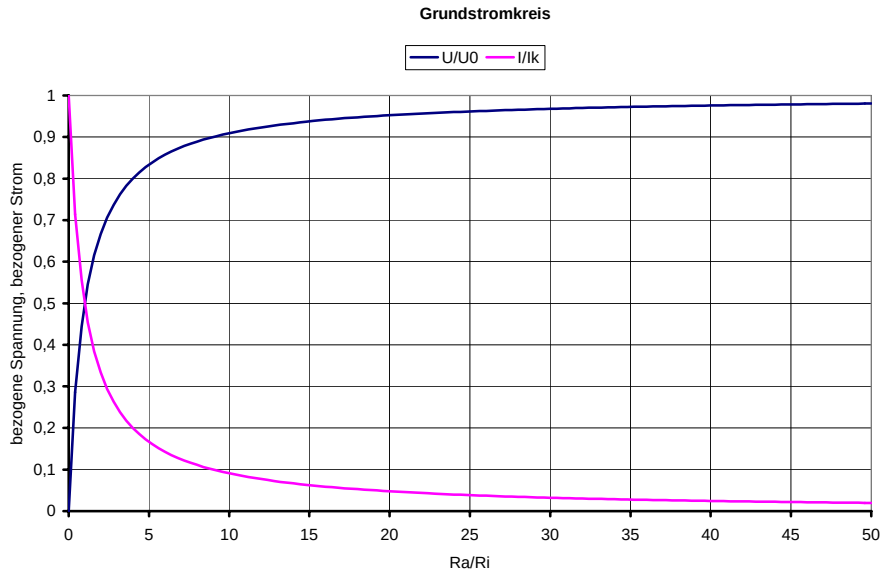
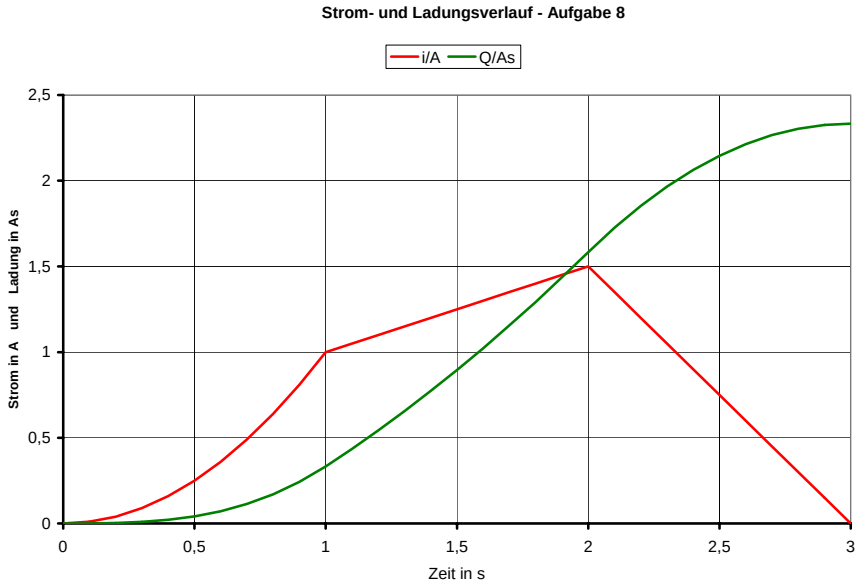
Hochschule Zittau/Görlitz
FB Elektro- und Informationstechnik
Lehrfach: Grundlagen der Elektrotechnik I
Prof. Dr.-Ing. Bärsch / Prof. Dr.-Ing. Haim

Zittau, den 28.09.2007

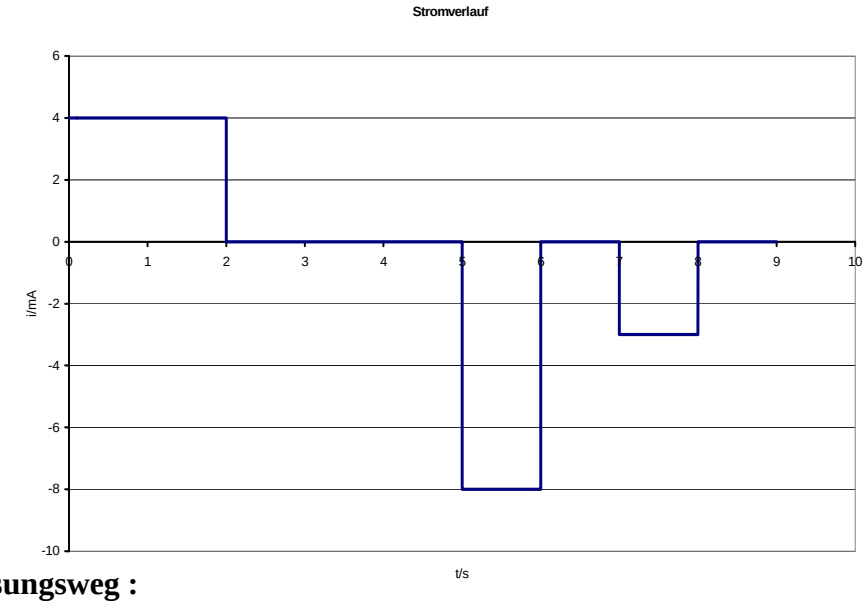
Lösungen zur Rechenübung I-1

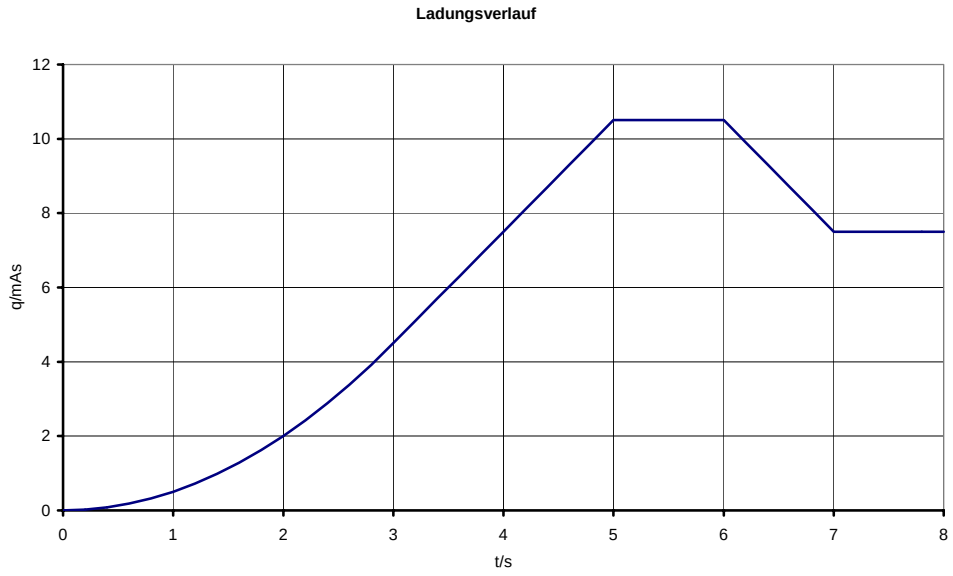
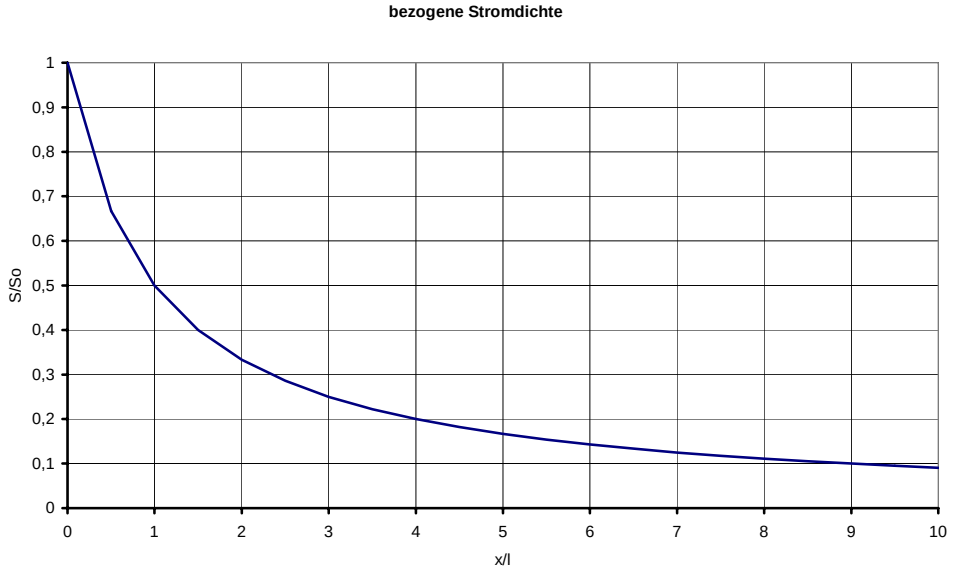
Aufgabe	**Ergebnis**
1 und 2	siehe Vorlesung Kap. 1
3	• Volt: 1 V = 1 Ws/As = $kg \cdot m^2/A \cdot s^3$ • Ohm: 1 Ω = 1 V/A = $kg \cdot m^2/A^2 \cdot s^3$ • Henry: 1 H = 1 $Ws/\cdot A^2$ = 1 Vs/A = $kg \cdot m^2/s^2 \cdot A^2$ • Farad: 1 F = 1 Ws/V^2 = 1As/V = $A^2 \cdot s^4/kg \cdot m^2$ **Lösungsweg:** • V (Volt) = [U] aus: W = U·I·t folgt: U = W/I·t → [U] = [W]/[I]·[t] aus: W = F·s , (mit: F = m·a ; a = v/t ; v = s/t) folgt: W = $m \cdot s^2/t^2$ ⇒ [W] = $kg \cdot m^2/s^2$ mit: [I] = A ; [t] = s folgt: <u>[U] = $kg \cdot m^2/A \cdot s^3$ = V</u> • Ω (Ohm) = [R] R = U/I → [R] = [U]/[I] mit: [U] = $kg \cdot m^2/A \cdot s^3$ = V (Herleitung s. o.) ; [I] = A folgt: <u>[R] = $kg \cdot m^2/A^2 \cdot s^3$ = V/A</u> • H (Henry) = [L] aus: W = $0.5 \cdot L \cdot I^2$ folgt: L = $W/0.5 \cdot I^2$ → [L] = [W]/[I^2] mit: [W] = $kg \cdot m^2/s^2$ (Herleitung s.o.) ; [I] = A folgt: <u>[L] = $kg \cdot m^2/s^2 \cdot A^2$ = V·s/A = H</u>
4	$R/_{\Omega} = 10^6 \cdot \rho/_{\Omega m} \cdot l/_m \cdot 1/A/_{mm^2}$

