Deckblatt zu einer Klausur am Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik

Modulprüfung	
Modulname	**Grundgebiete der Elektrotechnik II**
Datum	**04.09.2017**
Prüfpersonen	
1. Prüfperson	**Prof. Dr. Martina Gerken**
ggf. 2. Prüfperson	
Kandidat/in	
Matrikelnummer	
Name, Vorname	

Vorleistung <u>**vor**</u> SoSe 2017 berücksichtigen? ☐ Ja ☐ Nein

Erklärung der/des Kandidatin/Kandidaten vor Beginn der Prüfung

Hiermit bestätige ich, dass ich zur Prüfung angemeldet und zugelassen bin und dass ich prüfungsfähig bin.

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.

Unterschrift: ______________________________

Korrektur

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	$\sum$
Punkte	17	16	14	19	17	17	100
erreicht							

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

Einsicht / Rückgabe

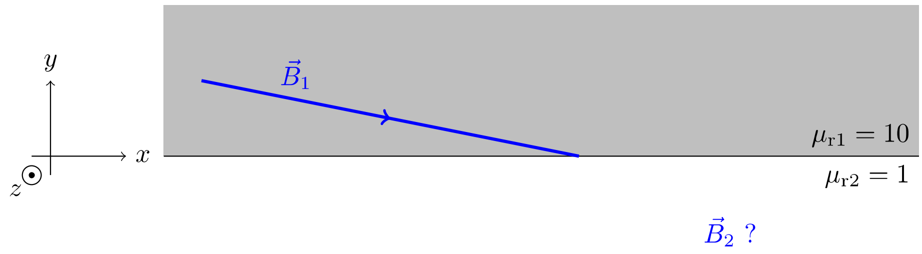
Hiermit bestätige ich, dass ich die Korrektur der Klausur eingesehen habe und mit der auf diesem Deckblatt vermerkten Note einverstanden bin. Die Klausurunterlagen verbleiben bei mir. Ein späterer Einspruch gegen die Korrektur und Benotung ist nicht mehr möglich.

Kiel, den ______________ Unterschrift: ______________________________

Name:	Vorname:

Aufgabe 1: Feldgrößen an Grenzflächen (17 Punkte)

Betrachtet werde das Verhalten der magnetischen Feldstärke $\vec{H}$ und der magnetischen Flussdichte $\vec{B}$ an einer Grenzfläche zwischen zwei Materialien mit unterschiedlichen relativen Permeabilitäten μ_{r1} und μ_{r2}. Die x-z-Ebene bei $y = 0$ bilde die Grenzfläche. Die z-Achse zeige aus der Papierebene heraus, wie in dem eingezeichneten Koordinatensystem zu sehen.



(a) Betrachten Sie zunächst ein Umlaufintegral in der x-y-Ebene über die Grenzfläche mit einer sehr kleinen Ausdehnung in der y-Richtung. Leiten Sie mit Hilfe des Durchflutungsgesetzes das Verhältnis der Tangentialkomponenten (x-Komponenten) H_{1x}/H_{2x} sowie B_{1x}/B_{2x} her! Es fließe kein Strom entlang der Grenzfläche.

Name:	Vorname:

(b) Betrachten Sie nun einen kleinen Flachzylinder mit Grundfläche A und sehr kleiner Höhe in der y-Richtung, der die Grenzfläche umschließt. Leiten Sie mit Hilfe des Hüllflächenintegrals das Verhältnis der Normalkomponenten (y-Komponenten) H_{1y}/H_{2y} sowie B_{1y}/B_{2y} her!

(c) Für das Magnetfeld direkt oberhalb der Grenzfläche gelte: $\vec{B}_1 = 500\ \text{mT}\ \vec{e}_x - 100\ \text{mT}\ \vec{e}_y$. Berechnen Sie den Feldstärkevektor des magnetischen Feldes $\vec{B}_2$ direkt unterhalb der Grenzfläche. Zeichnen Sie den Feldstärkevektor unterhalb der Grenzfläche maßstäblich korrekt in die Skizze ein!

