $A = 200 \text{ mm}^2$   
 Dielektrizitätszahl:  $\epsilon_r = 290$

Bild 3

d) Aufgrund der Erwärmung des Pyrodetektors  $T_S(t)$  durch den Besucher wird eine Spannung  $U(t)$  gemessen. Um Fehlalarme zu vermeiden, wird eine Ansprechspannung  $U_A$  eingestellt. Diese soll unter den zuvor betrachteten Bedingungen nach einer Zeit  $t_A = 1 \text{ sec}$  erreicht werden. Berechnen Sie die notwendige Ansprechspannung  $U_A$ . (2 Punkte)

Hinweis: Das Spannungsmessgerät wird als ideal angenommen ( $R_i \rightarrow \infty$ ).

$U_A =$	Punkte A2.d
---------	-------------

### Rechenaufgabe A3: Sperrschichtkondensator

In Bild 1 ist ein Typ-3-Keramikkondensator (Sperrschichtkondensator) modellhaft dargestellt. Dieser besteht aus „leitfähigen“ Körnern und „isolierenden“ Korngrenzen (Sperrschichten).

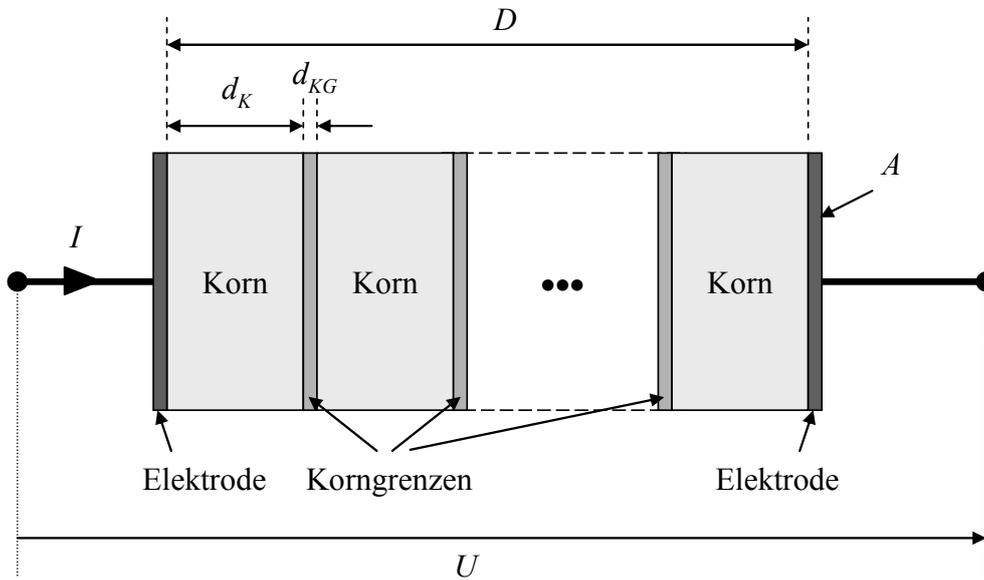


Bild 1 Sperrschichtkondensator

Elektrodenfläche	$A = 20 \text{ mm}^2$
Kondensatordicke	$D = 500 \text{ }\mu\text{m}$
Korndicke	$d_K = 10 \text{ }\mu\text{m}$
Korngrenzdicke	$d_{KG} = 10 \text{ nm}$
Dielektrische Konstanten	$\epsilon_{r,K} = \epsilon_{r,KG} = 300$

a) Die Durchschlagspannung der Korngrenzen beträgt jeweils  $U_{KG} = 2 \text{ V}$ . Geben Sie die maximal mögliche Betriebsspannung an. (1 Punkt)

$U_{max} =$	Punkte A3.a
-------------	-------------

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

Die komplexe Impedanz des Kondensators wird in einem Frequenzbereich von 100 mHz bis 1 GHz aufgenommen. Real- und Imaginärteil sind in Bild 2 über der Frequenz dargestellt.

