

Georg-Simon-Ohm-Hochschule

# Übung Grundlagen der Elektrotechnik 1

Dr. Christine Niebler

WS 2008/2009

## 1 Graphen

Skizzieren Sie den Graph der Funktionen:

a)  $y = 3x - 2$

b)  $y = -x^2 + 2x + 5$

c)  $y = 2 \text{ V} \cdot \sin(2\pi \cdot 5 \text{ s}^{-1} \cdot t)$

d)  $y = 2 \cdot \ln x$

e)  $y = e^x$

f)  $y = 3 \text{ V} \cdot (1 - e^{-t/2\text{s}})$

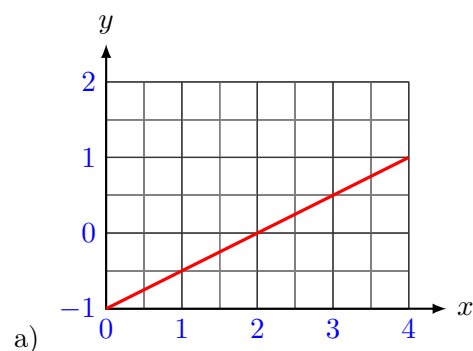
g)  $y(\varphi) = \tan \varphi$

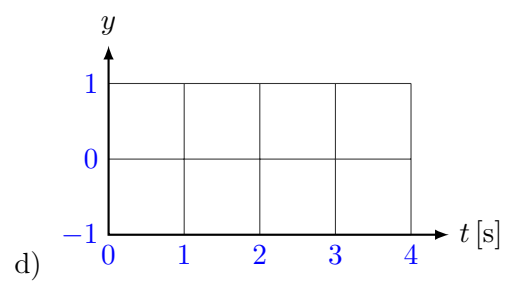
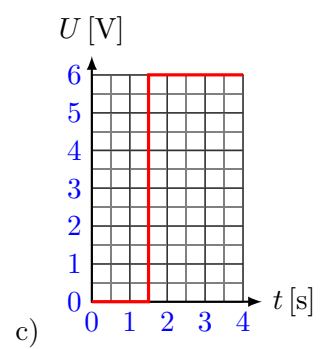
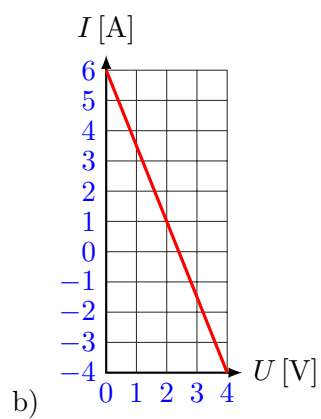
h)  $y = \cos(x - 1)$

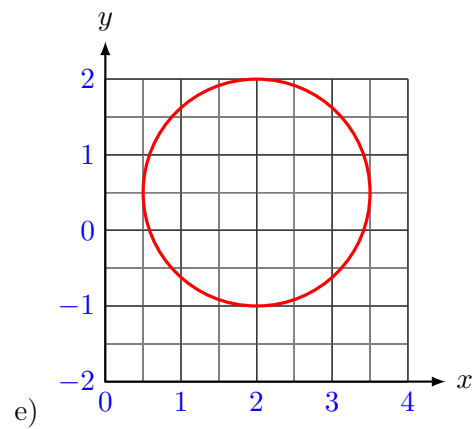
i)  $y = \arctan x$

## 2 Funktionen der Graphen

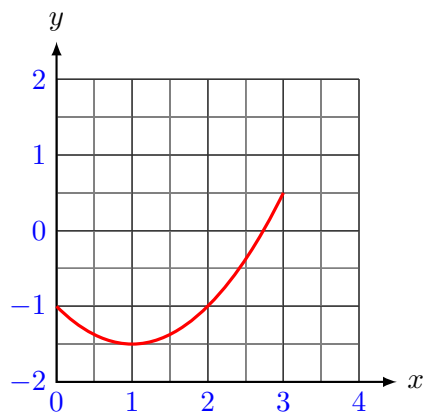
Beschreiben Sie die graphisch dargestellten Funktionen mit einer Formel:







f)



### 3 Differenzieren

1. Was ist die Bedeutung der Ableitung?
2. Wie kann man eine Ableitung graphisch veranschaulichen?
3. Wo finden Sie Formeln für Ableitungen?

4. Differenzieren Sie:

a)  $y = -0,5x^2 + 3$

b)  $y = \frac{1}{x}$

c)  $y = \sqrt{x}$

d)  $y = \ln(x)$

e)  $y = e^x$

f)  $y = 7 \cdot e^{-3x}$

g)  $y = \sin x$

h)  $y = \frac{1}{\sqrt{x}}$

i)  $u(t) = 2 \text{ V} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 5 \text{ s}^{-1} \cdot t)$

j) Bestimmen Sie die zeitliche Änderung  $du/dt$  der Spannung

$$u(t) = 3 \text{ V} \cdot (1 - e^{-t/2\text{s}}) \text{ zum Zeitpunkt } t = 1 \text{ s}$$

k)  $y = \frac{\cos x}{x}$

## 4 Integral

Was ist die Bedeutung eines Integrals?

Was ist der Unterschied zwischen einem unbestimmten und einem bestimmten Integral?

Wie kann man ein bestimmtes Integral graphisch veranschaulichen?

Integrieren Sie:

a)  $y(x) = 3$

b)  $y(x) = \frac{1}{x}$

c)  $y(x) = \frac{1}{7x}$

d)  $y(x) = 8x^4 + x$

e)  $y(x) = \sqrt{x}$

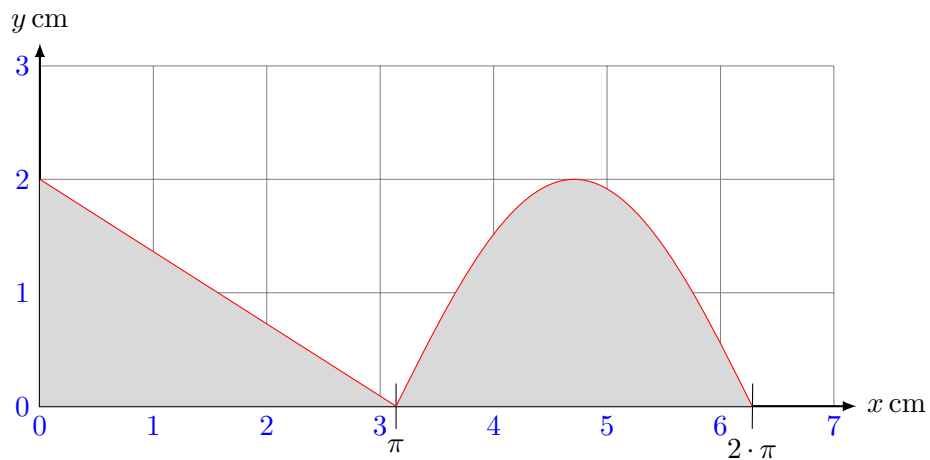
f)  $y(x) = e^x$

g)  $y(x) = 2e^{7x}$

h)  $y(x) = \sin x$

i)  $y(x) = a \cdot \sin(mx)$

j) Bestimmen Sie die schraffierte Fläche!



k) Berechnen und skizzieren Sie

$$y(x) = \int_{x=1}^3 (3 - 0,5x^2) dx$$

## 5 Gerade-Kreis-Kugel

Nennen Sie Formeln für:

- Gerade durch die Punkte (7, 3) und (-4, 6)
- Umfang  $U$  eines Kreises mit Radius  $r$
- Fläche  $A$  eines Kreises mit Radius  $r$
- Oberfläche  $A$  einer Kugel mit Radius  $r$
- Volumen  $V$  einer Kugel mit Radius  $r$
- Verhältnis Volumen zur Oberfläche einer Kugel mit Radius  $r$

## 6 Quadratische Gleichung

Lösen Sie die quadratische Gleichung  $3x^2 - 4x - 2 = 0$

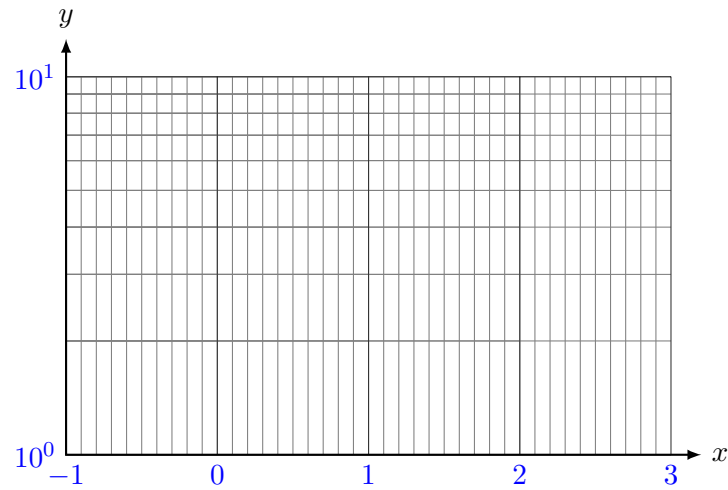
## 7 Logarithmische Gitternetze

Tragen Sie in die logarithmischen Gitternetze die angegebenen Funktionen ein:

a) einfach-logarithmisch

$$y_1 = 3 \cdot e^{-0.5x}$$

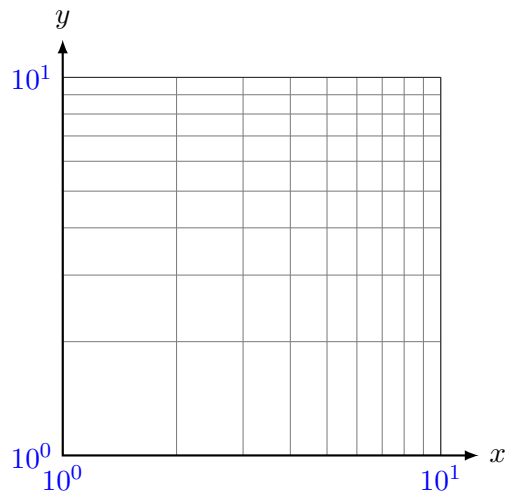
$$y_2 = 2.5 \cdot 10^{0.3x}$$



b) doppelt-logarithmisch

$$y_3 = 2 \cdot \sqrt[5]{x^3}$$

$$y_4 = \frac{8}{\sqrt[3]{x}}$$



## 8 Stromdichte

In einem Kupferdraht von 1 mm Durchmesser fließt ein konstanter Strom von 4 A.

1. Wie groß ist die Stromdichte?
2. Wie viele Elementarladungen strömen in 4 s durch den Querschnitt des Drahtes?

## 9 Spannungsabfall

Ein Gebäude befindet sich in 100 m Entfernung vom Hausanschluß. Der Spannungsabfall auf der Kupferleitung beträgt 20 V bei 20 °C. Berechnen Sie die Stromdichte in der Leitung!

Eine Leitung besteht aus Hin- und Rückleiter!

Konstante:

$$\begin{aligned}\rho_{Cu} &= 0,017810^{-6} \Omega \cdot \text{m} \\ \kappa_{Cu} &= 56,2 \cdot 10^6 \text{ S/m} \approx 56 \text{ S} \cdot \text{m/mm}^{-2}\end{aligned}$$

## 10 Temperaturkoeffizient

Bei 40 °C hat ein Aluminiumleiter einen Widerstand von 50 Ω. Welchen Widerstand hat der Leiter bei -20 °C? ( $\alpha_{20^\circ} = 0,0037 \text{ K}^{-1}$ ;  $\beta_{20^\circ} = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-2}$ )

Konstante:

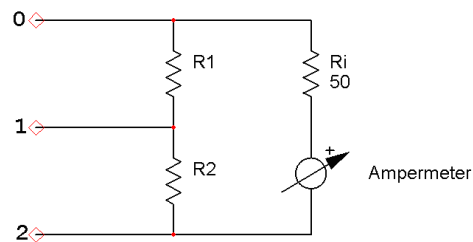
$$\begin{aligned}\alpha_{20^\circ} &= 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1} \\ \beta_{20^\circ} &= 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-2}\end{aligned}$$

## 11 Amperemeter

Welche höchste Spannung kann mit einem Milliampereometer mit einem Innenwiderstand von  $R_i = 100 \Omega$  und 1 mA Vollausschlag gemessen werden, wenn ein Widerstand von 2900 Ω vorgeschaltet wird?

