
Handbuch der Fernmeldetechnik

Grundreihe

Lösungsheft
zum Band 4

Einführung

Im Band 4 des „Handbuchs der Fernmeldetechnik – Grundreihe“ werden dem Lernenden zur Übung sowie zur Ergänzung und Vertiefung des behandelten Lehrstoffs in enger Anlehnung an Band 3 – Grundlagen der Gleich- und Wechselstromlehre – Fachrechenaufgaben gestellt. Die Lösungen zu diesen Aufgaben sind in diesem Heft systematisch zusammengestellt. So wäre z. B. das Ergebnis der in dem Band 4 im Abschnitt „2.2 Leitwert“ unter der lfd. Nr. 3 gestellten Aufgabe im Lösungsheft unter der gleichen Bezeichnung („Zu Abschnitt 2.2-Leitwert“) unter der lfd. Nr. 3 zu finden. Die gestellten Aufgaben sowie die dazugehörenden Lösungen sollen es dem Lernenden ermöglichen, seine Rechenfertigkeiten laufend zu überprüfen.

Alle Ergebnisse sind mit dem Rechenstab ermittelt und – wie in der allgemeinen Praxis üblich – gerundet. Schwierige Aufgaben sind durch kurze Fingerzeige für den Lösungsgang ergänzt worden.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
2. Grundlagen der Gleichstromlehre	5
3. Wirkungen des Stroms	20
4. Das elektrische Feld	24
5. Spannungserzeuger	28
6. Magnetismus und seine Größen	29
7. Die Wirkungen des Magnetismus	32
8. Grundlagen der Wechselstromlehre	36
9. Der zusammengesetzte Wechselstromkreis	40
10. Die Messung elektrischer Größen	51
11. Transformatoren/Fernmeldeübertrager	52
12. Anwendungsbeispiele	54

2. Grundlagen der Gleichstromlehre

Zu Abschnitt 2.1 — Elektrizitätsmenge

1. $Q = 12 \text{ Ah}$

2. $I = 83,3 \text{ mA}$

3.

$Q =$	150 As	182,8 As	273,6 As	2,88 As	625 As
-------	--------	----------	----------	---------	--------

4. $Q = 93,8 \text{ Ah}$

5. $Q = 720 \text{ Ah}$

6. $t = 80 \text{ h}$; d.h., die Aufladung ist nach etwa drei Tagen vorzunehmen.

7.

$t =$	18,75 h	15,0 h	13,33 h	53,3 h	12,0 h	51,4 h
-------	---------	--------	---------	--------	--------	--------

8. $Q = 28,1 \text{ Ah}$, gewählt: $Q = 30 \text{ Ah}$

Zu Abschnitt 2.2 — Leitwert

1. $G = 33,33 \text{ mS}$

2. $R = 35,2 \text{ M}\Omega$

3.

$G =$	2 mS	833,3 μS	1,25 μS	1,15 S	278 pS
-------	------	---------------------	--------------------	--------	--------

4.

$R =$	3,33 Ω	238 Ω	27,8 k Ω	2,065 M Ω	1,25 G Ω
-------	---------------	--------------	-----------------	------------------	-----------------

5. $G = 428 \mu\text{S}$

6. $I = 360 \mu\text{A}$

Zu Abschnitt 2.3 — Das Ohmsche Gesetz

1. a) $I = 3075,8 \text{ A}$

b) $I = 77,562 \text{ mA}$

c) $U = 5,329 \text{ V}$

d) $U = 6530 \text{ mV}$

e) $R = 6840 \Omega$

f) $R = 203\,244 \text{ k}\Omega$

g) $G = 86,4 \text{ mS}$

h) $G = 11,86 \text{ S}$

2. $I = 214 \text{ mA}$

3. $R = 100 \Omega$

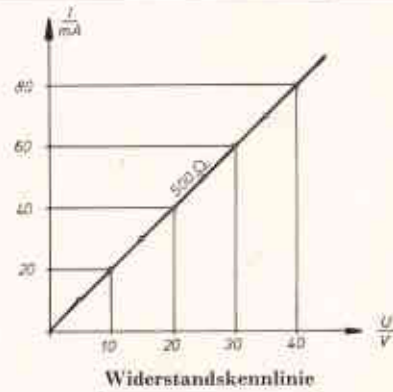
4.

$I =$	600 mA	120 mA	60 mA	30 mA	20 mA	15 mA
-------	--------	--------	-------	-------	-------	-------

5. a)

$I =$	10 mA	20 mA	30 mA	40 mA	50 mA	60 mA	70 mA	80 mA
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

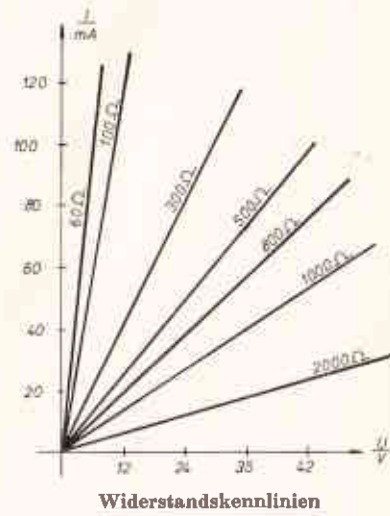
b) Maßstäbe: U 10 V $\triangleq$ 1 cm
 I 20 mA $\triangleq$ 1 cm



6. a)

$R =$	60 Ω	100 Ω	300 Ω	500 Ω	800 Ω	1000 Ω	2000 Ω
-------	------	-------	-------	-------	-------	--------	--------

b) Maßstäbe: U 12 V $\triangleq$ 1 cm
 I 10 mA $\triangleq$ 1 cm



Zu Abschnitt 2.4 — Widerstand und Temperatur

1. a) $R_{20} = 5,35 \Omega$ b) $R_{65} = 15,0 \Omega$
2. a) $R_{20} = 95,0 \Omega$ b) $R_{35} = 100,7 \Omega$ c) $R_{10} = 91,2 \Omega$
3. $R_{1200} = 1070 \Omega$
4. $R_{20} = 112 \Omega$

5. $t_2 = 27,2^\circ \text{C}$

6. $t_2 = 92,5^\circ \text{C}$; die Unterspannungswicklung genügt nicht den VDE-Vorschriften.

