Deckblatt zu einer Klausur am Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik

Modulprüfung	
Modulname	**Grundgebiete der Elektrotechnik I**
Datum	**09.03.2021**
Prüfpersonen	
1. Prüfperson	**Prof. Dr. Martina Gerken**
ggf. 2. Prüfperson	
Kandidat/in	
Matrikelnummer	
Name, Vorname	
Vorleistung **vor** WS 20/21 berücksichtigen?	☐ Ja ☐ Nein

Wird nach der Klausur von uns ausgefüllt!

Erklärung der/des Kandidatin/Kandidaten vor Beginn der Prüfung

Erklärung zur Prüfungsfähigkeit und Zustimmung zur Klausur mit Videoaufsicht wird digital abgegeben.

Ich nehme zur Kenntnis, dass der Termin für die Klausureinsicht vom Prüfungsamt ET&IT bekannt gegeben wird, sobald mein vorläufiges Prüfungsergebnis im QIS-Portal veröffentlicht wurde. Nach dem Einsichtnahmetermin kann ich meine endgültige Note im QIS-Portal abfragen. Bis zum Ende der Widerspruchsfrist des zweiten Prüfungszeitraums der CAU kann ich beim Prüfungsausschuss Widerspruch gegen dieses Prüfungsverfahren einlegen. Danach wird meine Note rechtskräftig.

Korrektur

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	Σ
Punkte	10	20	20	18	15	17	100
erreicht							

Übungen (Gewicht 25%)	Klausur (Gewicht 75%)	Gesamt %	Modulnote

Einsicht / Rückgabe

Hiermit bestätige ich, dass ich die Korrektur der Klausur eingesehen habe und mit der auf diesem Deckblatt vermerkten Note einverstanden bin. Die Klausurunterlagen verbleiben bei mir. Ein späterer Einspruch gegen die Korrektur und Benotung ist nicht mehr möglich.

Kiel, den ____________________ Unterschrift: ______________________________

Name:	Vorname:

Aufgabe 1: Konzepte (10 Punkte)

Erläutern Sie die folgenden Begriffe der Elektrotechnik in ganzen Sätzen. In der Erläuterung dürfen keine Formeln oder Formelzeichen auftauchen!

(a) Elektrostatisches Feld

(b) Elektronenpolarisation

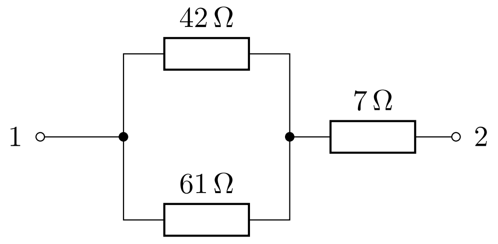
(c) Überlagerungssatz

(d) Transistor

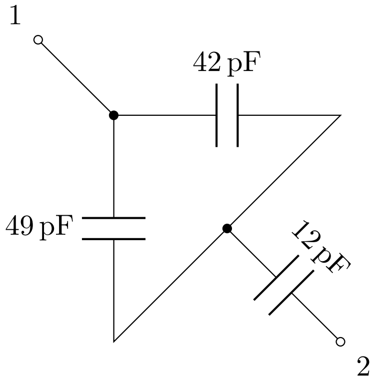
(e) Rückwirkungsfreiheit

Aufgabe 2: Ersatzzweipole (20 Punkte)

(a) Berechnen Sie den Ersatzwiderstand für die folgende Schaltung bezüglich der Klemmen 1 und 2.

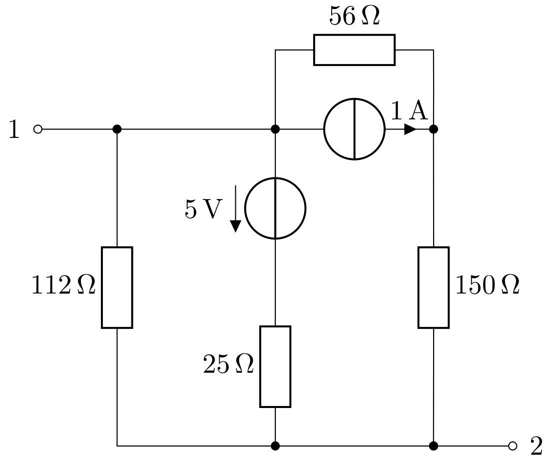


(b) Berechnen Sie die Ersatzkapazität für die folgende Schaltung bezüglich der Klemmen 1 und 2.

