

Deckblatt zu einer Klausur am Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik

Modulprüfung							
Modulname	Grundgebiete der Elektrotechnik II						
Datum	03.09.2018						
Prüfpersonen							
1. Prüfperson	Prof. Dr. Martina Gerken						
ggf. 2. Prüfperson							
Kandidat/in							
Matrikelnummer							
Name, Vorname							
Vorleistung vor SoSe 2018 berücksichtigen? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein							
Erklärung der/des Kandidatin/Kandidaten vor Beginn der Prüfung							
<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&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>							
Korrektur							
Aufgabe	1	2	3	4	5	6	Σ
Punkte	18	17	16	20	18	11	100
erreicht							
Übungen (Gewicht 25%)	Klausur (Gewicht 75%)			Gesamt %		Modulnote	
Einsicht / Rückgabe							
<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>							

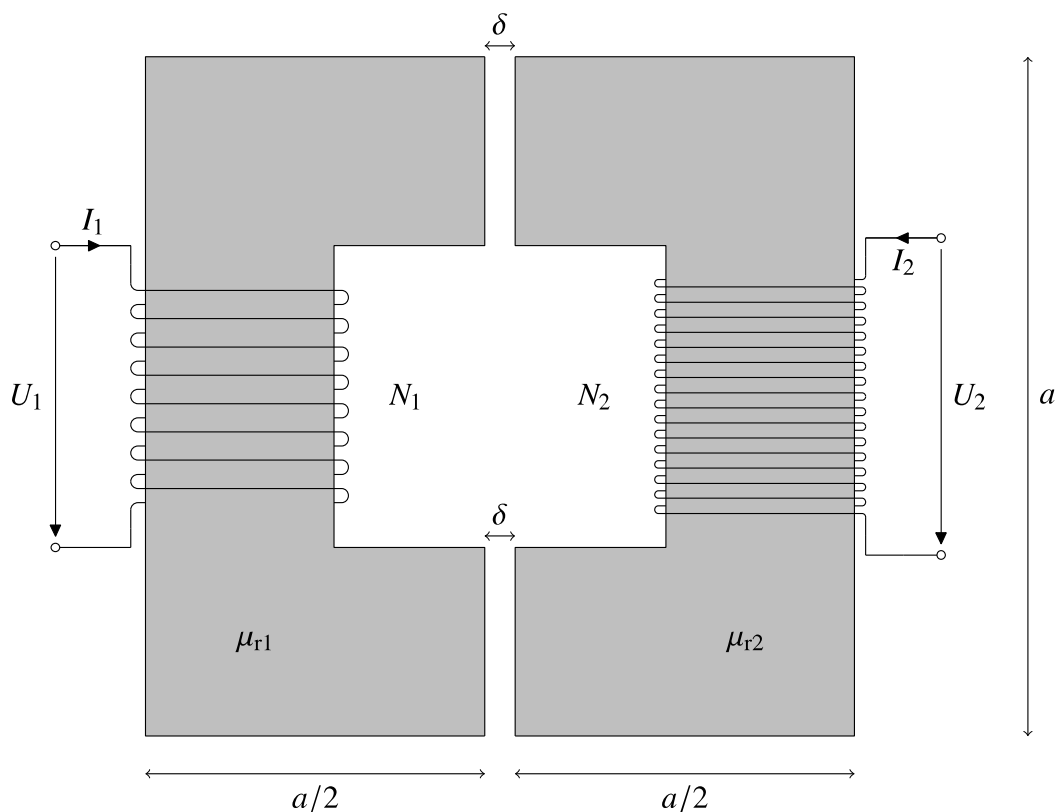
Name:

Vorname:

Aufgabe 1: Magnetischer Kreis (18 Punkte)

Gegeben ist der abgebildete magnetische Kreis, der aus zwei U-Kernen aus Ferritmaterial mit quadratischem Querschnitt (Querschnittsfläche $A_{\text{Kern}} = 25 \text{ cm}^2$) zusammengesetzt ist. Die U-Kerne sollen so zugeschnitten werden, dass zwischen den Kernen oben und unten ein Luftspalt der Länge δ verbleibt. Die Windungszahlen betragen $N_1 = 100$ (links) und $N_2 = 10\,000$ (rechts). Für die Länge a gilt: $a = 18 \text{ cm}$. Die relative Permeabilität der beiden Ferritkerne beträgt $\mu_{r1} = \mu_{r2} = 10\,000$.

- (a) Skizzieren Sie qualitativ, aber physikalisch realistisch, die Feldlinien des magnetischen Feldes \vec{B} für den Fall $I_1 = 0 \text{ A}$, $I_2 < 0 \text{ A}$ in die Zeichnung ein. Skizzieren Sie mindestens fünf Feldlinien!



- (b) Zur einfachen Berechnung des Magnetfeldes müssen einige Effekte vernachlässigt werden. Welche Näherungen müssen Sie annehmen, um den magnetischen Kreis rechnerisch analysieren zu können? Nennen Sie mindestens zwei!

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

(c) Der Luftspalt soll dazu dienen, die magnetische Flussdichte im Kern zu begrenzen. Stellen Sie die Luftspatlänge δ so ein, dass bei $I_1 = I_{1\max} = 80 \text{ A}$, $I_2 = 0 \text{ A}$ im Kern eine maximale Flussdichte von $B = B_{\max} = 1.2 \text{ T}$ nicht überschritten wird! Geben Sie δ als Zahlenwert an!

