

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

## Schriftliche Kernfachprüfung 05. September 2013

# 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	
<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 2013 (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 Immatrikulationsbescheinigung 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 20 Antwort-Wahl-Fragen (Teil 1), 3 Kurzaufgaben (Teil 2), sowie 3 Rechenaufgaben (Teil 3). Insgesamt sind 60 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: Antwort-Wahl-Fragen (20 Punkte)

Bei den folgenden Antwort-Wahl-Fragen können jeweils eine oder mehrere Antworten richtig sein. Es wird je Frage 1 Punkt vergeben, wenn genau alle richtigen Antworten und keine falschen Antworten angekreuzt sind. Teilpunkte werden nicht vergeben.

- Ein Einschichtkondensator mit ferroelektrischem Dielektrikum wird bei einer Temperatur  $T < T_C$  aufgeladen und von der Spannungsquelle getrennt. Beim Erwärmen des Kondensators auf  $T \gg T_C$ 
  - steigt die Spannung an.
  - bleibt die Spannung gleich.
  - sinkt die Spannung ab.
- Das Erhitzen von Speisen in einer Mikrowelle wird ermöglicht durch
  - die Energie, die beim Herabfallen von Elektronen vom Leitungsband ins Valenzband frei wird.
  - den Polarisationsmechanismus der Orientierungspolarisation im  $H_2O$  Molekül.
  - Stöße freier Elektronen mit den Atomen der Speisen.
- Warum bildet Helium kein  $He_2$  Molekül aus?
  - Als Edelgas kann Helium nicht ionisiert werden und somit keine dafür benötigten ionischen Bindungen eingehen.
  - Die dafür verantwortliche Van-der-Waals Bindung ist zu schwach um für eine dauerhafte Bindung zu sorgen.  $He_2$  ist somit nicht stabil.
  - Bei einer Bindung würden sowohl bindende als auch antibindende Orbitale mit gleich vielen Elektronen besetzt werden.
- Die grundlegende Funktion einer Thermoskanne basiert auf Unterbindung des Wärmeaustauschs mit der Umgebung durch
  - Wärmestrahlung.
  - Konvektion.
  - Phononen.
- Welche der folgenden Faustregeln bezüglich des Aufbaus des Periodensystems sind korrekt?
  - Die Ionisierungsenergie der Edelgase nimmt mit zunehmender Ordnungszahl ab.
  - Elemente mit ähnlichen chemischen Eigenschaften sind innerhalb einer Zeile des Periodensystems angeordnet.
  - Innerhalb einer Periode haben Edelgase die geringste Ionisierungsenergie.
  - Bei Hauptgruppenelementen ist die Nummer der Hauptgruppe gleich der Anzahl der Elektronen in der äußersten Hauptschale.
- Eine Temperaturmessung unter Ausnutzung des Seebeck-Effekts
  - erfordert die Kombination zweier unterschiedlicher Materialien.
  - funktioniert nur wenn das verwendete Sensormaterial nicht oder nur sehr schlecht leitfähig ist.
  - erfordert eine mäanderförmige Aufbringung des Sensormaterials.
  - wird vereinfacht durch einen lineareren Zusammenhang zwischen Temperatur und Thermospannung.

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

7. Bei Metalloxiden wie Titandioxid kann eine Erhöhung der Konzentration freier Elektronen erreicht werden durch
- Verringerung des Sauerstoffpartialdrucks der Umgebung.
  - Erhöhung der Temperatur bei geringem Sauerstoffpartialdruck der Umgebung.
  - Einbringen des Materials in ein starkes Magnetfeld.
  - Erhöhung des Sauerstoffpartialdrucks der Umgebung.
8. Für Varistoren gilt:
- Die Ansprechspannung eines Varistors ist materialabhängig und kann daher nicht durch den Herstellungsprozess des Varistors beeinflusst werden.
  - Varistoren werden häufig als Überspannungsschutz eingesetzt.
  - Varistoren werden häufig zur Einschaltverzögerung eingesetzt.
9. Der Widerstandswert eines NTC
- steigt mit steigender Temperatur.
  - sinkt mit steigender Temperatur.
  - ist unter anderem abhängig von dem den Widerstand durchfließenden Strom.
  - wird maßgeblich bestimmt durch Korngrenzeffekte.
10. Welche der folgenden Aussagen ist korrekt?
- Ferroelektrische Materialien sind stets auch piezoelektrisch.
  - Ferroelektrische Eigenschaften verschwinden oberhalb der Curie-Temperatur.
  - Piezoelektrische Materialien sind stets auch ferroelektrisch.
11. Durch welche Eigenschaften zeichnet sich ein einkristalliner Festkörper aus?
- Es gibt eine Fernordnung der Atome im gesamten Festkörper.
  - Lediglich ein Korn im Festkörper ist kristallisiert, der Rest liegt in amorpher Form vor.
  - Alle Einkristalle sind supraleitend.
  - Innerhalb eines einkristallinen Festkörpers bilden sich keine Korngrenzen aus.
12. Das Pauli-Prinzip beschreibt:
- Ein quantenmechanisches Prinzip dessen Konsequenz ist, dass in voll besetzten Bändern keine Leitung stattfinden kann.
  - Eine Regel die besagt, dass in einem Atom die Elektronenzustände nicht in allen vier Quantenzahlen übereinstimmen dürfen.
  - Ein Prinzip das besagt, dass bei einer Temperatur von  $T=0K$  die Elektronen den energetisch niedrigsten Zustand besetzen.
  - Ein Prinzip das besagt, dass Elektronen der äußersten Schale am schwächsten gebunden sind.
13. Die Leitermaterialien eines Thermoelementpaares sollten so gewählt werden, dass:
- Deren Seebeck-Koeffizienten möglichst identisch sind.
  - Ein linearer Zusammenhang zwischen Thermospannung und Temperatur besteht.
  - Sie im kompletten anwendungsrelevanten Temperaturbereich chemisch stabil bleiben.
  - Die Thermospannung möglichst groß ist.

