

### Deckblatt zu einer Klausur am Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik

<b>Modulprüfung</b>							
Modulname	<b>Grundgebiete der Elektrotechnik II</b>						
Datum	<b>07.03.2019</b>						
<b>Prüfpersonen</b>							
1. Prüfperson	<b>Prof. Dr. Martina Gerken</b>						
ggf. 2. Prüfperson							
<b>Kandidat/in</b>							
Matrikelnummer							
Name, Vorname							
Vorleistung <u>vor</u> SoSe 2018 berücksichtigen? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein							
<b>Erklärung der/des Kandidatin/Kandidaten vor Beginn der Prüfung</b>							
<p>Hiermit bestätige ich, dass ich zur Prüfung angemeldet und zugelassen bin und dass ich prüfungsfähig bin.</p> <p>Ich nehme zur Kenntnis, dass der Termin für die Klausureinsicht vom Prüfungsamt ET&amp;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.</p> <p>Unterschrift: _____</p>							
<b>Korrektur</b>							
Aufgabe	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$
Punkte	13	16	19	22	18	12	100
erreicht							
Übungen (Gewicht 25%)	Klausur (Gewicht 75%)			Gesamt %	Modulnote		
<b>Einsicht / Rückgabe</b>							
<p>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.</p> <p>Kiel, den _____ Unterschrift: _____</p>							

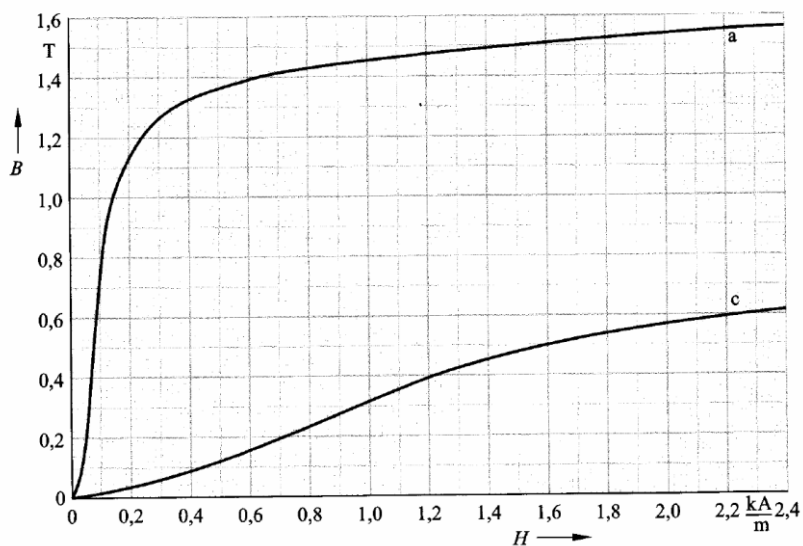
Name:

Vorname:

### Aufgabe 1: Ringspule (13 Punkte)

- (a) Eine Ringspule mit 100 Windungen und dem mittleren Durchmesser 3 cm hat einen Kern aus Holz ( $\mu_{r,H} \approx 1$ ). Der Kerndurchmesser betrage 6 mm. Die Spule wird von einem Strom von 600 mA durchflossen. Um welchen Faktor würde sich jeweils die magnetische Feldstärke und die Flussdichte ändern, wenn der Holzring durch einen Ringkern aus kaltgewalztem Elektroblech bzw. Grauguss ersetzt würde (Magnetisierungskurven in Abb. unten)? Rechnen Sie zur Näherung mit mittleren Weglängen!

Magnetisierungskurven: a) kaltgewalztes Elektroblech; c) Grauguss



Name:	Vorname:
-------	----------

- (b) Wie groß ist die in der Ringspule mit Holzkern gespeicherte magnetische Energie bei einem Strom von 600 mA?