(d) Berechnen Sie die Selbstinduktivität der Windung 1 und die Gegeninduktivität zwischen beiden Windungen!

(Falls Sie in (c) kein Ergebnis ermitteln konnten, nehmen Sie bitte $\delta = 5 \text{ mm}$ an.)

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

- (e) Durch einen Fehler in der Produktion wird der Luftspalt nur auf die Hälfte des in (c) berechneten Werts eingestellt. Welche Auswirkung hat dies auf die maximale Feldstärke B_{\max} (weiterhin für $I_1 = 80 \text{ A}$)? Sind die Auswirkungen groß oder klein? Argumentieren Sie! (Neue Rechnungen sind nicht zwingend erforderlich.)

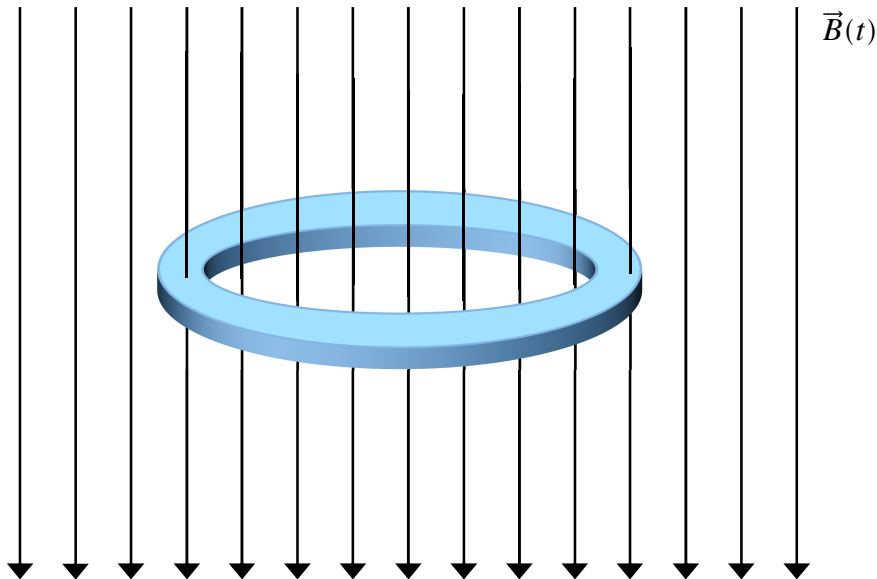
Name:

Vorname:

Aufgabe 2: Induktion (17 Punkte)

Gegeben sei der im Bild gezeigte Metallring mit einem rechteckigen Querschnitt, einem Innendurchmesser von 1 cm, einem Außendurchmesser von 1,2 cm und einer Höhe von 600 μm . Die Leitfähigkeit des Metalls betrage $35 \frac{\text{S m}}{\text{mm}^2}$. Der Metallring werde von einem im Bereich des Rings homogenen, zeitlich veränderlichen Magnetfeld durchsetzt, das senkrecht zum Ring gerichtet ist.

Rückwirkungen induzierter Ströme auf das Magnetfeld sowie der Skineneffekt sollen in dieser Aufgabe vernachlässigt werden.



(a) Geben Sie die 2. Maxwellsche Gleichung (Induktionsgesetz) an.

(b) Erläutern Sie in ganzen Sätzen die Begriffe des Quellenfeldes und des Wirbelfeldes. Liegt bei der gezeigten Geometrie ein elektrisches Quellen- oder Wirbelfeld vor?

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

(c) Zeichnen Sie beispielhaft eine elektrische Feldlinie in den Metallring ein. Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen zeitlicher Änderung des Magnetfeldes und Richtung des elektrischen Feldes anhand Ihrer gezeichneten Feldlinie.

(d) Es sei $B(t) = 1 \text{ mT} \sin(2\pi \cdot 1 \text{ kHz} \cdot t)$. Berechnen Sie den elektrischen Feldstärkevektor in dem gezeigten Ring als Funktion der Zeit und des Ortes. Wählen Sie dazu ein geeignetes Koordinatensystem.

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

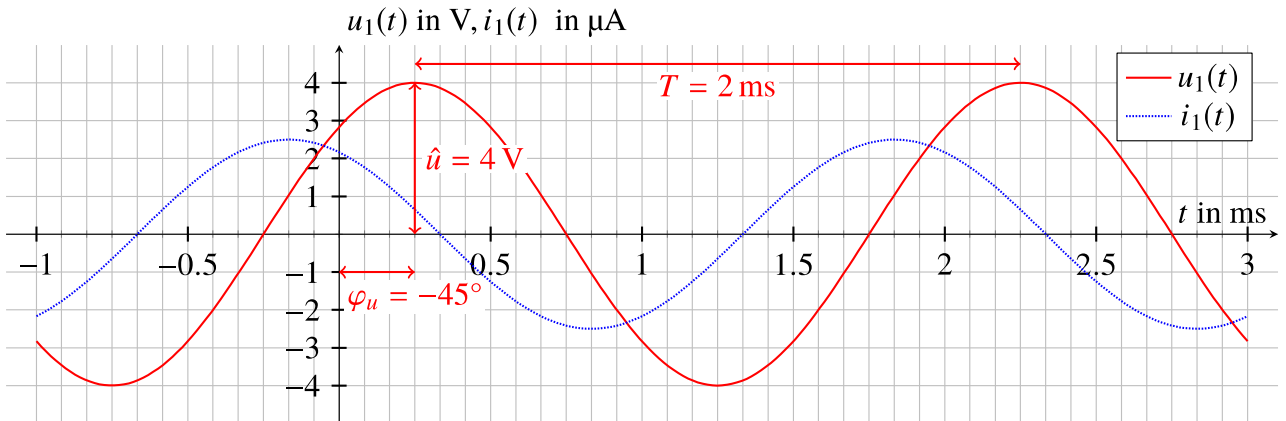
- (e) Berechnen Sie die elektrische Stromdichte in dem gezeigten Ring sowie die Stromstärke durch eine Querschnittsfläche des Rings für $B(t) = 1 \text{ mT} \sin(2\pi \cdot 1 \text{ kHz} \cdot t)$.