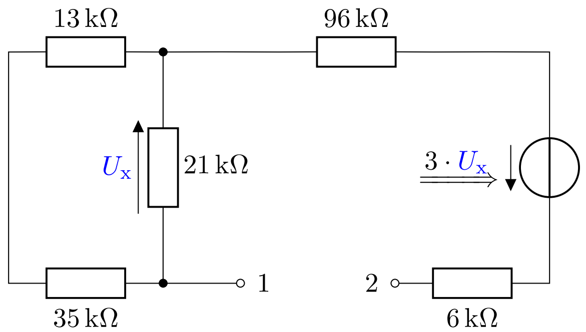


Name:	Vorname:

(c) Berechnen und zeichnen Sie die lineare Ersatzstromquelle für die folgende Schaltung bezüglich der Klemmen 1 und 2.
Hinweis: Der Quellstrom der Stromquelle im Schaltbild ist neben der Quelle am Leiter notiert.

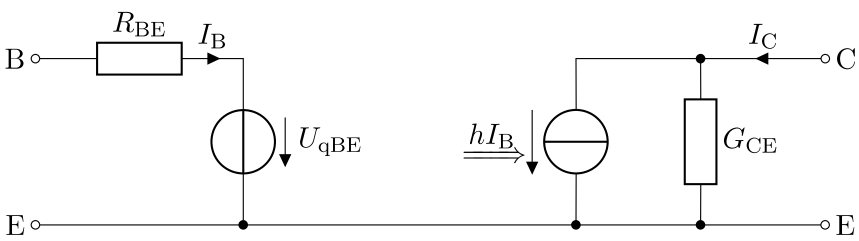


(d) Berechnen und zeichnen Sie die lineare Ersatzschaltung für die folgende Schaltung bezüglich der Klemmen 1 und 2.



Aufgabe 3: Transistor (20 Punkte)

Das Verhalten eines Transistors werde über die gezeigte Ersatzschaltung beschrieben. Dabei wurden für den Transistor die folgenden Werte bestimmt: U_{qBE} = 0,7 V; R_{BE} = 200 Ω; h = 200; G_{CE} = 2 mS.



(a) Zeichnen Sie die zwei Graphen U_{BE} (I_B) und I_C (U_{CE}) des Transistors entsprechend der Ersatzschaltung für $0 < I_B < 1$ mA und $0 < U_{CE} < 20$ V. Im Falle von Kennlinienfeldern zeichnen Sie mindestens 3 Kennlinien ein.

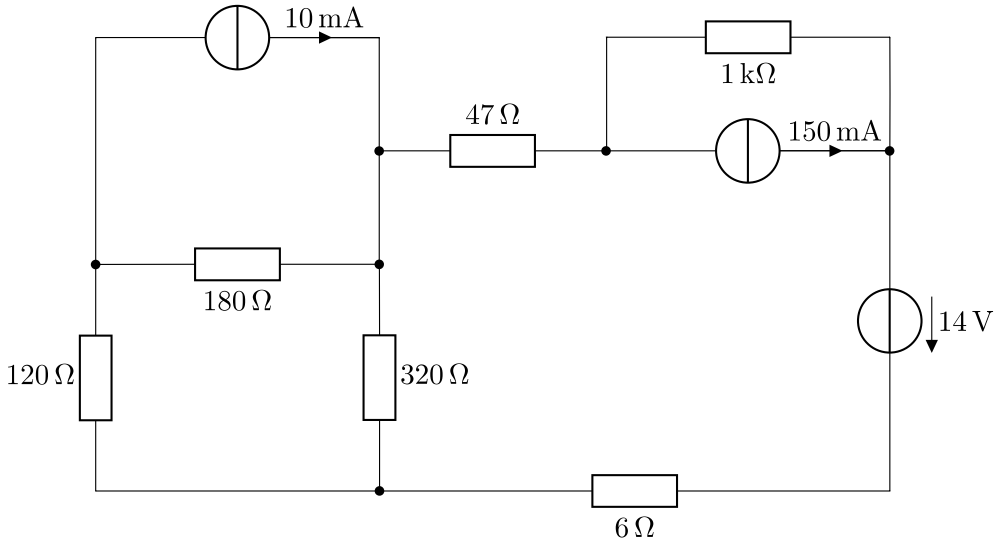
(b) Es werde am Eingangstor BE eine lineare Stromquelle mit Quellstrom I_{q1} = 1 mA und Innenwiderstand R_{i1} = 1 kΩ angelegt. Das Ausgangstor CE werde mit einer linearen Spannungsquelle mit Quellspannung U_{q2} = 9 V und Innenwiderstand R_{i2} = 50 Ω beschaltet. Bestimmen Sie **rechnerisch und graphisch** den Transistorarbeitspunkt.