5	$\frac{U}{U_0} = \frac{R_a / R_i}{1 + R_a / R_i}$; $\frac{I}{I_K} = \frac{1}{1 + R_a / R_i}$ 
6	m = 3,6
7	$P = 10^{-3}\ U \cdot I$
8	 $t = 0...1\ s$: $i(t) = 1A/s^2 \cdot t^2$; $\Delta Q = 0{,}33\ As$ $t = 1...2\ s$: $i(t) = 0{,}5A + 0{,}5A/s \cdot t$; $\Delta Q = 1{,}25\ As$ $t = 2...3\ s$: $i(t) = 4{,}5A - 1{,}5A/s \cdot t$; $\Delta Q = 0{,}75\ As$ $I_m = 0{,}78\ A$

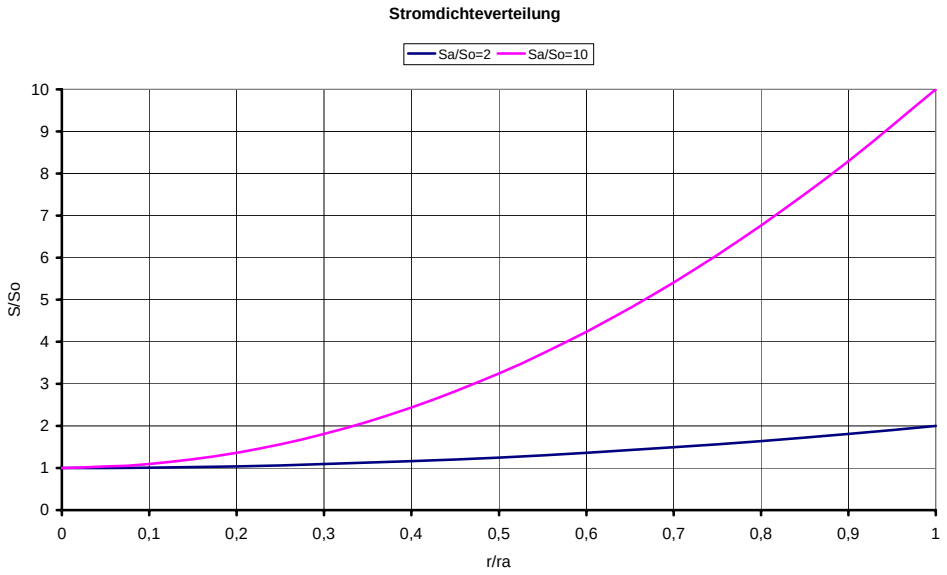
Hochschule Zittau/Görlitz (FH) Zittau, den 28.09.2007
FB Elektro- und Informationstechnik
Lehrfach: Grundlagen der Elektrotechnik I
Prof. Dr.-Ing. Bärsch / Prof. Dr.-Ing. Haim

Lösungen zur Rechenübung I-2

Aufgabe	**Ergebnis**
1	a) $N = 31{,}25 \cdot 10^{19}$ b) $v = 0{,}72$ mm/s
2	$Q_{rest} = 9{,}6$ Ah
3a, b	$t = 0...2$ s: $q(t) = 4\text{mA}\cdot t \rightarrow i(t) = \Delta q/\Delta t = 4\text{mA}$ $t = 2...5$ s: $q(t) = 8\text{mAs} \rightarrow i(t) = \Delta q/\Delta t = 0$ $t = 5...6$ s: $q(t) = -8\text{mA}\cdot t+48\text{mAs} \rightarrow i(t) = \Delta q/\Delta t = -8\text{mA}$ $t = 6...7$ s: $q(t) = 0 \rightarrow i(t) = \Delta q/\Delta t = 0$ $t = 7...8$ s; $q(t) = -3\text{mA}\cdot t+21\text{mAs} \rightarrow i(t) = \Delta q/\Delta t = -3\text{mA}$ $t = 8...9$ s: $q(t) = -3\text{mAs} \rightarrow i(t) = \Delta q/\Delta t = 0$  **Lösungsweg :** a) für jeden Zeitabschnitt gilt : $q(t) = m\cdot t+q_0$ (Geradengleichung mit Anstieg $m = \Delta q/\Delta t$; Ladung q_0 zum Zeitpunkt t=0) $t = 0....2$ s: $m = 8\text{mAs}/2\text{s} = 4\text{mA}$ $q_0 = 0 \Rightarrow q(t) = 4\text{mA}\cdot t$ $t = 2…5$ s: $m = 0$ $q_0 = 8\text{mAs} \Rightarrow q(t) = 8\text{mAs} = \text{konst.}$ $t = 5....6$ s: $m = -8\text{mAs}/1\text{s} = -8\text{mA}$ $q_0 = 48\text{mAs} \Rightarrow q(t) = -8\text{mA}\cdot t+48\text{mAs}$ b) allgemein gilt: $i(t) = dq(t)/dt$ für Geradengleichungen gilt vereinfacht: $i(t) = \Delta q/\Delta t = m$ $t = 0....2$ s: $i(t) = \Delta q/\Delta t = 4\text{mA}$ $t = 2....5$ s: $i(t) = \Delta q/\Delta t = 0$ $t = 5....6$ s: $i(t) = \Delta q/\Delta t = -8\text{mA}$
4	$a = 7{,}3$ mm $d = 8{,}2$ mm

5	t = 0...3 s: i(t) = 1mA/s·t q(t) = $\int i(t)dt$ = 0,5mA/s ·t^2 t = 3...5 s: i(t) = 3mA q(t) = 3mA(t-3s)+4,5mAs t = 5...6 s: i(t) = 0 q(t) = 10,5mAs t = 6...7 s: i(t) = -3mA q(t) = -3mA(t-6s)+10,5mAs t > 7s: i(t) = 0 q(t) = 7,5mAs 
6	I = 300 A
7	F = -4 N
8	$S(x) = \frac{I}{A_0(1+\frac{x}{l})}$ 

