

Deckblatt zu einer Klausur am Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik

Modulprüfung																																	
Modulname	Grundgebiete der Elektrotechnik I																																
Datum	10.09.2020																																
Prüfpersonen																																	
1. Prüfperson	Prof. Dr. Martina Gerken																																
ggf. 2. Prüfperson																																	
Kandidat/in																																	
Matrikelnummer																																	
Name, Vorname																																	
Vorleistung <u>vor</u> WS 19/20 berücksichtigt? <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 style="text-align: right;">Unterschrift: _____</p>																																	
Korrektur																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <th style="width: 12.5%;">Aufgabe</th> <th style="width: 8.3%;">1</th> <th style="width: 8.3%;">2</th> <th style="width: 8.3%;">3</th> <th style="width: 8.3%;">4</th> <th style="width: 8.3%;">5</th> <th style="width: 8.3%;">6</th> <th style="width: 8.3%;">Σ</th> </tr> <tr> <td>Punkte</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">22</td> <td style="text-align: center;">19</td> <td style="text-align: center;">18</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">11</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> <tr> <td>erreicht</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">Übungen (Gewicht 25%)</th> <th style="width: 25%;">Klausur (Gewicht 75%)</th> <th style="width: 25%;">Gesamt %</th> <th style="width: 25%;">Modulnote</th> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Aufgabe	1	2	3	4	5	6	Σ	Punkte	10	22	19	18	20	11	100	erreicht								Übungen (Gewicht 25%)	Klausur (Gewicht 75%)	Gesamt %	Modulnote				
Aufgabe	1	2	3	4	5	6	Σ																										
Punkte	10	22	19	18	20	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: Konzepte (10 Punkte)

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

(a) Dielektrikum

(b) Elektrisches Potential

(c) Kirchhoffsche Knotenregel

(d) Reihenschaltung (von Zweipolen)

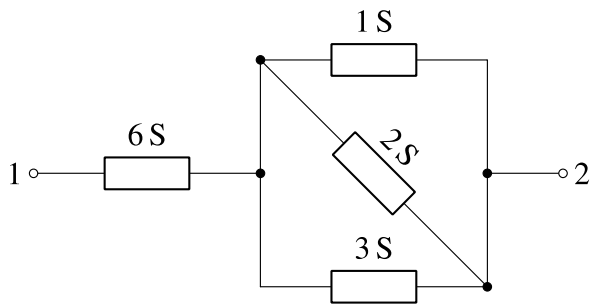
(e) Lorentz-Kraft

Name:

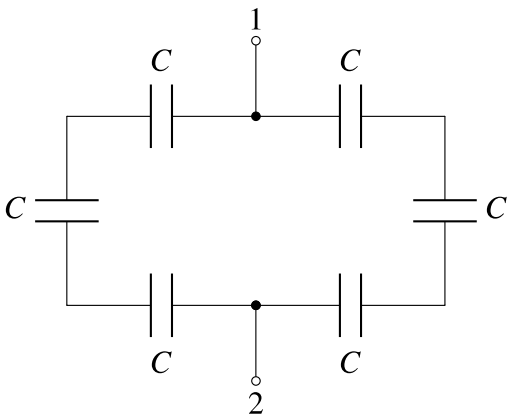
Vorname:

Aufgabe 2: Ersatzzweipole (22 Punkte)

(a) Berechnen Sie den Ersatzleitwert 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. Es gelte $C = 3\text{ nF}$.