Name:

Vorname:

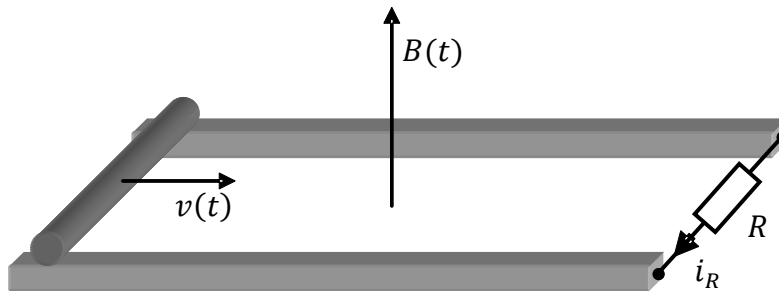
## Aufgabe 2: Induktion (16 Punkte)

Ein Metallstab mit einer Länge von 10 cm rgle mit einer Geschwindigkeit von

$$v(t) = 10 \frac{\text{cm}}{\text{s}} - 5 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} t \quad \text{für } t \leq 2 \text{ s}$$

$$v(t) = 0 \quad \text{für } t > 2 \text{ s}$$

über zwei Metallschienen, bis die Geschwindigkeit Null ist und er liegen bleibt. Die Metallschienen haben eine Länge von 30 cm. Zum Zeitpunkt  $t = 0 \text{ s}$  befindet sich der Metallstab am linken Ende der Schienen. Die Ebene, in der sich die Metallschienen befinden, sei senkrecht von einem homogenen Magnetfeld der zeitabhängigen Stärke  $B(t) = 100 \text{ mT} \cdot (t \cdot \text{s}^{-1} + 4)$  durchsetzt. Das Metall werde als ideal leitend betrachtet. Die Endflächen der Metallschienen seien über einen Widerstand  $R = 1 \Omega$  miteinander verbunden.



(a) Berechnen Sie die Stromstärke  $i_R(t)$ .

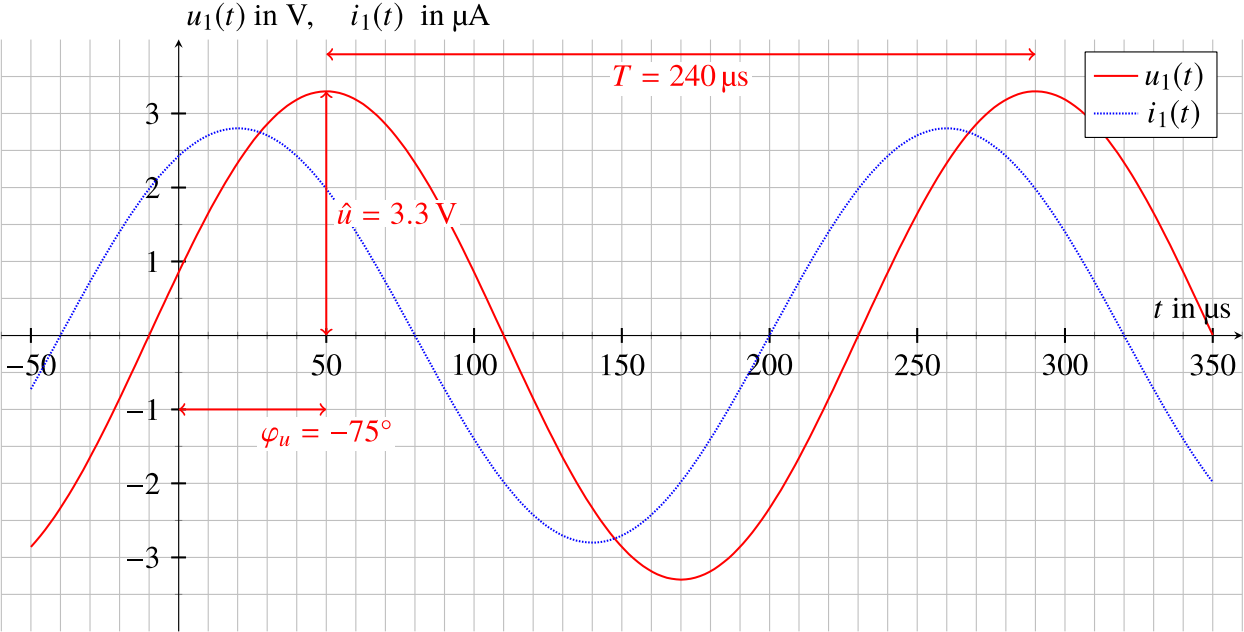
Name:	Vorname:
-------	----------

(b) Zeichnen Sie die Stromstärke  $i_R$  für die Zeitspanne  $0 \leq t \leq 3$  s.