Name:

Vorname:

Aufgabe 3: Periodische Schwingungen und Effektivwerte (16 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 ω		
Zeigerdarstellung – Spitzenwertzeiger (Skizze zeichnen!)		
Komplexes Amplitudensymbol in R-Form: Real- und Imaginärteil		

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

(b) Berechnen Sie den Effektivwert der Spannung $u_1(t)$.

(c) Kreuzen Sie für alle folgenden Aussagen wahr (w) oder falsch (f) an.

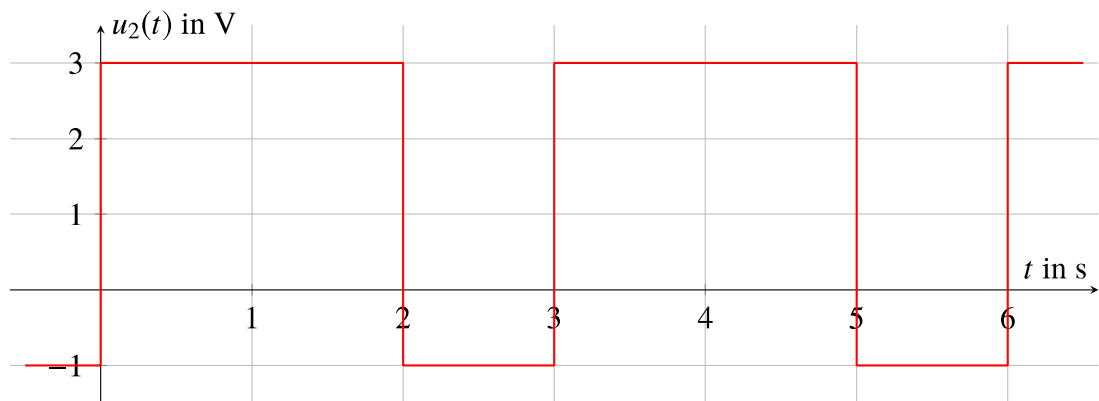
- | w | f | |
|--------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Der Effektivwert einer Spannung kann für alle integrierbaren periodischen Schwingungen bestimmt werden. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Der Effektivwert einer Spannung kann nur für Sinusschwingungen bestimmt werden. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Der Effektivwert einer periodischen Spannung ist ihr arithmetischer Mittelwert über eine Periode. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Der Effektivwert einer periodischen Spannung entspricht der Gleichspannung, die innerhalb einer Periodenlänge an einem ohmschen Widerstand dieselbe Energie umwandelt wie die periodische Spannung. |

Bewertung: Alle Antworten korrekt: 2 Punkte. Drei Antworten korrekt: 1 Punkt. Sonst: 0 Punkte. (Kprim)

Name:

Vorname:

- (d) Gegeben ist die unten dargestellte periodische Rechteckspannung $u_2(t)$. Berechnen Sie den Effektivwert der Spannung $u_2(t)$.



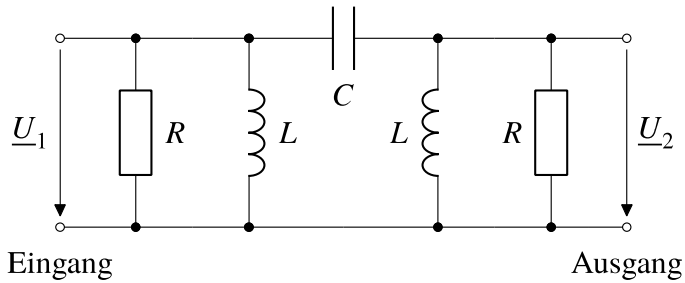
Name:

Vorname:

Aufgabe 4: Filter und Übertragungsfunktionen (20 Punkte)

Alle Teilaufgaben dieser Aufgabe können unabhängig voneinander bearbeitet werden.

(a) Betrachten Sie die abgebildete Schaltung.



Um welchen Filtertyp handelt es sich?

- Tiefpassfilter
- Hochpassfilter
- Bandpassfilter
- Bandsperrfilter

Bewertung: Antwort korrekt: 2 Punkte. Sonst: 0 Punkte. (Single Choice)

(b) Stellen Sie für die Filterschaltung aus (a) die Übertragungsfunktion

$$T(j\omega) = \frac{\underline{U}_2(j\omega)}{\underline{U}_1(j\omega)}$$

auf und vereinfachen Sie soweit, dass kein Doppelbruch mehr auftritt (d.h. stellen Sie $T(j\omega)$ als Quotient zweier Polynome in $j\omega$ dar).

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

(c) Gegeben sei die Übertragungsfunktion

$$T(j\omega) = \frac{1 - 3s \text{ j}\omega - 2s^2 \omega^2}{1 + 3s \text{ j}\omega - 2s^2 \omega^2}.$$

(Das Symbol „s“ bezeichnet die Einheit Sekunde.)