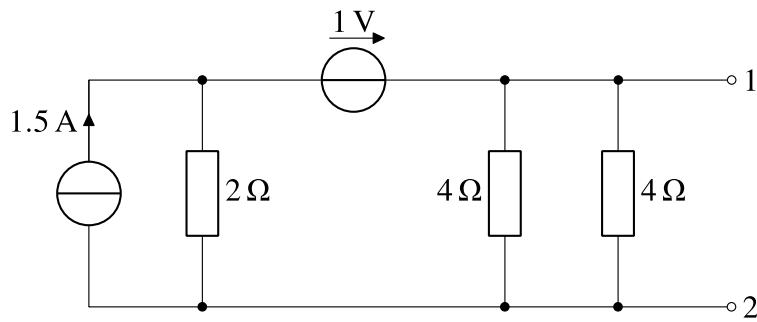


Name:

Vorname:

- (c) Berechnen und zeichnen Sie die Ersatzstromquelle für die folgende Schaltung bezüglich der Klemmen 1 und 2.

Hinweis: Der Quellstrom der Stromquelle im Schaltbild ist über der Quelle am Leiter notiert.

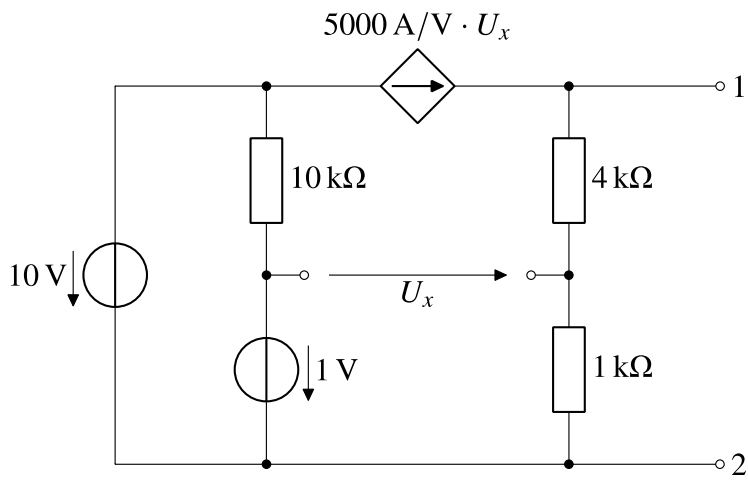


Name:

Vorname:

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

Hinweis: Das rautenförmige Symbol stellt eine gesteuerte Stromquelle dar.



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

Aufgabe 3: Zweitore (19 Punkte)

Ein Zweitor habe die folgenden Elemente der Y -Matrix: $Y_{11} = 1 \text{ S}$, $Y_{12} = 100 \text{ mS}$, $Y_{21} = 500 \text{ mS}$, $Y_{22} = 100 \text{ mS}$. Es ist am Tor 1 mit der linearen Spannungsquelle $U_{q1} = 3 \text{ V}$; $R_{i1} = 10 \text{ }\Omega$ und am Tor 2 mit einem Verbraucher mit Ersatzwiderstand $R_v = 100 \text{ }\Omega$ verbunden.

(a) Zeichnen Sie das Schaltbild und beschriften Sie die Spannungen und Ströme an den Toren.

(b) Berechnen Sie die Ströme, Spannungen und Leistungen an den Toren.

Name:

Vorname:

(c) Stellen Sie die H -Matrix für das oben gegebene Zweitor auf.