9	$S(r) = S_0+(S_a - S_0)\, r^2/ r_a^2$ $I = (S_0 + S_a)\, \pi\, r_a^2/2$

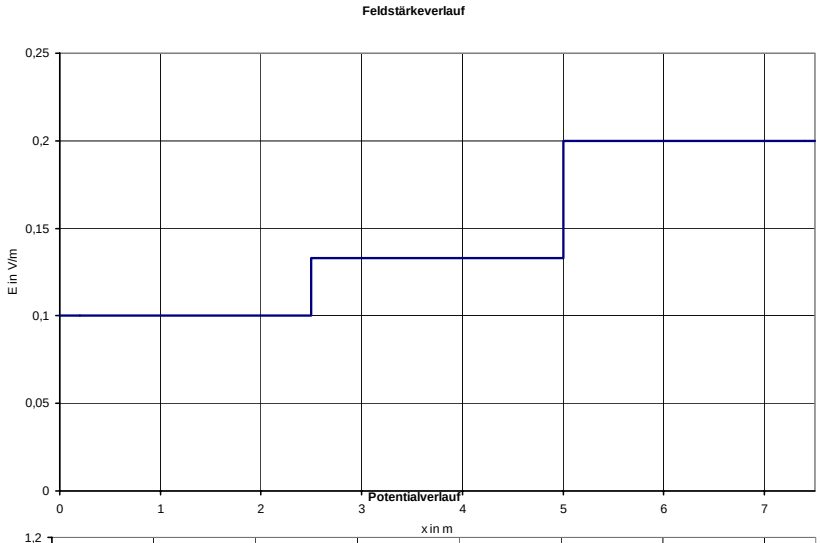


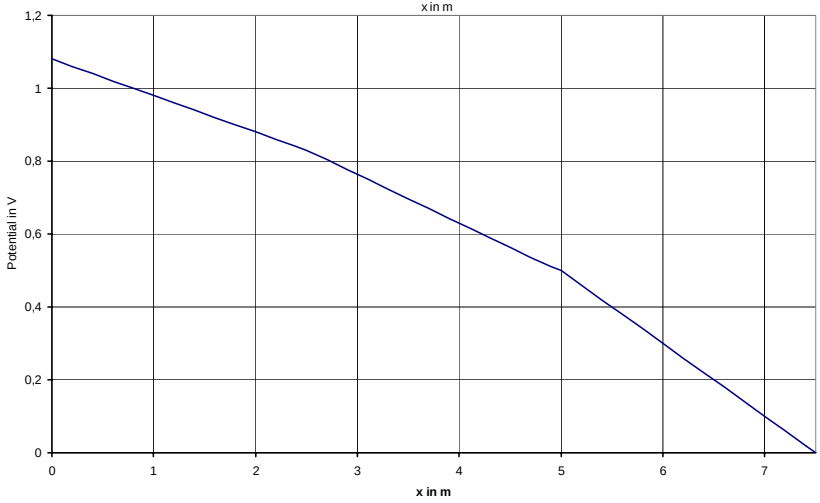
Hochschule Zittau/Görlitz
FB Elektro- und Informationstechnik
Lehrfach: Grundlagen der Elektrotechnik I
Prof. Dr.-Ing. Bärsch / Prof. Dr.-Ing. Haim

Zittau, den 28.09.2007

Lösungen zur Rechenübung I-3

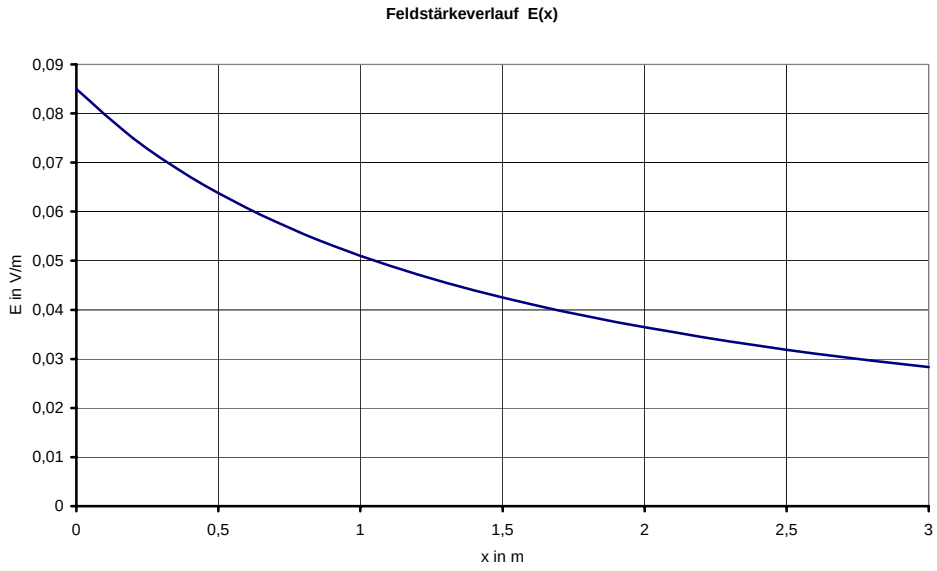
Aufgabe	**Ergebnis**
1	$W_2 = 4$ J
2	Q = 64,8 kAs W = 1,56 MJ = 432 Wh
3	$\Delta W = 5{,}76 \cdot 10^{-16}$ Ws
4	$E_{cu} = 82$ mV/m; $E_{Al} = 130$ mV/m für $E_{cu} = E_{Al}$ muss $A_{Al} \approx 1{,}6 \cdot A_{cu}$ sein, d.h. $A_{Al} \approx 4$ mm^2
5	$U_1 = 0{,}25$V; $E_1 = 0{,}1$ V/m; $U_2 = 0{,}33$V; $E_2 = 0{,}133$ V/m $U_3 = 0{,}5$V; $E_3 = 0{,}2$ V/m **Lösungsweg:** für jeden Leiter gilt: $\Delta W = U \cdot I \cdot t$ $\Delta W_1 = U_1 \cdot I \cdot t \Rightarrow U_1 = \Delta W_1/I \cdot t \Rightarrow \underline{U_1 = 1{,}5\text{Ws}/3\text{A} \cdot 2\text{s} = 0{,}25\text{V}}$ $\Delta W_2 = U_2 \cdot I \cdot t \Rightarrow U_2 = \Delta W_2/I \cdot t \Rightarrow \underline{U_2 = 2\text{Ws}/3\text{A} \cdot 2\text{s} = 0{,}33\text{V}}$ $\Delta W_3 = U_3 \cdot I \cdot t \Rightarrow U_3 = \Delta W_3/I \cdot t \Rightarrow \underline{U_3 = 3\text{Ws}/3\text{A} \cdot 2\text{s} = 0{,}5\text{V}}$ für jeden Leiter gilt: $E = U/l$ $E_1 = U_1/l = 0{,}25\text{V}/2{,}5\text{m} \Rightarrow \underline{E_1 = 0{,}1\text{V/m}}$ $E_2 = U_2/l = 0{,}33\text{V}/2{,}5\text{m} \Rightarrow \underline{E_2 = 0{,}133\text{V/m}}$ $E_3 = U_3/l = 0{,}5\text{V}/2{,}5\text{m} \Rightarrow \underline{E_3 = 0{,}2\text{V/m}}$ für jeden Leiter gilt: $\Delta\varphi = U$ mit $\varphi_0(x=7{,}5\text{m}) = 0$ $U_3 = \varphi_3 - \varphi_0 \Rightarrow \underline{\varphi_3(x=5\text{m}) = U_3 = 0{,}5\text{V}}$ $U_2 = \varphi_2 - \varphi_3 \Rightarrow \underline{\varphi_2(x=2{,}5\text{m}) = U_2 + \varphi_3 = U_2 + U_3 = 0{,}83\text{V}}$ $U_1 = \varphi_1 - \varphi_2 \Rightarrow \underline{\varphi_1(x=0\text{m}) = U_1 + \varphi_2 = U_1 + U_2 + U_3 = 1{,}08\text{V}}$

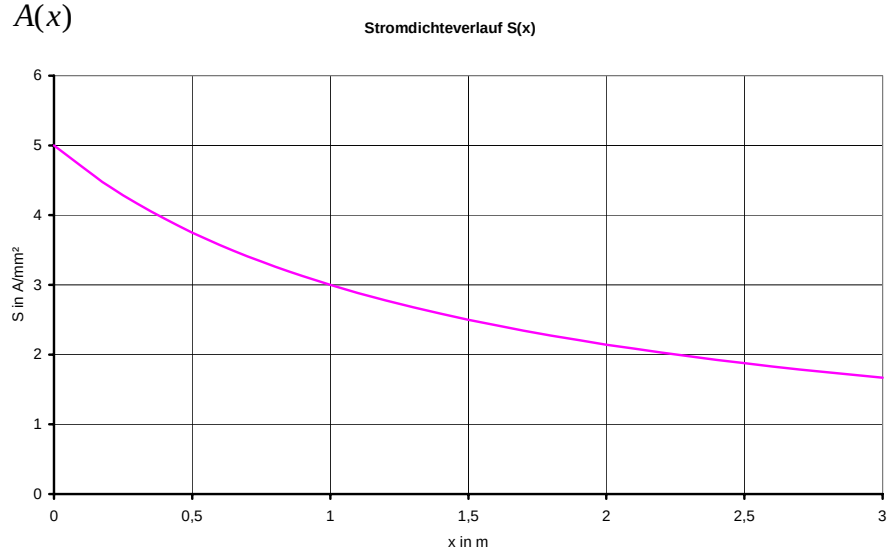
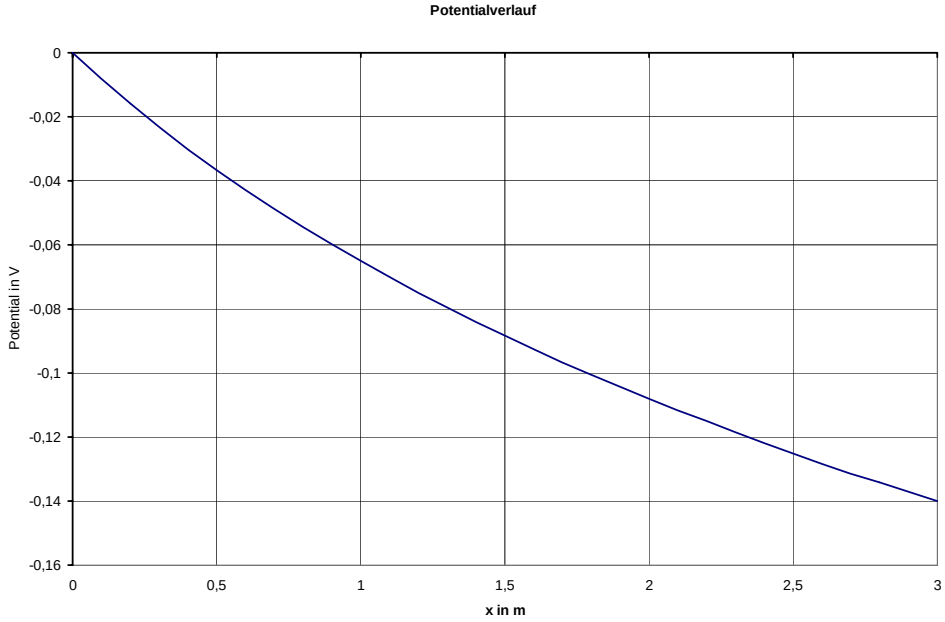