7. $R_{20} = 9,2 \Omega$

8. $R_{20} = 2000 \Omega$

9. $R_{20} = 1088 \Omega$

10. a) $R_{20} = 62,5 \Omega$ b) $R_{-20} = 53,9 \Omega$

11. $t_2 = 32,9^\circ \text{C}$

12. a) $R_{20} = 312 \Omega$ b) $I_1 = 103 \text{ mA}$ c) $l = 1224 \text{ m}$

13. $l = 4975 \text{ m}$

14. $R_{200} = 1,13 \Omega$, gerechnet mit $\rho = 50 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

15.

$R_2 =$	296 Ω	312 Ω	324 Ω	336 Ω	364 Ω	378 Ω
---------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

16. $\alpha = -0,0055 \text{ } 1/^\circ \text{C}$

17.

$R_1 =$	241 Ω	119 Ω	70 Ω	50 Ω	22,4 Ω	8,9 Ω
---------	-------	-------	------	------	--------	-------

Zu Abschnitt 2.5 — Leiterwiderstand

1. $d = 1,171 \text{ mm}$, gewählt: $d = 1,2 \text{ mm}$

2. $R = 96 \Omega$

3. $d = 0,578 \text{ mm}$, gewählt: $d = 0,6 \text{ mm}$

4. $A = 1,564 \text{ mm}^2$

5. $R = 23,95 \text{ m}\Omega$

6. $R = 325,6 \text{ m}\Omega$

7. Drahtlänge $l = 314 \text{ m}$, Baulänge $l = 157 \text{ m}$

8.

$R =$	42,9 Ω	60,0 Ω	77,2 Ω	85,8 Ω	107 Ω	117 Ω
$R =$	19,1 Ω	26,7 Ω	34,4 Ω	38,2 Ω	46,5 Ω	52,2 Ω
$R =$	10,8 Ω	15,1 Ω	19,4 Ω	21,5 Ω	26,9 Ω	29,4 Ω

9. 0,4 mm Cu: $l = 3,15 \text{ km}$, 0,6 mm Cu: $l = 7,06 \text{ km}$, 0,8 mm Cu: $l = 12,56 \text{ km}$

10. $R = 597 \text{ m}\Omega$, gerechnet mit $\rho = 50 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

11. $R = 636 \text{ m}\Omega$, gerechnet mit $\rho = 50 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

12. $l = 4730 \text{ m}$

13. $A_{\text{Cu}}:A_{\text{Al}} = 1:1,545$

14. $d_{\text{Cu}}:d_{\text{Al}} = 1:1,241$

15. $R = 61,4 \Omega$

16. $N = 4850$

17. $\Delta l = 1737 \text{ m}$

18. $l = 553 \text{ m}$

19. $\rho = 0,416 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

20. $d_K = 1,03 \text{ mm}$

Zu Abschnitt 2.6 — Stromdichte

1. $S = 5 \text{ A/mm}^2$

2. $S = 8,33 \text{ kA/mm}^2$

3. $d = 1,514 \text{ mm}$, gewählt $d = 1,6 \text{ mm}$

4. a) $S_1 = 2 \text{ A/mm}^2$ b) $S_2 = 12 \text{ A/mm}^2$

5.	S in A/mm^2	0,15	0,263	0,375	0,688	0,907	1,162	1,562
----	------------------------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

6. $S = 16 \text{ A/mm}^2$

7. $S_{\text{Br}} = 6,44 \text{ A/mm}^2$

8. $d = 0,45 \text{ mm}$, gewählt $d = 0,5 \text{ mm}$

Zu Abschnitt 2.7 — Spannungsverlust

1. $A = 22,1 \text{ mm}^2$, gewählt $A = 25 \text{ mm}^2$

2. a) $A = 282 \text{ mm}^2$ b) Flach-Cu 60×5 c) $U_v = 1,87 \text{ V}$

3. $A = 26,2 \text{ mm}^2$, gewählt $A = 35 \text{ mm}^2$

4. a) $A = 20 \text{ mm}^2$ b) $A = 25 \text{ mm}^2$ c) $p = 1,61\%$

5. a) $R_L = 124 \text{ m}\Omega$ b) $U = 220,5 \text{ V}$ c) $p = 4,78\%$

6. $I = 42,2 \text{ A}$

7. $l = 67,8 \text{ m}$

8. a) $A = 230 \text{ mm}^2$ $A = 250 \text{ mm}^2$, Flach-Cu 50×5
 b) $A = 82,5 \text{ mm}^2$ $A = 95 \text{ mm}^2$, isolierte Leitung
 c) $A = 432 \text{ mm}^2$ $A = 500 \text{ mm}^2$, Flach-Cu $2 \times 50 \times 5$

9. $d = 0,454 \text{ mm}$, gewählt $d = 0,6 \text{ mm}$

10. $l = 6,65 \text{ km}$

Zu Abschnitt 2.8 — Reihenschaltung von Widerständen

1. $R = 104 \Omega$, $I = 577 \text{ mA}$, $U_1 = 13,9 \text{ V}$, $U_2 = 7,5 \text{ V}$, $U_3 = 21,9 \text{ V}$, $U_4 = 16,7 \text{ V}$

2. $R_v = 23,5 \text{ k}\Omega$

Spannungsaufteilung ohne R_v : $U_1 = 24 \text{ V}$, $U_2 = 36 \text{ V}$

Spannungsaufteilung mit R_v : $U_v = 56,4 \text{ V}$, $U_1 = 1,44 \text{ V}$, $U_2 = 2,16 \text{ V}$