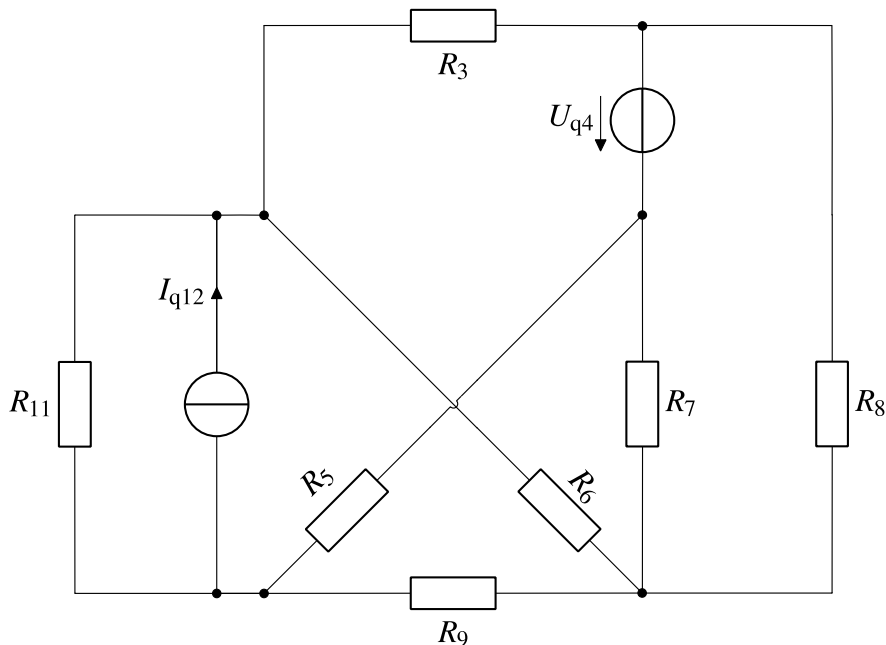
	Z		Y		A		H		K	
Z	Z_{11}	Z_{12}	$\frac{Y_{22}}{\det Y}$	$-\frac{Y_{12}}{\det Y}$	$\frac{A_{11}}{A_{21}}$	$\frac{\det A}{A_{21}}$	$\frac{\det H}{H_{22}}$	$\frac{H_{12}}{H_{22}}$	$\frac{1}{K_{11}}$	$-\frac{K_{12}}{K_{11}}$
	Z_{21}	Z_{22}	$-\frac{Y_{21}}{\det Y}$	$\frac{Y_{11}}{\det Y}$	$\frac{1}{A_{21}}$	$\frac{A_{22}}{A_{21}}$	$-\frac{H_{21}}{H_{22}}$	$\frac{1}{H_{22}}$	$\frac{K_{21}}{K_{11}}$	$\frac{\det K}{K_{11}}$
Y	$\frac{Z_{22}}{\det Z}$	$-\frac{Z_{12}}{\det Z}$	Y_{11}	Y_{12}	$\frac{A_{22}}{A_{12}}$	$-\frac{\det A}{A_{12}}$	$\frac{1}{H_{11}}$	$-\frac{H_{12}}{H_{11}}$	$\frac{\det K}{K_{22}}$	$\frac{K_{12}}{K_{22}}$
	$-\frac{Z_{21}}{\det Z}$	$\frac{Z_{11}}{\det Z}$	Y_{21}	Y_{22}	$-\frac{1}{A_{12}}$	$\frac{A_{11}}{A_{12}}$	$\frac{H_{21}}{H_{11}}$	$\frac{\det H}{H_{11}}$	$-\frac{K_{21}}{K_{22}}$	$\frac{1}{K_{22}}$
A	$\frac{Z_{11}}{Z_{21}}$	$\frac{\det Z}{Z_{21}}$	$-\frac{Y_{22}}{Y_{21}}$	$-\frac{1}{Y_{21}}$	A_{11}	A_{12}	$-\frac{\det H}{H_{21}}$	$-\frac{H_{11}}{H_{21}}$	$\frac{1}{K_{21}}$	$\frac{K_{22}}{K_{21}}$
	$\frac{1}{Z_{21}}$	$\frac{Z_{22}}{Z_{21}}$	$-\frac{\det Y}{Y_{21}}$	$-\frac{Y_{11}}{Y_{21}}$	A_{21}	A_{22}	$-\frac{H_{22}}{H_{21}}$	$-\frac{1}{H_{21}}$	$\frac{K_{11}}{K_{21}}$	$\frac{\det K}{K_{21}}$
H	$\frac{\det Z}{Z_{22}}$	$\frac{Z_{12}}{Z_{22}}$	$\frac{1}{Y_{11}}$	$-\frac{Y_{12}}{Y_{11}}$	$\frac{A_{12}}{A_{22}}$	$\frac{\det A}{A_{22}}$	H_{11}	H_{12}	$\frac{K_{22}}{\det K}$	$-\frac{K_{12}}{\det K}$
	$-\frac{Z_{21}}{Z_{22}}$	$\frac{1}{Z_{22}}$	$\frac{Y_{21}}{Y_{11}}$	$\frac{\det Y}{Y_{11}}$	$-\frac{1}{A_{22}}$	$\frac{A_{21}}{A_{22}}$	H_{21}	H_{22}	$-\frac{K_{21}}{\det K}$	$\frac{K_{11}}{\det K}$
K	$\frac{1}{Z_{11}}$	$-\frac{Z_{12}}{Z_{11}}$	$\frac{\det Y}{Y_{22}}$	$\frac{Y_{12}}{Y_{22}}$	$\frac{A_{21}}{A_{11}}$	$-\frac{\det A}{A_{11}}$	$\frac{H_{22}}{\det H}$	$-\frac{H_{12}}{\det H}$	K_{11}	K_{12}
	$\frac{Z_{21}}{Z_{11}}$	$\frac{\det Z}{Z_{11}}$	$-\frac{Y_{21}}{Y_{22}}$	$\frac{1}{Y_{22}}$	$\frac{1}{A_{11}}$	$\frac{A_{12}}{A_{11}}$	$-\frac{H_{21}}{\det H}$	$\frac{H_{11}}{\det H}$	K_{21}	K_{22}