(c) Die gezeigte Ersatzschaltung beschreibt das Transistorverhalten nur näherungsweise für einen bestimmten Arbeitsbereich. Nennen Sie drei signifikante Unterschiede zum realen Verhalten eines Transistors.

Name:	Vorname:

Aufgabe 4: Netzwerkanalyse (18 Punkte)

Gegeben sei die folgende Schaltung, die in den folgenden Aufgabenteilen systematisch analysiert werden soll. Verwenden Sie in der ganzen Aufgabe eine sinnvolle und einheitliche Notation! Die von Ihnen aufgestellten Gleichungen müssen am Ende in sich konsistent und dazu geeignet sein, das Netzwerk eindeutig zu lösen.



Hinweis: Die Quellströme der Stromquellen sind im Schaltbild neben den Quellen am Leiter notiert.

(a) Zeichnen Sie das Netzwerk ab. Legen Sie Knoten fest und nummerieren und beschriften Sie diese. Kennzeichnen und beschriften Sie die Zweigströme und Zweigspannungen in der Schaltung. Stellen Sie die linear unabhängigen Zweiggleichungen auf.

(b) Stellen Sie ein System linear unabhängiger Knotengleichungen auf.

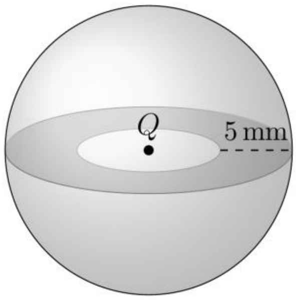
(c) Zeichnen Sie den Graphen der Schaltung inklusive Beschriftung der Kanten (= Zweige) und Angabe der Zählpfeile entsprechend Ihrer Zweigspannungen. Markieren Sie einen vollständigen Baum in dem Graphen. Zeichnen Sie die sich für Ihren Baum ergebenden linear unabhängigen Maschen in den Graphen ein und stellen Sie die dazugehörigen linear unabhängigen Maschengleichungen auf.

(d) Geben Sie eine Gleichung an, die die Anzahl der unbekannten Zweigspannungen und Zweigströme n, die Anzahl der linear unabhängigen Zweiggleichungen z, die Anzahl der linear unabhängigen Kotengleichungen $k-1$ und die Anzahl der linear unabhängigen Maschengleichungen m miteinander in Beziehung setzt! Geben Sie die Zahlenwerte für n, z, $k-1$ und m für Ihre Gleichungen aus (a)–(c) an. Erfüllen Ihre Zahlenwerte obige Gleichung?

Name:	Vorname:

Aufgabe 5: Elektrostatisches Feld in einer Hohlkugelgeometrie (15 Punkte)

Eine Punktladung Q = 1 nC befinde sich im Mittelpunkt einer ungeladenen, leitenden Hohlkugel. Der Außendurchmesser der Hohlkugel betrage 2 cm und die Dicke der leitfähigen Kugelschale sei 5 mm.



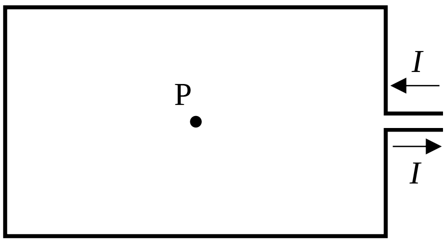
(a) Zeichnen Sie die elektrische Flussdichte sowie eventuelle Flächenladungen in einer Schnittebene durch den Mittelpunkt sowohl innerhalb als auch außerhalb der Kugel.