6

$$E(x) = \frac{I \cdot \rho}{A(x)} \quad \text{mit } A(x) = A_1 + \frac{A_2 - A_1}{l} \cdot x$$



	$S(x) = \frac{I}{A(x)}$  $\varphi(x) = I \cdot \frac{\rho \cdot l}{A_2 - A_1} \cdot \ln\left(\frac{A_1}{\frac{A_2 - A_1}{l} \cdot x + A_1}\right)$ 
7	$F = 3{,}84 \cdot 10^{-19}N$
8	a) $S = 12{,}6A/mm^2$ b) $S = 10{,}1A/mm^2$

Hochschule Zittau/Görlitz (FH)
FB Elektro- und Informationstechnik
Lehrfach: Grundlagen der Elektrotechnik I
Prof. Dr.-Ing. Bärsch / Prof. Dr.-Ing. Haim

Zittau, den 28.09.2007

Lösungen zur Rechenübung I-4

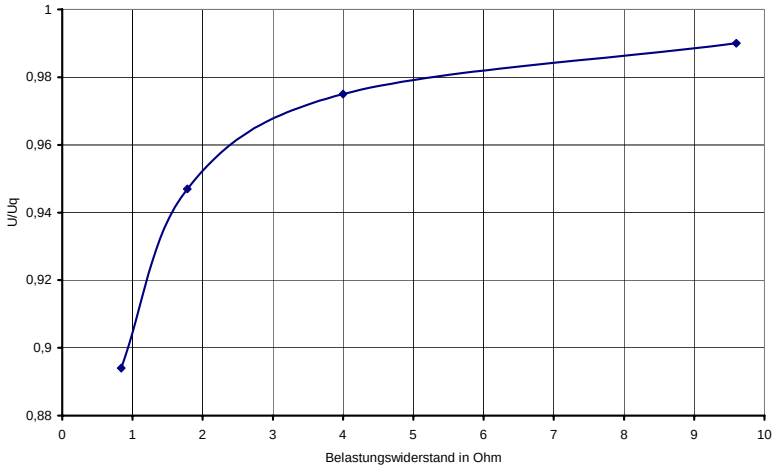
Aufgabe	**Ergebnis**
1	$A_{Cu} = 1{,}02\ mm^2$ $A_{Al} = 1{,}62\ mm^2$ **Lösungsweg:** $R = \rho \cdot l/A \Rightarrow A = \rho \cdot l/R$ mit $\rho_{Cu} = 0{,}017 \Omega mm^2/m \Rightarrow A_{Cu} = 1{,}02\ mm^2$ mit $\rho_{Al} = 0{,}027 \Omega mm^2/m \Rightarrow A_{Al} = 1{,}62\ mm^2$
2	$\delta = 0{,}49\ mm$
3	$\vartheta_B = 1283{,}2\ °C$
4	$\vartheta_B = 2495\ °C$ $I_0 = 4{,}71\ A$ $P_0 = 1{,}036\ kW$
5	a) P = 403,3 W b) P = 201,7 W c) P = 806,6 W
6	$R_M = 5{,}31 m\Omega$
7	$R_{20} = 37{,}36\ \Omega$ $I_{20} = 5{,}89\ A$
8	$P_V = 171{,}5\ W$ $\Delta P_V = 24\ \%$

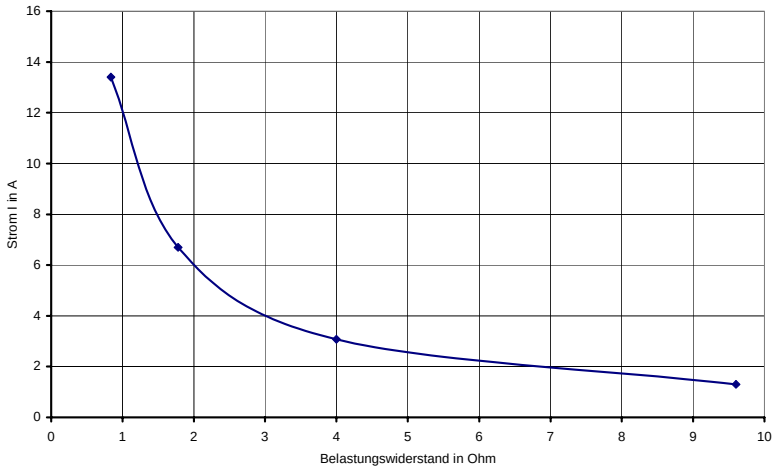
Hochschule Zittau/Görlitz (FH)
FB Elektro- und Informationstechnik
Lehrfach: Grundlagen der Elektrotechnik I
Prof. Dr.-Ing. Bärsch / Prof. Dr.-Ing. Haim

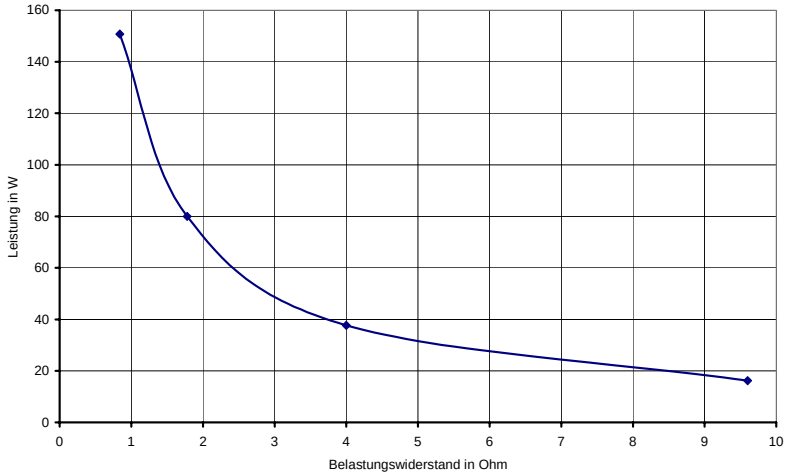
Zittau, den 28.09.2007

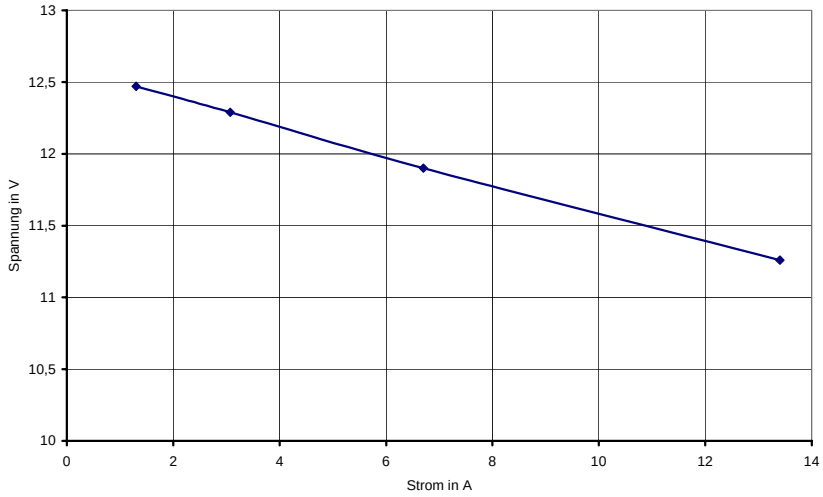
Lösungen zur Rechenübung I-5

Aufgabe	**Ergebnis**
1	I = 0,625 A U = 7,5 V P = 4,69 W η= 0,94
2	a) U = 12,47V/ 12,42V/ 12,22V/ 11,86V b) U = 12,47V/ 12,29V/ 11,9V/ 11,26V c)