Name:	Vorname:

Aufgabe 2: Luft-Zylinderspule (16 Punkte)

Gegeben sei eine Luftzylinderspule mit 1000 Wicklungen, einer Spulenlänge von 30 cm und einem Spulendurchmesser von 8 cm. Gesucht ist die Induktivität der Spule.

(a) Skizzieren Sie die Spule (ein geeignetes zweidimensionales Schnittbild genügt). Wählen Sie eine Stromflussrichtung und tragen Sie diese in Ihre Skizze ein. Zeichnen Sie qualitativ mindestens sechs Feldlinien der magnetischen Flussdichte in die Skizze ein.

(b) Leiten Sie eine Näherungsformel für die Berechnung der Induktivität her. Geben Sie an, welche Näherungen Sie gemacht haben.

Name:	Vorname:

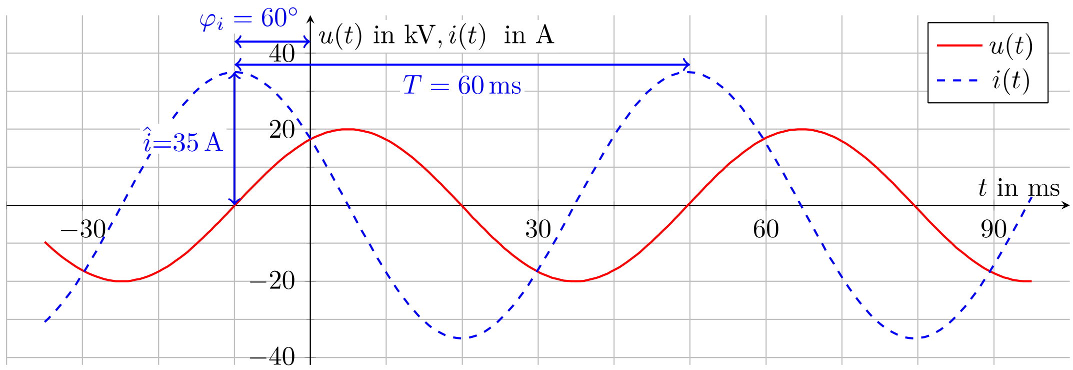
(c) Berechnen Sie den Zahlenwert der Spuleninduktivität.

(d) Liefert Ihre Näherungsformel für eine kurze oder eine lange Spule eine realitätsnäheren Wert? Begründen Sie Ihre Aussage.

Name:	Vorname:

Aufgabe 3: Wechselstromrechnung an einer Impedanz (14 Punkte)

(a) Gegeben sind die unten dargestellten Strom- und Spannungsverläufe an einer Impedanz im Zeitbereich. Identifizieren Sie die charakteristischen Parameter dieser sinusförmigen Schwingungen und füllen Sie die darunter angegebene Tabelle mit den verschiedenen Darstellungen aus. Für die Stromschwingung $i(t)$ ist die Gleichung im Zeitbereich angegeben und die entsprechenden Parameter sind im Graphen bereits markiert.



	Spannung	Strom
Gleichung im Zeitbereich		$i(t) = 35\text{ A}\cos\left(2\pi\frac{t}{60\text{ ms}} + 60°\right)$
Kreisfrequenz ω		
Zeigerdarstellung – Spitzenwertzeiger (Skizze zeichnen!)		
Komplexe Amplitude (Phasor): Real- und Imaginärteil (Effektivwerte)		

Name:	Vorname:

(b) Berechnen Sie die komplexe Impedanz $\underline{Z}$!

(c) Zeichnen und dimensionieren Sie ein Netzwerk aus einer beliebigen Anzahl an Widerständen (R), Spulen (L) und Kondensatoren (C), bezüglich dessen Klemmen sich bei Anlegen der Spannung $u(t)$ die gezeigten Verläufe für $u(t)$ und $i(t)$ ergeben!