## 12 Drehspulinstrument

Ein Drehspulinstrument, das einen Innenwiderstand von  $R_i = 50 \Omega$  hat und bei einem Strom  $I = 2 \text{ mA}$  Vollausschlag zeigt, soll in der dargestellten Schaltung für die Messbereiche  $10 \text{ mA}$  und  $100 \text{ mA}$  verwendet werden. Berechnen Sie die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$ , damit zwischen den Klemmen  $0 - 1$  der Messbereich  $100 \text{ mA}$  und zwischen den Klemmen  $0 - 2$  der Messbereich  $10 \text{ mA}$  erhalten wird.



## 13 Differenzieller Widerstand

Die Kennlinie einer Halbleiterdiode ist näherungsweise gegeben durch

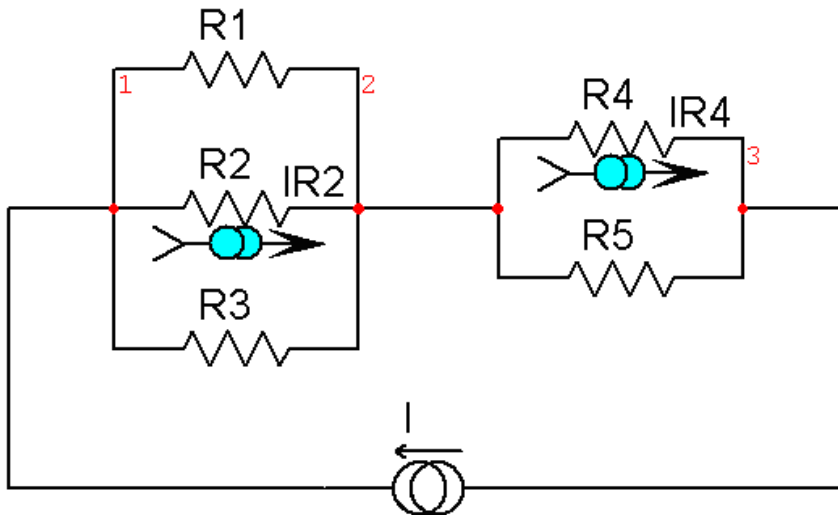
$I(U) = I_R \cdot (e^{\frac{U}{U_T}} - 1)$ . Berechnen Sie den Gleichstromwiderstand  $R = \frac{U}{I}$  und den differentiellen Widerstand  $R_d = \frac{dU}{dI}$  für die Arbeitsspannung  $U = 0,2 \text{ V}$ .

Gegeben:  $U_T = 0,04 \text{ V}$ ;  $I_R = 10 \mu\text{A}$ .

(Hinweis: Es ist empfehlenswert, zunächst den differentiellen Leitwert  $G_d = \frac{1}{R_d} = \frac{dI}{dU}$  zu bestimmen.)

## 14 Widerstandsnetzwerk

Gegeben:  $R_1, R_2, R_3, R_4$ . Bestimmen Sie den Widerstand  $R_5$  so, dass durch die Widerstände  $R_2$  und  $R_4$  die gleichen Ströme fließen.  $R_5 = f(R_1, \dots, R_4)$



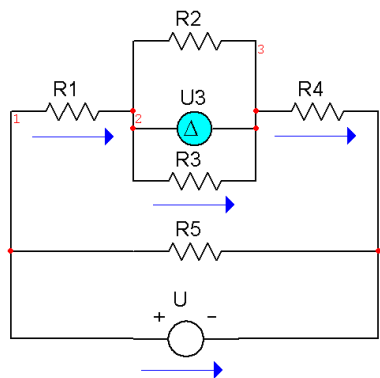
Hinweis:

$U_{1-2}$  ist die Spannung zwischen Knoten 1 und 2

$U_{2-3}$  ist die Spannung zwischen Knoten 2 und 3

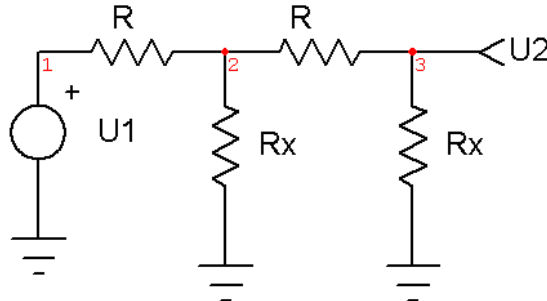
## 15 Spannungsverhältnisse

Ermitteln Sie den Ausdruck für die Klemmenspannung  $U$ , wenn die Widerstände  $R_1$  bis  $R_5$  gegeben sind und die Spannung  $U_3$  am Widerstand  $R_3$  bekannt ist.



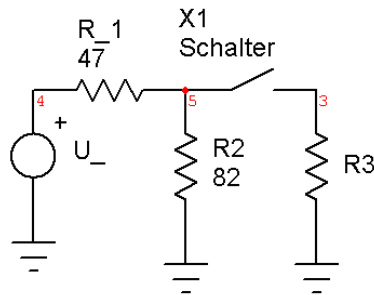
## 16 Kettenleiter

Bestimmen Sie den Wert des Verhältnisses  $\frac{R_x}{R}$  so, dass die Ausgangsspannung  $U_2$  ein Zehntel der Eingangsspannung  $U_1$  beträgt.



## 17 Leistung

Nach dem Schließen des Schalters  $S$  nimmt die Leistung im Widerstand  $R_1$  den doppelten Wert dessen an, der sich bei offenem Schalter in  $R_1$  ergibt. Berechnen Sie den Widerstand  $R_3$ !

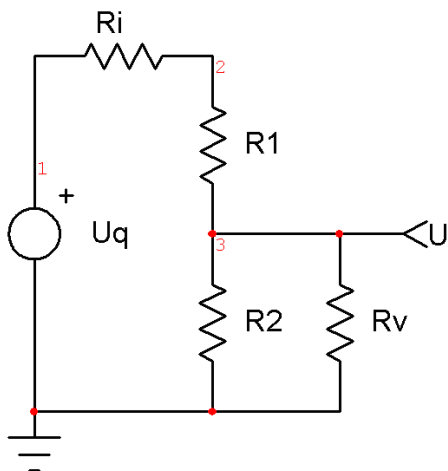


## 18 Gleichstromgenerator

Ein Gleichstromgenerator zeigt folgendes Betriebsverhalten: Belastungsstrom: 10 A , Klemmenspannung: 240 V. Belastungsstrom: 40 A , Klemmenspannung: 225 V. Berechnen Sie die Leerlaufspannung, den Innenwiderstand, und den Kurzschlußstrom!

## 19 Spannungsteiler

An eine Spannungsquelle mit  $U_q = 220 \text{ V}$  und  $R_i = 10 \Omega$  wird ein Spannungsteiler angeschlossen. Die Leerlaufspannung des Spannungsteilers beträgt  $100 \text{ V}$ . Bei Belastung mit  $R_v = 4 \text{ k}\Omega$  sinkt die Spannung an  $R_v$  auf  $88 \text{ V}$ . Wie groß sind die Widerstände des Spannungsteilers?

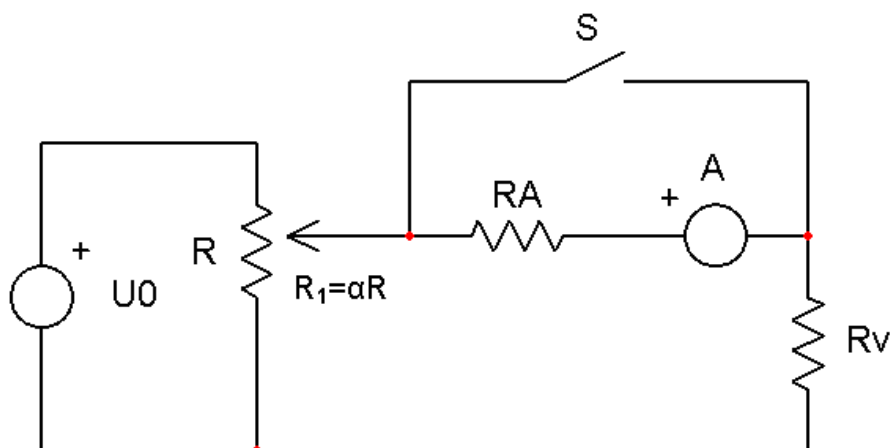


## 20 Spannungsteiler

Um wieviel Prozent ändert sich die Stromstärke  $I_v$ , wenn der Schalter S geöffnet wird?

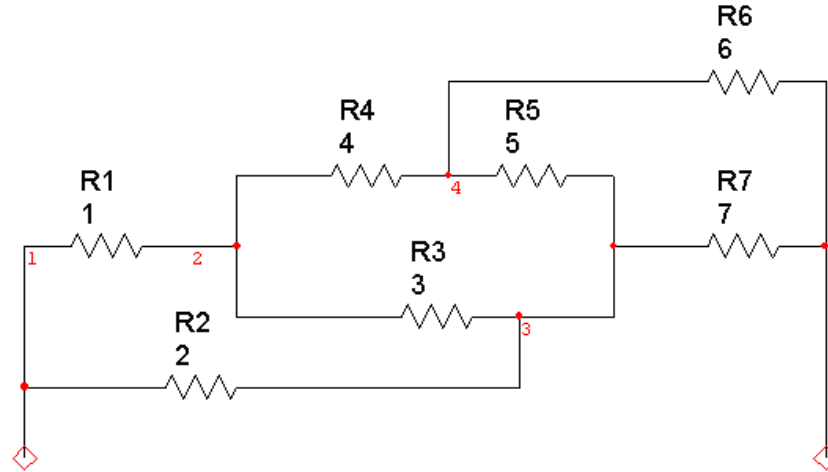
$$R = 200 \Omega, \quad \alpha = 0,3$$

$$R_v = 10 \Omega, \quad R_A = 1 \Omega$$



## 21 Zweipol

Berechnen sie den Gesamtwiderstand des abgebildeten Zweipols.



## 22 Strom- Spannungsmessung

Zwei Widerstände  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  und  $R_2 = 5 \Omega$  sollen mittels einer Strom- und Spannungsmessung nachgeprüft werden. Zur Messung steht ein Voltmeter mit einem Innenwiderstand von  $10 \text{ k}\Omega$  und ein Amperemeter mit einem Innenwiderstand von  $1 \Omega$  zur Verfügung. Welches Messergebnis liefert jeweils

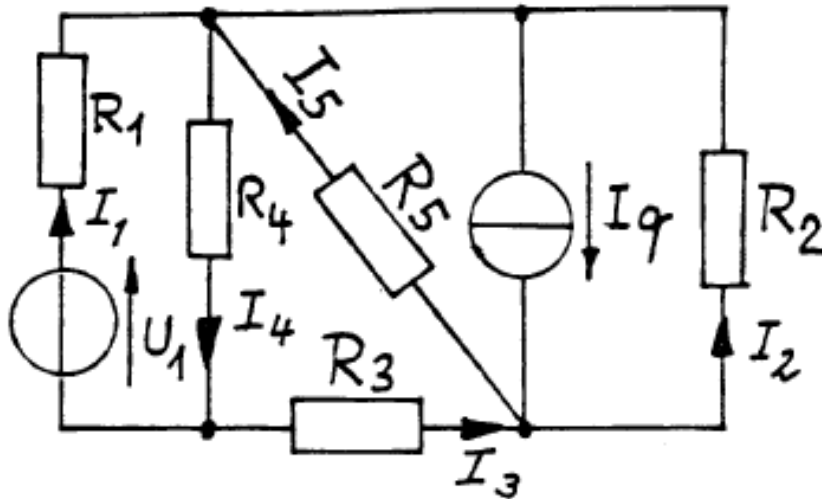
- die spannungsrichtige Schaltung und
- die stromrichtige Schaltung?