3.		R	I	U_1	U_2	U_3
a)		1800Ω	$33,3 \text{ mA}$	$13,3 \text{ V}$	$20,0 \text{ V}$	$26,7 \text{ V}$
b)		1900Ω	$2,1 \text{ mA}$	$0,42 \text{ V}$	$2,53 \text{ V}$	$1,05 \text{ V}$
c)		900Ω	$13,3 \text{ mA}$	$0,8 \text{ V}$	$8,0 \text{ V}$	$3,2 \text{ V}$

4. $R_v = 515 \Omega$

5. $I = 240 \text{ mA}$, $U_1 = 28,8 \text{ V}$, $U_2 = 19,2 \text{ V}$

6. $I = 37,5 \text{ mA}$, $R_1 = 1347 \Omega$, $R_2 = 253 \Omega$

7.		I	R_1	R_2	U_1
a)		$30,0 \text{ mA}$	1600Ω	400Ω	48 V
b)		$2,22 \text{ mA}$	810Ω	990Ω	$1,8 \text{ V}$
c)		$21,4 \text{ mA}$	252Ω	168Ω	$5,4 \text{ V}$

Zu Abschnitt 2.9 — Leerlaufspannung und Klemmenspannung

1. $U = 92 \text{ V}$

2. $U_o = 220 \text{ V}$

3. $I = 22,2 \text{ A}$

4. $I_k = 30 \text{ A}$

5. $R_l = 333 \text{ m}\Omega$

6.	$U =$	$61,57 \text{ V}$	$61,1 \text{ V}$	$60,5 \text{ V}$	$60,1 \text{ V}$	$59,6 \text{ V}$	$59,1 \text{ V}$	$57,6 \text{ V}$
----	-------	-------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

7.	$I =$	$0,749 \text{ A}$	$1,36 \text{ A}$	$3,72 \text{ A}$	$6,89 \text{ A}$	$35,3 \text{ A}$	$120,0 \text{ A}$
	$U =$	$59,9 \text{ V}$	$59,9 \text{ V}$	$59,6 \text{ V}$	$59,3 \text{ V}$	$56,5 \text{ V}$	$48,0 \text{ V}$

8.	$I =$	$0,246 \text{ A}$	$0,307 \text{ A}$	$0,409 \text{ A}$	$0,614 \text{ A}$	$1,224 \text{ A}$	$2,43 \text{ A}$
	$U =$	$24,6 \text{ V}$	$24,6 \text{ V}$	$24,6 \text{ V}$	$24,5 \text{ V}$	$24,5 \text{ V}$	$24,4 \text{ V}$

9. $R_l = 47,6 \text{ m}\Omega$

10. a) $I = 36,35 \text{ mA}$ b) $U_{\text{Hvt}} = 23,65 \text{ V}$ c) $U_{\text{ADo}} = 7,26 \text{ V}$

11.

$I =$	47,7 mA	44,4 mA	41,3 mA	36,5 mA	31,0 mA	28,2 mA
$U_{\text{Hvt}} =$	14,3 V	17,6 V	20,7 V	25,5 V	31,0 V	33,85 V
$U_{\text{ADo}} =$	9,54 V	8,88 V	8,26 V	7,30 V	6,20 V	5,64 V

Zu Abschnitt 2.10 — Parallelschaltung von Widerständen

- $R = 240 \Omega$
- $R = 116 \Omega$, $I = 517 \text{ mA}$, $I_1 = 250 \text{ mA}$, $I_2 = 167 \text{ mA}$, $I_3 = 100 \text{ mA}$
- $R_2 = 266,6 \Omega$
- Der Zusatzwiderstand muß parallelgeschaltet werden; $R_2 = 333,33 \Omega$
- $I = 506 \text{ mA}$, $U = 4,6 \text{ V}$
- $R_3 = 300 \Omega$; Stromaufteilung: $I_1 = 100 \text{ mA}$, $I_2 = 50 \text{ mA}$, $I_3 = 200 \text{ mA}$
Stromaufteilung ohne R_3 : $I_1 = 100 \text{ mA}$, $I_2 = 50 \text{ mA}$, $I = 150 \text{ mA}$

7.

	R	I	I_1	I_2	I_3
a)	185 Ω	325 mA	150 mA	100 mA	75 mA
b)	437 Ω	9,15 mA	4,0 mA	3,33 mA	1,82 mA
c)	187 Ω	64,23 mA	13,33 mA	10,9 mA	40,0 mA

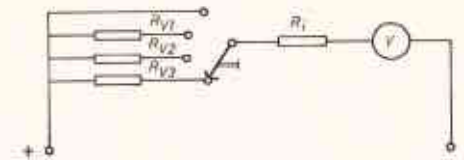
Zu Abschnitt 2.11 — Meßbereichserweiterung für Spannungsmesser

- $R_v = 36 \text{ k}\Omega$, $I = 1,5 \text{ mA}$
- a) $R_v = 10,8 \text{ k}\Omega$, $I = 1,25 \text{ mA}$

b)

Spannungswert in V	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Teilstrich	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

3. a)



Vielfachmeßschaltung

- b) $R_{v1} = 16,2 \text{ k}\Omega$, $R_{v2} = 34,2 \text{ k}\Omega$, $R_{v3} = 70,2 \text{ k}\Omega$

- 4.

	R_v
a)	21,6 k Ω
b)	36,0 k Ω
c)	36,0 k Ω

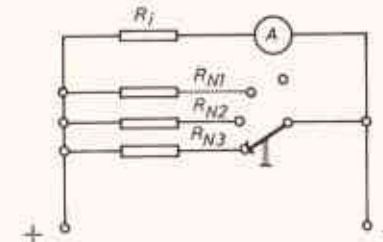
Zu Abschnitt 2.12 — Meßbereichserweiterung für Strommesser

- $R_n = 26,7 \text{ m}\Omega$, $U = 1,44 \text{ V}$
- a) $R_n = 30,0 \text{ m}\Omega$, $U = 180 \text{ mV}$

- b)

Stromwert in A	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Teilstrich	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

3. a)



Vielfachmeßschaltung

- b) $R_{n1} = 21,0 \text{ m}\Omega$, $R_{n2} = 9,333 \text{ m}\Omega$, $R_{n3} = 4,42 \text{ m}\Omega$

- 4.