Name:	Vorname:
-------	----------

**Aufgabe 3: Periodische Schwingungen und Effektivwerte (19 Punkte)**

(a) Gegeben sind die unten dargestellten Strom- und Spannungsverläufe an einer Impedanz im Zeitbereich. Identifizieren Sie die charakteristischen Parameter dieser harmonischen Schwingungen und füllen Sie die darunter angegebene Tabelle mit den verschiedenen Darstellungen aus.



	Strom	Spannung
Gleichung im Zeitbereich		
Kreisfrequenz $\omega$		
Zeigerdarstellung–Spitzenwertzeiger (Skizze zeichnen!)		
Komplexes Amplitudensymbol in R-Form: Real- und Imaginärteil		

Name:	Vorname:
-------	----------

(b) Berechnen Sie den komplexen Widerstand

$$\underline{Z}_1 = \frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1}.$$

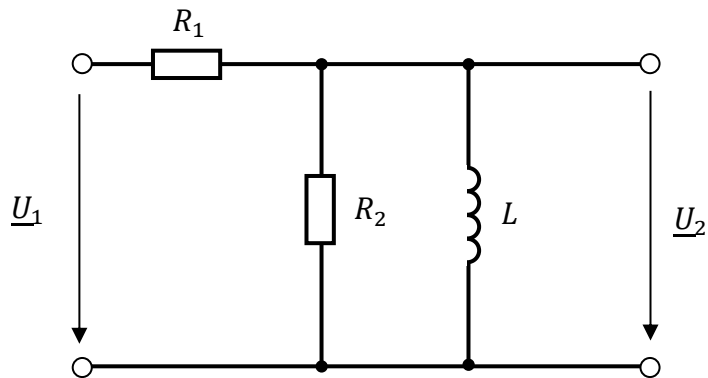
(c) Durch welche Bauelemente lässt sich der Phasenversatz zwischen  $\underline{U}_1$  und  $\underline{I}_1$  erklären? Zeichnen Sie ein mögliches Ersatzschaltbild für  $\underline{Z}_1$  aus Bauelementen ( $R, L, C$ ). Berechnen Sie die Werte für die Bauelemente für eine Frequenz von  $f = 100$  Hz.

Name:

Vorname:

#### Aufgabe 4: Filter-Netzwerk (22 Punkte)

Gegeben sei das folgende Filternetzwerk:



(a) Gegeben sei der Übertragungsfaktor  $T_{21}(j\omega)$  in der Form

$$T_{21}(j\omega) = \frac{\underline{U}_2(j\omega)}{\underline{U}_1(j\omega)} = \frac{j\omega \cdot A}{j\omega \cdot B + C}.$$

Berechnen Sie die Koeffizienten  $A$ ,  $B$  und  $C$  in Abhängigkeit von  $R_1$ ,  $R_2$  und  $L$ .



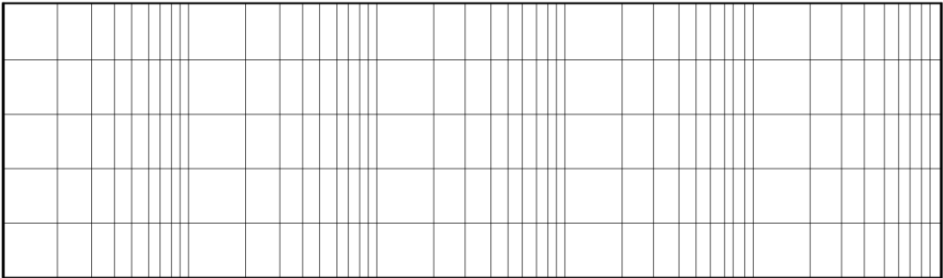
Name:	Vorname:
-------	----------

- (b) Es sei  $R_1 = 20 \Omega$ ,  $R_2 = 50 \Omega$  und  $L = 5 \text{ mH}$ . Berechnen Sie diejenige Frequenz, bei der der Übertragungsfaktor 3 dB kleiner als der Maximalwert von  $T_{21}(j\omega)$  ist.