Annahme  $U_o = 1 \text{ V}$

## 23 Zweigströme

Stellen Sie die Knoten- und Maschengleichungen auf, die zur Berechnung der unbekanntenen Zweigströme erforderlich sind!

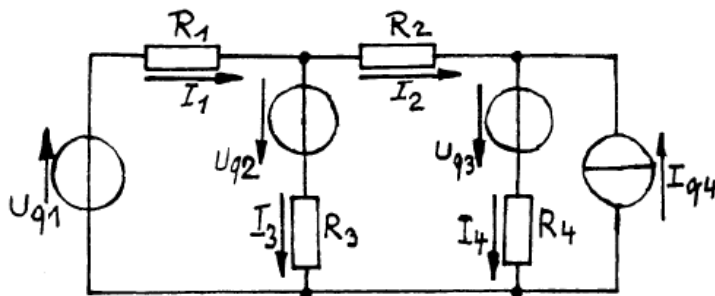
Gegeben sind  $U_1$ ,  $I_q$  und alle Widerstände.



## 24 Knoten- und Maschengleichung

Stellen Sie unter Beachtung der eingezeichneten Bezugspfeile die zur Berechnung der Ströme  $I_1$  bis  $I_4$  notwendigen Knotenpunkt- und Maschengleichungen auf. Berechnen Sie den Strom  $I_4$ .

$R_1 = 10 \Omega$	$R_2 = 20 \Omega$
$R_3 = 10 \Omega$	$R_4 = 10 \Omega$
$U_{q1} = 1 \text{ V}$	$U_{q2} = 1 \text{ V}$
$U_{q3} = 3 \text{ V}$	$I_{q4} = 0,1 \text{ A}$

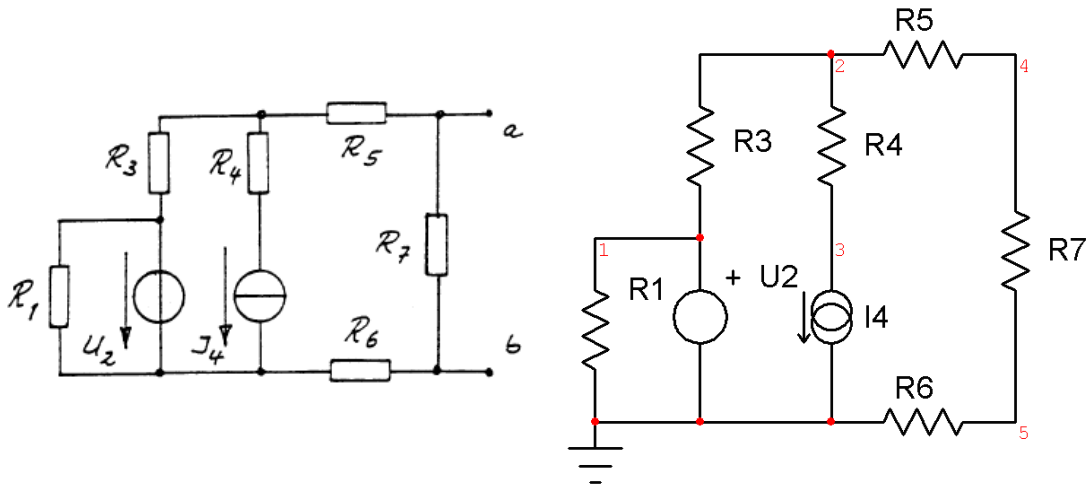


## 25 Ersatzstromquelle

Bestimmen Sie von dem abgebildeten Netzwerk mit den Anschlussklemmen a-b die Größen der Ersatzstromquelle!

Verwenden Sie das Überlagerungsverfahren!

Gegeben sind:  $U_2 = 10\text{ V}$  ;  $I_4 = 12\text{ A}$  ; Alle Widerstände haben den Wert  $1\ \Omega$ .



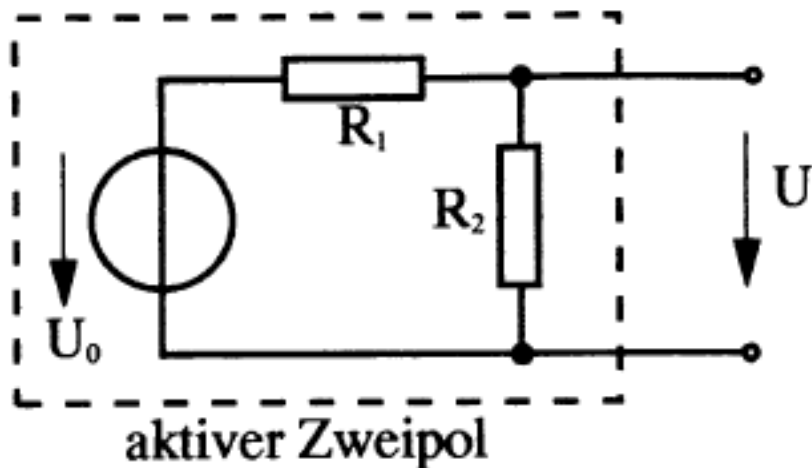
## 26 Aktiver Zweipol

Berechnen Sie für den aktiven Zweipol das Spannungsquellen- und das Stromquellener-satzschaltbild.  $U_0 = 6\text{ V}$ ;  $U = 11\text{ V}$ ;  $R_1 = 5\ \Omega$ ;  $R_2 = 9\ \Omega$

An den aktiven Zweipol wird die Spannung  $U$  gelegt.

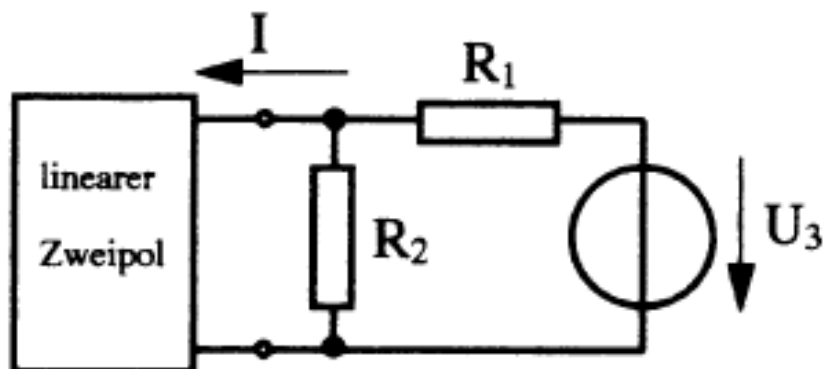
1. a) Berechnen Sie die Leistung, die im aktiven Zweipol umgesetzt wird.
2. b) Welche Leistung wird im  $R_i$  des Spannungsquellener-satzschaltbildes umgesetzt?
3. c) Welche Leistung wird im  $G_i$  des Stromquellener-satzschaltbildes umgesetzt?

Erklären sie die Unterschiede der Ergebnisse.



## 27 Linearer Zweipol

Für  $U_3 = 2,7 \text{ V}$  beträgt  $I = 44 \text{ mA}$  und für  $U_3 = -2,7 \text{ V}$  ist  $I = -266 \text{ mA}$ .  
Bestimmen Sie für den linearen Zweipol die Kenngrößen der Ersatzstromquelle.  
 $R_1 = 11 \Omega$ ;  $R_2 = 7 \Omega$



## 28 Bordnetz

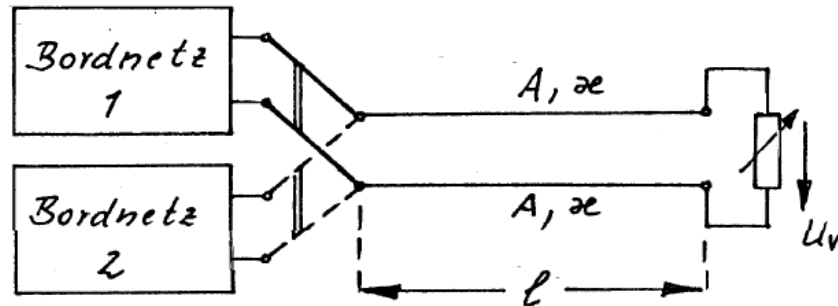
Wird der Verbraucher vom Bordnetz 1 gespeist, beträgt seine Spannung  $U_v = 12 \text{ V}$  bei einer aufgenommenen Leistung  $P_v = 1000 \text{ W}$ . Bei Speisung des Verbrauchers aus dem Bordnetz 2 weist er eine Spannung von  $U_v = 24 \text{ V}$  auf bei wiederum  $P_v = 1000 \text{ W}$ . Um wieviel Prozent ändert sich der Wirkungsgrad  $\eta$  der Energieübertragung, wenn von Bordnetz 1 auf Bordnetz 2 umgeschaltet wird?

Daten der Leitung:

$$l = 15 \text{ m}$$

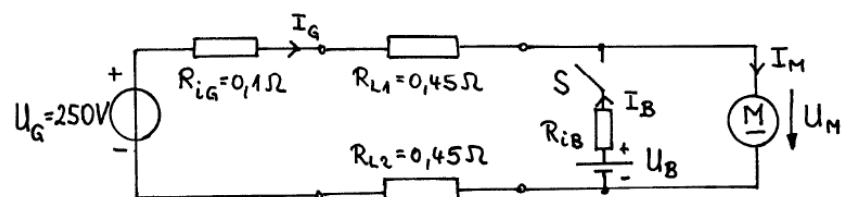
$$d = 3,5 \text{ mm}$$

$$\kappa = 56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$$



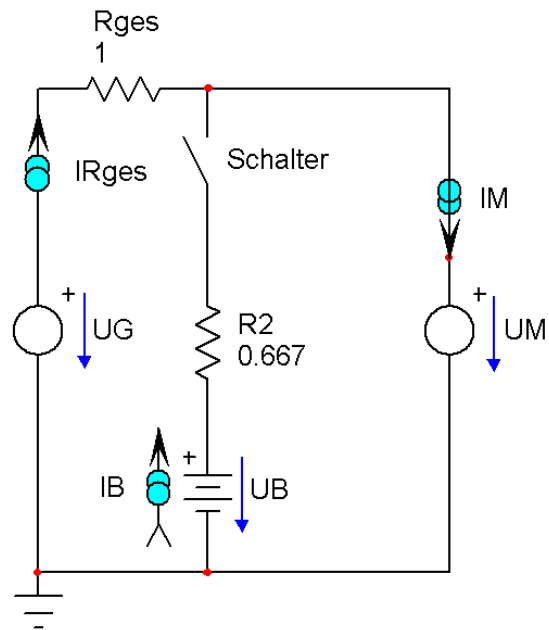
## 29 Motor

Bei der dargestellten Schaltung schwankt infolge wechselnder Belastung die Stromaufnahme des Motors zwischen  $I_{M1} = 10 \text{ A}$  und  $I_{M2} = 20 \text{ A}$ .



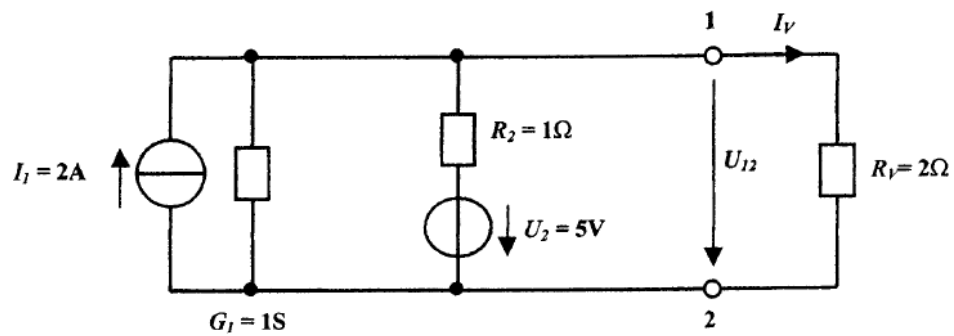
a) Zwischen welchen Werten  $U_{M1}$  und  $U_{M2}$  schwankt die Spannung am Motor, wenn der Schalter  $S$  offen ist?

b) Nun wird durch Schließen des Schalters  $S$  eine Batterie zugeschaltet. Dadurch wird der Schwankungsbereich der Motorspannung auf  $U_{M1} = 238 \text{ V}$  und  $U_{M2} = 234 \text{ V}$  verringert, bei gleichbleibendem Schwankungsbereich des Motorstromes. Berechnen Sie die dafür erforderlichen Größen  $U_B$  und  $R_{iB}$  der Batterie!