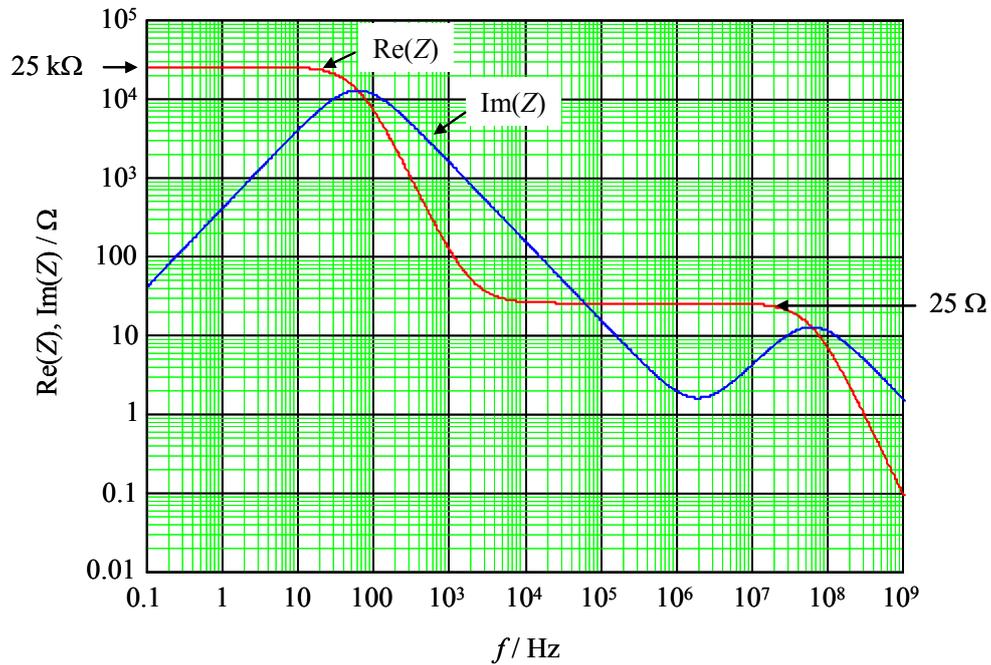


Bild 2

b) Skizzieren Sie ein Ersatzschaltbild für den Kondensator, welches die dielektrischen Eigenschaften und die Leitfähigkeiten der Korngrenzen und Körner berücksichtigt. (2 Punkte)

Punkte A3.b

c) Bestimmen Sie die elektrische Leitfähigkeit von Korngrenzen  $\sigma_{KG}$  und Körnern  $\sigma_K$ . **(4 Punkte)**

*Hinweis:* Lesen Sie geeignete Werte aus dem Diagramm (Bild 2) ab.

$\sigma_{KG} =$	Punkte A3.c
$\sigma_K =$	

*Hinweis:* Wenn Sie diesen Punkt nicht gelöst haben, rechnen Sie mit  $\sigma_{KG} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ S/cm}$  und  $\sigma_K = 2 \cdot 10^{-2} \text{ S/cm}$  weiter.

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

d) Die Kapazität des Kondensators  $C_{ges} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_{r,ges} \cdot \frac{A}{D}$  bei niedrigen Frequenzen wird hauptsächlich durch die Korngrößen bestimmt. Berechnen Sie  $\epsilon_{r,ges}$ , indem Sie den Kondensator als Reihenschaltung kleiner Minikondensatoren auffassen. **(2 Punkte)**

$\epsilon_{r,ges} =$	Punkte A3.d
----------------------	-------------

e) Ist es sinnvoll, den Kondensator bei einer Frequenz von  $2 \cdot 10^9$  Hz zu betreiben? Geben Sie eine kurze Begründung für Ihre Antwort. **(1 Punkt)**

