Deckblatt zu einer Klausur am Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik

Modulprüfung	
Modulname	**Grundgebiete der Elektrotechnik II**
Datum	**02.09.2019**
Prüfpersonen	
1. Prüfperson	**Prof. Dr. Martina Gerken**
ggf. 2. Prüfperson	
Kandidat/in	
Matrikelnummer	
Name, Vorname	

Vorleistung **vor** SoSe 2019 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 Einsicht-nahmetermin 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	Σ
Punkte	13	16	16	21	18	16	100
erreicht							

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

Einsicht / Rückgabe

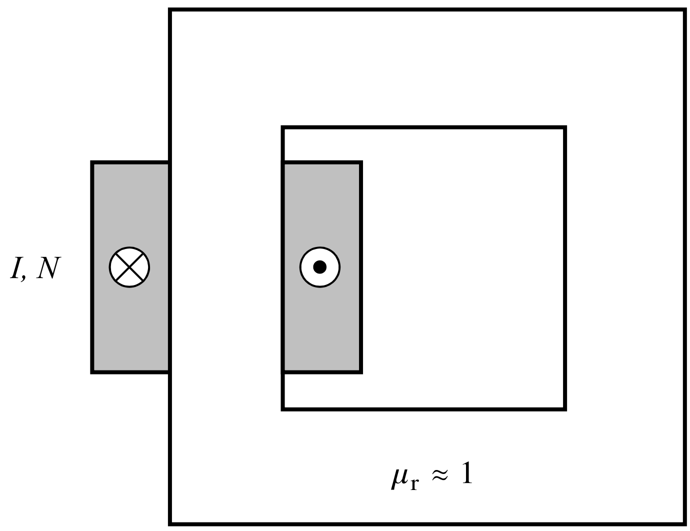
Hiermit bestätige ich, dass ich die Korrektur der Klausur eingesehen habe und mit der auf diesem Deckblatt vermerkten Note einverstanden bin. Die Klausurunterlagen verbleiben bei mir. Ein späterer Einspruch gegen die Korrektur und Benotung ist nicht mehr möglich.

Kiel, den ______________ Unterschrift: ______________________

Name:	Vorname:

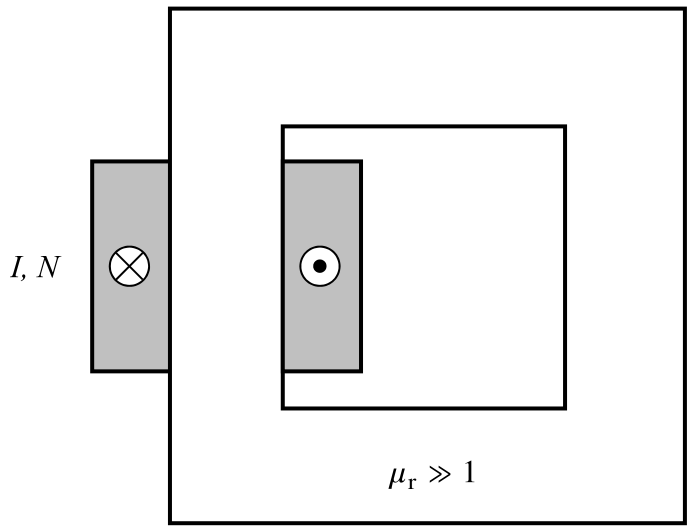
Aufgabe 1: Magnetischer Kreis (13 Punkte)

(a) Ein Schenkel eines quadratischen Holzkerns ($\mu_r \approx 1$) sei mit einer Spule mit N Windungen umwickelt, die von einem Strom $I > 0$ durchflossen wird. Der Bereich der Spule ist in der Skizze unten grau eingezeichnet. Zeichnen Sie qualitativ vier repräsentative Feldlinien der magnetischen Flussdichte in die Skizze ein.