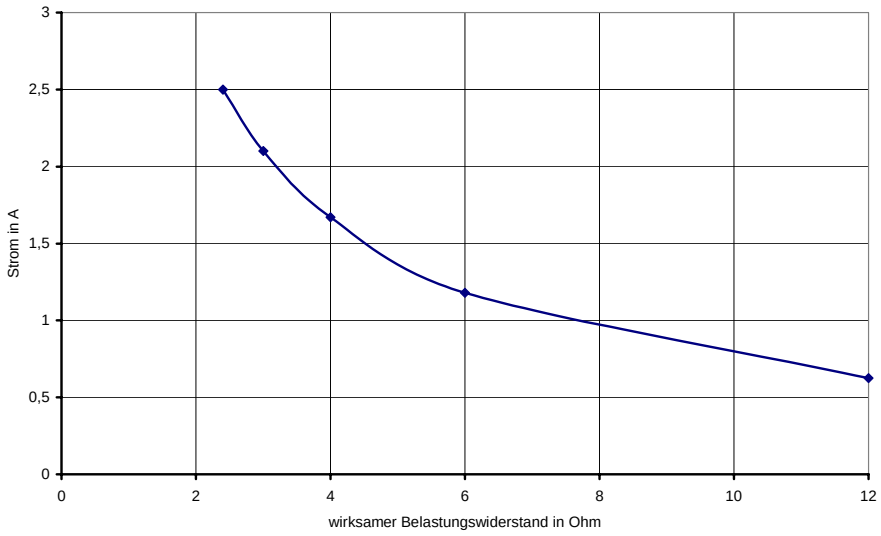
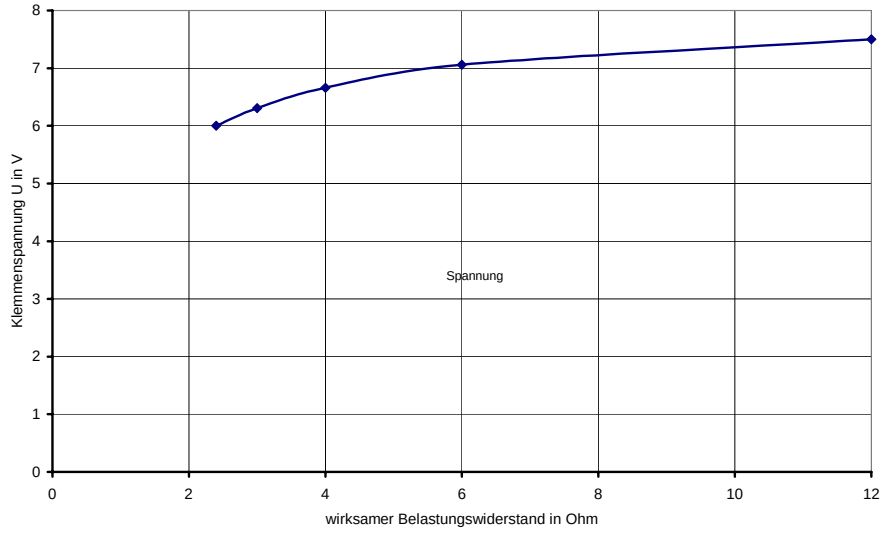


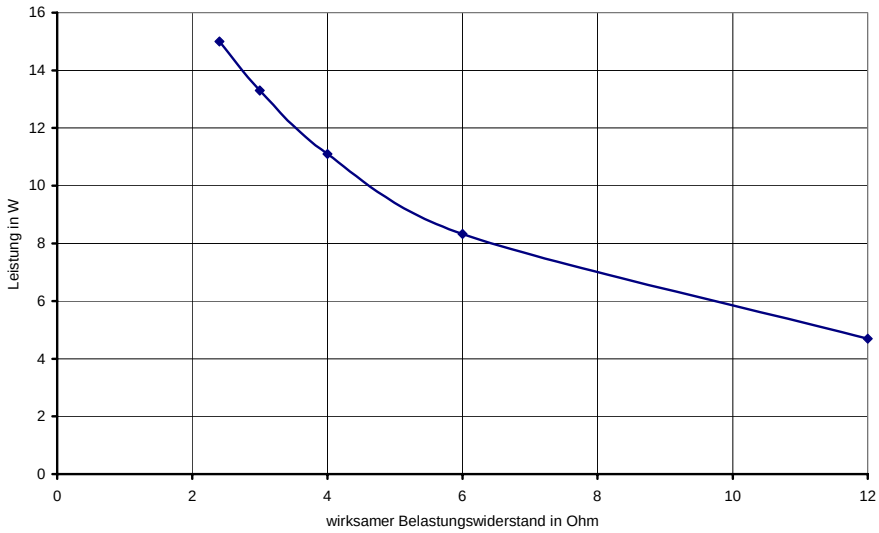
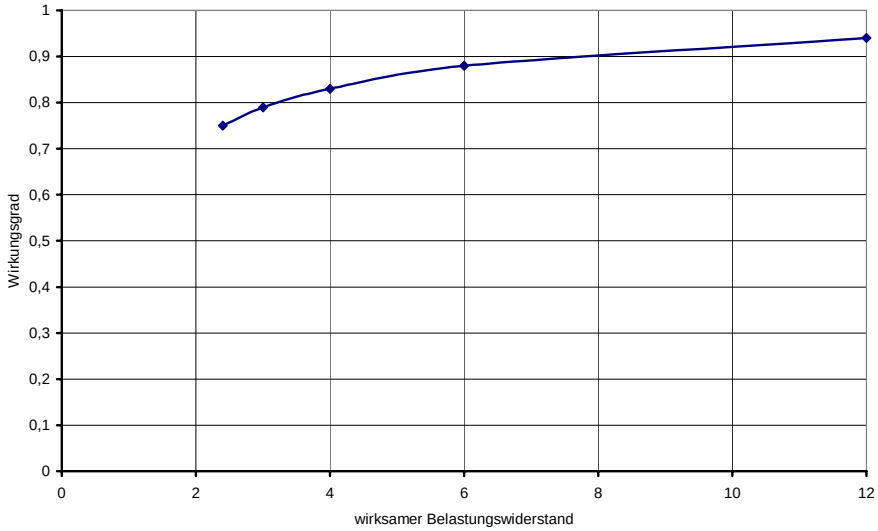
3

P_{amax} = 202,5 W für R_a=R_i=2,5Ω
für P = 100W gelten folgende Arbeitspunkte:
R_{a1}= 14,83Ω / I_1= 2,6A / U_1= 38,6V
R_{a2}= 0,422Ω / I_2= 15,4A / U_2= 6,5V

Lösungsweg:

$P_a = I^2 \cdot R_a$
aus: $I/I_k = G_a/(G_a+G_i) = 1/(1+R_a/R_i)$
folgt: $I = I_k/(1+R_a/R_i)$
$\Rightarrow P_a = I_k^2 \cdot R_a/(1+R_a/R_i)^2$
Ermittlung von P_{amax} durch Ableitung $dP_a/dR_a = 0$
$\Rightarrow dP_a/dR_a = I_k^2 \cdot [1/(1+R_a/R_i)^2 - 2R_a/(1+R_a/R_i)^3 \cdot 1/R_i] = 0$
$\Rightarrow (1+ R_a/R_i) = 2\ R_a/R_i \ \Rightarrow R_a/R_i = 1$
$\Rightarrow \underline{P_{amax} = I_k^2 \cdot R_a/4 = I_k^2 \cdot R_a/4 = 202,5W}$
Ermittlung der Arbeitspunkte aus: $P_a = I_k^2 \cdot R_a/(1+R_a/R_i)^2$
Umstellen nach R_a (quadrat. Gleichung):
$\Rightarrow R_a^2 + R_a \cdot (2R_i - I_k^2 \cdot R_i^2/P_a) + R_i^2 = 0 \ \Rightarrow \underline{R_{a1} = 14,83\Omega / R_{a2} = 0,422\Omega}$
aus: $I = I_k/(1+R_a/R_i) \Rightarrow \underline{I_1 = 2,6A / I_2 = 15,4A}$
aus: $U = I \cdot R_a \Rightarrow \underline{U_1 = 38,6V / U_2 = 6,5V}$

4	$R_i = 2{,}96\Omega$, $U_l = 6V$
5	$U_1/U_2 = P_{N2}/P_{N1} = 1{,}67$ $U_1 = 137{,}5V$, $U_2 = 82{,}5V$ für $U_1 = U_2 = 110V$ gilt unter Annahme eines konstanten Widerstandes der Glühlampen: R_p (Parallelwiderstand über Lampe 1) = 1210Ω
6	I = 0,625A/ 1,18A/ 1,67A/ 2,1A/ 2,5A  U = 7,5V/ 7,06V/ 6,66V/ 6,31V/ 6,0V 