	R_n
a)	350 m Ω
b)	13,3 m Ω
c)	160 m Ω

Zu Abschnitt 2.13 — Parallelschaltung mit Vorwiderstand

1. $R = 743 \Omega$, $I = 80,7 \text{ mA}$, $I_2 = 46,1 \text{ mA}$, $I_3 = 34,6 \text{ mA}$, $U_1 = 32,3 \text{ V}$,
 $U_2 = 27,7 \text{ V}$

2. $R_3 = 858 \Omega$

3. $R_1 = 489 \Omega$

4.

	R	I	I_2	I_3	U_1	U_2	U_3
a)	700 Ω	85,8 mA	57,2 mA	28,6 mA	25,7 V	34,3 V	34,3 V
b)	1400 Ω	42,8 mA	28,5 mA	14,3 mA	51,4 V	8,6 V	8,6 V
c)	1200 Ω	50 mA	25 mA	25 mA	30,0 V	30,0 V	30,0 V

5. $R_1 = R_2 = R_3 = 222 \Omega$

Zu Abschnitt 2.14 — Reihenschaltung mit Parallelwiderstand

1. $R = 848 \Omega$, $I = 70,8 \text{ mA}$, $I_1 = 37,5 \text{ mA}$, $I_3 = 33,3 \text{ mA}$, $U_1 = 15,0 \text{ V}$,
 $U_2 = 45,0 \text{ V}$, $U_3 = 60 \text{ V}$

2. $R_3 = 389 \Omega$

3. $R_{VL} = 291 \Omega$

4.

	R	I	I_1	I_3	U_1	U_2	U_3
a)	514 Ω	116,6 mA	66,7 mA	50 mA	20 V	40 V	60 V
b)	429 Ω	140 mA	40 mA	100 mA	48 V	12 V	60 V
c)	257 Ω	233,3 mA	33,3 mA	200 mA	20 V	40 V	60 V

5. $R_1 = R_2 = R_3 = 600 \Omega$

Zu Abschnitt 2.15 — Parallelschaltung von Reihenwiderständen

1. $R = 480 \Omega$, $I = 125 \text{ mA}$, $I_1 = 50 \text{ mA}$, $I_3 = 75 \text{ mA}$, $U_1 = 25 \text{ V}$,
 $U_2 = 35 \text{ V}$, $U_3 = 45 \text{ V}$, $U_4 = 15 \text{ V}$

2. $R_4 = 593 \Omega$

3.

	R/Ω	I/mA	I_1/mA	I_3/mA	U_1/V	U_2/V	U_3/V	U_4/V	U_{AB}/V
a)	856	70,1	42,8	27,3	25,7	34,3	27,3	32,7	+ 1,6
b)	900	66,7	33,3	33,3	26,7	33,3	40,0	20,0	+ 13,3
c)	856	70,1	27,3	42,8	27,3	32,7	25,7	34,3	- 1,6
d)	900	66,7	33,3	33,3	40,0	20,0	26,7	33,3	- 13,3

4.

	R_4/Ω	R/Ω	I/mA	I_1/mA	I_3/mA	U_1/V	U_2/V	U_3/V	U_4/V
a)	1600	1029	58,3	33,3	25,0	20,0	40,0	20,0	40,0
b)	222	464	129,2	46,2	83,0	41,5	18,5	41,5	18,5
c)	3000	1800	33,3	20,0	13,3	20,0	40,0	20,0	40,0
d)	214	360	166,7	50,0	176,7	35,0	25,0	35,0	25,0

5. $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 500 \Omega$

Zu Abschnitt 2.16 — Reihenschaltung von Parallelwiderständen

1. $R = 560 \Omega$, $I = 107 \text{ mA}$, $U_1 = 30,8 \text{ V}$, $U_2 = 29,2 \text{ V}$, $I_1 = 76,2 \text{ mA}$,
 $I_3 = 30,8 \text{ mA}$, $I_2 = 48,6 \text{ mA}$, $I_4 = 58,4 \text{ mA}$

2. $R_1 = 204 \Omega$

3.

	R/Ω	I/mA	U_1/V	U_2/V	I_1/mA	I_3/mA	I_2/mA	I_4/mA	I_{AB}/mA
a)	629	95,4	32,7	27,3	54,5	40,9	27,3	68,1	+ 27,2
b)	629	95,4	27,3	32,7	27,3	68,1	40,8	54,5	- 13,5
c)	629	95,4	32,7	27,3	40,9	54,5	67,8	27,3	- 27,2
d)	629	95,4	27,3	32,7	68,1	27,3	54,4	40,9	+ 13,5

4.

	R_4/Ω	R/Ω	I/mA	U_1/V	U_3/V	I_1/mA	I_3/mA	I_2/mA	I_4/mA
a)	571	640	93,7	35,0	25,0	50,0	43,7	50,0	43,7
b)	2700	1110	54,1	15,0	45,0	37,5	16,6	37,5	16,6
c)	750	900	66,7	40,0	20,0	40,0	26,7	40,0	26,7
d)	200	257	233,3	40,0	20,0	133,3	100,0	133,3	100,0

5. $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 667 \Omega$

Zu Abschnitt 2.17 — Gemischte Schaltungen

1. a) Reihenwiderstand $R_{VL} = 60 \Omega$ zur Lampe

b) Reihenwiderstand $R_{VL} = 100 \Omega$ zur Lampe
 Parallelwiderstand $R_{pR} = 247 \Omega$ zum Widerstand R

- c) Reihenwiderstand $R_{VT} = 200 \Omega$ zum T-Relais
 Parallelwiderstand $R_{PR} = 400 \Omega$ zum Widerstand R
 d) Reihenwiderstand $R_{VL} = 60 \Omega$ zur Lampe
 Reihenwiderstand $R_{VR} = 157 \Omega$ zum Widerstand R