(d) Erweitern Sie ihr Netzwerk aus (c) derart, dass sich für die in (a) ermittelte Kreisfrequenz eine neue Impedanz von $(0 + 0\mathrm{j})\ \Omega$ ergibt!

Name:	Vorname:

Aufgabe 4: Bode-Diagramm (19 Punkte)

Gegeben sei ein Filter mit der folgenden Übertragungsfunktion $T(\mathrm{j}\omega)$:

$$T(\mathrm{j}\omega) = \frac{(10^4\ \mathrm{s}^{-1} + \mathrm{j}\omega)^2}{(10^2\ \mathrm{s}^{-1} + \mathrm{j}\omega)(10^6\ \mathrm{s}^{-1} + \mathrm{j}\omega)}$$

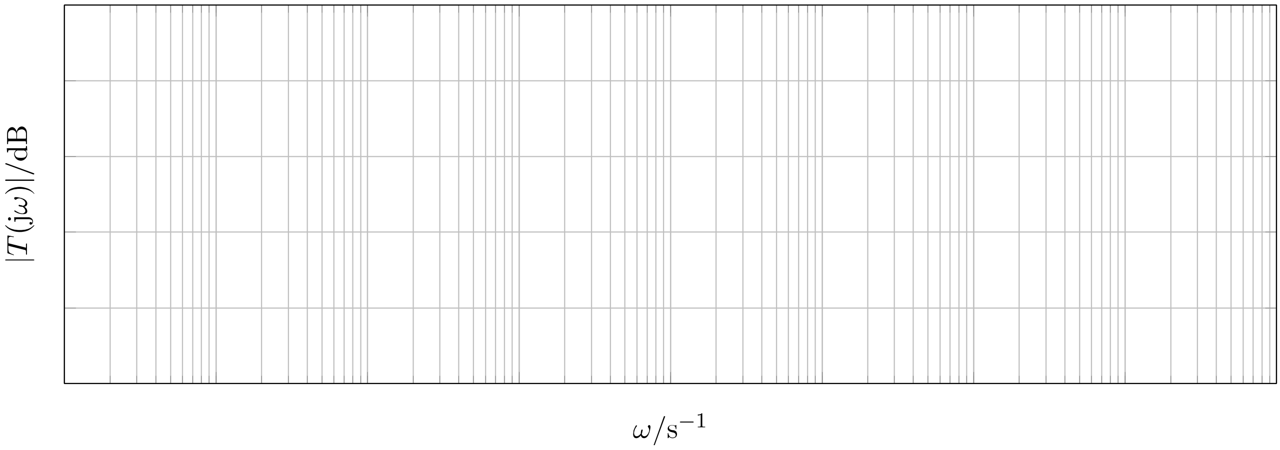
(a) Bringen Sie die Übertragungsfunktion in die normalisierte Darstellung

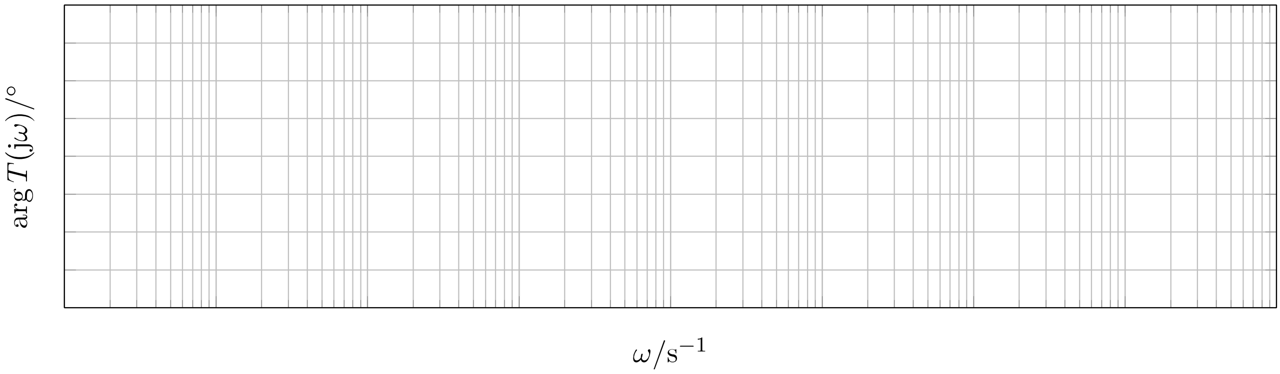
$$T(\mathrm{j}\omega) = K\ \frac{\left(1 + \mathrm{j}\,\frac{\omega}{\omega_{\mathrm{k1}}}\right)\left(1 + \mathrm{j}\,\frac{\omega}{\omega_{\mathrm{k2}}}\right)}{\left(1 + \mathrm{j}\,\frac{\omega}{\omega_{\mathrm{k3}}}\right)\left(1 + \mathrm{j}\,\frac{\omega}{\omega_{\mathrm{k4}}}\right)}$$