14. Für das typische Verhalten des jeweiligen nichtlinearen Widerstands ist verantwortlich:
- Heißleiter (NTC): Hoppingleitung und Eigenerwärmung.
  - Kaltleiter (PTC): Bildung von Cooper-Paaren.
  - Varistor: Korngrenzeffekte in halbleitenden Metalloxiden.
15. Welche der folgenden Aussagen über die Lambda-Sonde sind korrekt?
- Mit einer Lambda-Sonde lässt sich in der Abgassensorik der Anteil von Sauerstoff ( $pO_2$ ) im Abgas bestimmen.
  - Es wird ein gasdurchlässiger Feststoffelektrolyt verwendet.
  - Der Sauerstoffanteil ( $pO_2$ ) im Abgas wird mittels der Nernst-Gleichung bestimmt.
  - Das Elektrolytmaterial leitet die Sauerstoffionen nur bei hohen Betriebstemperaturen ( $600 < T < 900^\circ\text{C}$ ) ausreichend gut.
16. Die Polarisierbarkeit  $\alpha_{el}$  eines Atoms...
- ...steigt mit zunehmendem Atomradius.
  - ...steigt mit abnehmendem Atomradius.
  - ... ist über die Clausius-Mossotti-Beziehung mit der relativen Dielektrizitätskonstante verknüpft.
17. Ein Metall wird von  $T = 0,98 \cdot T_{\text{Schmelzpunkt}}$  auf Raumtemperatur abgekühlt. Wie verhält sich die Leerstellenkonzentration  $n_1$  in einem schnell abgekühlten Material zur Leerstellenkonzentration  $n_2$  in einem langsam abgekühlten Material?
- $n_1 > n_2$
  - $n_1 < n_2$
  - $n_1 = n_2$
18. Mit der Schrödingergleichung
- kann der Aufenthaltsort eines Elektrons in der Atomhülle zu jedem Zeitpunkt exakt bestimmt werden.
  - lassen sich Welleneigenschaften massebehafteter Teilchen beschreiben.
  - läßt sich die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen in Atomorbitalen berechnen.
19. In einem dotierten Halbleiterwerkstoff
- steigt die elektrische Leitfähigkeit streng monoton mit der Temperatur.
  - steigt die Ladungsträgerbeweglichkeit mit der Temperatur.
  - steigt die Ladungsträgerkonzentration mit der Temperatur.
20. Bariumtitanat ist ferroelektrisch
- unterhalb der Curie-Temperatur.
  - wenn seine Gitterstruktur kubisch ist.
  - wenn es unter mechanische Druckspannung gesetzt wird.
  - wenn seine Gitterstruktur tetragonal ist.

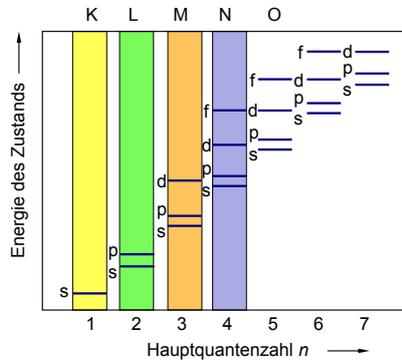
Punkte AWF
------------

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

## Teil 2: Kurzaufgaben (10 Punkte)

### Kurzaufgabe K1: Pauling Schreibweise

Gegeben sind die durch Hauptquantenzahl  $n$  sowie Drehimpulsquantenzahl  $l$  vollständig bestimmten möglichen Energiezustände eines Elektrons in einem Atom.



a) Was wird bei der sogenannten Pauling-Schreibweise in x- bzw. y-Richtung aufgetragen? (1 Punkt)

Punkte K1.a

b) Zeichnen Sie die besetzten Zustände für Phosphor in Pauling-Schreibweise. Beachten Sie bei der Besetzung sowohl das Pauli-Prinzip, als auch die Hund'sche Regel und beschriften Sie Ihre Zeichnung vollständig. (2 Punkte)

Punkte K1.b

### Kurzaufgabe K2: Dielektrika

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.

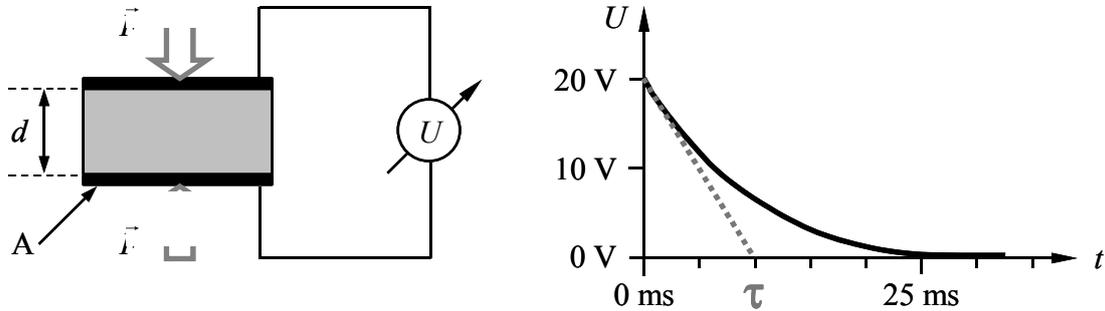
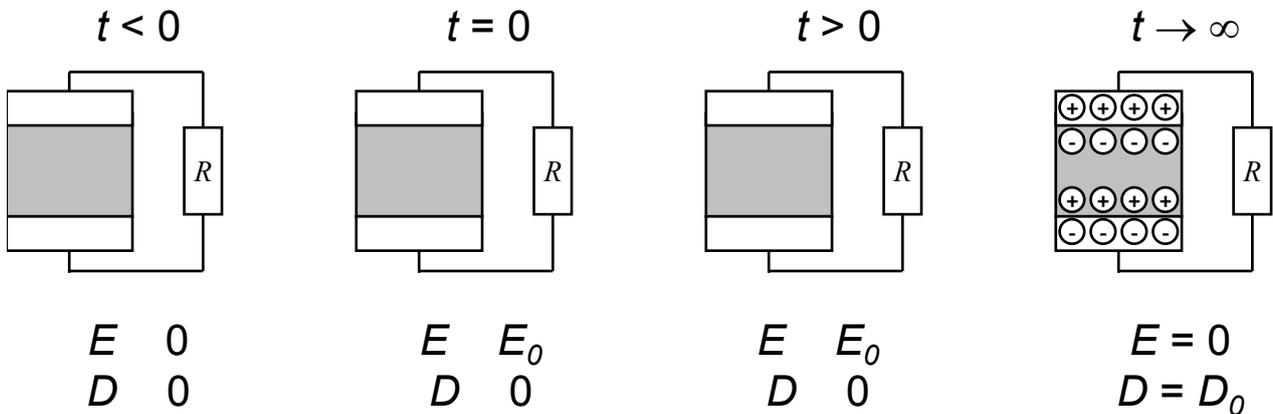