2. a) $I = 5,66 \text{ mA}$ b) $I = 1,68 \text{ mA}$

	Widerstand		Spannung			
	Mikrofon- $R_M \Omega$	Gesamt- $R \Omega$	Wecker- U_{1600V}	Teil- U_{50V}	Mikrofon- $U_M V$	Gesamt- $U V$
a)	200	194	5,2	1,18	4,02	5,2
b)	180	183	5,2	1,26	3,94	5,2
b)	220	206	5,2	1,10	4,10	5,2

	Strom				
	Gesamt- $I \text{ mA}$	Wecker- $I_{100 \text{ mA}}$	Apparate- $I_{50 \text{ mA}}$	Anpassungs- $I_{200 \text{ mA}}$	Mikrofon- $I_M \text{ mA}$
a)	26,80	3,25	23,55	3,35	20,15
b)	28,40	3,25	25,15	3,29	21,86
b)	25,26	3,25	22,00	3,42	18,58

- c) $\Delta I_M = 3,28 \text{ mA}$

4. $R = 1931 \Omega$, $I = 31,0 \text{ mA}$, $I_{100} = 2,54 \text{ mA}$, $I_{50} = 28,46 \text{ mA}$,
 $I_{200} = 2,20 \text{ mA}$, $I_M = 26,26 \text{ mA}$
 $U_A = 31,0 \text{ V}$, $U_L = 24,8 \text{ V}$, $U_{50} = 1,423 \text{ V}$, $U_{200} = 0,44 \text{ V}$,
 $U_{1000} = 2,175 \text{ V}$, $U_M = 2,61 \text{ V}$, $U_{100} = 0,25 \text{ V}$, $U_{1500} = 3,77 \text{ V}$
 Am Fernsprechapparat liegt eine Spannung von etwa $= 4,0 \text{ V}$.

5. Fehlstrom: $I = 10,7 \text{ mA}$, Anzugsstrom: $I = 100 \text{ mA}$

6. a) $I_P = 35,4 \text{ mA}$ b) $I_{P1} = 2,0 \text{ mA}$

- c) $I = 37,2 \text{ mA}$, $I_P = 35,4 \text{ mA}$, $I_{P1} = 2,0 \text{ mA}$, $U_A = 7,48 \text{ V}$,
 $U_C = 5,59 \text{ V}$, $U_C = 44,8 \text{ V}$, $U_P = 2,12 \text{ V}$, $U_{P1} = 2,00 \text{ V}$,
 $U_{P1} = 0,12 \text{ V}$

7. $R_{VL1} = 100 \Omega$, $R_{VL2} = 120 \Omega$

8. a) Parallelwiderstand $R_{PL1} = 300 \Omega$ zur Lampe L_1

- b) $R = 266 \Omega$, $I = 180 \text{ mA}$, $I_1 = 100 \text{ mA}$, $I_P = 80 \text{ mA}$, $U_1 = 24 \text{ V}$,
 $U_2 = 24 \text{ V}$

9. Hierbei sind verschiedene Lösungen möglich. Es sind die Lösungsergebnisse angegeben, bei denen jede Glühlampe jeweils einen Vorwiderstand erhält.

- a) $R_{VL1} = 360 \Omega$, $R_{VL2} = 450 \Omega$, $R_{VL3} = 225 \Omega$
 b) $R_{VL1} = 1200 \Omega$, $R_{VL2} = 360 \Omega$, $R_{VL3} = 60 \Omega$
 c) $R_{VL1} = 267 \Omega$, $R_{VL2} = 80 \Omega$, $R_{VL3} = 300 \Omega$
 d) $R_{VL1} = 450 \Omega$, $R_{VL2} = 0$, $R_{VL3} = 480 \Omega$

10. a) $R = 581 \Omega$, $I = 103 \text{ mA}$, $U_1 = 34,3 \text{ V}$, $U_3 = 25,7 \text{ V}$, $I_1 = 68,7 \text{ mA}$,
 $U_2 = 34,3 \text{ mA}$, $I_3 = 32,0 \text{ mA}$, $I_4 = 28,5 \text{ mA}$, $I_5 = 42,5 \text{ mA}$
 b) $R = 1050 \Omega$, $I = 57,1 \text{ mA}$, $U_1 = 27,4 \text{ V}$, $U_3 = 32,6 \text{ V}$, $I_1 = 22,8 \text{ mA}$,
 $I_2 = 34,3 \text{ mA}$, $I_3 = 27,2 \text{ mA}$, $I_4 = 16,3 \text{ mA}$, $I_5 = 13,6 \text{ mA}$
 c) $R = 579 \Omega$, $I = 104 \text{ mA}$, $U_1 = 40,8 \text{ V}$, $U_3 = 19,2 \text{ V}$, $I_1 = 45,5 \text{ mA}$,
 $I_2 = 58,5 \text{ mA}$, $I_3 = 24,0 \text{ mA}$, $I_4 = 32,0 \text{ mA}$, $I_5 = 48,0 \text{ mA}$
 d) $R = 1345 \Omega$, $I = 44,6 \text{ mA}$, $U_1 = 24,3 \text{ V}$, $U_3 = 35,6 \text{ V}$, $I_1 = 24,3 \text{ mA}$,
 $I_2 = 20,3 \text{ mA}$, $I_3 = 14,9 \text{ mA}$, $I_4 = 9,90 \text{ mA}$, $I_5 = 19,8 \text{ mA}$

Zu Abschnitt 2.18 — Leitungs- und Isolationswiderstand

1. $R_L = 84,5 \Omega$, $R_{iso} = 2,46 \text{ M}\Omega$

2. $R_L = 161,2 \Omega$, $R_{iso} = 1,34 \text{ M}\Omega$

3.	$R_L =$	33,8 Ω	54,0 Ω	72,0 Ω	90,0 Ω	101 Ω	157 Ω	225 Ω
	$R_{iso} =$	8,33 $\text{M}\Omega$	5,22 $\text{M}\Omega$	3,91 $\text{M}\Omega$	3,13 $\text{M}\Omega$	2,78 $\text{M}\Omega$	1,79 $\text{M}\Omega$	1,25 $\text{M}\Omega$