(b) Berechnen Sie die elektrische Flussdichte als eine Funktion der Position entlang einer Geraden durch den Mittelpunkt. Wählen Sie dazu ein geeignetes Koordinatensystem. Zeichnen Sie den Graphen des Betrags der elektrischen Flussdichte als Funktion der Position innerhalb und außerhalb der Kugel.

(c) Nun werde der Fall betrachtet, dass die Ladung Q sich außerhalb der Hohlkugel befindet und der Innenraum ladungsfrei ist. Erklären Sie, warum das Innere der Hohlkugel in diesem Fall feldfrei ist.

Aufgabe 6: Magnetfeld einer Leiterschleife (17 Punkte)

Ein Leiter sei zu einem Rechteck mit Seitenlängen von 3 cm und 5 cm geformt. Diese Leiterschleife werde von einem Strom I = 1 A durchflossen. Die Zuleitungen sowie die Lücke in der Leiterschleife aufgrund der Zuleitungen seien vernachlässigbar. Betrachtet werde ein Punkt P, der sich im Mittelpunkt der Leiterschleife befindet.

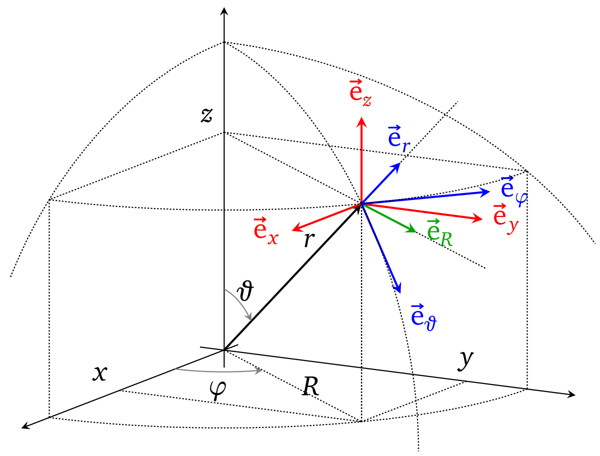


(a) Argumentieren Sie aus der Geometrie, in welche Richtung das Magnetfeld im Punkt P zeigt. Definieren Sie dazu ein geeignetes Koordinatensystem und geben Sie Richtungen über die Einheitsvektoren an.

(b) Berechnen Sie den magnetischen Feldstärkevektor im Punkt P.

(c) Nun befinde sich eine bewegte Ladung Q = 1 nC am Punkt P. Bei welcher Bewegungsrichtung im Raum wirkt die größte Lorentz-Kraft auf diese Ladung? Geben Sie diese maximale Lorentz-Kraft als Funktion des Betrags der Geschwindigkeit v an.

Definition der Koordinatensysteme



Umrechungen

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \Phi_{\mathrm{Zy}}(R,\varphi,z) = \begin{pmatrix} R\cos\varphi \\ R\sin\varphi \\ z \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \Phi_{\mathrm{Ku}}(r,\vartheta,\varphi) = \begin{pmatrix} r\sin\vartheta\cos\varphi \\ r\sin\vartheta\sin\varphi \\ r\cos\vartheta \end{pmatrix}$$

$$R = \sqrt{x^2+y^2} \qquad \vartheta = \arccos(z/r)$$

$$r = \sqrt{x^2+y^2+z^2} \qquad \varphi = \begin{cases} +\arccos(x/R) & y \geq 0 \\ -\arccos(x/R) & y < 0 \end{cases}$$