Bild K2-1: (links) Piezoelektrische Keramik als Dielektrikum in einem Kondensator mit Spannungsmessgerät und (rechts) der dazugehörige  $U(t)$ -Verlauf bei Kräfteinwirkung auf die Stirnflächen.

a) Zeichnen Sie in den folgenden Abbildungen die Polarisations- und Plattenladungen für die gegebenen Zeitpunkte ein und ergänzen Sie die fehlenden Operatoren ( $>$ ,  $=$ ,  $<$ ) für die Größenverhältnisse von  $E$  und  $D$ -Feld.

Hinweis: Orientieren Sie sich an der Vorgabe für  $t \rightarrow \infty$ . (2 Punkte)

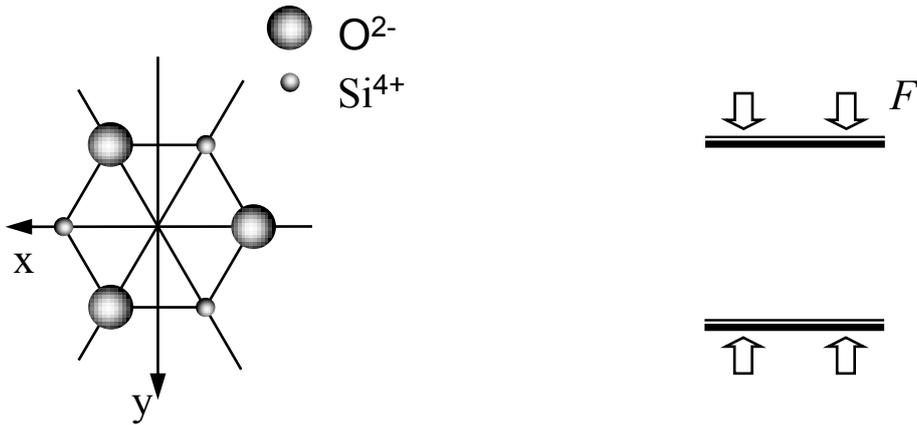


Punkte K2.a

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

b) Dargestellt in *Bild K2-2* sind das Kristallgitter der verwendeten piezoelektrischen Keramik (*links*), sowie die Kondensatorplatten des in *Bild K2-1* gezeigten Messaufbaus (*Bild K2-2, rechts*). Zeichnen Sie das Kristallgitter in solcher Orientierung zwischen die Kondensatorplatten ein, dass der in *Bild K2-1* verwendete Messaufbau funktioniert. Zeichnen Sie zudem die durch die vorgegebene Kraftwirkung  $F$  induzierten Ladungen auf den Kondensatorplatten ein.

*Hinweis: Die Kondensatorplatten seien hier nicht elektrisch verbunden. (2 Punkte)*



*Bild K2-2: (links) Skizze des piezoelektrischen Kristallgitters.  
(rechts) Kondensatorplatten aus dem Aufbau in Bild K2-1.*

Punkte K2.b

### Kurzaufgabe K3: Metalle

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

*Tabelle K3-1: Probenbezeichnungen.*

PROBE	MATERIAL
A	Cu
B	Cu + 1 % Ni
C	Cu + 1 % Co

a) Es werden Widerstandsmessungen durchgeführt, mit deren Hilfe die Proben dem korrekten Material zugeordnet werden sollen. Die Ergebnisse der Widerstandsmessungen sind in *Tabelle K3-2* aufgeführt, ordnen Sie den Messergebnissen die korrekte Probe (A, B, C) zu und begründen Sie kurz. **(2 Punkte)**

*Tabelle K3-2: Ergebnisse der Widerstandsmessungen.*

GEMESSENER WIDERSTAND	PROBE
17,4 mΩ	
6,14 mΩ	
3,17 mΩ	

Punkte K3.a

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

b) Bei der Messung der reinen Kupferprobe verwendet der Assistent die skizzierte Vierpunktanordnung (Bild K3-1). Es ist Hochsommer und selbst im Labor herrscht brütende Hitze. Der Assistent schaltet die Klimaanlage an und richtet das Gebläse genau auf die Stelle an der er (☺) gerade sitzt. Zu seiner Verwunderung stellt er fest, dass nach Abschalten des Messstroms  $I$  noch ein kleines Spannungssignal  $U_{Rest}$  gemessen werden kann. Benennen Sie den hier auftretenden Effekt und erläutern Sie seine physikalische Ursache. (1 Punkt)

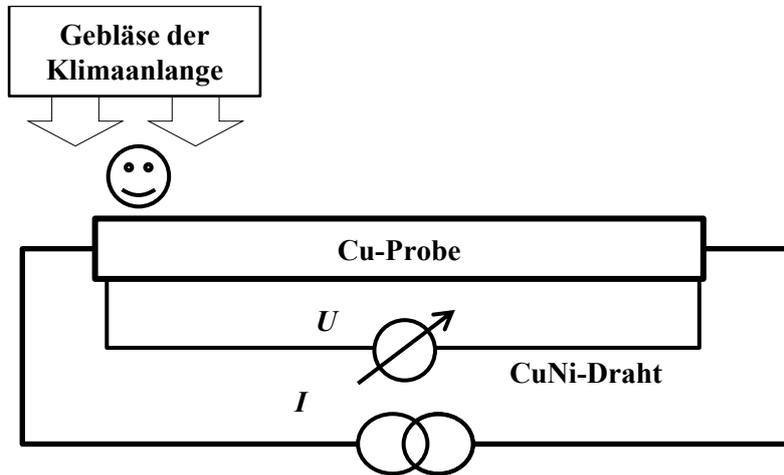


Bild K3-1: Skizze der Vierpunktanordnung.