4. $R_L = 27,4 \Omega$, $R_{iso} = 906 \text{ k}\Omega$

5. a) $l = 3,075 \text{ km}$ b) $R_{iso} = 154 \text{ M}\Omega$

Zu Abschnitt 2.19 — Spannungsteiler

1.	$U_1 =$	18,0 V	3,46 V	5,81 V	7,5 V	8,77 V	9,8 V	10,59 V
----	---------	--------	--------	--------	-------	--------	-------	---------

2.	$U_1 =$	6,43 V	10,6 V	15,0 V	21,2 V	32,1 V	60,0 V
	$I =$	53,6 mA	61,8 mA	75,0 mA	97,1 mA	131,2 mA	250 mA
	$I_1 =$	21,4 mA	35,3 mA	50,0 mA	70,7 mA	107,1 mA	200 mA
	$I_2 =$	32,2 mA	26,5 mA	25,0 mA	26,4 mA	32,1 mA	50 mA

3. a) $R_2 = 240 \Omega$ b) $U_{vo} = 55,3 \text{ V}$

- c) unbelastet: $I = 231 \text{ mA}$, $U_1 = 64,7 \text{ V}$, $U_2 = 55,3 \text{ V}$
 belastet: $I = 300 \text{ mA}$, $U_1 = 84,0 \text{ V}$, $U_2 = 36,0 \text{ V}$, $U_v = 36,0 \text{ V}$,
 $I_v = 150 \text{ mA}$, $I_2 = 150 \text{ mA}$

Zu Abschnitt 2.20 — Brückenschaltung

1. $R_x = 1144 \Omega$

2. $R_4 = 800 \Omega$

3. $R_4 = 533 \Omega$

Zu Abschnitt 2.21 — Schaltung mit mehreren Spannungsquellen

1. $U_{AB} = +40 \text{ V}$

2. $U_{AB} = +20 \text{ V}$

3.

	I_1	I_2	I_3	I_5	U_1	U_2	U_3
a)	42,9 mA	42,9 mA	16,7 mA	59,6 mA	17,2 V	12,8 V	10,0 V
b)	57,2 mA	57,2 mA	37,5 mA	94,7 mA	17,1 V	22,9 V	30,0 V
c)	60,0 mA	60,0 mA	90,0 mA	150 mA	48,0 V	12,0 V	45,0 V
d)	72,7 mA	72,7 mA	44,5 mA	117,2 mA	29,0 V	51,0 V	40,0 V

4.

	I_1	I_2	I_3	I_5	U_1	U_2	U_3
a)	11,1 mA	16,7 mA	11,1 mA	5,6 mA	4,45 V	10,0 V	5,55 V
b)	16,7 mA	37,5 mA	16,7 mA	54,2 mA	13,3 V	30,0 V	6,7 V
c)	4,17 mA	27,8 mA	4,17 mA	31,97 mA	2,08 V	25,0 V	2,92 V
d)	0	25,0 mA	0	25,0 mA	0	30,0 V	0

Zu Abschnitt 2.22 — Reihenschaltung von Spannungsquellen

1. $U_{OG} = 4,5 \text{ V}$, $R_{IG} = 1,2 \Omega$

2. a) $I = 92,5 \text{ mA}$ b) $U = 3,89 \text{ V}$ c) $K_1 = 8,88 \text{ Ah}$ d) $K = 8,88 \text{ Ah}$

3. a) $n = 73 \text{ Elemente}$ b) $K = 11,5 \text{ Ah}$, $K_1 = 11,5 \text{ Ah}$

Zu Abschnitt 2.23 — Parallelschaltung von Spannungsquellen

1. $U_{OG} = 1,5 \text{ V}$, $R_{IG} = 0,2 \Omega$

2. a) $I = 47,3 \text{ mA}$ b) $U = 1,99 \text{ V}$ c) $K = 4,54 \text{ Ah}$ d) $K_1 = 1,514 \text{ Ah}$

3. a) $p = 4 \text{ Elemente}$ b) $K = 9,4 \text{ Ah}$, $K_1 = 2,35 \text{ Ah}$

Zu Abschnitt 2.24 — Gruppenschaltung von Spannungsquellen

1. $U_{OG} = 6,0 \text{ V}$, $R_{IG} = 0,533 \Omega$

2. a) $I = 140 \text{ mA}$ b) $U = 5,89 \text{ V}$ c) $K = 13,45 \text{ Ah}$ d) $K_1 = 6,73 \text{ Ah}$

3. a) $n = 2 \text{ Elemente}$ b) $p = 4 \text{ Elemente}$ c) $K = 19,35 \text{ Ah}$, $K_1 = 4,83 \text{ Ah}$

Zu Abschnitt 2.25 — Elektrische Leistung

1. a) $P = 3000016,264 \text{ mW}$ b) $P = 426001,579 \text{ W}$

2. $I = 0,341 \text{ A}$

3. $U = 52,5 \text{ V}$

4. $P = 6 \text{ W}$

5. $U = 220 \text{ V}$ (gerundet)

6. a) $R_v = 6 \Omega$

b) $P_v = 268 \text{ W}$

c) $I_v = 7 \text{ A}$

7. a) Einschaltaugenblick: $P = 432 \text{ W}$

b) Betriebswert: $P = 40 \text{ W}$ (gerundet)

8.

$P =$	$2 \mu\text{W}$	$0,5 \text{ W}$	$1,6 \text{ mW}$	$0,256 \text{ W}$	$14,4 \text{ W}$	$72,0 \text{ W}$
-------	-----------------	-----------------	------------------	-------------------	------------------	------------------

9.

$P =$	$0,64 \text{ W}$	$8,64 \text{ W}$	192 W	2700 W	960 W
-------	------------------	------------------	-----------------	------------------	-----------------

10.

$P =$	1 nW	$833 \mu\text{W}$	1 mW	$53,3 \text{ mW}$	4 W	$66,7 \text{ W}$
-------	----------------	-------------------	----------------	-------------------	---------------	------------------

11. a) Tatsächliche Leistungsaufnahme: $P_1 = 67,5 \text{ W}$, $P_2 = 36,4 \text{ W}$.