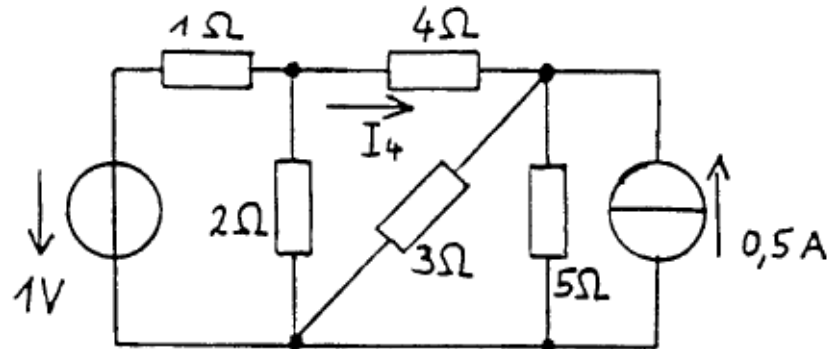
### 30 Überlagerungsverfahren

Berechnen Sie mit Hilfe des Überlagerungsverfahrens den Strom  $I_V$ .



### 31 Zweipol-Methode

Berechnen Sie mit der Methode der Ersatzquelle (Zweipol-Methode) den Zweigstrom  $I_4$  des dargestellten Netzwerkes.

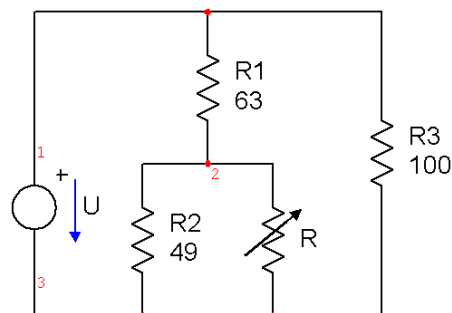


### 32 Zweipol-Methode

Auf welche Werte muss  $R$  eingestellt werden, damit  $R$  die Leistung  $P$  aufnimmt?

$$R_1 = 63 \Omega; R_2 = 49 \Omega; R_3 = 100 \Omega$$

$$U = 12 \text{ V}; P = 80 \text{ mW}$$

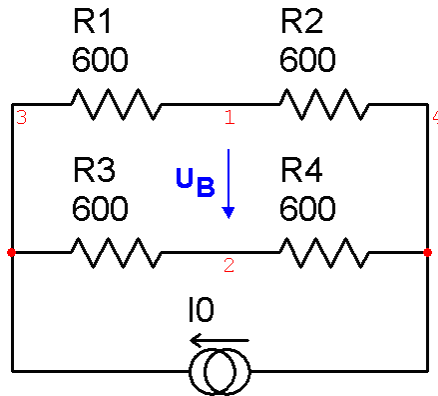


### 33 Temperaturabhängiger Widerstand

In der Brücke ist der Widerstand  $R_1$  temperaturabhängig:  $R_1 = f(\Theta)$ .

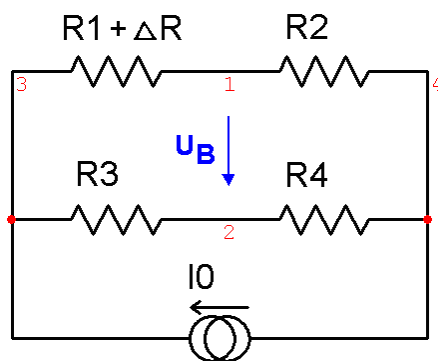
$R_2 = R_3 = R_4 = 600 \Omega$  (temperaturunabhängig.) Der Widerstand  $R_1$  hat bei  $\Theta = 20^\circ \text{C}$  ebenfalls den Wert  $600 \Omega$ . Sein Temperaturkoeffizient ist  $\alpha_{20^\circ} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ 1/K}$ .

Welche Temperatur weist der Widerstand  $R_1$  auf, wenn  $I_0 = 10 \text{ mA}$  und  $U_B = -150 \text{ mV}$  ist ?



### 34 Brückenspannung

Bestimmen Sie die Brückenspannung  $U_B = f(\Delta R, R, I_0)$ !



### 35 Knotenpotenzialverfahren

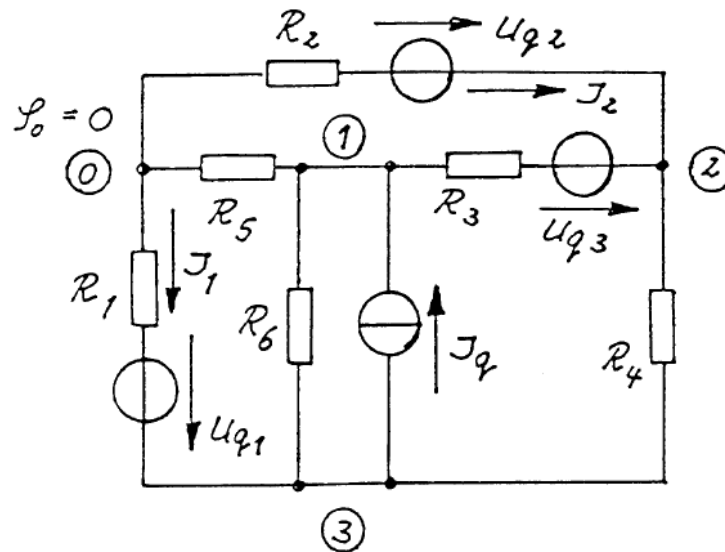
Das Netzwerk soll mit dem Knotenpotenzialverfahren analysiert werden. Stellen Sie die Netzwerk- Matrixgleichung auf, wobei die Nummern der Knoten vorgegeben sind.

$$U_{q1} = 10 \text{ V}; U_{q2} = 6 \text{ V}; U_{q3} = 12 \text{ V}$$

$$I_q = 4 \text{ A}$$

$$R_1 = 4 \Omega; R_2 = 10 \Omega; R_3 = 5 \Omega; R_4 = 3 \Omega; R_5 = 1 \Omega; R_6 = 2 \Omega$$

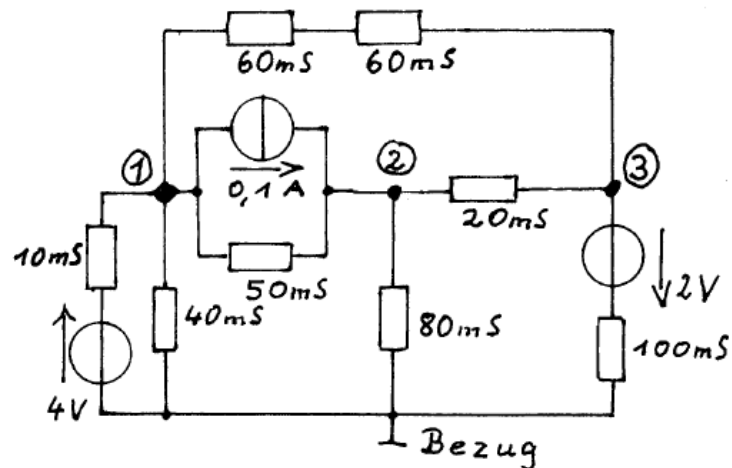
- Berechnen Sie die Knotenpunktsspannungen!
- Berechnen Sie die Zweigströme  $I_1$  und  $I_2$  sowie die Leistung der Stromquelle!



### 36 Knotenpotenzialverfahren

Die Schaltung soll mit dem Knotenpotenzialverfahren berechnet werden. Gegeben sind die Knoten, die Quellspannungen und -ströme sowie Leitwerte.

- Stellen Sie die Matrixgleichung auf (mit Einheiten).
- Wie kann man, wenn die Knotenpunktspannungen bekannt sind, die Leistung der Stromquelle ausrechnen. (Nur Formel - die Knotenpunktspannungen müssen Sie nicht berechnen)

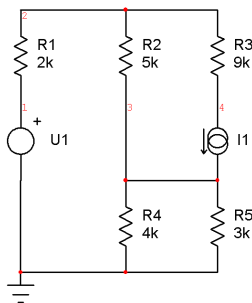
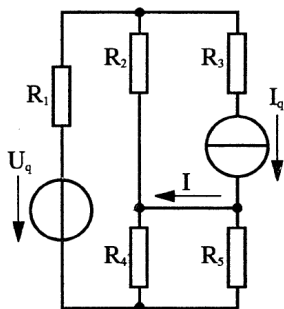


### 37 Überlagerungsverfahren

Berechnen Sie mit dem Überlagerungsverfahren den Strom  $I$ !

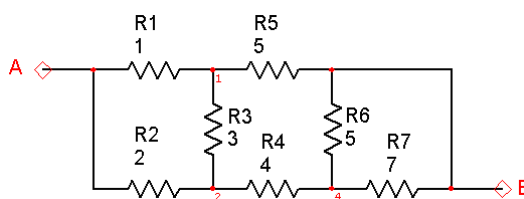
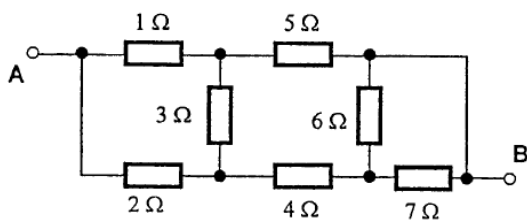
$$U_q = 5 \text{ V}; \quad I_q = -3 \text{ mA}$$

$$R_1 = 2 \text{ k}\Omega; R_2 = 5 \text{ k}\Omega; R_3 = 9 \text{ k}\Omega; R_4 = 4 \text{ k}\Omega; R_5 = 3 \text{ k}\Omega$$



### 38 Zweipol

Berechnen Sie den Widerstand  $R_{AB}$ !





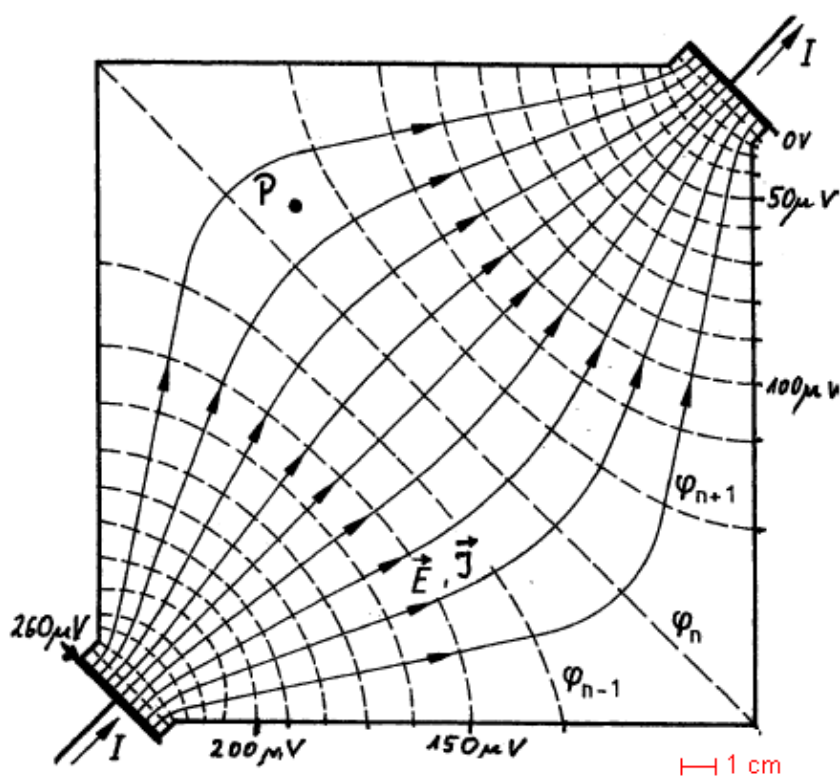
## 40 E-Feld Leiterplatte

Das Bild zeigt Feld- und Äquipotenziallinien im Strömungsfeld einer dünnen, rechteckigen Leiterplatte aus Konstantan ( $\rho_{el} = 0,5 \mu\Omega\text{m}$ ).