Punkte K3.b

### Teil 3: Rechenaufgaben (30 Punkte)

#### Rechenaufgabe A1: Defektchemie

Gegeben ist die spezifische Leitfähigkeit  $\sigma$  einer Probe aus undotiertem  $\text{BaTiO}_3$  für zwei unterschiedliche Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  als Funktion des Sauerstoffpartialdruckes  $pO_2$  der Umgebung.

Hinweise: Die Beweglichkeiten  $\mu_p = \mu_n = 1 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$  werden als konstant angenommen. Alle Defekte können bei den gegebenen Temperaturen als vollständig ionisiert angesehen werden.

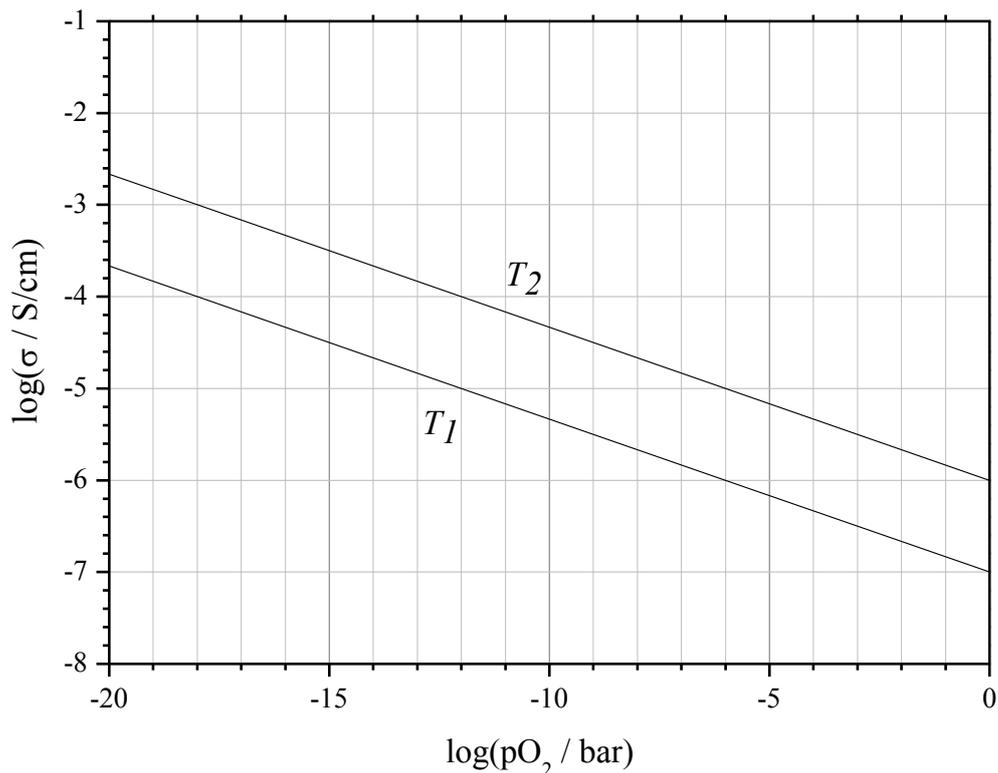


Bild A1-1: Spezifische Leitfähigkeit von undotiertem  $\text{BaTiO}_3$ .

a) Da die Probe undotiert ist besteht sie (unter Vernachlässigung von Gitterdefekten) einzig aus den folgenden, in Kröger-Vink-Notation beschriebenen Spezies:



Wie lautet die Elektroneutralitätsbedingung für die betrachtete Probe? (1 Punkt)

Elektroneutralitätsbedingung:	Punkte A1.a
-------------------------------	-------------

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

b) Um welchen Leitertyp (*p*-Leiter, *n*-Leiter) handelt es sich? Begründen Sie kurz Ihre Antwort und vereinfachen Sie die in a) aufgestellte Elektroneutralitätsbedingung entsprechend. **(2 Punkte)**

<i>Leitertyp:</i>  <i>Vereinfachte Elektroneutralitätsbedingung:</i>	Punkte A1.b
--	-------------

c) Welche der Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  ist größer? Begründen Sie kurz. **(1 Punkt)**

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

d) Die spez. Leitfähigkeit  $\sigma$  der Probe kann durch folgenden allgemeinen Ausdruck beschrieben werden:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot e^{-\frac{\Delta G_0}{kT}} \cdot \left( \frac{pO_2}{\text{bar}} \right)^m$$

Ermitteln Sie die Werte der materialspezifischen Konstanten ( $\sigma_0$ ,  $\Delta G_0$ ,  $m$ ) unter Zuhilfenahme von *Bild A1-1*.

*Hinweis: Nehmen Sie an, dass  $T_1 = 900$  °C und  $T_2 = 1000$  °C gilt. (4 Punkte)*

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

$m =$ $\Delta G_0 =$ $\sigma_0 =$	Punkte A1.d
---	-------------

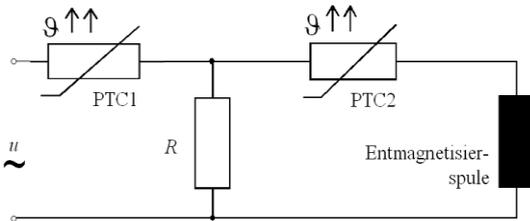
e) Der Werkstoff  $\text{BaTiO}_3$  wird häufig als keramisches Material in Kondensatoren eingesetzt. Die zur Kontaktierung notwendigen unedlen Kontaktmaterialien oxidieren jedoch bei der Herstellung, wenn in der Umgebung ein zu hoher Anteil an Sauerstoff vorhanden ist. Um dies zu vermeiden werden solche Bauelemente in einer Stickstoffatmosphäre mit einem Restsauerstoffpartialdruck von  $p_{\text{O}_2} = 10^{-6}$  bar bei  $T = 1000$  °C hergestellt. Wie hoch ist bei diesen Bedingungen die Sauerstoffleerstellenkonzentration  $[\text{V}_{\text{O}}^{\bullet\bullet}]$  im Material?