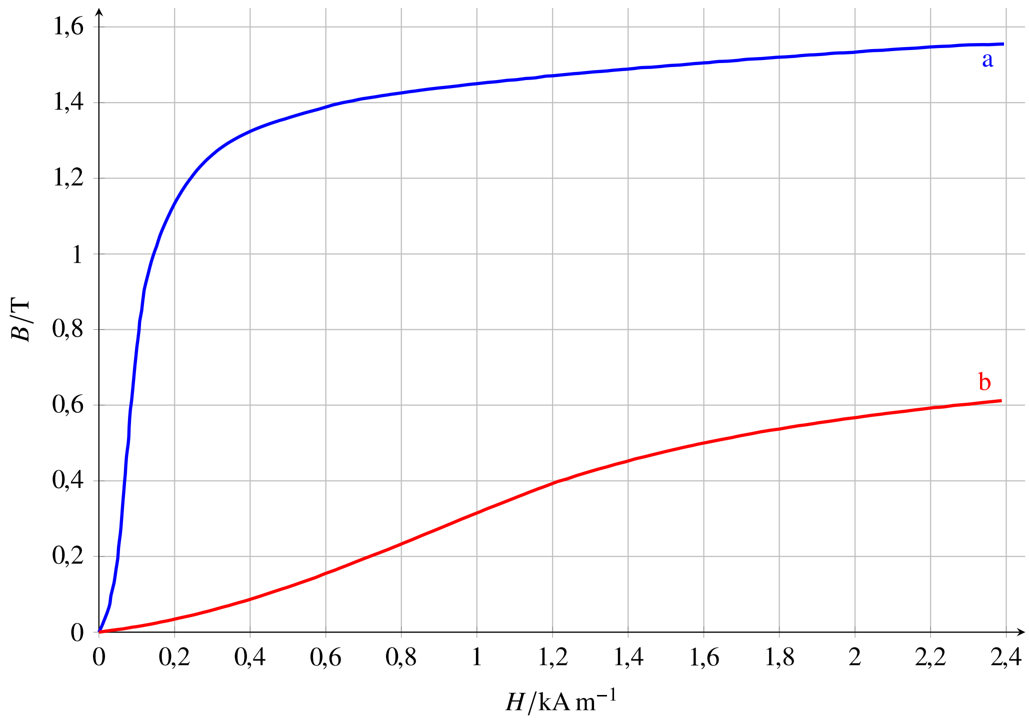
Name:	Vorname:

(b) Ein Schenkel eines quadratischen Eisenkerns ($\mu_r \gg 1$) sei mit einer Spule mit N Windungen umwickelt, die von einem Strom $I > 0$ durchflossen wird. Der Bereich der Spule ist in der Skizze unten grau eingezeichnet. Zeichnen Sie qualitativ vier repräsentative Feldlinien der magnetischen Flussdichte in die Skizze ein.



Name:	Vorname:

(c) Der quadratische Eisenkern aus Aufgabenteil (b) sei aus Grauguss (Magnetisierungskurve b unten) hergestellt. Die mittleren Schenkellängen betragen jeweils 7 cm und die Schenkelquerschnittsflächen 1 cm^2. Die Spule habe $N = 400$ Windungen und werde von dem Strom $I = 800$ mA durchflossen. Wie groß sind die magnetische Flussdichte und der magnetische Fluss im Eisenkern? Wie groß ist die Selbstinduktivität der Spule mit quadratischem Eisenkern? Die Streuung soll unberücksichtigt bleiben und es darf mit mittleren Weglängen gerechnet werden.



a: kaltgewalztes Elektroblech V 400-50 A (isotrop)
b: Grauguss

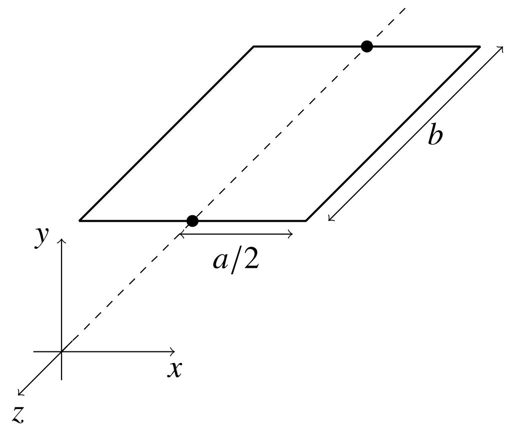
Name:	Vorname:

Aufgabe 2: Induktion (16 Punkte)

Eine rechteckige Leiterschleife der Fläche A mit Kantenlängen a und b sei wie abgebildet an einer nicht rotierenden und nicht leitenden Achse befestigt. Im Raum herrsche ein rotierendes Magnetfeld der Form

$$\vec{B}(t) = \hat{B}\big(\vec{\mathrm{e}}_x \cos(\omega t) + \vec{\mathrm{e}}_y \sin(\omega t)\big)$$

Die Schleife habe einen elektrischen Schleifenwiderstand R.



(a) Berechnen Sie den induzierten zeitabhängigen Strom in der Leiterschleife.