Maßstab 1:1

Bestimmen Sie im Punkt P:

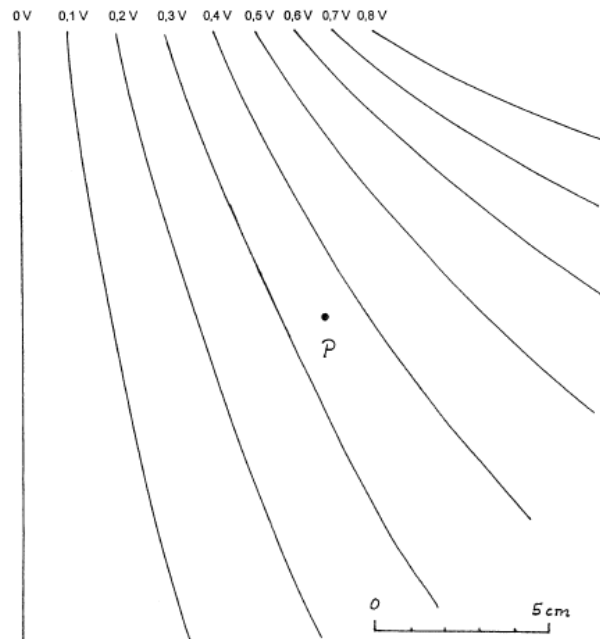
- das Potenzial,  $\varphi_p$
- den Betrag der elektrischen Feldstärke,  $E_p$ .
- den Betrag der Stromdichte,  $J_p$ .
- Die Richtung der Kraft auf ein Elektron im Punkt P. (Im Bild eintragen und mit Stichworten erläutern, wie Sie die Richtung ermittelt haben!)



## 41 E-Feld Leiter

Die Äquipotenzialflächen eines elektrischen Feldes in einem Leiter verlaufen senkrecht zur Zeichenebene. Einige Äquipotenziallinien sind im Bild dargestellt. Die spezifische elektrische Leitfähigkeit beträgt  $\kappa = 400\text{ S/m}$ .

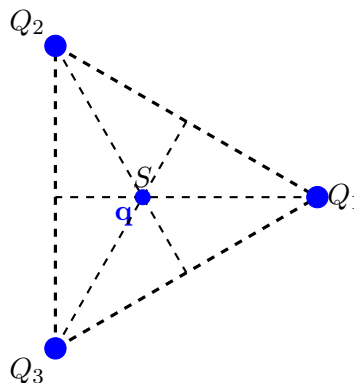
- a) Ermitteln Sie für den Punkt P den Betrag der Stromdichte  $J_p$ !
- b) Kennzeichnen Sie mit Hilfe eines Vektors die Richtung der Stromdichte  $J_p$ !  
 (Der Lösungsweg muss nachvollziehbar sein. Evtl. mit Stichworten erläutern!)



## 42 E-Feld Punktladung

In den Eckpunkten des gezeichneten gleichseitigen Dreiecks mit der Seitenlänge  $a$  befinden sich gleiche positive Punktladungen  $Q$ . Es wird eine weitere Punktladung  $q$  in den Schwerpunkt  $S$  des Dreiecks gebracht.

Welche Polarität muss  $q$  haben und wie groß muss die Ladung abhängig von  $Q$  und  $a$  sein, damit die resultierende Kraft auf jede der Punktladungen Null ist.



### 43 Spannungsteiler Kondensatoren

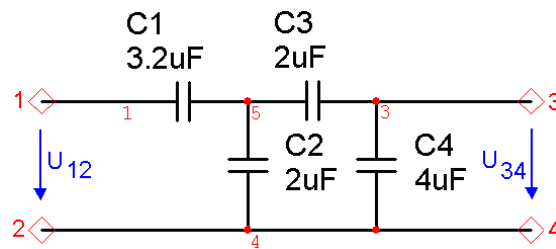
Berechnen sie die Spannung  $U_{34}$ !

Die Kondensatoren sind ideale Kondensatoren.

Gegeben sind:

$$U_{12} = 10 \text{ kV}$$

$$C_1 = 3,2 \mu\text{F} ; C_2 = 2 \mu\text{F} ; C_3 = 2 \mu\text{F} ; C_4 = 4 \mu\text{F}$$



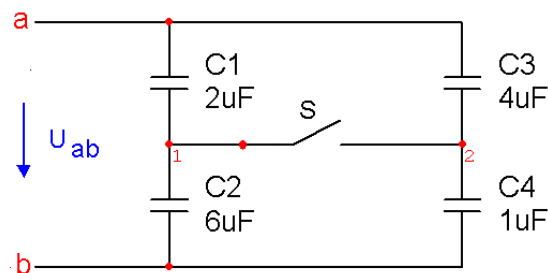
### 44 Kondensator Umladung

Gegeben ist die dargestellte Schaltung aus idealen Kondensatoren, die mit der Spannung  $U_{ab}$  aufgeladen wurde.

$$C_1 = 2 \mu\text{F} ; C_2 = 6 \mu\text{F} ; C_3 = 4 \mu\text{F} ; C_4 = 1 \mu\text{F} ;$$

$$Q_1 = 6 \text{ mC}$$

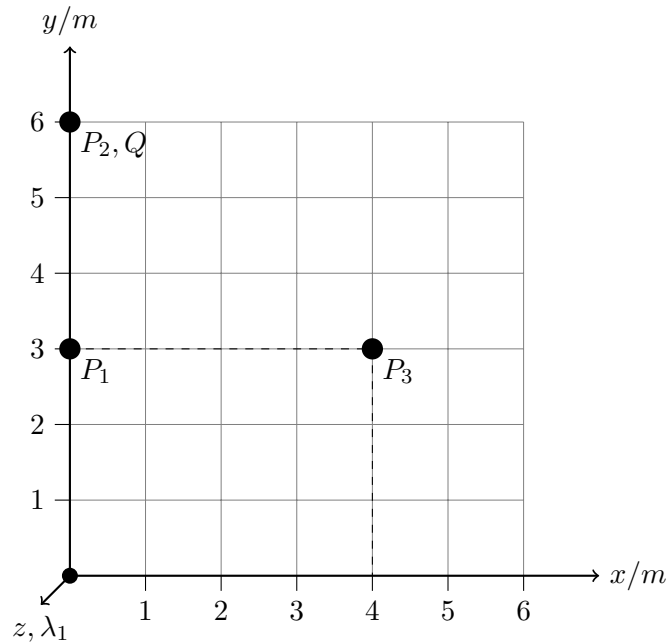
- Wie groß sind die Spannungen an den einzelnen Kondensatoren sowie die Spannung  $U_{ab}$ ?
- Die Spannungsquelle wird nun abgetrennt und dann der Schalter S geschlossen. Welche Spannungen an den einzelnen Kapazitäten und welche Spannung  $U_{ab}$  stellen sich nach dem Umladevorgang ein?



## 45 Linienladung

Im Punkt  $P_2$  auf der  $y$ -Achse befindet sich eine Punktladung  $Q_2$ . Längs der  $z$ -Achse ist ein langer, dünner Draht gespannt, der mit der Linienladung  $\lambda_1 = Q_1/l$  geladen ist. Das Potenzial des Punktes  $P_1$  auf der  $y$ -Achse beträgt 5 kV.

Berechnen Sie das Potenzial des Punktes  $P_3(x = 4 \text{ m}, y = 3 \text{ m}, z = 0 \text{ m})$   
 $Q_2 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ As}$  ;  $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/(Vm)}$  ;  $\epsilon_r = 1$  ;  $\lambda_1 = 1 \cdot 10^{-7} \text{ As/m}$



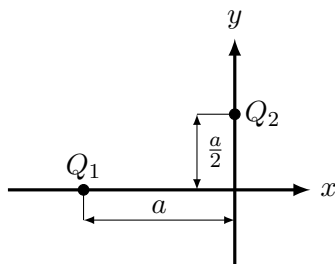
## 46 Punktladung

In der  $x$ - $y$ -Ebene befinden sich die beiden Punktladungen  $Q_1$  auf der  $x$ -Achse und  $Q_2$  auf der  $y$ -Achse entsprechend nebenstehender Zeichnung.

Es ist:  $Q_1 = 2 \cdot Q$  ;  $Q_2 = -Q$ .

Der Bezugspunkt liegt im Unendlichen und hat das Potenzial 0 V.

Wo ist auf der  $x$ -Achse das Potenzial gleich Null?



## 47 Geschichtetes Dielektrikum

Ein Koaxialkabel ist mit einem geschichteten Dielektrikum isoliert:

$\epsilon_{r1} = 5$  und  $\epsilon_{r2} = 2$ .

Der Innenleiter ist mit der Linienladung  $\lambda = 40 \text{ nAs/m}$  geladen.

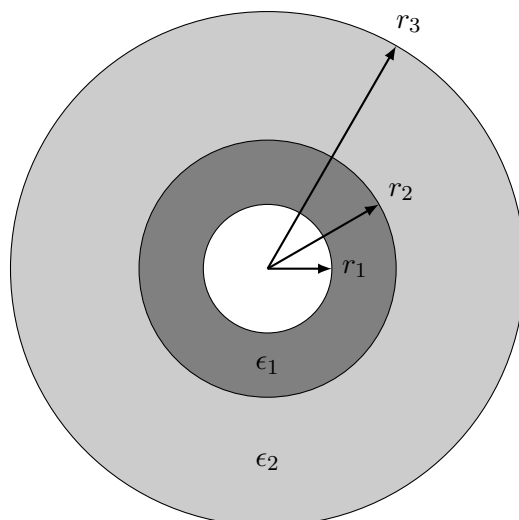
Es ist Radius des Innenleiters:  $r_1 = 0,5 \text{ mm}$

Radius der Grenzfläche:  $r_2 = 1 \text{ mm}$

Radius des Außenleiters:  $r_3 = 2 \text{ mm}$

$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$

- Wo herrscht die größte Feldstärke?
- Wie groß ist diese maximale Feldstärke?
- Welche Spannung liegt zwischen Außen- und Innenleiter?
- Skizzieren Sie  $E(r)$ , den Verlauf der Feldstärke für  $0 < r < 3 \text{ mm}$
- Skizzieren Sie qualitativ den Verlauf des Potentials  $\varphi(r)$ , wenn der Außenleiter das Bezugspotenzial Null hat.



## 48 Bohrsches Atommodell

In einem Wasserstoffatom befinde sich das innerste Elektron auf einem Radius von  $r = 0,53 \cdot 10^{-10}$  m. Die Elementarladung beträgt  $1,6 \cdot 10^{-19}$  As.

- Berechnen Sie die elektrostatische Anziehungskraft zwischen Kern und Elektron!
- Bei Vernachlässigung anderer Kräfte muss bei der Kreisbahnbewegung die elektrostatische Anziehungskraft gerade durch die Zentrifugalkraft  $F_z = m \cdot v^2/r$  aufgehoben werden. Wie groß ist die Geschwindigkeit? ( $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg)
- Mit welcher Frequenz umkreist das Elektron den Kern?
- Welchem Strom entspricht diese Elektronenbewegung ?

## 49 Energie Kondensator

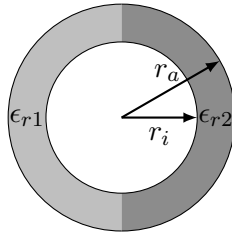
Ein  $1 \mu\text{F}$  Kondensator wird an einer Spannung von 1 kV geladen, vom Netz getrennt und parallel zu einem ungeladenen  $2 \mu\text{F}$  Kondensator geschaltet. Gesucht sind die Energieverhältnisse vor und nach der Parallelschaltung.