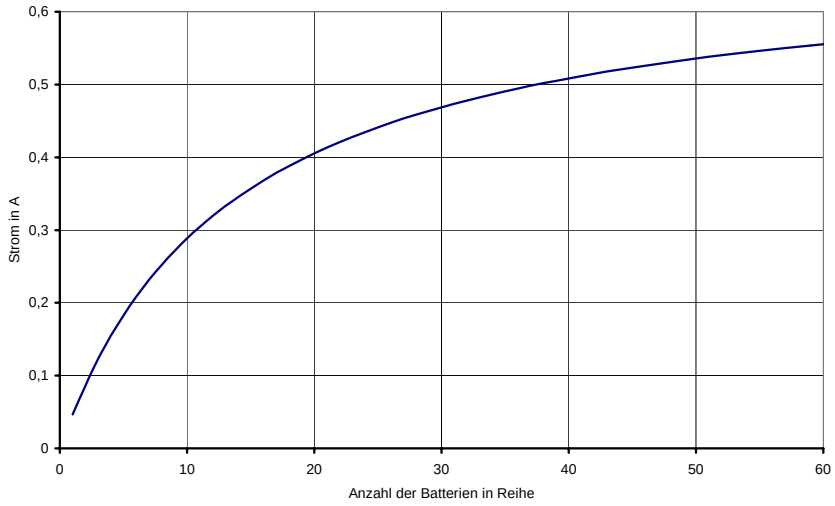
	P = 4,69W/ 8,33W/ 11,1W/ 13,3W/ 15W  η = 0,94/ 0,88/ 0,83/ 0,79/ 0,75  10 Verbraucher mit R = 12Ω für η= 0,6
7.	U = 616V, η = 0,95
8.	$U_2/U = R_2/(R_1+R_2+R_1R_2/R_M)$ Messfehler: - 5% Änderung der Teilerstromes: + 5%

Hochschule Zittau/Görlitz (FH)
FB Elektro- und Informationstechnik
Lehrfach: Grundlagen der Elektrotechnik Teil I
Prof. Dr.-Ing. Bärsch / Prof. Dr.-Ing. Haim

Zittau, den 28.09.2007

Lösungen zur Rechenübung I-6

Aufgabe	**Ergebnis**
1	$R_g = 1{,}59\ \Omega$
2	$R_g = 3{,}87\ k\Omega$ (für $R_7 = 5\ k\Omega$) $R_g = 2{,}6\ k\Omega$ (für $R_7 = 1\Omega$) $R_g = 4{,}84\ k\Omega$ (für $R_7 = 100\ M\Omega$)
3	$R_g = 12\ \Omega$
4	$I_{ke} = 5{,}5\ A$ $R_{ie} = 0{,}325\ \Omega$ $U_{le} = 1{,}79\ V$ **Lösungsweg:** Umwandlung in Stromquellen: $I_{k1} = U_{l1}/R_{i1} = 1{,}5V/1\Omega = 1{,}5A$ $I_{k2} = U_{l2}/R_{i2} = 3V/1{,}2\Omega = 2{,}5A$ $I_{k3} = U_{l3}/R_{i3} = 1{,}2V/0{,}8\Omega = 1{,}5A$ $\underline{I_{ke} = I_{k1} + I_{k2} + I_{k3} = 5{,}5A}$ $G_{i1} = 1/R_{i1} = 1S$ $G_{i2} = 1/R_{i2} = 0{,}83S$ $G_{i3} = 1/R_{i3} = 1{,}25S$ $G_{ie} = G_{i1} + G_{i2} + G_{i3} = 3{,}08S$ $\underline{R_{ie} = 1/G_{ie} = 0{,}325\ \Omega}$ $\underline{U_{le} = I_{ke} \cdot R_{ie} = 1{,}79\ V}$
5	für Klemme A-B: $U_{le} = 1{,}45\ V$ $R_{ie} = 0{,}65\ \Omega$ $I_{ke} = 2{,}25\ A$ für Klemme A-C: $U_{le} = 2{,}4\ V$ $R_{ie} = 1{,}9\ \Omega$ $I_{ke} = 1{,}26\ A$ für Klemme B-C: $U_{le} = 0{,}95\ V$ $R_{ie} = 2{,}55\ \Omega$ $I_{ke} = 0{,}37\ A$

6	$R_g = 0{,}41\ \Omega$
7	$R_{17} = 5/6\ R$
8	$R_i = 1{,}35\ \Omega$
9	I = 0,123 A (für 3 Batterien) I = 0,208 A (für 6 Batterien) I = 0,271 A (für 9 Batterien) I = 0,469 A (für 30 Batterien) $I_{max} = 0{,}682$ A 

Hochschule Zittau/Görlitz (FH)
FB Elektro- und Informationstechnik
Lehrfach: Grundlagen der Elektrotechnik I
Prof. Dr.-Ing. Bärsch / Prof. Dr.-Ing. Haim

Zittau, den 28.09.2007

Lösungen zur Rechenübung I-7

Aufgabe	**Ergebnis**
1	k = 4, z = 6, m = 3 K1: $I_1 - I_4 - I_6 = 0$ K2: $I_4 + I_5 - I_2 = 0$ K3: $I_6 + I_3 - I_5 = 0$ M1: $I_1R_1 - U_{q1} + I_4R_4 - U_{q2} + I_2R_2 = 0$ M2: $U_{q2} - I_5R_5 - I_3R_3 - I_2R_2 + U_{q3} = 0$ M3: $I_6R_6 + I_5R_5 - I_4R_4 = 0$
2	z = 3, k = 2, m = 2 Zweigströme: $I_1 = 2{,}86A$, $I_2 = 8{,}57A$, $I_3 = 11{,}43A$ **Lösungsweg:** K_1: $I_1+I_2 - I_3 = 0$ M_1: $I_1\cdot(R_1+R_2+R_3)-I_2\cdot R_4 - U_{q1}+U_{q2} = 0$ M_2: $I_2\cdot R_4+I_3\cdot R_5 - U_{q2} = 0$ $\Rightarrow$ Matrixgleichung mit Zweigströmen $(R)*(I)=(U)$ $\begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 15 & -5 & 0 \\ 0 & 5 & 5 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 100 \end{pmatrix}$ $[I]$ in 1A, $[U]$ in 1V, $[R]$ in 1Ω $\Rightarrow$ Zweigströme: $I_1 = 2{,}86A$, $I_2 = 8{,}57A$, $I_3 = 11{,}43A$
3	z = 6, k = 4, m = 3 Matrixgleichung mit Maschenströmen $(R)*(I)=(U)$ $[I]$ in 1A, $[U]$ in 1V, $[R]$ in 1Ω $\begin{pmatrix} 30 & -10 & -10 \\ -10 & 30 & -10 \\ -10 & -10 & 30 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -5 \\ 20 \\ 15 \end{pmatrix}$ $I_a = 0{,}625A$, $I_b = 1{,}25A$, $I_c = 1{,}125A$ Zweigströme: $I_1 = 0{,}625A$, $I_2 = 0{,}5A$, $I_3 = 1{,}25A$, $I_4 = -0{,}625A$, $I_5 = -0{,}125A$, $I_6 = 1{,}125A$
4	k = 3, z = 4, m = 2

	Matrixgleichung mit Maschenströmen $(R)*(I)=(U)$ $[I]$ in 1A, $[U]$ in 1V, $[R]$ in 1Ω $\begin{pmatrix} 300 & -100 \\ -100 & 160 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} I_a \\ I_b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -740 \\ 220 \end{pmatrix}$ I_a = -2,537A, I_b = -0,211A Zweigströme: I_1 = 2,33A, I_2 = -0,537A, I_3 = -0,463A, I_4 = 0,211A
5	z = 3, k = 3, m =1 Zweigströme: I_1 = -1,22A, I_2 = 0,78A, I_3 = 2,78A
6	z = 3, k = 3, m = 1 Maschenstrom I_M = -0,67A Zweigströme: I_1 = -0,67A, I_2 = 8,67A, I_3 = 11,33A
7	z = 4, k = 4, m = 1 Maschenstrom I_M = -5,06A Zweigströme: I_1 = -5,06A, I_2 = 2,94A, I_3 = 4,94A, I_4 = 11,06A

Hochschule Zittau/Görlitz (FH)
FB Elektro- und Informationstechnik
Lehrfach: Grundlagen der Elektrotechnik I
Prof. Dr.-Ing. Bärsch / Prof. Dr.-Ing. Haim