*Hinweis: Lesen Sie die benötigten Zahlenwerte aus Bild A1-1 ab. (2 Punkte)*

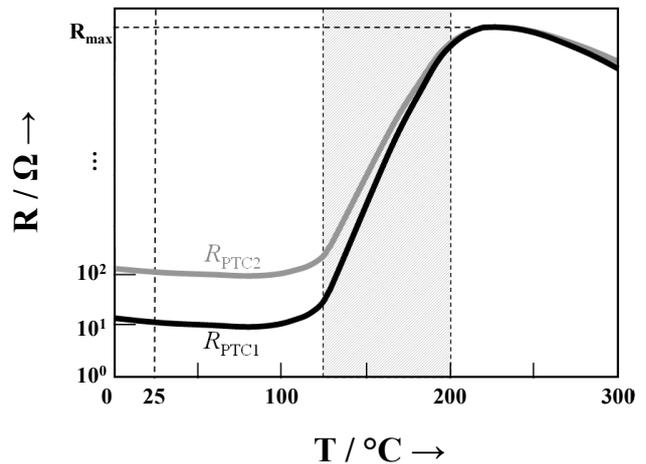
$[\text{V}_{\text{O}}^{\bullet\bullet}] =$	Punkte A1.e
--	-------------

### Rechenaufgabe A2: Nichtlineare Widerstände (PTC)

Farbfernseh-Bildröhren enthalten magnetisierbare Teile. Daher wird bei jedem Einschalten eine Entmagnetisierung durchgeführt. Diese erfolgt im Prinzip mit einer Schaltung nach *Bild A2-1*, bei der eine um die Bildröhre geschlungene Entmagnetisierungsspule aus Kupferdraht und zwei Kaltleiter-Widerstände (PTC) eingesetzt werden. *Bild A2-2* zeigt die  $R$ - $T$ -Kennlinie der beiden Kaltleiter. Durch ihre Eigenerwärmung wird ein abklingendes magnetisches Wechselfeld erzeugt.



*Bild A2-1: Ersatzschaltbild der Entmagnetisierung von Farbfernsehrohr mit PTC-Elementen.*



*Bild A2-2: Kennlinien für das PTC1 und PTC2 Element aus Bild A1-1.*

a) Berechnen Sie die Amplitude  $\hat{i}_{PTC1}(t=0)$  des durch PTC1 fließenden Stroms unmittelbar nach Anlegen der Spannung  $u$ .

*Hinweise: Die induktiven Eigenschaften der Spule sollen vernachlässigt werden, berücksichtigen Sie nur deren ohmschen Widerstand. Für die angelegte Spannung gilt:  $u = \hat{u} \cdot \sin(\omega t)$ . (3 Punkte)*

Zahlenwerte:

Amplitude der Spannung	$\hat{u} = 50 \text{ V}$
Widerstand	$R = 500 \text{ } \Omega$
Windungszahl der Spule	$n = 20$
Länge der Spule	$l = 20 \text{ mm}$
Durchmesser der zylinderförmigen Spule	$d = 300 \text{ mm}$
Durchmesser des Spulendrahtes	$\delta = 1 \text{ mm}$
el. Leitfähigkeit von Kupfer	$\sigma_{Cu} = 6 \cdot 10^5 \text{ S/m}$
Umgebungstemperatur	$T_U = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$

Punkte A2.a

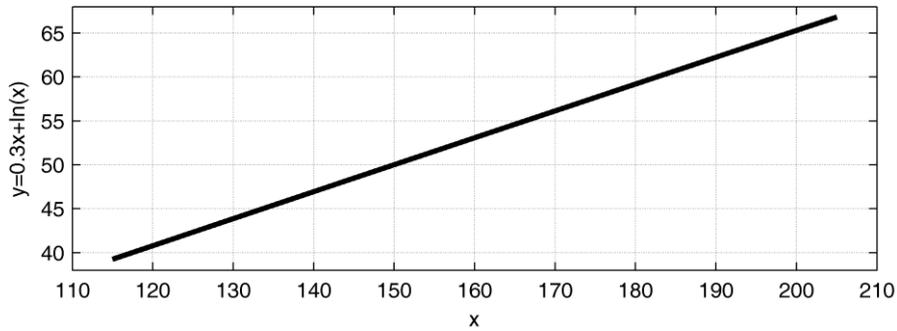
$$\hat{i}_{\text{PTC1}}(t=0) =$$

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

An den PTC-Widerstand  $R_{PTC1}$  (Kennlinie aus *Bild A2-2*) mit zylindrischer Scheibengeometrie werde eine konstante Gleichspannung  $U$  angelegt. Hierdurch erwärmt sich das Bauteil.

b) Nach einer gewissen Zeit stellt sich aufgrund von Wärmeabgabe (Konvektion) eine konstante Endtemperatur  $T_{PTC1,end}$  des Bauteils ein. Berechnen Sie diese.