Name:	Vorname:

(b) Zeichnen Sie die tatsächliche Richtung des Stroms zum Zeitpunkt $t = 0$ in die Leiterschleife ein.

(c) Berechnen Sie einzeln vektoriell die zeitabhängige Kraft auf die rechte und linke Seite der Leiterschleife.

Name:	Vorname:

(d) Berechnen Sie das erzeugte zeitabhängige Gesamtdrehmoment $\vec{M}$ bezüglich der Achse.
Hinweis: Das Drehmoment einer einzelnen Kraft $\vec{F}$ bezüglich einer Achse ist $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$, wobei $\vec{r}$ der Vektor von der Rotationsachse zum Kraftangriffspunkt ist.

Name:	Vorname:

Aufgabe 3: Periodische Schwingungen und Effektivwerte (16 Punkte)

An einem elektrischen Zweipol werden die folgende Spannung und der folgende Strom gemessen:

$$u(t) = 2.5 \text{ V } \cos\left(\frac{2\pi}{12 \text{ ms}}\, t\right), \quad i(t) = 1.25 \text{ mA } \cos\left(\frac{2\pi}{12 \text{ ms}}\, (t - 2 \text{ ms})\right)$$

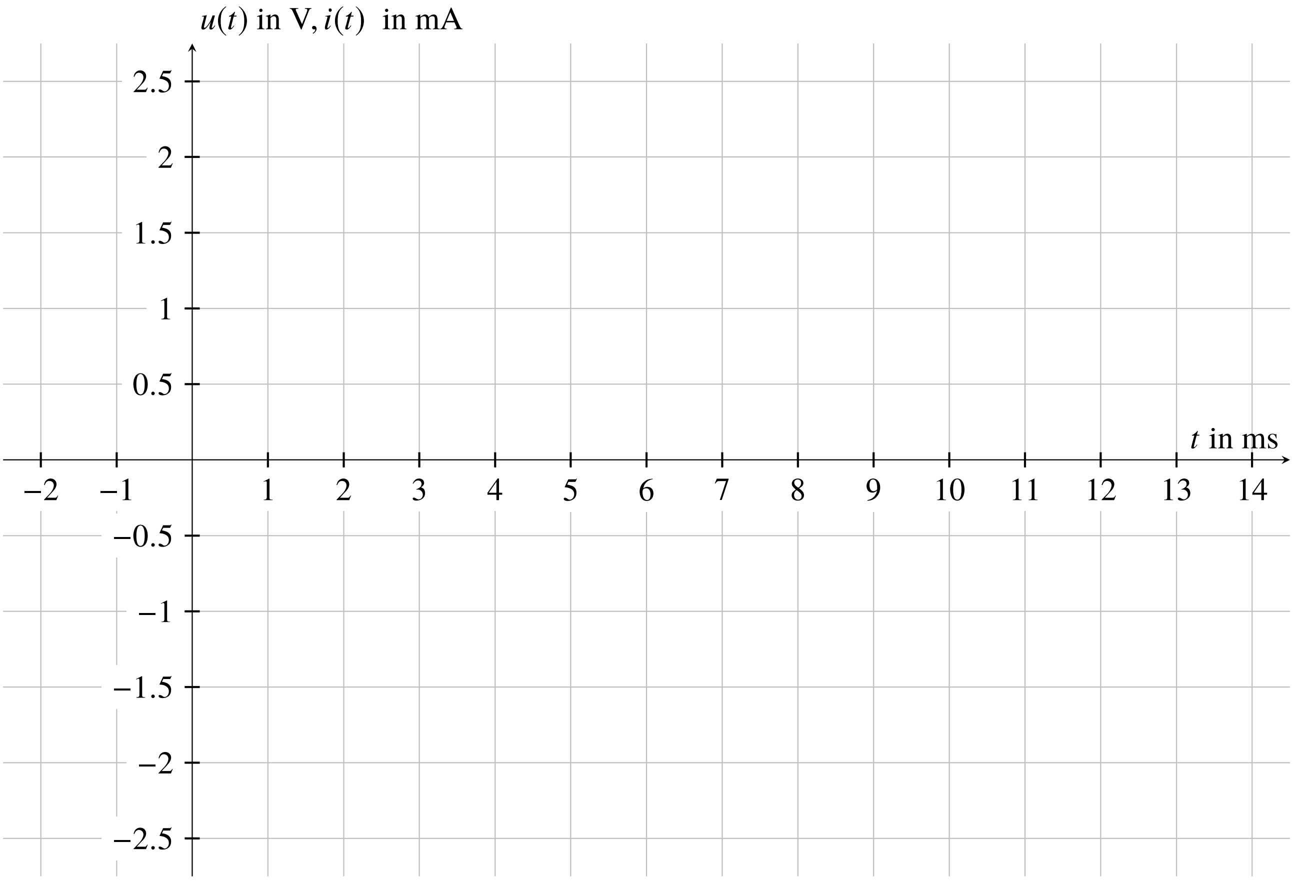
(a) Bestimmen Sie die gefragten Parameter der Schwingungen und ergänzen Sie die Tabelle!