Bringen Sie die Übertragungsfunktion in die normalisierte Darstellung

$$T(j\omega) = \frac{\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_1}\right)\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_2}\right)}{\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_3}\right)\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_4}\right)}$$

und bestimmen Sie die Parameter $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4!$

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

(d) Berechnen Sie den Amplitudenfrequenzgang $|T(j\omega)|$ und vereinfachen Sie den Ausdruck so weit wie möglich!

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

(e) Ermitteln Sie für die Übertragungsfunktion aus (c) die Grenzwerte des Phasenfrequenzgangs für $\omega \rightarrow 0$ und $\omega \rightarrow \infty$, also

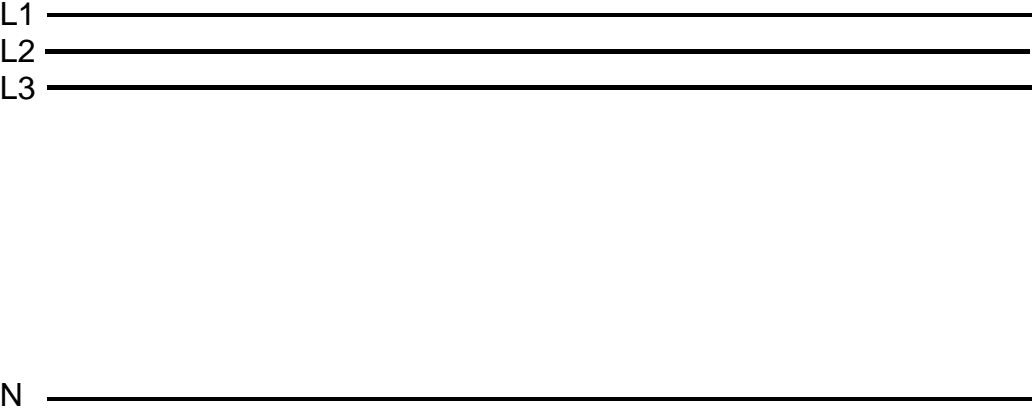
- $\lim_{\omega \rightarrow 0} \arg T(j\omega)$
- $\lim_{\omega \rightarrow \infty} \arg T(j\omega)$.

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

Aufgabe 5: Drehstrom (18 Punkte)

An ein symmetrisches Niederspannungsdrehstromnetz mit 400 V Außenleiterspannung und vier Leitern sollen die drei Verbraucher $\underline{Z}_1 = 300 \Omega$, $\underline{Z}_2 = 100 \Omega \angle 40^\circ$, $\underline{Z}_3 = 200 \Omega + j250 \Omega$ 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}_{1N} , \underline{U}_{2N} und \underline{U}_{3N} an!

(c) Berechnen Sie die Strangströme und den Sternpunktleiterstrom.

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

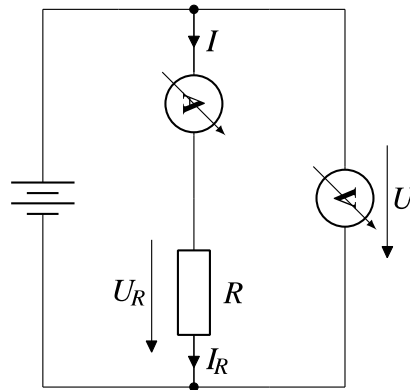
(d) Berechnen Sie die von der Verbrauchergruppe aufgenommene Wirkleistung und Blindleistung. Wie groß ist der Leistungsfaktor der Verbrauchergruppe?

Name:

Vorname:

Aufgabe 6: Messtechnik (11 Punkte)

Die Leistungsaufnahme eines Verbrauchers R soll aus einer Strom- und Spannungsmessung ermittelt werden. Es werden die folgenden Messwerte für U und I mit dem abgebildeten Messaufbau aufgenommen:



- $U = 3,328 \text{ V}$
- $I = 2,331 \text{ mA}$

Die für die Leistungsberechnung eigentlich interessierenden Größen sind U_R und I_R .

Für die Messgeräte seien vom Hersteller folgende Daten gegeben:

- **Voltmeter:** Innenwiderstand $10 \text{ M}\Omega$, Garantiefehler max. $\pm 1,5 \text{ mV}$
- **Amperemeter:** Innenwiderstand 50Ω , Garantiefehler max. $\pm 3 \mu\text{A}$

(a) Kreuzen für Sie für alle folgenden Aussagen wahr (w) oder falsch (f) an.

- | | | |
|--------------------------|--------------------------|--|
| w | f | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Durch den Aufbau entsteht ein korrigierbarer Messfehler im Strom. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Durch den Aufbau entsteht ein korrigierbarer Messfehler in der Spannung. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Die gemessene Spannung U ist im Vergleich zur Spannung U_R zu klein. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Der gemessene Strom I ist im Vergleich zum Strom I_R zu klein. |

Bewertung: Alle Antworten korrekt: 2 Punkte. Drei Antworten korrekt: 1 Punkt. Sonst: 0 Punkte. (Kprim)

(b) Korrigieren Sie alle korrigierbaren systematischen Messfehler und geben Sie den korrigierten Wert der Messgröße bzw. die korrigierten Werte der Messgrößen an!

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

(c) Geben Sie die Formel an, mit der Sie aufgenommene Leistung P der Last aus den gemessenen Werten U und I unter Berücksichtigung der Korrektur berechnen können und berechnen Sie den Zahlenwert für P !