Die Lampe L_1 wird überlastet; sie leuchtet sehr hell auf, während die Lampe L_2 dunkel aufleuchtet. Beide Lampen leuchten jedoch nur so lange, bis der Glühfaden der Lampe L_1 durchbrennt.

b) Zur Lampe L_1 muß ein Parallelwiderstand geschaltet werden: $R_p = 348 \Omega$.

12. Tatsächliche Leistungsaufnahme:

a) $P_1 = 2,78 \text{ W}$, $P_2 = 5,56 \text{ W}$

b) $P_1 = 1,56 \text{ W}$, $P_2 = 4,69 \text{ W}$

c) $P_1 = 1,78 \text{ W}$, $P_2 = 3,56 \text{ W}$

d) $P_1 = 14,0 \text{ W}$, $P_2 = 7,0 \text{ W}$

Zusatzwiderstände:

a) Vorwiderstand zu L_1 $R_v = 72 \Omega$

Parallelwiderstand zu L_2 $R_p = 288 \Omega$

b) Parallelwiderstand zu L_2 $R_p = 432 \Omega$

c) Parallelwiderstand zu L_2 $R_p = 288 \Omega$

d) Vorwiderstand zu L_1 $R_v = 56 \Omega$

Parallelwiderstand zu L_2 $R_p = 384 \Omega$

13. $R_v = 1230 \Omega$

14. a)

$R_1 =$	192Ω	55Ω	486Ω	199Ω	490Ω
$P_1 =$	$9,5 \text{ W}$	$1,39 \text{ W}$	25 W	$2,47 \text{ W}$	$1,49 \text{ W}$

b) Rechenprobe:

Für die Rechenprobe wird die Gesamtleistung des Stromkreises nach zwei verschiedenen Rechenarten durchgeführt:

$$P = U \cdot I$$

$I =$	0,223 A	0,159 A	0,227 A	0,114 A	0,055 A
$U =$	110 V	24 V	220 V	48 V	60 V
$P =$	24,4 W	3,79 W	50 W	5,47 W	3,29 W

$$P = P_1 + P_2$$

$P_2 =$	15 W	2,4 W	25 W	3,0 W	1,8 W
$P_1 =$	9,5 W	1,39 W	25 W	2,47 W	1,49 W
$P =$	24,5 W	3,79 W	50 W	5,47 W	3,29 W

Die Werte der jeweiligen Gesamtleistung stimmen bei beiden Rechnungen überein.

15. a) Vorwiderstand zu L_2 $R_v = 36 \Omega / 4,0 \text{ W}$
Parallelwiderstand zu R $R_p = 89,3 \Omega / 14,4 \text{ W}$
- b) Vorwiderstand zu L_2 $R_v = 96 \Omega / 1,5 \text{ W}$
Parallelwiderstand zu R $R_p = 117 \Omega / 5,02 \text{ W}$
- c) Vorwiderstand zu L_1 $R_v = 72 \Omega / 2,0 \text{ W}$
Parallelwiderstand zu R $R_p = 257 \Omega / 2,24 \text{ W}$
- d) Vorwiderstand zu L_1 $R_v = 60 \Omega / 2,4 \text{ W}$
Parallelwiderstand zu R $R_p = 116 \Omega / 11,2 \text{ W}$
16. a) Parallelwiderstand zu L_1 $R_p = 290 \Omega / 1,99 \text{ W}$
Parallelwiderstand zu L_2 $R_p = 128 \Omega / 4,5 \text{ W}$
- b) Parallelwiderstand zu L_1 $R_p = 179 \Omega / 0,805 \text{ W}$
Parallelwiderstand zu L_2 $R_p = 360 \Omega / 3,6 \text{ W}$
- c) Vorwiderstand zu L_1 $R_v = 84 \Omega / 2,34 \text{ W}$
Parallelwiderstand zu L_1 $R_p = 570 \Omega / 1,0 \text{ W}$
Parallelwiderstand zu L_2 $R_p = 576 \Omega / 4,0 \text{ W}$
- d) Vorwiderstand zu L_1 $R_v = 108 \Omega / 1,33 \text{ W}$
Parallelwiderstand zu L_1 $R_p = 2640 \Omega / 0,49 \text{ W}$
Parallelwiderstand zu L_2 $R_p = 865 \Omega / 1,5 \text{ W}$

Zu Abschnitt 2.26 — Elektrische Arbeit

1. a) $W = 19764 \text{ Ws}$ b) $W = 1765,92 \text{ Wh}$
2. $W = 0,352 \text{ kWh}$
3. $t = 16,67 \text{ h}$
4. $W = 65,2 \text{ Wh}$

5. $W = 11,5 \text{ Wh} | 51,8 \text{ Wh} | 864 \text{ Wh} | 622 \text{ Wh} | 249,6 \text{ Wh} | 379,5 \text{ Wh} | 8420 \text{ Wh}$

Zu Abschnitt 2.27 — Elektrische / mechanische Leistung

1. $P = 3,97 \text{ kW}$
2. $P = 6,0 \text{ kW} = 6000 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 6000 \text{ W}$
3. $P = 654 \text{ W}$

Zu Abschnitt 2.28 — Stromkosten

1. $K = 0,80 \text{ DM pro Monat (gerundet)}$
2. $W = 1203 \text{ kWh}$
3. $k = 0,08 \text{ DM/kWh}$
4. a) $P = 528 \text{ W}$ b) $W = 66 \text{ kWh}$ c) $K = 5,28 \text{ DM pro Monat}$

Zu Abschnitt 2.29 — Wirkungsgrad

1. a) $I = 163 \text{ A}$ b) $P_{zu} = 83,3 \text{ kW}$ c) $P_{zu} = 83,3 \text{ kW} = 83,3 \frac{\text{kNm}}{\text{s}}$
2. $\eta = 0,567$
3. $P_{zu} = 934 \text{ W}$
4. $P_{zu} = 529 \text{ W}$
5. $\eta = 0,81$
6. $\eta_{Ah} = 0,677$
 $\eta_{Wh} = 0,639$