## 50 Metallzylinder

Gegeben ist die dargestellte Anordnung zweier konzentrischer Metallzylinder mit einer Länge von 1 m. Die linke Hälfte des Zwischenraumes ist mit einem Material mit  $\epsilon_{r1} = 1,5$  und die rechte Hälfte ist mit einem Material mit  $\epsilon_{r2} = 2,5$  ausgefüllt. Die beiden Zylinder sind an eine Spannungsquelle mit  $U = 80$  kV angeschlossen. Die Randfelder der beiden Stirnseiten sind zu vernachlässigen.

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{As}/(\text{Vm}) ; r_i = 100 \text{ mm} ; r_a = 150 \text{ mm}$$

- Berechnen Sie die Kapazität der Anordnung!
- Ermitteln Sie für beide Isolierstoffe jeweils die maximale und minimale elektrische Feldstärke!
- Skizzieren Sie den Verlauf der elektrischen Feldstärke abhängig vom Radius  $r$  für den Fall, dass der äußere Zylinder geerdet ist ( $\varphi_E = 0$ )!  $0 < r < 200$ mm



## 51 Metallkugeln

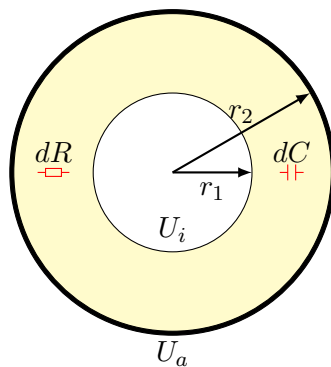
Zwei konzentrisch angeordnete Metallkugeln, deren Wanddicken vernachlässigbar sind, befinden sich im freien Raum. Die Durchmesser sind:  $d_1 = 9 \text{ cm}$  und  $d_2 = 36 \text{ cm}$ .

- Die Kugel 1 trägt eine Ladung  $Q_1 = 3 \cdot 10^{-7} \text{ As}$ , die Kugel 2 ist ungeladen. Wie groß sind die Potentiale der beiden Kugeln, bezogen auf einen unendlich weit entfernten Punkt?
- Wie groß sind die Feldstärken auf den Kugeloberflächen?
- Die Ladung der Kugel 1 bleibt unverändert, die Kugel 2 erhält eine Ladung  $Q_2 = 10^{-7} \text{ As}$ . Wie groß sind nun die Potentiale der Kugeln?
- Skizzieren Sie qualitativ jeweils den Verlauf der Feldstärke  $E(r)$  und des Potentials  $\varphi(r)$ !

## 52 Koaxialkabel

Berechnen Sie die Kapazität und den Isolationswiderstand eines PA-isolierten, 1 km langen Koaxialkabels mit  $r_i = 1 \text{ mm}$  und  $r_a = 2 \text{ mm}$ .

Die Materialdaten von Polyamid (PA) sind  $\rho = 10^7 \Omega \text{ m}$  und  $\epsilon_r = 3,7$   
 $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$

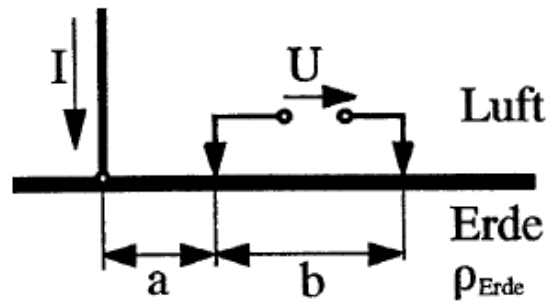


### 53 Schrittspannung Erdboden

Ein Gleichstrom  $I$  wird in den Erdboden eingeleitet. Zwischen zwei Elektroden wird die Spannung  $U$  gemessen.

Berechnen Sie den Strom  $I$ !

$$U = -27 \text{ V}; a = 12 \text{ m}; b = 1,2 \text{ m}; \rho_{\text{Erde}} = 300 \Omega\text{m}$$

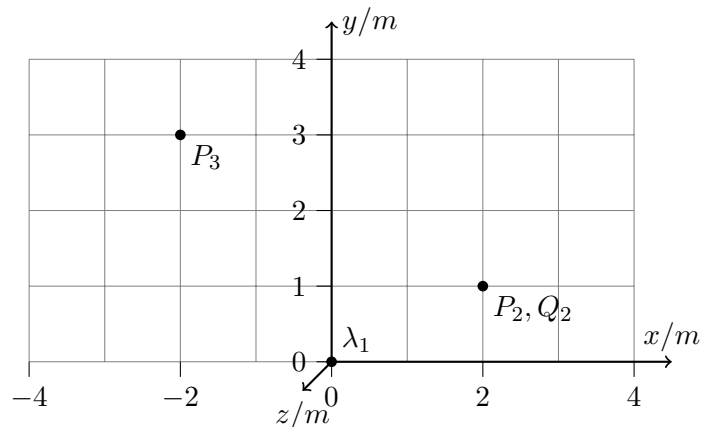


### 54 E-Feld Draht

Längs der  $z$ -Achse ist ein langer dünner Draht gespannt, der mit der Linienladung  $\lambda_1 = Q_1/l$  geladen ist. Im Punkt  $P_2$  ( $2 \text{ m}; 1 \text{ m}; 0 \text{ m}$ ) befindet sich eine Punktladung  $Q_2$ .

Berechnen Sie im Punkt  $P_3$  ( $-2 \text{ m}; 3 \text{ m}; 0 \text{ m}$ ) die elektrische Feldstärke  $\vec{E}$  und die Energiedichte des elektrischen Feldes  $w_e$ .

$$\lambda_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ As/m}; Q_2 = -9 \cdot 10^{-6} \text{ As}; \epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/(Vm)}$$



## 55 Energie Metallkugel

Eine Metallkugel mit dem Radius  $R$  ist mit der Ladung  $Q$  geladen.  
Welche Energie enthält das elektrische Feld?

$$r = 2 \text{ cm}; Q = 3 \text{ nC}; \epsilon = \epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/(Vm)}$$

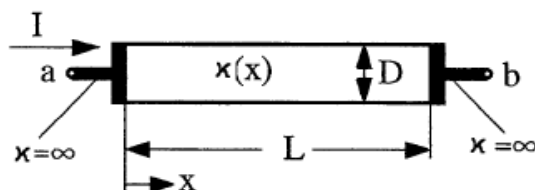
## 56 Zylindrischer Widerstand

Die spezifische Leitfähigkeit eines zylindrischen Widerstandskörpers mit Durchmesser  $D$  und Länge  $L$  hängt von der Ortskoordinate  $x$  ab:

$$\kappa = \kappa_0 \cdot (1 + x/L).$$

Berechnen Sie die Spannung zwischen den Klemmen  $a$  und  $b$ , wenn durch den Widerstand der Strom  $I$  fließt.

$$I = 3 \text{ mA}; \kappa_0 = 7 \text{ S/m}; D = 2 \text{ mm}; L = 8 \text{ mm}$$



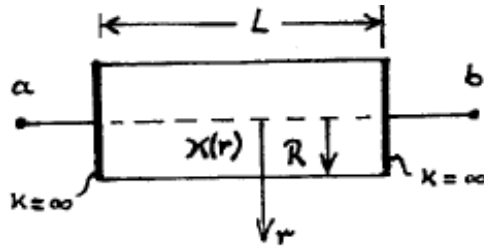
## 57 Leitwert zylindrischer Widerstand

Die spezifische Leitfähigkeit eines (sintergepressten) zylindrischen Widerstandskörpers hängt von der Radialkomponente  $r$  ab:

$$\kappa(r) = \kappa_0 \cdot (1 + \frac{r}{2 \cdot R})$$

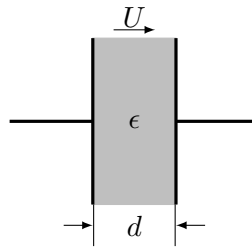
Berechnen Sie den Leitwert  $G$  zwischen den Klemmen  $a$  und  $b$ .

$$\kappa_0 = 7 \text{ Sm}; R = 1,5 \text{ mm}; L = 6 \text{ mm}.$$



## 58 Kraft Plattenkondensator

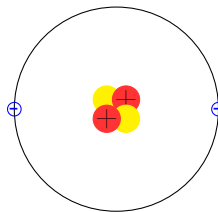
Unter welchem Druck steht das Dielektrikum des geladenen Plattenkondensators?  
 $\epsilon_r = 3$ ;  $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As}/(\text{Vm})$ ;  $d = 0,8 \text{ mm}$ ;  $U = 10 \text{ kV}$



## 59 E-Feld Aus der Kernphysik

In einem Heliumkern befinden sich neben zwei Neutronen zwei Protonen jeweils mit der Ladung  $+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  im Abstand von ca.  $10^{-15} \text{ m}$ .

- Mit welcher Kraft stoßen sich die Protonen gegenseitig ab?
- Warum hält der Kern zusammen? Prüfen Sie, ob vielleicht die Gravitationskraft  $F_\gamma$  den Kern zusammenhalten konnte.



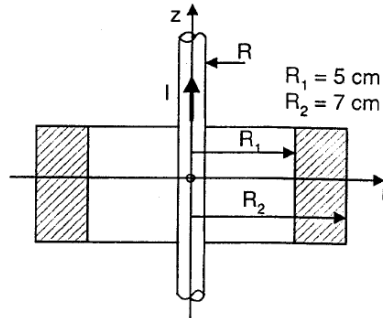
(Zwei Massen aus jeweils Proton+Neutron ( $\approx 2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ) im Abstand  $10^{-15} \text{ m}$ ;  
 Gravitationskonstante  $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ )

## 60 Magnetfeld Leiter

Ein stromdurchflossener Leiter mit  $I = 628 \text{ A}$  und  $R = 5 \text{ mm}$  ist umgeben von einem konzentrischen Ring mit  $\mu_r = 20$  (siehe Zeichnung).

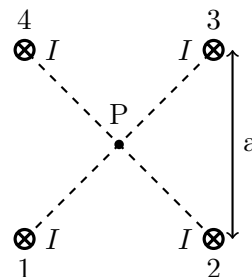
a) Berechnen Sie als Funktion des Radius die magnetische Feldstärke und die Flußdichte für den Bereich  $0 < r < 10 \text{ cm}$  und  $z = 0$ .

b) Skizzieren Sie  $H = f(r)$  und  $B = f(r)$  für  $0 < r < 10 \text{ cm}$  und  $z = 0$ .



## 61 Bündelleiter

Gegeben ist der nebenstehend dargestellte Bündelleiter. Er setzt sich aus vier sehr langen, geradlinigen, gleichsinnig stromdurchflossenen Teilleitern zusammen, wobei jeder Teilstrom  $I = 1257 \text{ A}$  beträgt und der gegenseitige Teilleitermittenabstand  $a = 40 \text{ cm}$  ist.



Gesucht sind:

- die Feldstärke  $H_{res}$  und Flußdichte  $B_{res}$  im Mittelpunkt P.
- Feldstärke und Flußdichte im Leitermittelpunkt des Leiters 1 nach Betrag und Richtung.
- Betrag und Richtung der Kraft auf Leiter 1 je km Länge.

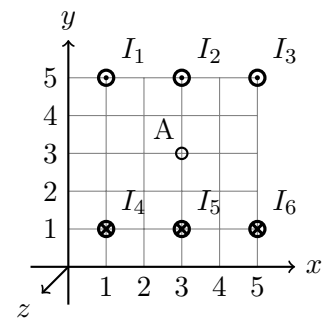
## 62 6 Leiter

Die Skizze zeigt eine Anordnung mit 6 Strömen, die sich in  $z$ -Richtung unendlich lang ausdehnen.

Berechnen Sie die magnetische Feldstärke  $H_A$  im Aufpunkt A (3 cm, 3 cm, 0 cm) nach Betrag und Richtung.