Name:	Vorname:
-------	----------

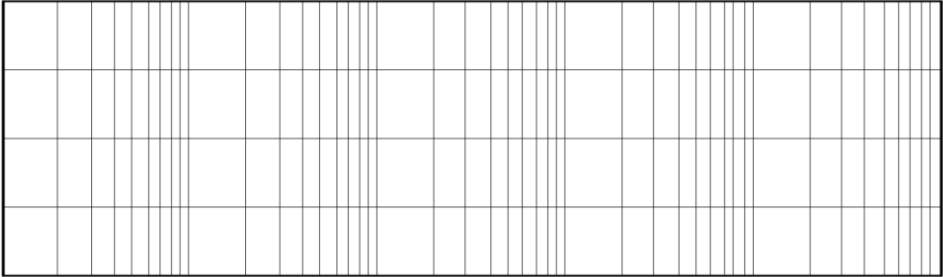
(c) Erstellen Sie eine Wertetabelle mit Betrag  $|T_{21}|$  und Phase  $\varphi$  des Übertragungsfaktors für mindestens fünf signifikante Frequenzen  $f$ . Zeichnen Sie die Funktionsverläufe als eine Funktion der Frequenz  $f$  in die unten gegebenen Graphen des Bode-Diagramms für den Betrag  $|T_{21}|$  in Dezibel (dB) und die Phase  $\varphi$  in Grad ein. Beschriften Sie dazu die  $x$ - und  $y$ -Achsen der beiden Graphen mit Zahlenwerten.

$|T_{21}|/\text{dB}$



$f/\text{Hz}$

$\varphi/^\circ$



$f/\text{Hz}$

Name:	Vorname:
-------	----------

- (d) Mithilfe des Filternetzwerks soll ein Messsignal gefiltert werden, welches von einer Störspannung überlagert wird. Die angelegte Spannung an das Filternetzwerk beträgt

$$u_1(t) = 1 \text{ mV} \cdot \sin(2\pi \cdot 2 \text{ kHz} \cdot t) + 1 \text{ V} \cdot \sin(2\pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot t).$$

Welche Spannung  $u_2(t)$  stellt sich ein?

Name:	Vorname:
-------	----------

### Aufgabe 5: Drehstrom (18 Punkte)

An ein 20-kV-Mittelspannungsdrehstromnetz mit drei Leitern sollen drei Verbraucher  $\underline{Z}_1 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $\underline{Z}_2 = 8 \text{ k}\Omega \angle 15^\circ$ ,  $\underline{Z}_3 = 20 \text{ k}\Omega - j500 \Omega$  in Dreieckschaltung angeschlossen werden.

(a) Zeichnen Sie die Schaltung ein:

L1 \_\_\_\_\_  
L2 \_\_\_\_\_  
L3 \_\_\_\_\_

(b) Berechnen Sie die die Strangströme und die Außenleiterströme.

Name:	Vorname:
-------	----------

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

Name:

Vorname:

### Aufgabe 6: Messtechnik (12 Punkte)

In einem optischen Messaufbau wird mit einer Photodiode ein Lichtsignal gemessen. Das Signal der Photodiode (der Fotostrom  $I_{\text{ph}}$ ) muss kräftig verstärkt werden, wobei dem Signal zufällige Messfehler (Rauschen) hinzugefügt werden. Der zusätzliche Messfehler im Messgerät selbst soll vernachlässigt werden.

Es werden für zwei Zustände des Messaufbaus je sechs Einzelmessungen durchgeführt:

#### Messung Zustand 1

#	$I_{\text{ph}}$ (in $\mu\text{A}$ )
1	2,37
2	2,35
3	2,38
4	2,37
5	2,32
6	2,36

#### Messung Zustand 2

#	$I_{\text{ph}}$ (in $\mu\text{A}$ )
1	2,42
2	2,39
3	2,40
4	2,41
5	2,43
6	2,41

(a) Berechnen Sie jeweils den Mittelwert  $\tilde{I}_{\text{ph}}$  als Schätzung des wahren Wertes!

(b) Geben Sie die Formel zur Berechnung der Schwankung  $s_{I_{\text{ph}}}$  der Einzelmesswerte an und berechnen Sie für beide Zustände jeweils die Schwankung !

Name:	Vorname:
-------	----------

(c) Berechnen Sie jeweils die Schwankung  $s_{\bar{I}_{ph}}$  des Mittelwerts!