(d) Berechnen Sie den aus den Garantiefehlergrenzen der Messgeräte resultierenden maximalen Fehler ΔP anhand Ihrer Formel aus (c) als Formel und Zahlenwert!

Der Zusammenhang zwischen kartesischen, Kreiszyylinder- und Kugelkoordinaten

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

Linien-, Flächen- und Volumenelemente in den verschiedenen Koordinatensystemen

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

Deckblatt zu einer Klausur am Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik

Modulprüfung							
Modulname	Grundgebiete der Elektrotechnik II						
Datum	03.09.2018						
Prüfpersonen							
1. Prüfperson	Prof. Dr. Martina Gerken						
ggf. 2. Prüfperson							
Kandidat/in							
Matrikelnummer							
Name, Vorname							
Vorleistung vor SoSe 2018 berücksichtigen? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein							
Erklärung der/des Kandidatin/Kandidaten vor Beginn der Prüfung							
<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&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>							
Korrektur							
Aufgabe	1	2	3	4	5	6	Σ
Punkte	18	17	16	20	18	11	100
erreicht							
Übungen (Gewicht 25%)		Klausur (Gewicht 75%)			Gesamt %		Modulnote
Einsicht / Rückgabe							
<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>							

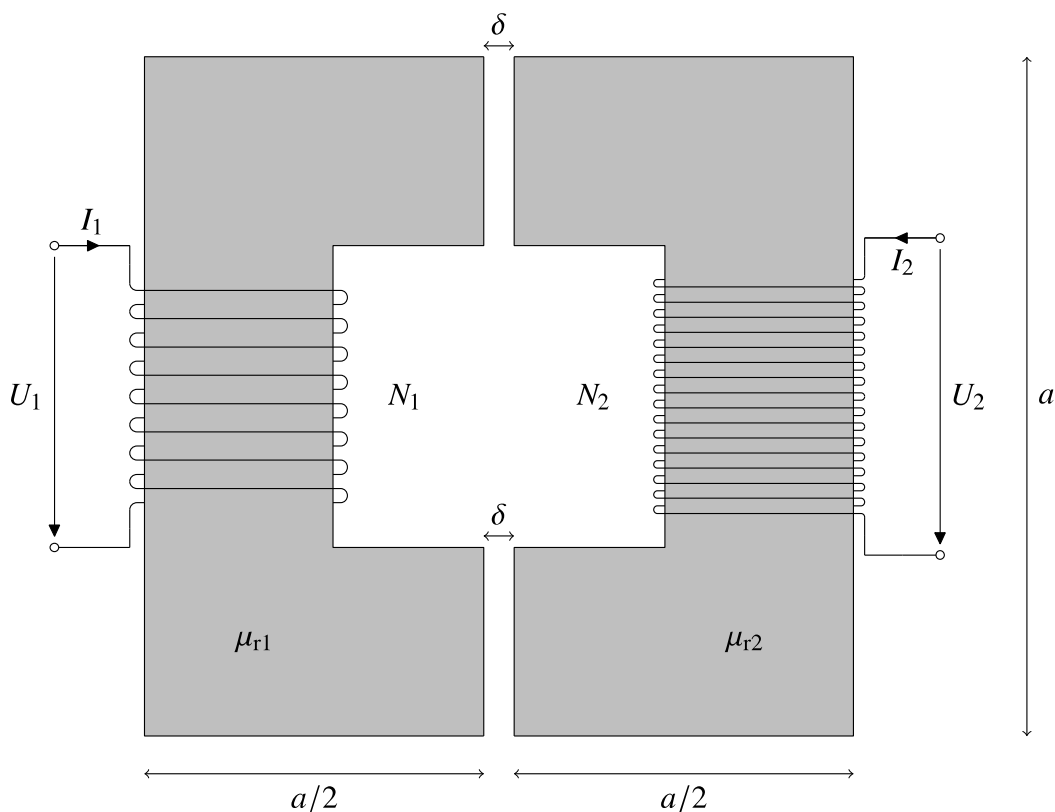
Name:

Vorname:

Aufgabe 1: Magnetischer Kreis (18 Punkte)

Gegeben ist der abgebildete magnetische Kreis, der aus zwei U-Kernen aus Ferritmaterial mit quadratischem Querschnitt (Querschnittsfläche $A_{\text{Kern}} = 25 \text{ cm}^2$) zusammengesetzt ist. Die U-Kerne sollen so zugeschnitten werden, dass zwischen den Kernen oben und unten ein Luftspalt der Länge δ verbleibt. Die Windungszahlen betragen $N_1 = 100$ (links) und $N_2 = 10\,000$ (rechts). Für die Länge a gilt: $a = 18 \text{ cm}$. Die relative Permeabilität der beiden Ferritkerne beträgt $\mu_{r1} = \mu_{r2} = 10\,000$.

- (a) Skizzieren Sie qualitativ, aber physikalisch realistisch, die Feldlinien des magnetischen Feldes \vec{B} für den Fall $I_1 = 0 \text{ A}$, $I_2 < 0 \text{ A}$ in die Zeichnung ein. Skizzieren Sie mindestens fünf Feldlinien!



- (b) Zur einfachen Berechnung des Magnetfeldes müssen einige Effekte vernachlässigt werden. Welche Näherungen müssen Sie annehmen, um den magnetischen Kreis rechnerisch analysieren zu können? Nennen Sie mindestens zwei!