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = I_6 = 10 \text{ A}$$

Richtungen siehe Skizze

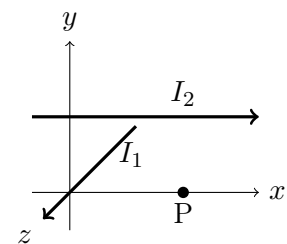


## 63 Rechtwinklige Leiter

Strom  $I_1 = 4 \text{ A}$  fließt in der  $z$ -Achse, Strom  $I_2 = 6 \text{ A}$  fließt im Abstand  $y = 2 \text{ cm}$  und  $z = 0 \text{ cm}$  in  $x$ -Richtung.

Medium: Luft  $\mu = \mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$ .

Bestimmen Sie die Feldstärke  $H$  und die Energiedichte  $w_e$  im Punkt P (3, 0, 0) cm.



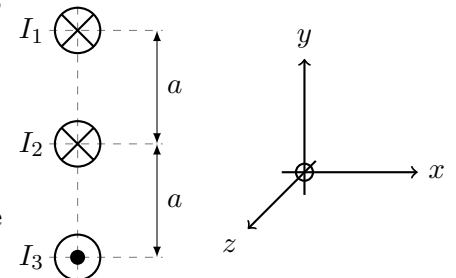
## 64 3 Leiter

Drei sehr lange, stromdurchflossene, parallele Leiter in Luft sind entsprechend nebenstehender Skizze angeordnet.

Außerdem sind folgende Daten gegeben:

$$I_1 = I_2 = I_3 = 1000 \text{ A}; \quad a = 0,2 \text{ m}; \quad \mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$$

Ermitteln Sie die Größe und die Richtung der Kräfte, die je 1 m Leiterlänge auf Leiter 1 und Leiter 2 wirken!



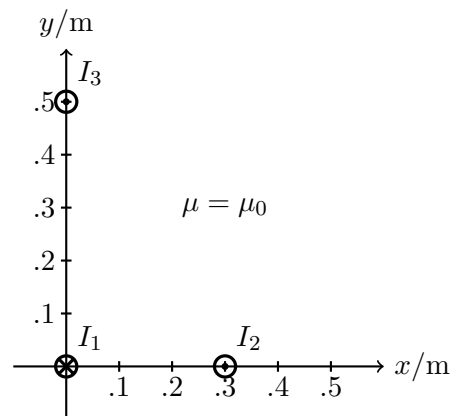
## 65 Parallele Leiter

Drei Leiter verlaufen parallel und sind sehr lang.

Anordnung gemäß Skizze.

Die Ströme in den Leitern sind:  
 $I_1 = I_2 = 500 \text{ A}$ ;  $I_3 = 1000 \text{ A}$

Berechnen Sie die Kraft  $\vec{F}$  auf den Leiter 3 für 1 m Leiterlänge!



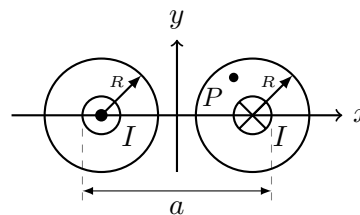
## 66 Stromleitungen

Zwei parallele Kupferdrähte jeweils mit Radius  $R$  werden von einem Gleichstrom  $I$  durchflossen.

Anordnung siehe Skizze.

Berechnen sie die Magnetische Feldstärke  $H$  im Punkt  $P$  ( $3; 2; 0$ ) mm!

$a = 8 \text{ mm}$ ;  $R = 3 \text{ mm}$ ;  $I = 85 \text{ A}$

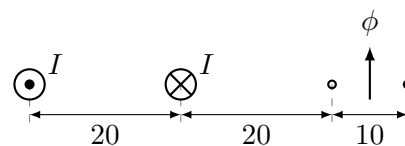


## 67 2 Stromleitungen

Zwei Stromleitungen mit  $I = 5 \text{ A}$  und zwei stromlose Messleitungen liegen parallel in einer Ebene senkrecht zur Zeichenebene.

Abstände (in mm) siehe Skizze.

Berechnen Sie den Fluß  $\phi$  zwischen den beiden Messleitungen pro 1 m Länge.



$$\mu = \mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$$

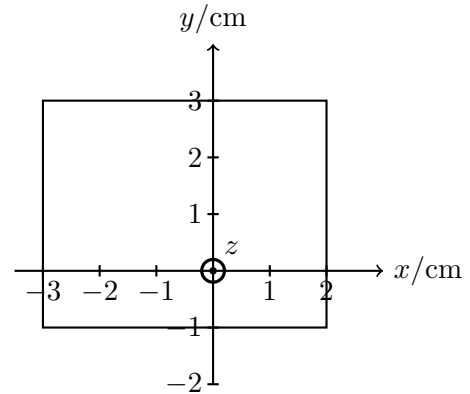
## 68 Inhomogenes Magnetfeld

Ein inhomogenes Magnetfeld mit der Flußdichte  $\vec{B} = (a; bx; cy^2)$  mit  $a = 0,2 \text{ T}$  ;  $b = 0,1 \text{ T/cm}$  ;  $c = 0,03 \text{ T/cm}^2$  durchdringt die in der  $xy$ -Ebene liegende Fläche  $A$ .

Abmessungen siehe Skizze.

Berechnen Sie den magnetischen Fluß durch die Fläche  $A$ .

Hinweis: Welche Komponente(n) von  $\vec{B}$  ist/sind relevant?



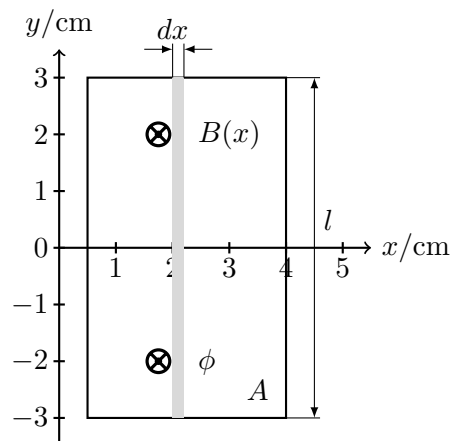
## 69 Inhomogenes Magnetfeld 1

Berechnen Sie den Fluß  $\phi$  eines senkrecht durch die Fläche  $A$  verlaufenden inhomogenen Magnetfeldes.

$$B(x) = B_0 \cdot \left(\frac{a}{x}\right)^2$$

$$B_0 = 0,8 \text{ T}; a = 1,2 \text{ cm}$$

Maße siehe Skizze.



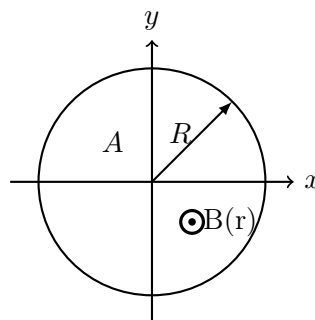
## 70 Achsensymmetrisches Magnetfeld

Gegeben ist ein inhomogenes, achsensymmetrisches Magnetfeld.

$$B(r) = B_0 \cdot \left(1 - \frac{r^2}{a}\right) \cdot \vec{e}_z$$

Berechnen Sie den Fluß  $\phi$  durch die kreisförmige Fläche  $A$  (siehe Skizze).

$$B_0 = 0,7 \text{ T}; \quad a = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2; \quad R = 0,02 \text{ m}$$



## 71 Fluß durch rechteckige Fläche

Längs der z-Achse fließt der Gleichstrom  $I = 25 \text{ A}$ .

Berechnen Sie den magnetischen Fluß  $\phi$  durch die rechteckige Fläche  $A$ .

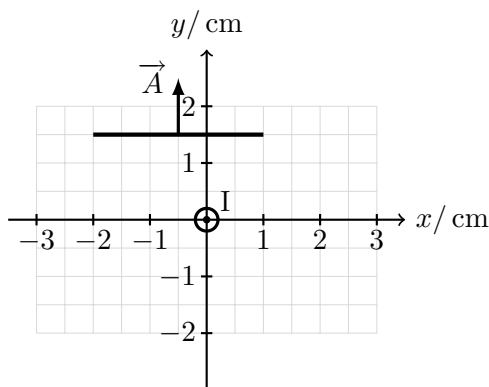
Eckpunkte des Rechteckes sind:

$$P1 (-2; 1, 5; -3) \text{ cm};$$

$$P2 (1; 1, 5; -3) \text{ cm};$$

$$P3 (-2; 1, 5; 3) \text{ cm};$$

$$P4 (1; 1, 5; 3) \text{ cm};$$



## 72 Windungszahl

Von einer Spule mit Eisenkern und Luftspalt sind gegeben:

$$\text{Eisenquerschnitt: } A = 1,6 \text{ cm}^2$$

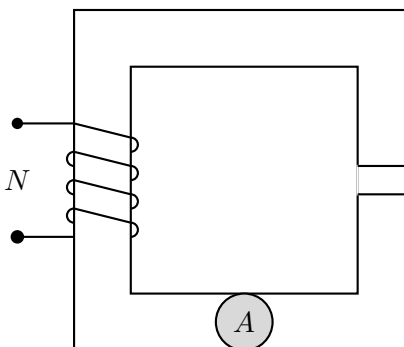
$$\text{Länge Eisen: } l_{Fe} = 9 \text{ cm}$$

$$\text{Länge Luftspalt: } d = 1,3 \text{ mm}$$

$$\mu_r = 5000; \quad \mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$$

$$\text{Geforderte Induktivität: } L = 0,2 \text{ H}$$

Berechnen Sie die Windungszahl  $N$ !



## 73 Elektromagnet

Ein Elektromagnet gemäß Skizze soll in einem Luftspalt eine Flussdichte von  $B = 1,1 \text{ T}$  erzeugen.

Berechnen Sie den erforderlichen Strom  $I$ .

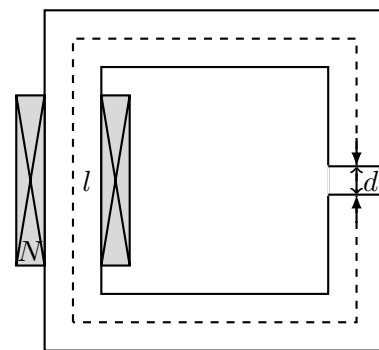
Eisenquerschnitt:  $A_{Fe} = 1 \text{ cm}^2$

Länge des Eisenkerns:  $l = 0,12 \text{ m}$

Windungszahl:  $N = 1800$

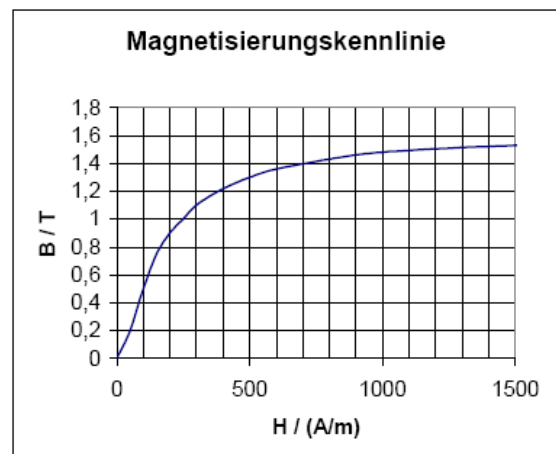
Luftspaltweite:  $d = 0,9 \text{ mm}$

(Streuung vernachlässigen,  $\sigma = 0$ );



$$\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}},$$

Magnetisierungskennlinie siehe Diagramm.



## 74 Zylinderspule

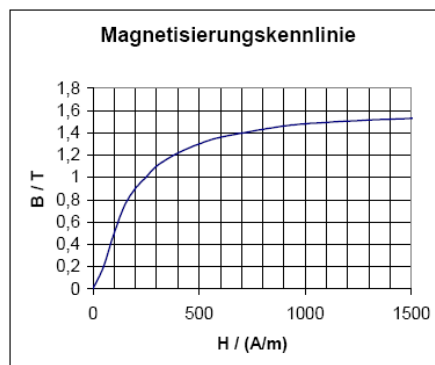
In einer langen, dünnen Zylinderspule mit Eisenkern soll ein magnetischer Fluss von  $\phi = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ Vs}$  erzeugt werden.