und bestimmen Sie die Konstante K sowie alle Knickfrequenzen!

Name:	Vorname:

(b) Konstruieren Sie das Bode-Diagramm (Betrag $|T|$ in Dezibel und Phase $\arg T$ in Grad über einer logarithmischen Kreisfrequenzachse) als Knickgeraden-Näherung in die unten gegebene Vorlage. Beschriften Sie dazu die x- und y-Achsen der beiden Graphen mit Zahlenwerten.





Bitte kreuzen Sie die korrekte Antwort an. Genau eine Antwort ist richtig.

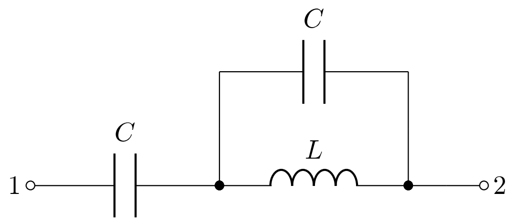
(c) Bei dem gegebenen Filter handelt es sich um ein

- ☐ Tiefpass-Filter
- ☐ Hochpass-Filter
- ☐ Bandpass-Filter
- ☐ Bandsperr-Filter

Bewertung: Korrekte Lösung: 1 Punkt. Sonst: 0 Punkte.

Name:	Vorname:

Der folgende Aufgabenteil kann unabhängig von den vorangehenden Teilen bearbeitet werden.
Es wird die folgende Impedanz mit den Klemmen 1 und 2 betrachtet:



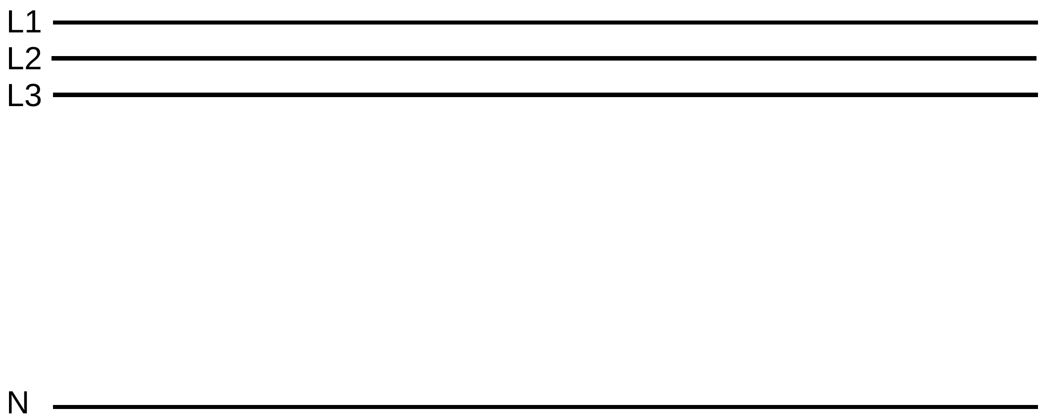
(d) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz ω_{res} des Schwingkreises in Abhängigkeit der Variablen L und C!
Hinweis: Im Resonanzfall gilt: $\text{Im}\left(\underline{Z}(\text{j}\omega_{\text{res}})\right) = 0$