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

(c) Der Luftspalt soll dazu dienen, die magnetische Flussdichte im Kern zu begrenzen. Stellen Sie die Luftspatlänge δ so ein, dass bei $I_1 = I_{1\max} = 80 \text{ A}$, $I_2 = 0 \text{ A}$ im Kern eine maximale Flussdichte von $B = B_{\max} = 1.2 \text{ T}$ nicht überschritten wird! Geben Sie δ als Zahlenwert an!

(d) Berechnen Sie die Selbstinduktivität der Windung 1 und die Gegeninduktivität zwischen beiden Windungen!

(Falls Sie in (c) kein Ergebnis ermitteln konnten, nehmen Sie bitte $\delta = 5 \text{ mm}$ an.)

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

- (e) Durch einen Fehler in der Produktion wird der Luftspalt nur auf die Hälfte des in (c) berechneten Werts eingestellt. Welche Auswirkung hat dies auf die maximale Feldstärke B_{\max} (weiterhin für $I_1 = 80 \text{ A}$)? Sind die Auswirkungen groß oder klein? Argumentieren Sie! (Neue Rechnungen sind nicht zwingend erforderlich.)

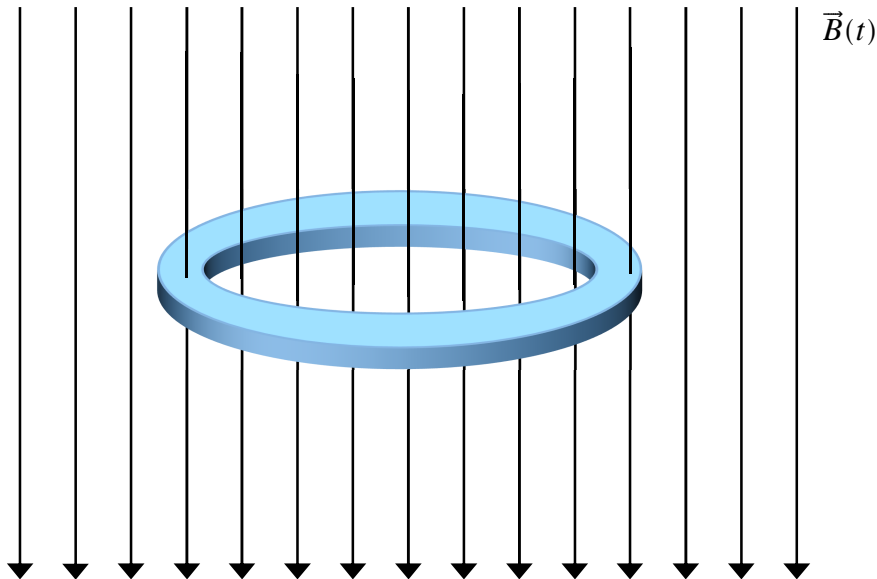
Name:

Vorname:

Aufgabe 2: Induktion (17 Punkte)

Gegeben sei der im Bild gezeigte Metallring mit einem rechteckigen Querschnitt, einem Innendurchmesser von 1 cm, einem Außendurchmesser von 1,2 cm und einer Höhe von 600 μm . Die Leitfähigkeit des Metalls betrage $35 \frac{\text{S m}}{\text{mm}^2}$. Der Metallring werde von einem im Bereich des Rings homogenen, zeitlich veränderlichen Magnetfeld durchsetzt, das senkrecht zum Ring gerichtet ist.

Rückwirkungen induzierter Ströme auf das Magnetfeld sowie der Skinneffekt sollen in dieser Aufgabe vernachlässigt werden.



(a) Geben Sie die 2. Maxwellsche Gleichung (Induktionsgesetz) an.

(b) Erläutern Sie in ganzen Sätzen die Begriffe des Quellenfeldes und des Wirbelfeldes. Liegt bei der gezeigten Geometrie ein elektrisches Quellen- oder Wirbelfeld vor?

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

(c) Zeichnen Sie beispielhaft eine elektrische Feldlinie in den Metallring ein. Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen zeitlicher Änderung des Magnetfeldes und Richtung des elektrischen Feldes anhand Ihrer gezeichneten Feldlinie.

(d) Es sei $B(t) = 1 \text{ mT} \sin(2\pi \cdot 1 \text{ kHz} \cdot t)$. Berechnen Sie den elektrischen Feldstärkevektor in dem gezeigten Ring als Funktion der Zeit und des Ortes. Wählen Sie dazu ein geeignetes Koordinatensystem.