(Wenn Sie in (b) kein Ergebnis berechnen konnten, verwenden Sie bitte:

$$s_{I_{ph,1}} = 0,04 \mu A \text{ und } s_{I_{ph,2}} = 0,05 \mu A.)$$

(d) Geben Sie für beide Messungen das Messergebnis in der Form Schätzwert  $\pm$  Vertrauensgrenzen für eine statistische Sicherheit von 99 % an! Lässt sich anhand der Messwerte mit großer Sicherheit sagen, dass sich das Messsystem tatsächlich in zwei unterschiedlichen Zuständen befunden hat?

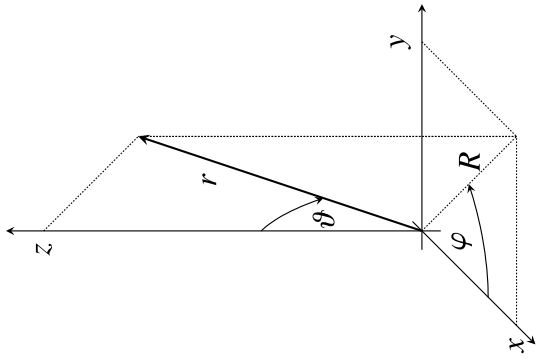
Tabelle: Abhängigkeit des Vertrauensfaktors  $t$  von der Anzahl der Messungen  $N$  bei verschiedener statistischer Sicherheit  $P$

	$P = 68.3\%$	$P = 95\%$	$P = 99\%$	$P = 99.73\%$
$N$	$t$	$t$	$t$	$t$
2	1.84	12.7	63.7	236
3	1.32	4.30	9.92	19.2
4	1.20	3.18	5.84	9.22
6	1.11	2.57	4.03	5.51
10	1.06	2.26	3.25	4.09
20	1.03	2.09	2.86	3.45
50	1.01	2.01	2.68	3.16
100	1.01	1.98	2.63	3.08
200	1.00	1.97	2.60	3.04
> 200	1.00	1.96	2.58	3.00

Nach Lerch: Elektrische Messtechnik, Springer 2012

### Der Zusammenhang zwischen kartesischen, Kreiszylinder- und Kugelkoordinaten

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



### Linien-, Flächen- und Volumenelemente in den verschiedenen Koordinatensystemen

	Kartesische Koordinaten	Zylinderkoordinaten	Kugelkoordinaten
$d\vec{s}$	$\vec{e}_x dx + \vec{e}_y dy + \vec{e}_z dz$	$\vec{e}_R dR + \vec{e}_\varphi R d\varphi + \vec{e}_z dz$	$\vec{e}_r dr + \vec{e}_\vartheta r d\vartheta + \vec{e}_\varphi r \sin \vartheta d\varphi$
$d\vec{A}$	$\vec{e}_x dA_x + \vec{e}_y dA_y + \vec{e}_z dA_z$ $dA_x = dy dz$ $dA_y = dx dz$ $dA_z = dx dy$	$\vec{e}_R dA_R + \vec{e}_\varphi dA_\varphi + \vec{e}_z dA_z$ $dA_R = R d\varphi dz$ $dA_\varphi = dR dz$ $dA_z = R dR d\varphi$	$\vec{e}_r dA_r + \vec{e}_\vartheta dA_\vartheta + \vec{e}_\varphi dA_\varphi$ $dA_r = r^2 \sin \vartheta d\vartheta d\varphi$ $dA_\vartheta = r \sin \vartheta dr d\varphi$ $dA_\varphi = r dr d\vartheta$
$dV$	$dx dy dz$	$R dR d\varphi dz$	$r^2 \sin \vartheta dr d\vartheta d\varphi$
grad $\phi$	$\vec{e}_x \frac{\partial \phi}{\partial x} + \vec{e}_y \frac{\partial \phi}{\partial y} + \vec{e}_z \frac{\partial \phi}{\partial z}$	$\vec{e}_R \frac{\partial \phi}{\partial R} + \vec{e}_\varphi \frac{1}{R} \frac{\partial \phi}{\partial \varphi} + \vec{e}_z \frac{\partial \phi}{\partial z}$	$\vec{e}_r \frac{\partial \phi}{\partial r} + \vec{e}_\vartheta \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial \vartheta} + \vec{e}_\varphi \frac{1}{r \sin \vartheta} \frac{\partial \phi}{\partial \varphi}$