Name:	Vorname:

Aufgabe 5: Drehstrom (17 Punkte)

An ein symmetrisches Mittelspannungsdrehstromnetz mit 10 kV Außenleiterspannung und vier Leitern sollen die drei Verbraucher $\underline{Z}_1 = 2\ \mathrm{k\Omega}$, $\underline{Z}_2 = 900\ \Omega\ \angle 30°$, $\underline{Z}_3 = 1\ \mathrm{k\Omega} - \mathrm{j}200\ \Omega$ in Sternschaltung mit Sternpunktleiter angeschlossen werden.

(a) Zeichnen Sie die Schaltung ein und bezeichnen Sie Ströme und Spannungen.



(b) Geben Sie die drei Strangspannungen $\underline{U}_{1\mathrm{N}}$, $\underline{U}_{2\mathrm{N}}$ und $\underline{U}_{3\mathrm{N}}$ an!

(c) Berechnen Sie die Strangströme und den Sternpunktleiterstrom.

Name:	Vorname:

(d) Berechnen Sie die von der Verbrauchergruppe aufgenommene Wirkleistung und Blindleistung. Wie groß ist der Leistungsfaktor der Verbrauchergruppe?

Name:	Vorname:

Aufgabe 6: Messtechnik (17 Punkte)

Der Wert eines Widerstandes soll aus einer Strom- und einer Spannungsmessung ermittelt werden. Dazu werden nacheinander sechs Strom-Spannungsmessungen durchgeführt. Die folgende Tabelle gibt die Messwerte an.

Messwerte

#	I (in mA)	U (in V)	U_{korr} (in V)	R (in Ω)
1	10,3	5,03		
2	11,2	4,89		
3	11,0	4,97		
4	10,7	4,92		
5	10,5	5,05		
6	10,9	4,91		

(a) Berechnen Sie den Mittelwert $\tilde{I}$ als Schätzung des wahren Stromwertes.

(b) Geben Sie die Formel zur Berechnung der Schwankung s_I der Einzelmesswerte an und berechnen Sie diese.

Name:	Vorname:

(c) Es ist bekannt, dass das Spannungsmessgerät einen systematischen Fehler hat und alle Spannungswerte 10 % zu niedrig anzeigt. Korrigieren Sie diesen systematischen Fehler und tragen Sie die korrigierten Spannungswerte U_{korr} in die Tabelle ein.

(d) Berechnen Sie den Mittelwert $\tilde{U}_{\text{korr}}$ als Schätzung des wahren Spannungswertes sowie die Schwankung $s_{U_{\text{korr}}}$der Einzelmesswerte.

(e) Berechnen Sie für jede der sechs Strom-Spannungsmessungen den resultierenden Widerstandswert R und tragen Sie diesen in die Tabelle ein.

(f) Berechnen Sie den Mittelwert $\widetilde{R}$ als Schätzung des wahren Widerstandswertes sowie die Schwankung s_R der Einzelmesswerte.

Name:	Vorname:

Wenn die Messabweichungen der ermittelten Messwerte stochastisch unabhängig sind, kann die Schwankung s_R auch mit der gaußschen Fehlerfortpflanzung berechnet werden. Dann sollte sich bei hinreichend großem Stichprobenumfang dasselbe Ergebnis wie in (f) ergeben. Dies soll im Folgenden untersucht werden.