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

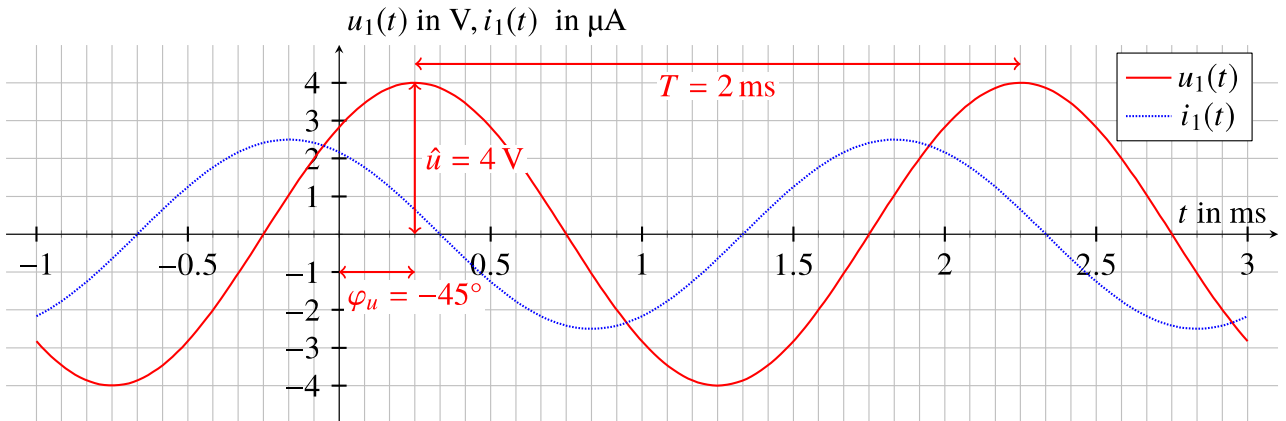
- (e) Berechnen Sie die elektrische Stromdichte in dem gezeigten Ring sowie die Stromstärke durch eine Querschnittsfläche des Rings für $B(t) = 1 \text{ mT} \sin(2\pi \cdot 1 \text{ kHz} \cdot t)$.

Name:

Vorname:

Aufgabe 3: Periodische Schwingungen und Effektivwerte (16 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 ω		
Zeigerdarstellung – Spitzenwertzeiger (Skizze zeichnen!)		
Komplexes Amplitudensymbol in R-Form: Real- und Imaginärteil		

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

(b) Berechnen Sie den Effektivwert der Spannung $u_1(t)$.

(c) Kreuzen Sie für alle folgenden Aussagen wahr (w) oder falsch (f) an.

- | w | f | |
|--------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Der Effektivwert einer Spannung kann für alle integrierbaren periodischen Schwingungen bestimmt werden. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Der Effektivwert einer Spannung kann nur für Sinusschwingungen bestimmt werden. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Der Effektivwert einer periodischen Spannung ist ihr arithmetischer Mittelwert über eine Periode. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Der Effektivwert einer periodischen Spannung entspricht der Gleichspannung, die innerhalb einer Periodenlänge an einem ohmschen Widerstand dieselbe Energie umwandelt wie die periodische Spannung. |

Bewertung: Alle Antworten korrekt: 2 Punkte. Drei Antworten korrekt: 1 Punkt. Sonst: 0 Punkte. (Kprim)

Name:

Vorname:

- (d) Gegeben ist die unten dargestellte periodische Rechteckspannung $u_2(t)$. Berechnen Sie den Effektivwert der Spannung $u_2(t)$.



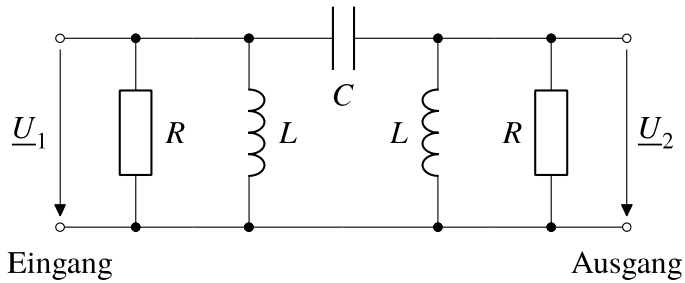
Name:

Vorname:

Aufgabe 4: Filter und Übertragungsfunktionen (20 Punkte)

Alle Teilaufgaben dieser Aufgabe können unabhängig voneinander bearbeitet werden.

(a) Betrachten Sie die abgebildete Schaltung.



Um welchen Filtertyp handelt es sich?

- Tiefpassfilter
- Hochpassfilter
- Bandpassfilter
- Bandsperrfilter

Bewertung: Antwort korrekt: 2 Punkte. Sonst: 0 Punkte. (Single Choice)

(b) Stellen Sie für die Filterschaltung aus (a) die Übertragungsfunktion

$$T(j\omega) = \frac{\underline{U}_2(j\omega)}{\underline{U}_1(j\omega)}$$

auf und vereinfachen Sie soweit, dass kein Doppelbruch mehr auftritt (d.h. stellen Sie $T(j\omega)$ als Quotient zweier Polynome in $j\omega$ dar).

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

(c) Gegeben sei die Übertragungsfunktion

$$T(j\omega) = \frac{1 - 3s \ j\omega - 2s^2 \ \omega^2}{1 + 3s \ j\omega - 2s^2 \ \omega^2}.$$

(Das Symbol „s“ bezeichnet die Einheit Sekunde.)

Bringen Sie die Übertragungsfunktion in die normalisierte Darstellung

$$T(j\omega) = \frac{\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_1}\right)\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_2}\right)}{\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_3}\right)\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_4}\right)}$$

und bestimmen Sie die Parameter $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4!$

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

(d) Berechnen Sie den Amplitudenfrequenzgang $|T(j\omega)|$ und vereinfachen Sie den Ausdruck so weit wie möglich!