*Hinweise: Für Temperaturen größer als 125°C lässt sich die Kennlinie in Bild A2-2 in guter Näherung mit  $R = R_0 \cdot e^{\beta(T-T_0)}$  beschreiben. Nutzen Sie zur Lösung auch Bild A2-3. (5 Punkte)*



*Bild A2-3*

Zahlenwerte:

Spannung	$U$	=	10 V
Umgebungstemperatur	$T_U$	=	298 K
Wärmeübergangszahl an Luft	$\alpha_K$	=	2 mW·cm <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup>
Nennwiderstand	$R_0$	=	1000 Ω
Nenntemperatur	$T_0$	=	470.7 K
Konstante	$\beta$	=	0,3 K <sup>-1</sup>
Oberfläche des PTC	$A$	=	3.063 cm <sup>2</sup>



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

$T_{PTC1,end} =$	Punkte A2.b
------------------	-------------

*Hinweis: Wenn Sie diesen Punkt nicht gelöst haben, rechnen Sie mit  $T_{PTC1,end} = 225\text{ °C}$  weiter.*

c) Berechnen Sie die Amplitude des Stroms  $\hat{i}_{PTC1}(t \rightarrow \infty)$ , wenn der Kaltleiter PTC1 seine eine konstante Endtemperatur  $T_{PTC1, end}$  erreicht hat. Nehmen Sie dazu an, dass die Temperatur des Kaltleiters PTC2 aufgrund thermischer Kopplung der Temperatur des Kaltleiters PTC1 entspricht. **(2 Punkte)**

$\hat{i}_{PTC1}(t \rightarrow \infty) =$	Punkte A2.c
--	-------------

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

### Rechenaufgabe A3: Magnete

Bild A3-1, links zeigt die Magnetisierungskurve  $M(H)$  eines ferromagnetischen Werkstoffs bei  $T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ , die durch eine rechteckige Hysteresekurve mit einer Sättigungsmagnetisierung von  $M_S = 1.74 \cdot 10^4 \text{ A/cm}$  angenähert wurde.

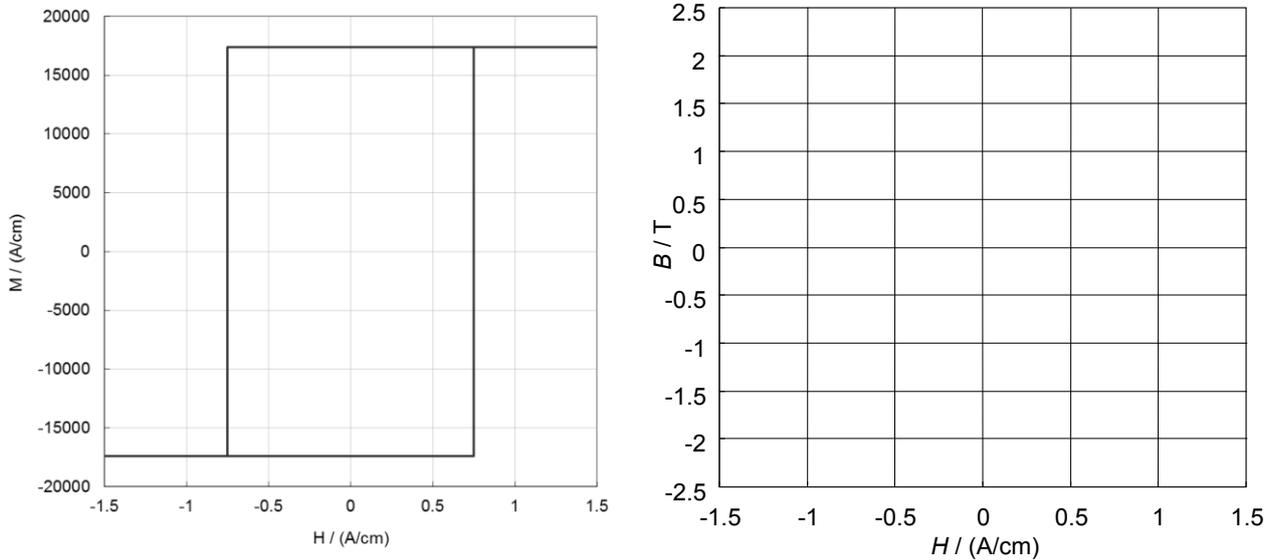


Bild A3-1

a) Zeichnen Sie in das rechte Diagramm in Bild A3-1 die magnetische Flussdichte  $B$  in Abhängigkeit der magnetischen Feldstärke  $H$  ein und geben Sie die Koerzitivfeldstärke  $H_C$  an. Um wie viel unterscheidet sich die magnetische Flussdichte bei  $H=1,5 \text{ A/cm}$  von der magnetischen Remanenzflussdichte? (3 Punkte)

$H_C =$  $\Delta B =$	Punkte A3.a
-----------------------------	-------------

Hinweis: Wenn Sie diesen Punkt nicht gelöst haben, rechnen Sie mit  $H_C = 0.7 \text{ A/cm}$  weiter.

b) Bild A3-2 links zeigt die Abhängigkeit der Sättigungsmagnetisierung  $M_S$  von der Temperatur.

Um welchen Werkstoff handelte es sich im Aufgabenteil a)? Begründen Sie kurz. Geben Sie die Remanenzflussdichte  $B_R$  dieses Materials für eine Temperatur  $T_2 = 450 \text{ °C}$  an und tragen Sie den Verlauf der magnetischen Flussdichte  $B$  über der magnetischen Feldstärke  $H$  bei dieser Temperatur in das rechte Diagramm in Bild A3-2 ein. (3 Punkte)