Spulenlänge:  $l = 12 \text{ cm}$ ; Durchmesser:  $d = 1,3 \text{ cm}$ ;  
Windungszahl:  $N = 1800$

- Berechnen Sie die erforderliche Stromstärke  $I$
- Wie groß ist die Induktivität  $L$  der Spule in diesem Betriebspunkt?

Kennzeichnen Sie alle Werte, die Sie der Magnetisierungskennlinie entnehmen!

(Falls Sie Teil a) nicht lösen konnten, rechnen Sie mit  $I = 15 \text{ mA}$ !)



## 75 Energie

Von einer Spule mit Luftspalt ist gegeben:

$I = 0,2 \text{ A}$ ;  $N = 1000$  Windungen.

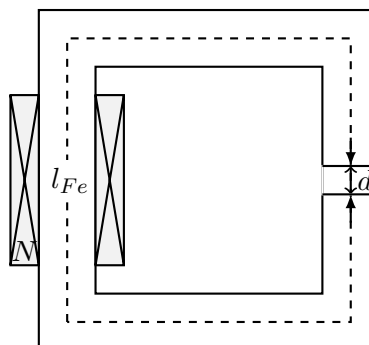
$l_{Fe} = 20 \text{ cm}$ ;  $A_{Fe} = A_d = 5 \text{ cm}^2$

$d = 0,565 \text{ mm}$

$\mu_{r_{Fe}} = 3183 = \text{konstant}$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$

Bestimmen Sie das Verhältnis der gespeicherten magnetischen Energien des Luftspaltes zum Eisenbereich!



## 76 Kraft Elektromagnet

Das Joch eines Elektromagneten gemäß Skizze soll mit einer Kraft von  $F = 3\text{ N}$  angezogen werden.

Berechnen Sie

- die Flussdichte  $B$  im Luftspalt und
- den erforderlichen Strom  $I$ !

Maße in mm.

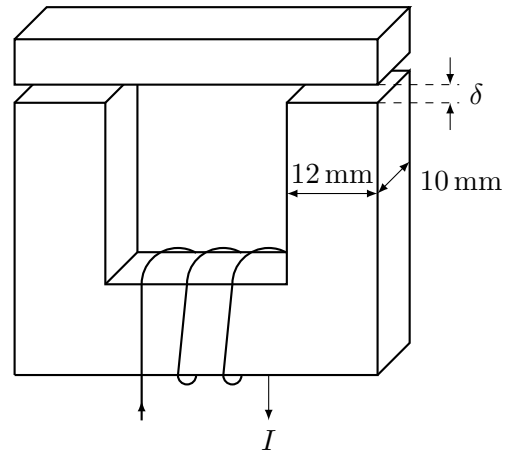
Spaltweite  $\delta = 0,9\text{ mm}$

Windungen:  $N = 350$

$\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$

$\mu_r = \mu_{Fe} \rightarrow \infty$

Streuung vernachlässigen!

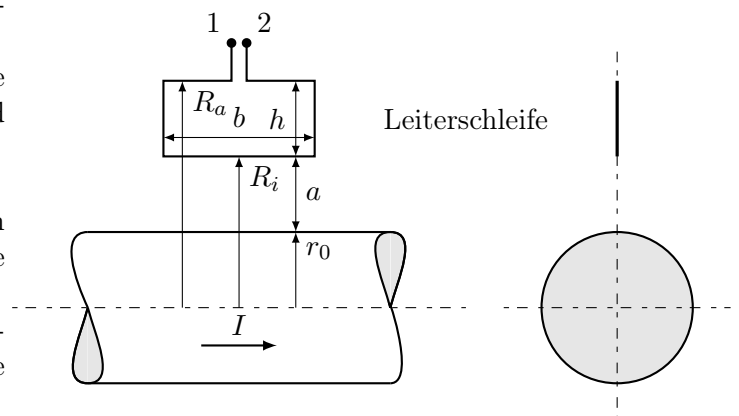


## 77 Zylindrischer Leiter

Gegeben ist ein langer, zylindrischer Leiter, der vom zeitlich veränderlichen Strom  $i$  durchflossen wird.

Im Abstand  $a$  befindet sich eine Leiterschleife mit der Breite  $b$  und der Höhe  $h = R_a - R_i$ .

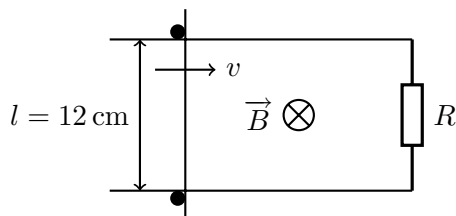
- Berechnen Sie den magnetischen Fluss  $\phi(t)$ , der die Leiterschleife durchsetzt!
- Ermitteln Sie die an den Klemmen der Leiterschleife auftretende Spannung  $u$  (Betrag)!



### 78 Schleifbügel

Der Schleifbügel bei nebenstehender Anordnung bewegt sich mit der Geschwindigkeit  $v = 20 \text{ m/s}$  in einem homogenen und konstanten Magnetfeld mit  $B = 0,5 \text{ T}$ . Berechnen Sie:

- a) Den Betrag der induzierten Spannung im Bügel.
- b) Den Strom in der Leiterschleife bei einem Widerstand von  $R = 0,1 \Omega$ .
- c) Welche Kraft muss auf den Bügel ausgeübt werden?

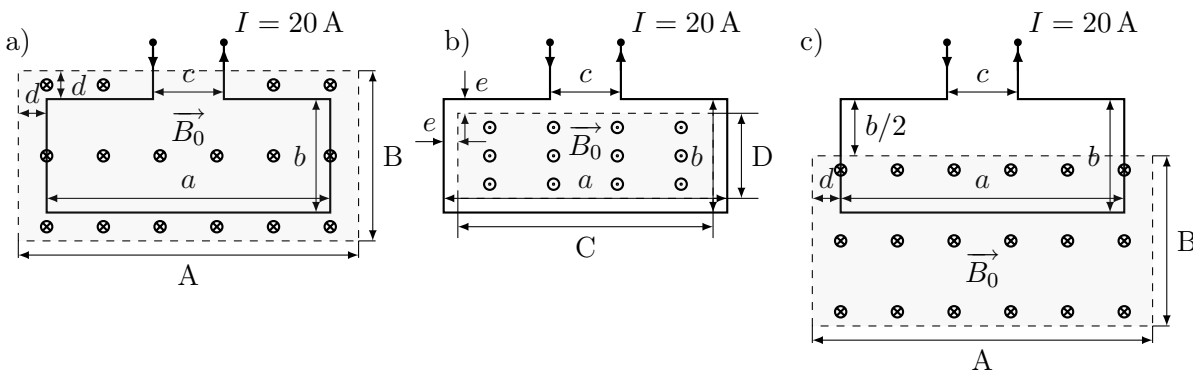


### 79 Rechteckschleife

Gegeben ist eine Rechteckschleife, die vom Gleichstrom  $I = 20 \text{ A}$  durchflossen wird. Die Schleife wird dabei auf drei verschiedene Arten senkrecht von der homogenen Flußdichte  $B_0 = 0,5 \text{ T}$  durchsetzt (siehe Skizzen).

- Es ist:  
 $a = 10 \text{ cm}; \quad b = 4 \text{ cm}; \quad c = 2,5 \text{ cm};$   
 $d = 1 \text{ cm}; \quad e = 5 \text{ mm}$   
 $A = 12 \text{ cm}; \quad B = 6 \text{ cm}; \quad C = 9 \text{ cm}; \quad D = 3 \text{ cm}$

Ermitteln Sie für die drei Fälle a, b und c die jeweils auf die Rechteckschleife insgesamt ausgeübte Kraft und geben Sie die dazugehörige Krafrichtung an!

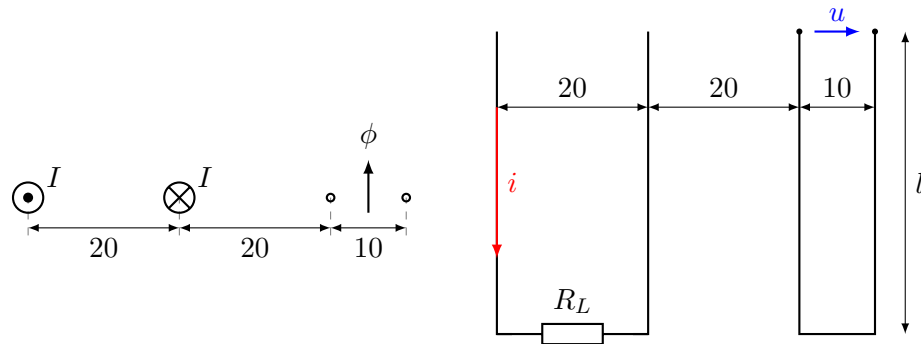


## 80 Induzierte Spannung Leitung

Anordnung wie Aufgabe 8 von Blatt 9. Leiterlänge  $l = 3$  m.

Beim Einschalten steigt der Strom  $I$  in  $2 \mu\text{s}$  linear von 0 auf 5 A.

Welche Spannung  $u$  wird in der Messleitung induziert?



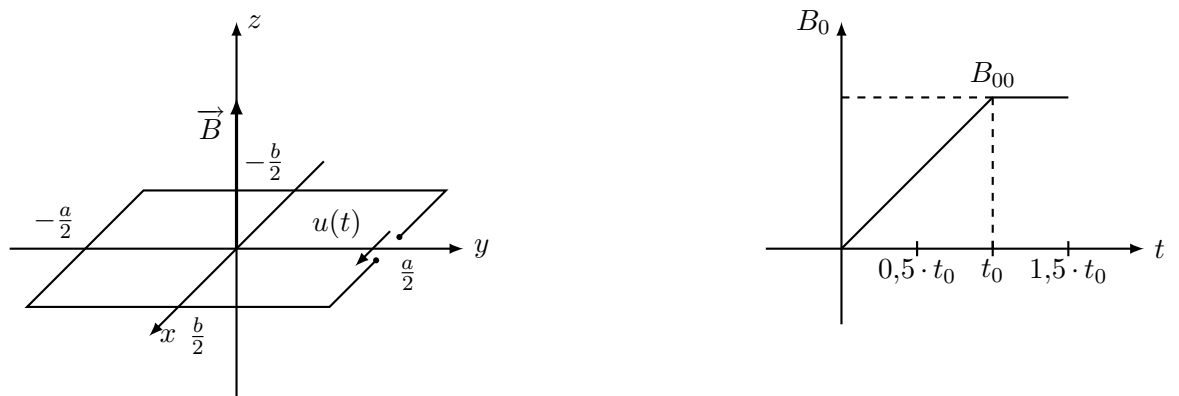
## 81 Drahtschleife

Die dargestellte Drahtschleife befindet sich in einem Magnetfeld mit der zeit- und ortsabhängigen Flußdichte  $B(y, t) = B_0(t) \cdot [1 - (\frac{y}{a})^2]$ .

Die Flußdichte steht senkrecht auf der Drahtschleifenfläche.

Berechnen Sie die Spannung  $u(t)$  für  $t = 0,5 \cdot t_0$  und  $t = 1,5 \cdot t_0$ , wenn sich  $B$  entsprechend dem gezeichneten Verlauf  $B_0(t)$  zeitlich ändert.

$$a = 5 \text{ cm}; \quad b = 2,5 \text{ cm}; \quad B_{00} = 0,8 \text{ T}; \quad t_0 = 2 \text{ ms}$$



## 82 Kreisförmige Drahtschleife

Eine kreisförmige Drahtschleife mit dem Radius  $R$  befindet sich in einem inhomogenen, zeitabhängigen magnetischen Feld.

$$\vec{B} = B_0 \cdot \left[ 1 - \left( \frac{r}{2 \cdot R} \right)^2 \right] \cdot \sin(\omega t) \cdot \vec{e}_z.$$

( $r$  ist der variable Radius in der x-y-Ebene)

Berechnen Sie die Klemmenspannung  $u(t)$  als Funktion von  $t$  und zum Zeitpunkt  $T = 8 \text{ ms}$ !

$$B_0 = 1,2 \text{ T}; \quad R = 3 \text{ cm}; \quad f = 50 \text{ Hz}$$