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

(e) Ermitteln Sie für die Übertragungsfunktion aus (c) die Grenzwerte des Phasenfrequenzgangs für $\omega \rightarrow 0$ und $\omega \rightarrow \infty$, also

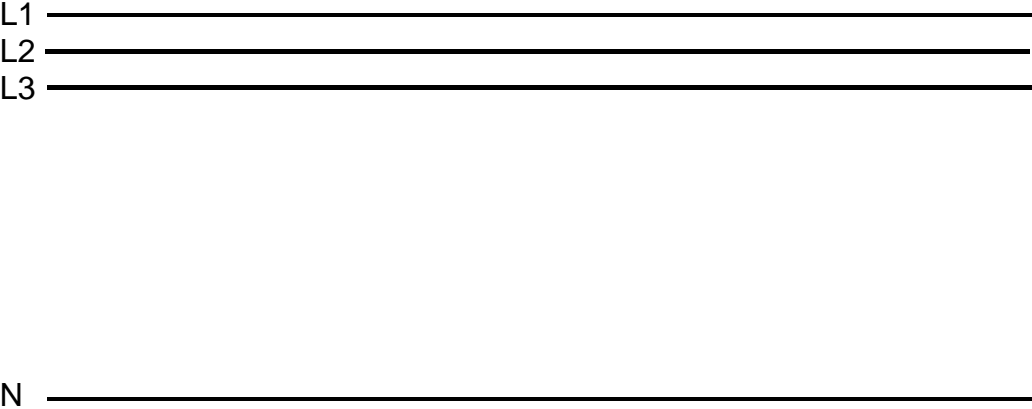
- $\lim_{\omega \rightarrow 0} \arg T(j\omega)$
- $\lim_{\omega \rightarrow \infty} \arg T(j\omega)$.

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

Aufgabe 5: Drehstrom (18 Punkte)

An ein symmetrisches Niederspannungsdrehstromnetz mit 400 V Außenleiterspannung und vier Leitern sollen die drei Verbraucher $\underline{Z}_1 = 300 \Omega$, $\underline{Z}_2 = 100 \Omega \angle 40^\circ$, $\underline{Z}_3 = 200 \Omega + j250 \Omega$ 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}_{1N} , \underline{U}_{2N} und \underline{U}_{3N} an!

(c) Berechnen Sie die Strangströme und den Sternpunktleiterstrom.

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

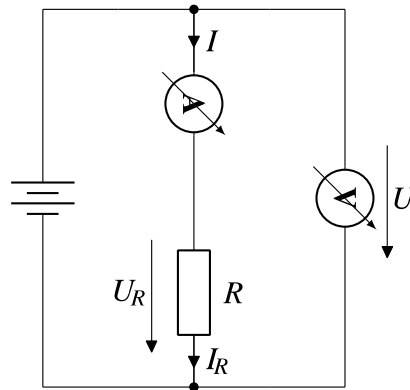
(d) Berechnen Sie die von der Verbrauchergruppe aufgenommene Wirkleistung und Blindleistung. Wie groß ist der Leistungsfaktor der Verbrauchergruppe?

Name:

Vorname:

Aufgabe 6: Messtechnik (11 Punkte)

Die Leistungsaufnahme eines Verbrauchers R soll aus einer Strom- und Spannungsmessung ermittelt werden. Es werden die folgenden Messwerte für U und I mit dem abgebildeten Messaufbau aufgenommen:



- $U = 3,328 \text{ V}$
- $I = 2,331 \text{ mA}$

Die für die Leistungsberechnung eigentlich interessierenden Größen sind U_R und I_R .

Für die Messgeräte seien vom Hersteller folgende Daten gegeben:

- **Voltmeter:** Innenwiderstand $10 \text{ M}\Omega$, Garantiefehler max. $\pm 1,5 \text{ mV}$
- **Amperemeter:** Innenwiderstand 50Ω , Garantiefehler max. $\pm 3 \mu\text{A}$

(a) Kreuzen für Sie für alle folgenden Aussagen wahr (w) oder falsch (f) an.

w f

- Durch den Aufbau entsteht ein korrigierbarer Messfehler im Strom.
- Durch den Aufbau entsteht ein korrigierbarer Messfehler in der Spannung.
- Die gemessene Spannung U ist im Vergleich zur Spannung U_R zu klein.
- Der gemessene Strom I ist im Vergleich zum Strom I_R zu klein.

Bewertung: Alle Antworten korrekt: 2 Punkte. Drei Antworten korrekt: 1 Punkt. Sonst: 0 Punkte. (Kprim)

(b) Korrigieren Sie alle korrigierbaren systematischen Messfehler und geben Sie den korrigierten Wert der Messgröße bzw. die korrigierten Werte der Messgrößen an!

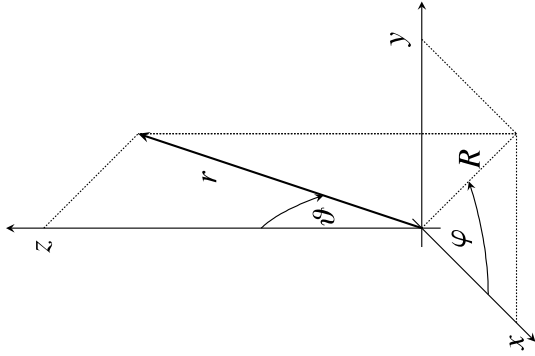
Name:	Vorname:
-------	----------

(c) Geben Sie die Formel an, mit der Sie aufgenommene Leistung P der Last aus den gemessenen Werten U und I unter Berücksichtigung der Korrektur berechnen können und berechnen Sie den Zahlenwert für P !

(d) Berechnen Sie den aus den Garantiefehlergrenzen der Messgeräte resultierenden maximalen Fehler ΔP anhand Ihrer Formel aus (c) als Formel und Zahlenwert!

Der Zusammenhang zwischen kartesischen, Kreiszyylinder- und Kugelkoordinaten

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



Linien-, Flächen- und Volumenelemente in den verschiedenen Koordinatensystemen

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