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: Der Quellstrom I_{q12} der Stromquelle ist im Schaltbild über der Quelle am Leiter notiert.

- (a) 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.

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

- (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 unbekanntem Zweigspannungen und Zweigströme n , die Anzahl der linear unabhängigen Zweigggleichungen z , die Anzahl der linear unabhängigen Knotengleichungen $k-1$ 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:

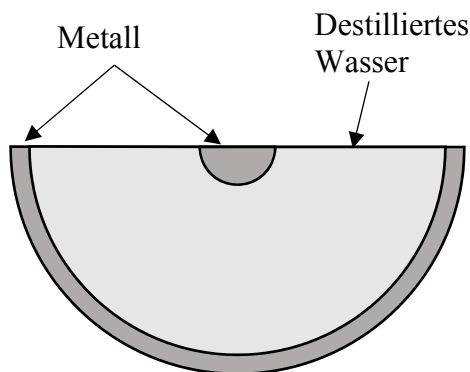
Vorname:

Aufgabe 5: Halbkugelkondensator (20 Punkte)

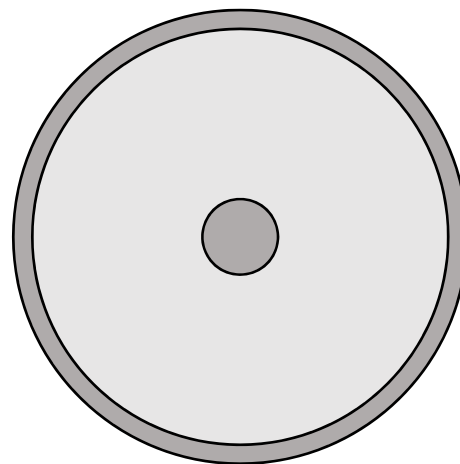
Gegeben sei der gezeigte Halbkugelkondensator. Der äußere Radius der äußeren Halbschalenelektrode betrage 6 mm und der innere Radius 5,5 mm. Die innere Metallhalbkugelelektrode habe einen Kugelradius von 1 mm und sei auf das elektrische Potential von 0 V geerdet. Der Raum zwischen den Kondensatorflächen sei mit destilliertem Wasser gefüllt ($\epsilon_r = 81$). Auf den Elektroden befinde sich eine Ladung von 4 nC (innen) bzw. -4 nC (außen). Das Feld außerhalb des Kondensators, Randeffekte sowie die Aufhängung der inneren Halbkugel werden vernachlässigt.