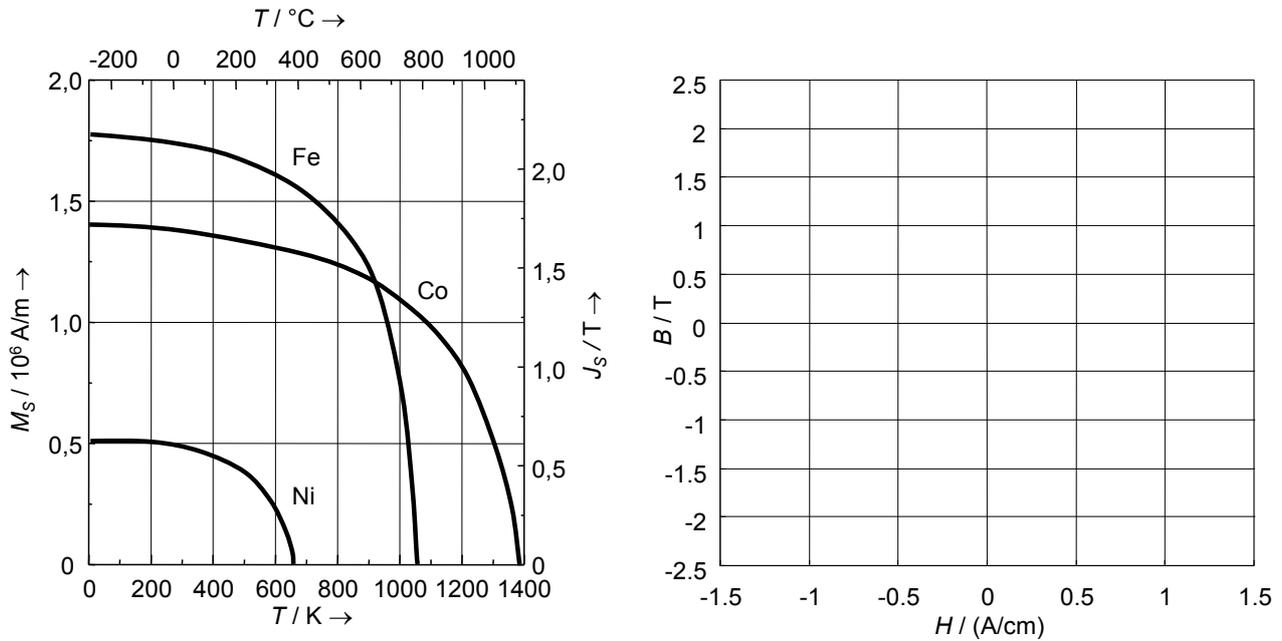
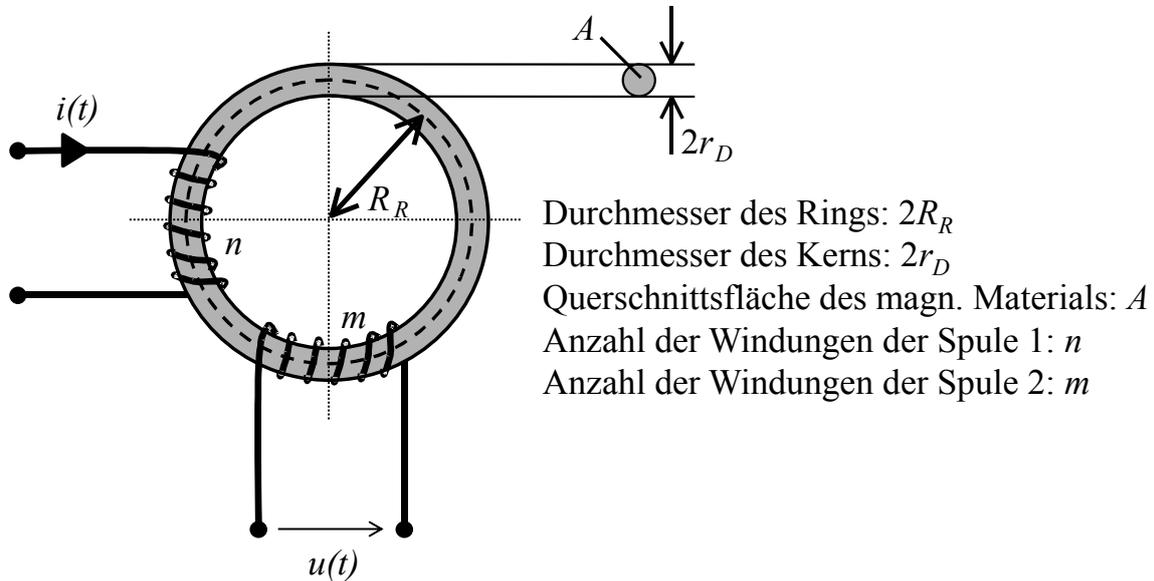


Bild A3-2

<p>Werkstoff:</p> <p><math>B_R =</math></p>	<p>Punkte A3.b</p>
---	--------------------

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

c) Der in Teilaufgabe a) beschriebene magnetische Werkstoff wird zum Aufbau eines Ringkerntrafos benutzt (*Bild A3-3*). Der Ring hat einen Durchmesser von  $2R_R = 7$  cm und der Kerndurchmesser beträgt  $2r_D = 1$  cm. Streufelder können vernachlässigt werden und es wird angenommen, dass der magnetische Fluss  $\Psi$  vollständig im Spulenquerschnitt fließt.



*Bild A3-3*

Der Spule 1 mit  $n = 100$  Windungen wird ein Wechselstrom  $i(t) = i_0 \cos(2\pi \cdot f \cdot t)$  ( $i_0 = 0.165$  A,  $f = 50$  Hz) aufgeprägt (siehe auch *Bild A3-4* oben). Zeichnen Sie die Verläufe der magn. Feldstärke  $H(t)$  und der magn. Flussdichte  $B(t)$  im eingeschwungenen Zustand in untenstehende Diagramme ein. **(3 Punkte)**