Zittau, den 28.09.2007

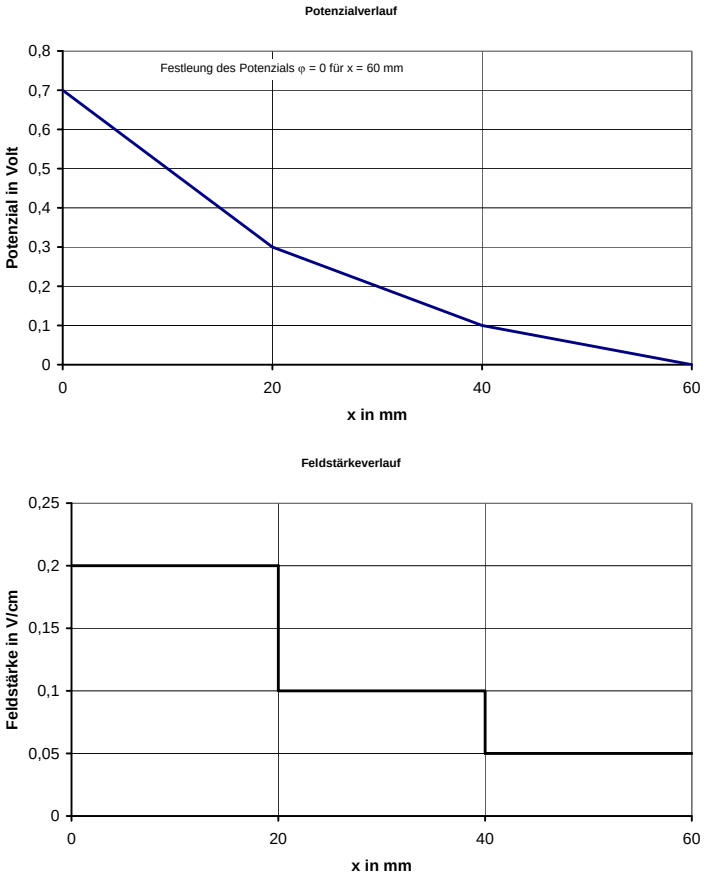
Lösungen zur Rechenübung I-8

Aufgabe	**Ergebnis**
1	$I_1 = 9{,}6$ A **Lösungsweg:** 1. Kurzschluss U_{q2}: $I_{11} = U_{q1}/(R_1+R_2\|\|R_3\|\|R_4) = 24V/(1\Omega+1{,}5\Omega\|\|1{,}2\Omega) = 14{,}4A$ 2. Kurzschluss U_{q1}: $I_{22} = -U_{q2}/(R_2+R_1\|\|R_3\|\|R_4) = -18V/(1{,}5\Omega+1\Omega\|\|1{,}2\Omega) = -8{,}8A$ Stromteiler: $I_{12}/I_{22} = G_1/(G_1+G_3+G_4) = 1S/1{,}834S = 0.545 \Rightarrow I_{12} = -4{,}8A$ Überlagerung: $\underline{I_1 = I_{11}+I_{12} = 14{,}4A-4{,}8A = 9{,}6A}$
2	$I_1 = 4{,}7$ A $I_2 = 7{,}84$ A
3	$I_3 = -\ 0{,}108$ A (Maschenströme: $I_a = -5{,}054A$, $I_b = -0{,}108A$, $I_c = 0{,}197A$)
4	$I_5 = 0{,}457$ A
5	$I = 0{,}241$ A (Maschenströme: $I_a = -0{,}137A$, $I_b = -0{,}0701A$, $I_c = 0{,}241A$)
6	$R_1/R_2 = R_X/R_N$

Hochschule Zittau/Görlitz (FH)
Fachbereich Elektro- und Informationstechnik
Lehrfach: Grundlagen der Elektrotechnik I
Prof. Dr.-Ing. Bärsch / Prof. Dr.-Ing. Haim

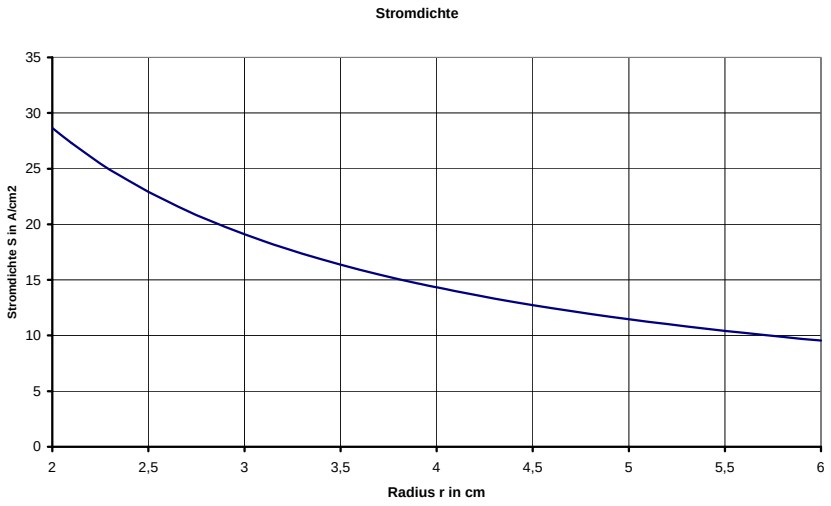
Zittau, den 22.09.2011

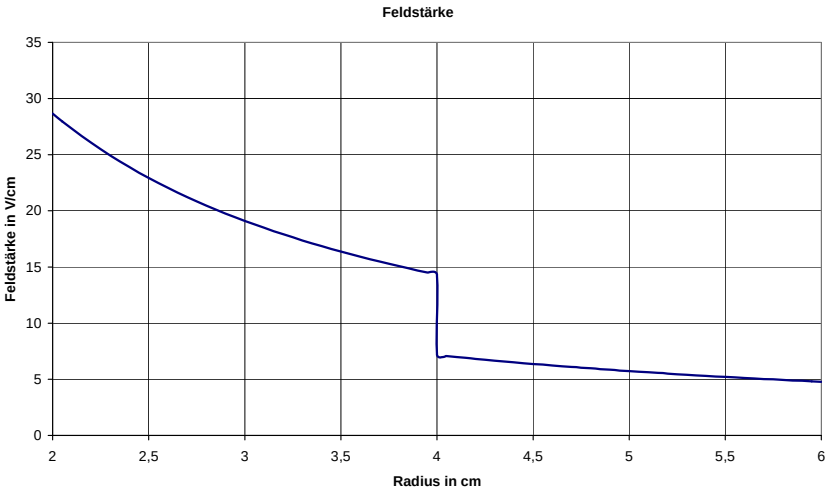
Lösungen zur Rechenübung I-9

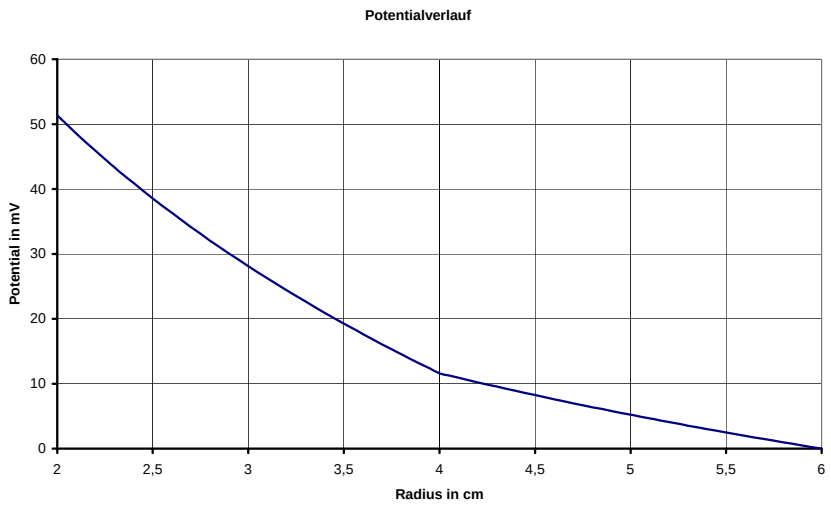
Aufgabe	**Ergebnis**
1	b) $A = 1{,}85 \cdot 10^3\ cm^2$ c) $p = E^2 \cdot \kappa$ **Lösungsweg:** b) $S = I/A = \kappa \cdot E$; $E = U/d$ mit $P = U \cdot I \Rightarrow P = E \cdot d \cdot S \cdot A = E^2 \cdot d \cdot \kappa \cdot A$ $\underline{\Rightarrow A = P/(E^2 \cdot d \cdot \kappa) = 1{,}85 \cdot 10^3\ cm^2}$ c) $P = U \cdot I \Rightarrow P = E \cdot d \cdot S \cdot A$ $\underline{p = P/V = P/(A \cdot d) = E \cdot d \cdot S \cdot A/(A \cdot d) = E \cdot S = E^2 \cdot \kappa}$
2	
3	a) $I_1 = 11{,}4$ mA $I_2 = 22{,}9$ mA $I_3 = 45{,}7$ mA U = 228,6 mV

4	b) U ≈ 100 mV, $\varphi_A \approx 63$ mV c) $S(r) = \frac{I}{2\pi l r}$, $E(r) = \frac{I}{2\pi l \kappa r}$, $\varphi(r) = \frac{I}{2\pi l \kappa} \cdot \ln \frac{r_a}{r}$, $U = \frac{I}{2\pi l \kappa} \cdot \ln \frac{r_a}{r_i}$ $U = 100mV$ $\varphi_A = 63mV$
5	Kontaktierung zwischen C und D: I = 5,22 A Kontaktierung zwischen A und B: I = 0,77 A
6	δ = 39 µm
7	a) S = 15,9 A/m^2 b) E = 3,18 V/cm c) R = 3,18 Ω d) $U_{Schritt}$ = 159 V
8	a) $S(r) = \frac{I}{2\pi l r}$ $E_1(r) = \frac{I}{2\pi l \kappa_1 r}$ für $r_1 \le r \le r_2$ $E_2(r) = \frac{I}{2\pi l \kappa_2 r}$ für $r_2 \le r \le r_3$ b) $\varphi_2(r) = \frac{I}{2\pi \kappa_2 l} \cdot \ln \frac{r_3}{r}$ für $r_2 \le r \le r_3$ $\varphi_1(r) = \int_r^{r_2} E_1(r) dr + \varphi_2(r = r_2) = \frac{I}{2\pi l} \cdot \left[\frac{\ln \frac{r_2}{r}}{\kappa_1} + \frac{\ln \frac{r_3}{r_2}}{\kappa_2} \right]$

c)







d) $U_1 = 39{,}7mV$, $U_2 = 11{,}6mV$

Hochschule Zittau/Görlitz (FH)
Fachbereich Elektro- und Informationstechnik
Lehrfach: Grundlagen der Elektrotechnik I
Prof. Dr.-Ing. Bärsch / Prof. Dr. Ing. Haim