	Spannung	**Strom**
Spitzenwert		
Frequenz		
Nullphasenwinkel		
Komplexer Effektivwertphasor (R-Form)		
Mittelwert		

(b) Berechnen Sie die komplexe Impedanz, die der vorliegende elektrische Zweipol haben muss und geben Sie eine Ersatzschaltung aus RLC-Bauelementen für den Zweipol an (Schaltung zeichnen und Bauteilwerte bestimmen).

Name:	Vorname:

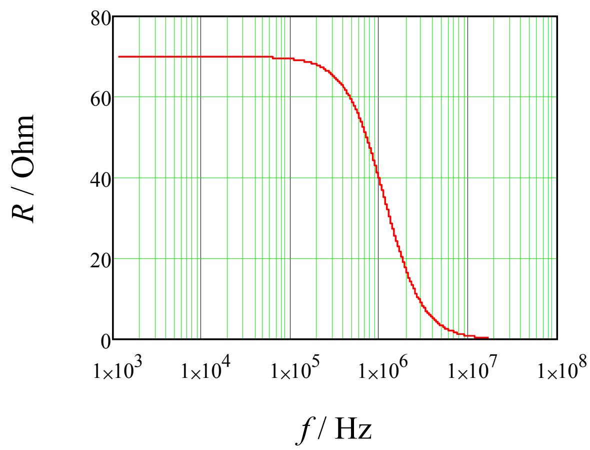
(c) Skizzieren Sie die Zeitverläufe der beiden Schwingungen in das gegebene Diagramm! In der Skizze müssen charakteristische Punkte der Graphen klar erkennbar und korrekt eingezeichnet sein.

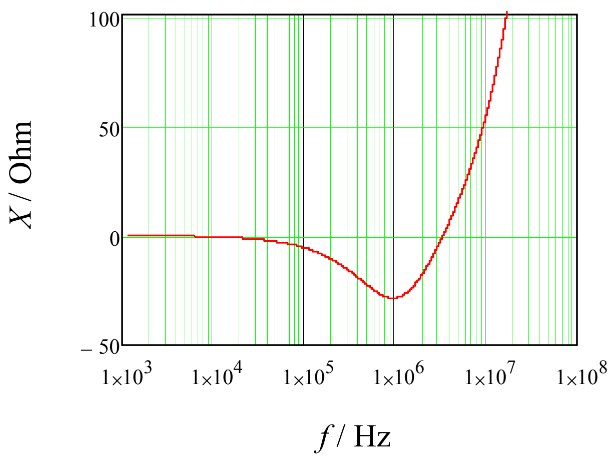


Name:	Vorname:

Aufgabe 4: Ortskurven (21 Punkte)

Gegeben sei das folgende Frequenzverhalten der Impedanz $\underline{Z} = R + \mathrm{j}\, X$ eines Netzwerkes:



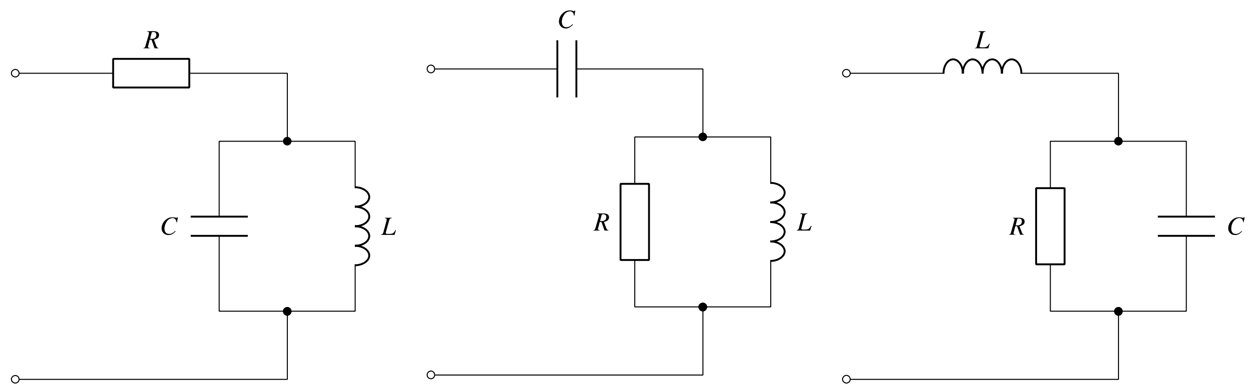


(a) Erstellen Sie den Ortskurven-Graphen der Impedanz des Netzwerkes. Die Ortskurve soll maßstäblich gezeichnet werden und charakteristische Punkte sollen markiert werden.

Name:	Vorname:

(b) Skizzieren Sie den Ortskurven-Graphen der Admittanz des Netzwerkes ausgehend von Ihrer Impedanz-Ortskurve. Hier reicht eine nicht maßstäbliche Skizze, die den prinzipiellen Verlauf zeigt.

(c) Geben Sie die Grenzwerte für den Betrag der Impedanz der folgenden Netzwerke für Frequenzen $f = 0$ Hz und $f \to \infty$ an.



(1) (2) (3)

Name:	Vorname:

(d) Zu welchem der drei Netzwerke gehört das oben gezeigte Impedanzverhalten? Begründen Sie im Ausschlussverfahren.

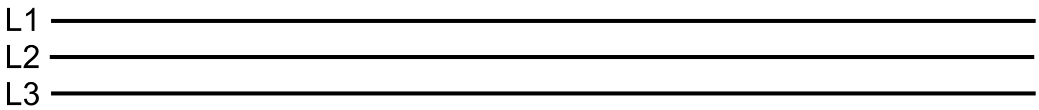
(e) Stellen Sie die Impedanzfunktion $\underline{Z}(\mathrm{j}\omega)$ für das von Ihnen in (d) gewählte Netzwerk als Funktion von R, L und C auf.

Name:	Vorname:

Aufgabe 5: Drehstrom (18 Punkte)

An ein 110-kV-Hochspannungsdrehstromnetz mit drei Leitern sollen drei Verbrauchernetze mit den Ersatzimpedanzen $\underline{Z}_1 = 5\ \mathrm{k\Omega}$, $\underline{Z}_2 = 2\ \mathrm{k\Omega} \angle -10°$, $\underline{Z}_3 = 4\ \mathrm{k\Omega} + \mathrm{j}500\ \Omega$ in Dreieckschaltung angeschlossen werden.

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



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

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

Name:	Vorname:

Aufgabe 6: Analog-Digital-Umsetzer (ADU) (16 Punkte)

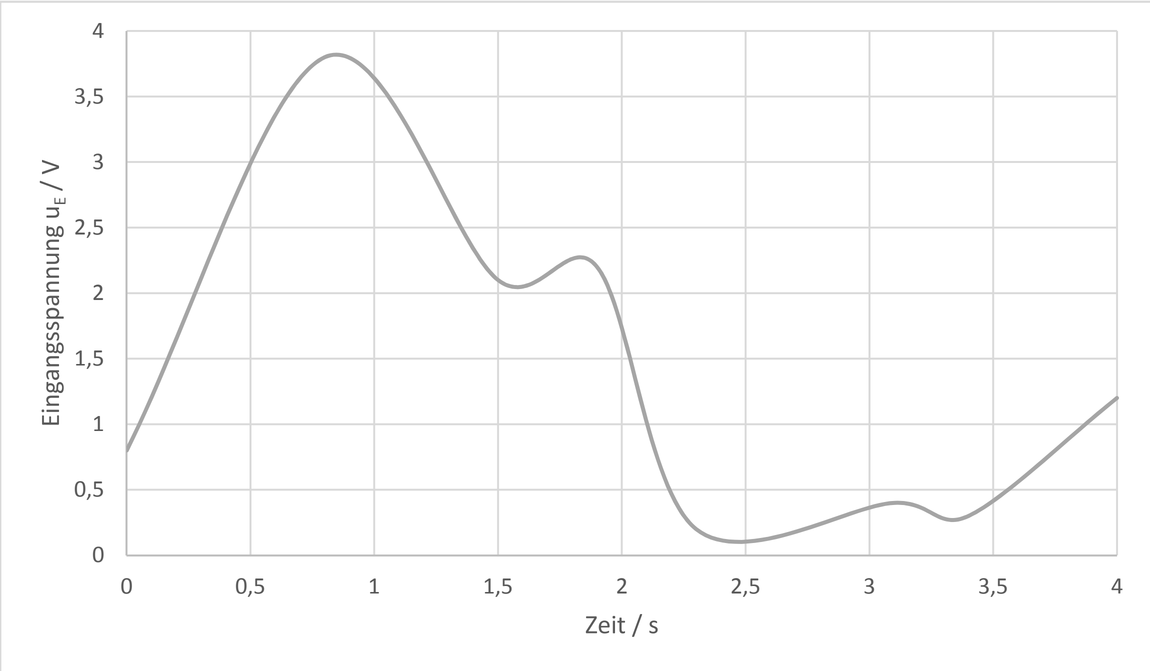
Ein N-Bit Analog-Digital-Umsetzer (ADU) wandelt eine kontinuierliche Eingangsspannung u_E in einen Binärcode mit 2^N Stufen um. Die Auflösung beträgt dabei $U_{ref}/2^N = U_{LSB}$ (LSB: Least Significant Bit). Betrachtet werde ein 2-Bit ADU mit einer Referenzspannung von $U_{ref} = 4$ V.