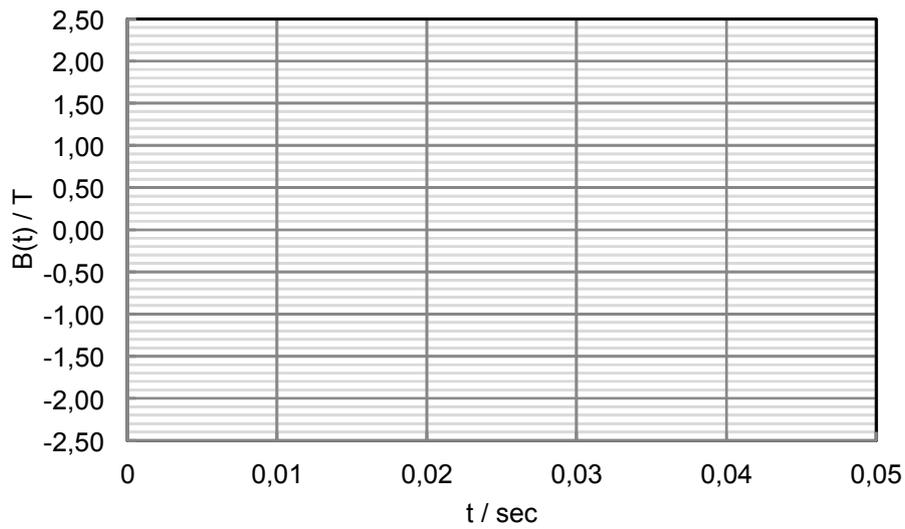
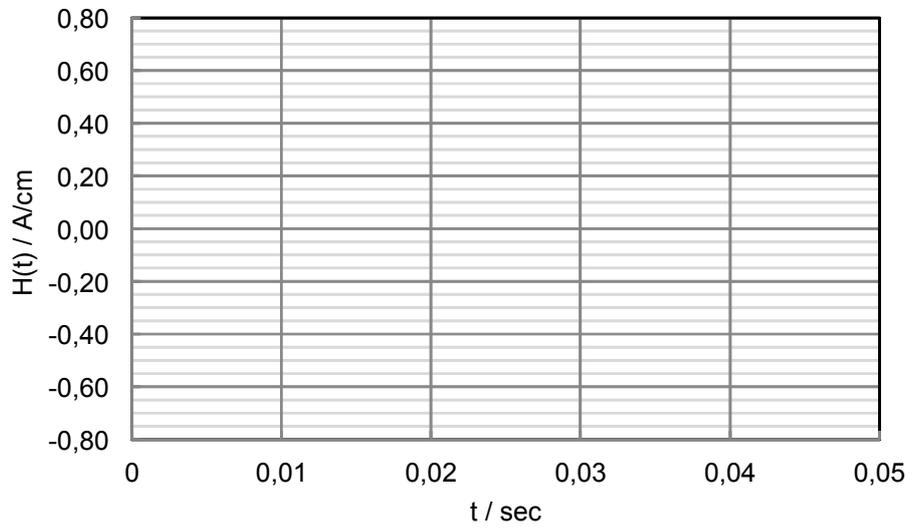
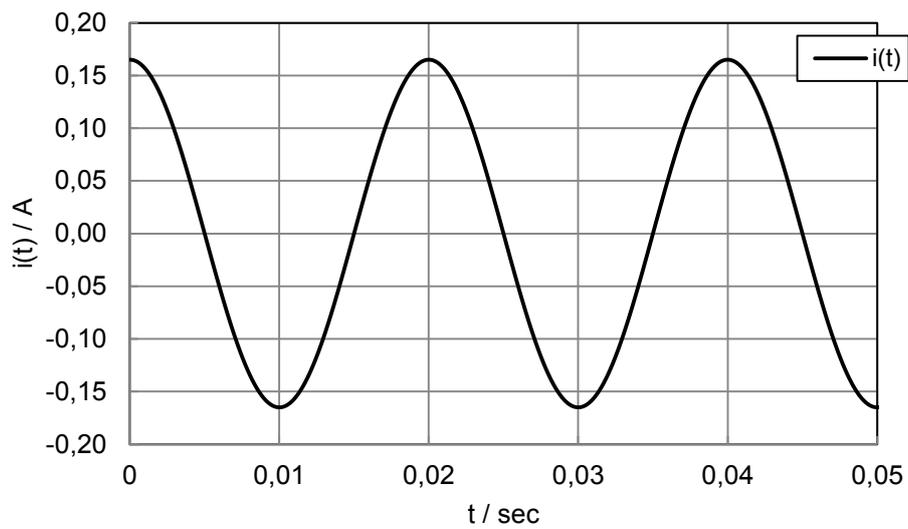
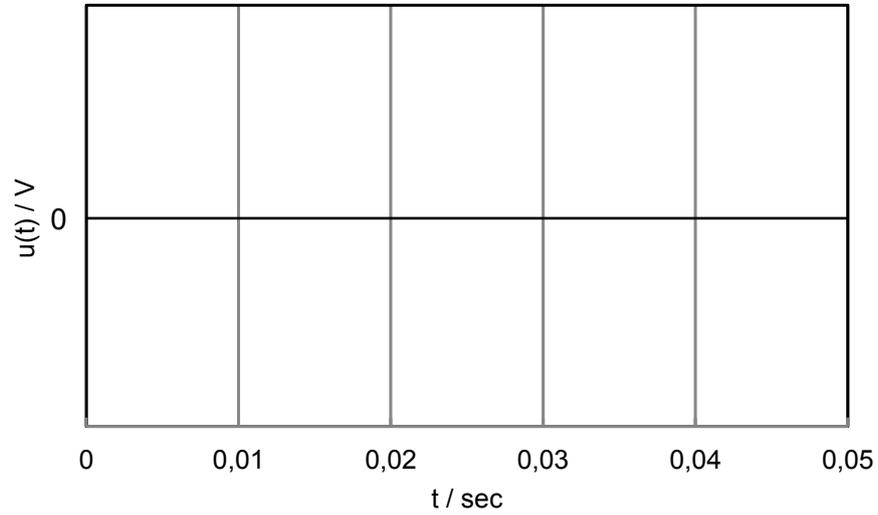


Bild A3-4

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

	Punkte A3.c
--	-------------

d) Durch den in Aufgabenteil c) beschriebenen Stromfluss in Spule 1 wird in Spule 2 ( $m = 200$  Windungen) eine Wechselspannung  $u(t)$  induziert. Zeichnen Sie den qualitativen Verlauf dieser Spannung  $u(t)$  im eingeschwungenen Zustand in das untenstehende Diagramm ein. (1 Punkt)



	Punkte A3.d
--	-------------