Kartesische Koordinaten	Zylinderkoordinaten	Kugelkoordinaten
Einheitsvektoren		
$\vec{e}_x = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\vec{e}_R = \begin{pmatrix} \cos\varphi \\ \sin\varphi \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x/R \\ y/R \\ 0 \end{pmatrix}$	$\vec{e}_r = \begin{pmatrix} \sin\vartheta\cos\varphi \\ \sin\vartheta\sin\varphi \\ \cos\vartheta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x/r \\ y/r \\ z/r \end{pmatrix}$
$\vec{e}_y = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\vec{e}_\varphi = \begin{pmatrix} -\sin\varphi \\ +\cos\varphi \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -y/R \\ +x/R \\ 0 \end{pmatrix}$	$\vec{e}_\vartheta = \begin{pmatrix} \cos\vartheta\cos\varphi \\ \cos\vartheta\sin\varphi \\ -\sin\vartheta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z/r\cdot x/R \\ z/r\cdot y/R \\ -R/r \end{pmatrix}$
$\vec{e}_z = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$	$\vec{e}_z = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$	$\vec{e}_\varphi = \begin{pmatrix} -\sin\varphi \\ +\cos\varphi \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -y/R \\ +x/R \\ 0 \end{pmatrix}$
Kurven-, Flächen- und Volumenelemente		
$\mathrm{d}\vec{s}_x = \vec{e}_x\,\mathrm{d}x$ $\mathrm{d}\vec{s}_y = \vec{e}_y\,\mathrm{d}y$ $\mathrm{d}\vec{s}_z = \vec{e}_z\,\mathrm{d}z$	$\mathrm{d}\vec{s}_R = \vec{e}_R\,\mathrm{d}R$ $\mathrm{d}\vec{s}_\varphi = \vec{e}_\varphi\,R\,\mathrm{d}\varphi$ $\mathrm{d}\vec{s}_z = \vec{e}_z\,\mathrm{d}z$	$\mathrm{d}\vec{s}_r = \vec{e}_r\,\mathrm{d}r$ $\mathrm{d}\vec{s}_\vartheta = \vec{e}_\vartheta\,r\,\mathrm{d}\vartheta$ $\mathrm{d}\vec{s}_\varphi = \vec{e}_\varphi\,r\sin\vartheta\,\mathrm{d}\varphi$
$\mathrm{d}\vec{A}_x = \vec{e}_x\,\mathrm{d}y\,\mathrm{d}z$ $\mathrm{d}\vec{A}_y = \vec{e}_y\,\mathrm{d}z\,\mathrm{d}x$ $\mathrm{d}\vec{A}_z = \vec{e}_z\,\mathrm{d}x\,\mathrm{d}y$	$\mathrm{d}\vec{A}_R = \vec{e}_R\,R\,\mathrm{d}\varphi\,\mathrm{d}z$ $\mathrm{d}\vec{A}_\varphi = \vec{e}_\varphi\,\mathrm{d}z\,\mathrm{d}R$ $\mathrm{d}\vec{A}_z = \vec{e}_z\,R\,\mathrm{d}\varphi\,\mathrm{d}R$	$\mathrm{d}\vec{A}_r = \vec{e}_r\,r^2\sin\vartheta\,\mathrm{d}\vartheta\,\mathrm{d}\varphi$ $\mathrm{d}\vec{A}_\vartheta = \vec{e}_\vartheta\,r\sin\vartheta\,\mathrm{d}\varphi\,\mathrm{d}r$ $\mathrm{d}\vec{A}_\varphi = \vec{e}_\varphi\,r\,\mathrm{d}r\,\mathrm{d}\vartheta$
$\mathrm{d}V = \mathrm{d}x\,\mathrm{d}y\,\mathrm{d}z$	$\mathrm{d}V = R\,\mathrm{d}R\,\mathrm{d}\varphi\,\mathrm{d}z$	$\mathrm{d}V = r^2\sin\vartheta\,\mathrm{d}r\,\mathrm{d}\vartheta\,\mathrm{d}\varphi$
Gradient		
$\operatorname{grad}\phi(x,y,z) =$ $\vec{e}_x\frac{\partial\phi}{\partial x} + \vec{e}_y\frac{\partial\phi}{\partial y} + \vec{e}_z\frac{\partial\phi}{\partial z}$	$\operatorname{grad}\phi(R,\varphi,z) =$ $\vec{e}_R\frac{\partial\phi}{\partial R} + \vec{e}_\varphi\frac{1}{R}\frac{\partial\phi}{\partial\varphi} + \vec{e}_z\frac{\partial\phi}{\partial z}$	$\operatorname{grad}\phi(r,\vartheta,\varphi) =$ $\vec{e}_r\frac{\partial\phi}{\partial r} + \vec{e}_\vartheta\frac{1}{r}\frac{\partial\phi}{\partial\vartheta} + \vec{e}_\varphi\frac{1}{r\sin\vartheta}\frac{\partial\phi}{\partial\varphi}$