Zittau, den 28.09.2007

Lösungen zur Rechenübung I-10

Aufgabe	**Ergebnis**
1	Q = 2,21 nC
2	U = 3000 V
3	a) C_1= 99,6 pF, Q_1 = 19,9 nC b) C_2 = 696,9 pF, Q_2 = 19,9 nC, U_2 = 28,6 V c) C_3 = 696,9 pF, Q_3 = 139,4 nC, $D_3 = 15{,}5\cdot10^{-6}$ As/m^2, $U_3 = U_1$ = 200V **Lösungsweg:** a) $E_1 = U_1/d$ = 250V/mm $D_1 = \varepsilon_1\cdot E_1 = \varepsilon_0\cdot E_1 = 2212{,}5\cdot10^{-9}$ As/m^2 $Q_1 = D_1\cdot A$ = 19,9 nC $\Rightarrow$ $C_1 = Q_1/U_1$ = 99,5 pF b) $C_2 = \varepsilon_0\cdot\varepsilon_r\cdot A/d = 7\cdot C_1$ =696,9 pF $Q_2 = Q_1$ = 19,9 nC $U_2 = Q_2/C_2$ = 28,6V c) $D_3 = \varepsilon_0\cdot\varepsilon_r\cdot E = 15{,}49\cdot10^{-6}$ As/m^2 (mit U und d konst. $\Rightarrow$ E = konst.) $Q_3 = D_3\cdot A$ = 139,4 nC $\Rightarrow$ $C_3 = Q_3/U$ = 697 pF
4	a) D = 2,93·10^{-10}As/cm^2, Q = 7,33 nC, E_1 = 0,333 kV/mm, E_2 = 0,111 kV/mm b) ohne Schichtung: $\varphi(x) = U(1-\frac{x}{d})$: Annahme: für x = d ist φ = 0 mit Schichtung : $\varphi_1(x) = \frac{U_1}{d_1}\cdot(d_1 - x) + U_2$ gilt für $x \le d_1$ $\varphi_2(x) = \frac{U_2}{d_2}\cdot(d - x)$ gilt für $x \ge d_1$
5	C = 401 pF
6	U = 4,07 kV
7	$r_i = r_a/e$ = 3,68 cm
8	$C = 4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0/(1/r_i - 1/r_a)$ = 11,1 pF

Hochschule Zittau/Görlitz (FH)
Fachbereich Elektro- und Informationstechnik
Lehrfach: Grundlagen der Elektrotechnik I
Prof. Dr.-Ing. Bärsch / Prof. Dr.-Ing. Haim

Zittau, den 28.09.2007

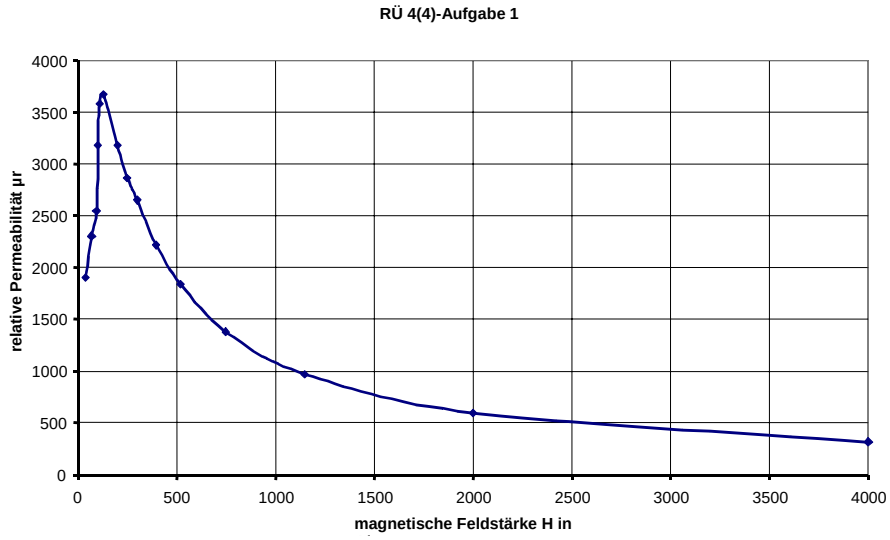
Lösungen zur Rechenübung I-11

Aufgabe	**Ergebnis**
1	5 cm: H = 11,1 A/m 10 cm: H = 5,6 A/m 18 cm: H = 3,1 A/m
2	$H_a(r) = \frac{I}{2\pi r}$ $H_i(r) = \frac{I \cdot r}{2\pi r_L^{\,2}}$
3	$r \le r_i: \; H = \frac{I \cdot r}{2\pi \cdot r^2_i}$ $r = r_i ... r_2: \; H = \frac{I}{2\pi \cdot r}$ $r = r_2 ... r_3: \; H = \frac{I \cdot (r_3^{\,2} - r^2)}{2\pi \cdot r \cdot (r_3^{\,2} - r_2^{\,2})}$
4	B_{min} = 2,09 mT B_{max} = 2,4 mT B_{mittel} = 2,23 mT **Lösungsweg:** H = N·I/l mit l =2·π·r (Flusslinienlänge = Umfang) ⇒B = μ_0·H ⇒ $l_{max} = \pi \cdot d_a$ = 0,723m ⇒ B_{min} = 2,09 mT ⇒ $l_{min} = \pi \cdot d_i$ = 0,628m ⇒ B_{max} = 2,4 mT ⇒ $l_{mit} = \pi \cdot (d_a + d_i)/2$ = 0,675m ⇒ B_{mittel} = 2,23 mT
5	H ≈ 1643 A/m B ≈ 2,07 mT Φ ≈ 1,01 µVs
6	H(A) = 0,945 A/cm H(B) = 1.11A/cm

Hochschule Zittau/Görlitz (FH)
Fachbereich Elektro- und Informationstechnik
Lehrfach: Grundlagen der Elektrotechnik I
Prof. Dr.-Ing. Bärsch / Prof. Dr.-Ing. Haim

Zittau, den 28.09.2007

Lösungen zur Rechenübung I-12

Aufgabe	**Ergebnis**
1	
2	N = 1400 Φ = 727 µWb **Lösungsweg:** Mittlerer Durchmesser: $D_m = (d_a+d_i)/2$ = 27,5cm $\Rightarrow$ $l_m = \pi \cdot D_m$ = 86,4cm $d_k = (d_a-d_i)/2$ =2,5cm $\Rightarrow$ $A_k = d_k^2 \cdot \pi/4$ =4,91cm^2 $R_m = l_m/\mu_0 \cdot A_k = 14 \cdot 10^8$ A/Vs $\Phi = \Theta/R_m = N \cdot I/R_m \Rightarrow N = \Phi \cdot R_m/I$ = 1400 $H = \Theta/l_m$ =1,62kA/m $\Rightarrow$ aus Magnetisierungskennlinie für Stahlguss B ≈1,48 T $\Phi = B \cdot A_k$ = 727 µWb
3	Θ = 62,1 kA
4	Φ = 0,72 mWb $B = B_L = B_{Fe}$ = 0,45 T H_{Fe} = 100 A/m H_L = 358 kA/m

5	a) $\Phi_{ges} = \frac{I \cdot N \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot A}{(a+b)}$, $\Phi_1 = \Phi_2 = \frac{\Phi_{ges}}{2}$ $V_{mAD} = I \cdot N \cdot \frac{2a+b}{2(a+b)}$ $H = \frac{I \cdot N}{2(a+b)}$ b) Φ_{ges} = 3,77 mWb, $\Phi_1 = \Phi_2$ = 1,89 mWb V_{mAD} = 400 A H = 500 A/m
6	$\Phi_3 = \Phi_L = B_L \cdot A_1$= 1,6 mVs $V_{mL} = \Phi_3 \cdot R_{mL}$ = 159 A $B_3 = B_L$ = 1 T $\Rightarrow$ H_3 = 300 A/m $V_{m3} = H_3 \cdot l_3$ = 89,9 A $V_{m2} = V_{m3} + V_{mL}$ = 248,9 A $H_2 = V_{m2}/l_2$ = 2489 A/m $\Rightarrow$ B_2 = 1,52 T $\Phi_2 = B_2 \cdot A_2$ = 0,61 mVs; $\Phi_1 = \Phi_2 + \Phi_3$ = 2,21 mVs $B_1 = \Phi_1 / A_1$ = 1,38 T $\Rightarrow$ H_1 = 1000 A/m; $V_{m1} = H_1 \cdot l_1$ = 300 A $\Theta = I \cdot N = V_{m1} + V_{m2}$ = 548,9 A $\Rightarrow$ I = 5,5 A