- (a) Skizzieren Sie die Ladungsverteilung auf den Metallelektroden. Skizzieren Sie die elektrische Feldstärke zwischen den Kondensatorelektroden im Schnitt und in der Draufsicht. Zeichnen Sie jeweils mindestens 4 Feldlinien ein.

Schnitt



Draufsicht



- (b) Leiten Sie den elektrischen Flussdichtevektor und den elektrischen Feldstärkevektor als eine Funktion der Position im Raum zwischen den Kondensatorelektroden her. Stellen Sie dazu das komplette Hüllflächenintegral inklusive der Integrationsgrenzen auf und erläutern Sie, welche Anteile Sie vernachlässigen. Zeichnen Sie dazu ein geeignetes Koordinatensystem in die Skizze oben ein.

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

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

(c) Berechnen Sie die Spannung zwischen den beiden Kondensatorelektroden.

(d) Berechnen Sie die Kapazität der Kondensatoranordnung.

Name:

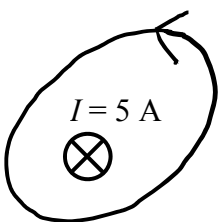
Vorname:

Aufgabe 6: Magnetische Umlaufspannung (11 Punkte)

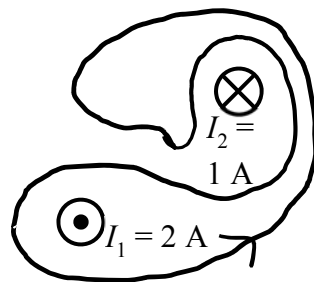
Der Ausdruck $\oint \vec{H} \cdot d\vec{s}$ wird als magnetische Umlaufspannung bezeichnet. Die Symbole \odot und \otimes bezeichnen infinitesimal dünne stromdurchflossene Leiter mit Angabe der Bezugsrichtung (aus der Papierebene heraus bzw. in die Papierebene hinein).

- (a) Tragen Sie die Werte der magnetischen Umlaufspannung für die gezeigten Integrationswege in die Tabelle unten ein.

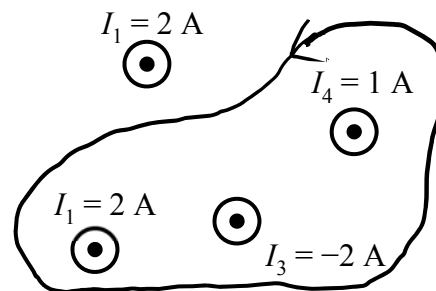
a1)



a2)

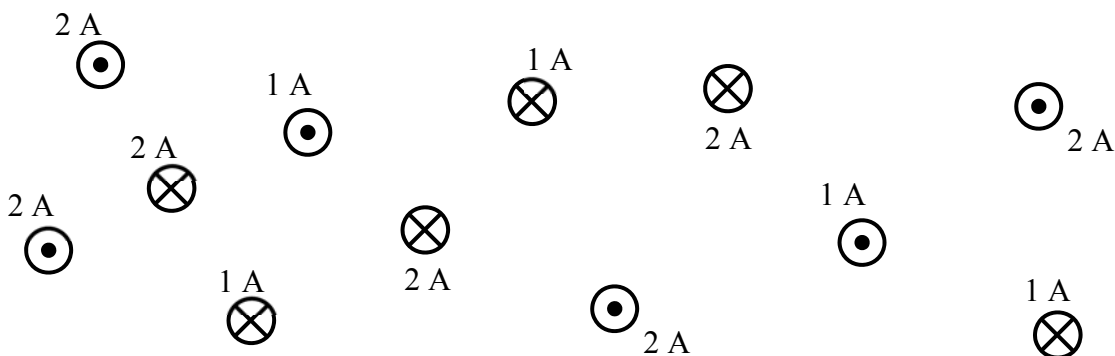


a3)