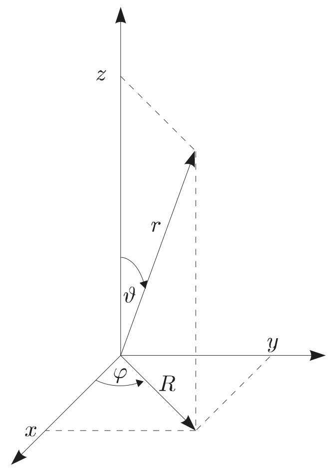
(g) Geben Sie das gaußsche Fehlerfortpflanzungsgesetz an und berechnen Sie hieraus eine Näherung für die Schwankung s_R. Der Rechenweg soll nachvollziehbar sein.

(h) Diskutieren Sie kurz (!) Ihr Ergebnis aus (g) im Vergleich zu (f).

Name: | Vorname:

Der Zusammenhang zwischen kartesischen, Kreiszylinder- und Kugelkoordinaten

Kartesische Koordinaten	Zylinderkoordinaten	Kugelkoordinaten
x	$R\cos\varphi$	$r\sin\vartheta\cos\varphi$
y	$R\sin\varphi$	$r\sin\vartheta\sin\varphi$
z	z	$r\cos\vartheta$
$\sqrt{x^2+y^2}$	R	$r\sin\vartheta$
$\arctan\dfrac{y}{x}$	φ	φ
z	z	$r\cos\vartheta$
$\sqrt{x^2+y^2+z^2}$	$\sqrt{R^2+z^2}$	r
$\arctan\dfrac{\sqrt{x^2+y^2}}{z}$	$\arctan\dfrac{R}{z}$	ϑ
$\arctan\dfrac{y}{x}$	φ	φ



Linien-, Flächen- und Volumenelemente in den verschiedenen Koordinatensystemen

	Kartesische Koordinaten	Zylinderkoordinaten	Kugelkoordinaten
$d\vec{s}$	$\vec{e}_x\,dx+\vec{e}_y\,dy+\vec{e}_z\,dz$	$\vec{e}_R\,dR+\vec{e}_\varphi\,Rd\varphi+\vec{e}_z\,dz$	$\vec{e}_r\,dr+\vec{e}_\vartheta\,rd\vartheta+\vec{e}_\varphi\,r\sin\vartheta\,d\varphi$
$d\vec{f}$	$\vec{e}_x\,df_x+\vec{e}_y\,df_y+\vec{e}_z\,df_z$ $df_x = dy\,dz$ $df_y = dx\,dz$ $df_z = dx\,dy$	$\vec{e}_R\,df_R+\vec{e}_\varphi\,df_\varphi+\vec{e}_z\,df_z$ $df_R = R\,d\varphi\,dz$ $df_\varphi = dR\,dz$ $df_z = R\,dR\,d\varphi$	$\vec{e}_r\,df_r+\vec{e}_\vartheta\,df_\vartheta+\vec{e}_\varphi\,df_\varphi$ $df_r = r^2\sin\vartheta\,d\vartheta\,d\varphi$ $df_\vartheta = r\sin\vartheta\,dr\,d\varphi$ $df_\varphi = r\,dr\,d\vartheta$
dv	$dx\,dy\,dz$	$R\,dR\,d\varphi\,dz$	$r^2\sin\vartheta\,dr\,d\vartheta\,d\varphi$
$\mathrm{grad}\,\Phi$	$\vec{e}_x\dfrac{\partial\Phi}{\partial x}+\vec{e}_y\dfrac{\partial\Phi}{\partial y}+\vec{e}_z\dfrac{\partial\Phi}{\partial z}$	$\vec{e}_R\dfrac{\partial\Phi}{\partial R}+\vec{e}_\varphi\dfrac{1}{R}\dfrac{\partial\Phi}{\partial\varphi}+\vec{e}_z\dfrac{\partial\Phi}{\partial z}$	$\vec{e}_r\dfrac{\partial\Phi}{\partial r}+\vec{e}_\vartheta\dfrac{1}{r}\dfrac{\partial\Phi}{\partial\vartheta}+\vec{e}_\varphi\dfrac{1}{r\sin\vartheta}\dfrac{\partial\Phi}{\partial\varphi}$