(a) Tragen Sie in die Tabelle die Stufenbereiche für den 2-Bit ADU, den Binärcode in Form der Binärzahl sowie die jeweilige Ausgangsspannung u_A ein, die sich durch ideale DA-Umsetzung der Binärzahl am ADU-Ausgang ergibt. Die erste Stufe ist angegeben.

u_E-Stufenbereich	**Binärcode**	**Ausgangsspannung u_A**
$0 \leq u_E < \frac{1}{2} U_{LSB}$	00	0 V

Name:	Vorname:

(b) Gegeben sei der unten gezeigt Eingangsspannungsverlauf. Zeichnen Sie in denselben Graphen den Verlauf der in (a) definierten Ausgangsspannung u_A ein.

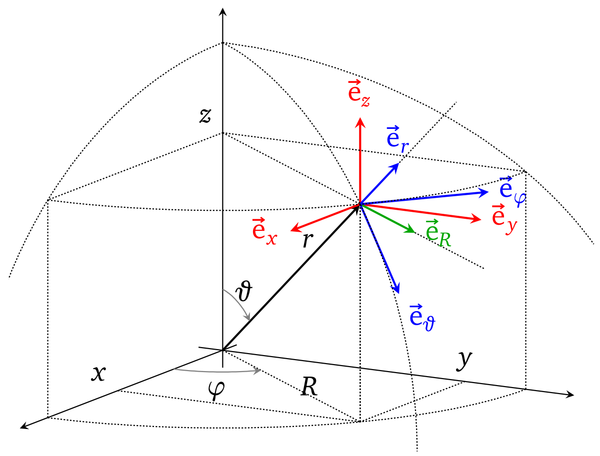


(c) Erstellen Sie für den gegebenen ADU einen Graphen des auftretenden Quantisierungsfehlers als Funktion der Eingangsspannung u_E zwischen 0 V und 4 V.

Name:	Vorname:

(d) Ein ADU mit wieviel Bit muss gewählt werden, um bei der gegebenen Referenzspannung von $U_{\mathrm{ref}} = 4$ V maximal einen Fehler von 0,1 V im Eingangsspannungsbereich von 1 V bis 2 V zu erhalten?

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		
$\operatorname{grad}\phi(x,y,z) = \vec{e}_x\frac{\partial\phi}{\partial x} + \vec{e}_y\frac{\partial\phi}{\partial y} + \vec{e}_z\frac{\partial\phi}{\partial z}$	$\operatorname{grad}\phi(R,\varphi,z) = \vec{e}_R\frac{\partial\phi}{\partial R} + \vec{e}_\varphi\frac{1}{R}\frac{\partial\phi}{\partial\varphi} + \vec{e}_z\frac{\partial\phi}{\partial z}$	$\operatorname{grad}\phi(r,\vartheta,\varphi) = \vec{e}_r\frac{\partial\phi}{\partial r} + \vec{e}_\vartheta\frac{1}{r}\frac{\partial\phi}{\partial\vartheta} + \vec{e}_\varphi\frac{1}{r\sin\vartheta}\frac{\partial\phi}{\partial\varphi}$