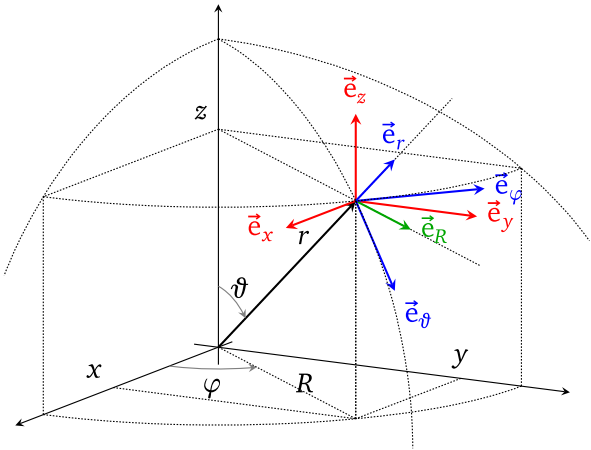


	Magnetische Umlaufspannung $\oint \vec{H} \cdot d\vec{s}$
a1)	
a2)	
a3)	

- (b) Zeichnen Sie in die Skizze zwei Integrationswege ein. Bei dem ersten Integrationsweg soll die magnetische Umlaufspannung 5 A betragen und bei dem zweiten Integrationsweg soll die magnetische Umlaufspannung -9 A sein. Die Stromstärken sind jeweils am Leiter angegeben.



Definition der Koordinatensysteme



Umrechnungen

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

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

$$R = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\vartheta = \arccos(z/r)$$

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

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

$$\begin{aligned} d\vec{s}_x &= \vec{e}_x dx \\ d\vec{s}_y &= \vec{e}_y dy \\ d\vec{s}_z &= \vec{e}_z dz \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d\vec{s}_R &= \vec{e}_R dR \\ d\vec{s}_\varphi &= \vec{e}_\varphi R d\varphi \\ d\vec{s}_z &= \vec{e}_z dz \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d\vec{s}_r &= \vec{e}_r dr \\ d\vec{s}_\vartheta &= \vec{e}_\vartheta r d\vartheta \\ d\vec{s}_\varphi &= \vec{e}_\varphi r \sin \vartheta d\varphi \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d\vec{A}_x &= \vec{e}_x dy dz \\ d\vec{A}_y &= \vec{e}_y dz dx \\ d\vec{A}_z &= \vec{e}_z dx dy \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d\vec{A}_R &= \vec{e}_R R d\varphi dz \\ d\vec{A}_\varphi &= \vec{e}_\varphi dz dR \\ d\vec{A}_z &= \vec{e}_z R d\varphi dR \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d\vec{A}_r &= \vec{e}_r r^2 \sin \vartheta d\vartheta d\varphi \\ d\vec{A}_\vartheta &= \vec{e}_\vartheta r \sin \vartheta d\varphi dr \\ d\vec{A}_\varphi &= \vec{e}_\varphi r dr d\vartheta \end{aligned}$$

$$dV = dx dy dz$$

$$dV = R dR d\varphi dz$$

$$dV = r^2 \sin \vartheta dr d\vartheta d\varphi$$

Gradient

$$\text{grad } \phi(x, y, z) = \vec{e}_x \frac{\partial \phi}{\partial x} + \vec{e}_y \frac{\partial \phi}{\partial y} + \vec{e}_z \frac{\partial \phi}{\partial z}$$

$$\text{grad } \phi(R, \varphi, z) = \vec{e}_R \frac{\partial \phi}{\partial R} + \vec{e}_\varphi \frac{1}{R} \frac{\partial \phi}{\partial \varphi} + \vec{e}_z \frac{\partial \phi}{\partial z}$$

$$\text{grad } \phi(r, \vartheta, \varphi) = \vec{e}_r \frac{\partial \phi}{\partial r} + \vec{e}_\vartheta \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial \vartheta} + \vec{e}_\varphi \frac{1}{r \sin \vartheta} \frac{\partial \phi}{\partial \varphi}$$