Punkte A3.e
-------------

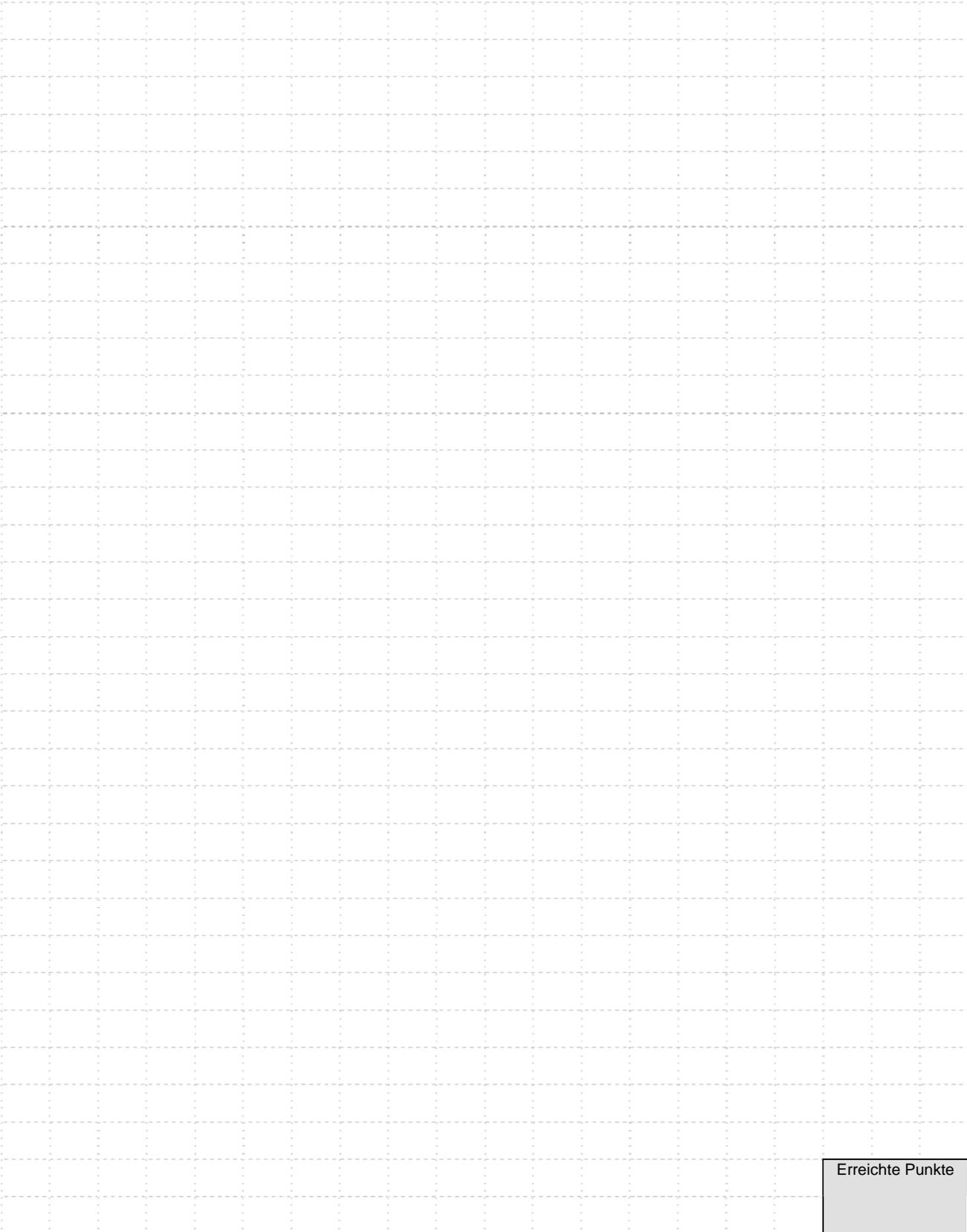


Nachname	Vorname	Matrikelnummer
----------	---------	----------------

**Zusatzblatt zu Aufgabe \_\_\_\_\_**

A large grid of dashed lines for writing answers, covering most of the page.

Erreichte Punkte
------------------



Erreichte Punkte