3. Wirkungen des Stroms

Zu Abschnitt 3.1 — Wärmewirkung des Stroms

1. $Q = 269,5 \text{ kJ}$
2. $W = 87,3 \text{ Wh}$
3. $W = 8,14 \text{ kWh}$

Zu Abschnitt 3.2 — Galvanisierung, elektrolytische Korrosion

1. $m = 94,8 \text{ g}$
2. $t = 11 \text{ h } 17 \text{ min}$
3. $m = 1,32 \text{ kg}$
4. a) $V = 200 \text{ cm}^3$ b) $m = 1,740 \text{ kg}$ c) $i = 3 \text{ h } 58 \text{ min}$
5. $I = 7,46 \text{ A}$
6. a) $m = 515 \text{ g}$ b) $t = 6 \text{ h } 25 \text{ min}$
7. $m = 26,8 \text{ kg}$
8. $Q = 2990 \text{ Ah}$
9. $m = 0,61 \text{ g}$
10. $Q = K = 1 \text{ Ah}$
11. a) $m_{\text{H}} = 4,49 \text{ g}$, $m_{\text{O}} = 35,8 \text{ g}$, $m_{\text{H}_2\text{O}} = 40,38 \text{ g}$
 b) $V_{\text{H}} = 50 \text{ dm}^3$, $V_{\text{O}} = 25,1 \text{ dm}^3$
12. a) $I = 60 \mu\text{A}$ b) $m_{\text{Monat}} = 51,2 \text{ mg}$
 $m_{\text{Jahr}} = 614 \text{ mg}$
 c) $\Delta m = 6,14\%$ d) $m_{\text{Monat}} = 43 \text{ mg}$
 $m_{\text{Jahr}} = 516 \text{ mg}$
13. $m = 4,17 \text{ kg}$
14. a) $c = 0,167 \cdot 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{As}}$
 b) Fehler_r = 8,75% (Grund: Verluste durch Zersetzung von Wasser)

Zu Abschnitt 3.3 — Ursprung (Leerlaufspannung) galvanischer Elemente

1. $U_0 = 1,66 \text{ V}$ Braunstein + Zink —
2. $U_0 = 0 \text{ V}$ Keine Potentialdifferenz zwischen zwei gleichen Elektroden im gleichen Elektrolyten.

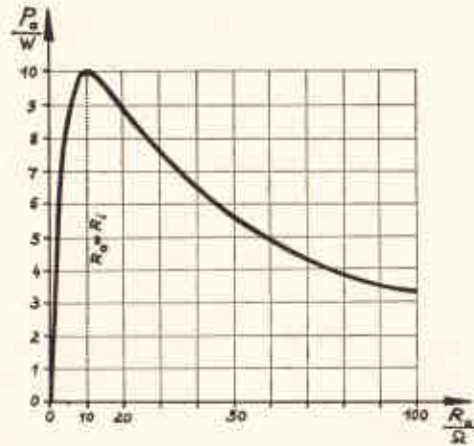
3. $U_0 = 1,61 \text{ V}$
4. $U_0 = 0,31 \text{ V}$
5. $U_0 = 1,393 \text{ V}$
6. $U_0 = 0,76 \text{ V}$
7. $U_0 = 0,74 \text{ V}$
8. $U_0 = 0,49 \text{ V}$
9. a) $U_0 = 0,48 \text{ V}$ b) $I = 64 \text{ mA}$ c) $m = 178 \text{ g}$
10. a) $U_0 = 0,31 \text{ V}$ b) $I = 0,387 \text{ A}$ c) $m = 2,9 \text{ kg}$

Zu Abschnitt 3.4 — Schaltung von galvanischen Elementen und Sammlern

1. $I = 0,909 \text{ A}$, $U = 5,45 \text{ V}$
2. a) $I = 0,789 \text{ A}$, $U_{\text{Ra}} = 4,73 \text{ V}$
 b) $\Delta I = 0,12 \text{ A} \hat{=} 13,2\%$
3. a) $R_{\text{a zul}} \geq 485 \Omega$ b) $U = 72,75 \text{ V}$
4. $U = 3,089 \text{ V}$, $t = 32 \text{ h}$
5. a) $U = 67,5 \text{ V}$ b) $U_{\text{v}} = 6,0 \text{ V}$
 c) $U_{\text{G}} = 61,5 \text{ V}$ d) $n = 3$
6. $I_{\text{max}} = 50 \text{ A}$
7. a) $n = 7$ b) $t = 40 \text{ h}$
8. a) $R_1 = 2,27 \Omega$ b) $R_{11} = 0,378 \Omega$
9. a) $R_1 = 0,75 \Omega$ b) $R_{\text{a}} = 22 \Omega$
10. a) $I = 0,0625 \text{ A} = 62,5 \text{ mA}$ b) $U_{\text{BP}} = 0,219 \text{ V}$
11. a)

R_{a} Ω	R_{ges} Ω	I A	U V	P_{a} W
1	11	1,82	1,82	3,31
2	12	1,67	3,33	5,55
5	15	1,33	6,67	8,85
10	20	1	10	10
20	30	0,667	13,3	8,9
50	60	0,333	16,7	5,55
100	110	0,182	18,2	3,31

b)



Anpassungsdiagramm

c) Bei einem Belastungswiderstand von 10Ω , d. h. für den Fall, daß $R_L = R_1$ ist, wird die größtmögliche Leistung an R_L abgegeben (Anpassung).

12. Reihenschaltung:

$$U_0 = 8 \text{ V}, \quad R_1 = 0,08 \Omega, \quad U = 7,915 \text{ V}, \quad I = 1,06 \text{ A}$$

Parallelschaltung:

$$U_0 = 2 \text{ V}, \quad R_1 = 0,005 \Omega, \quad U = 1,9985 \text{ V}, \quad I = 0,2662 \text{ A}$$

13. $p = 4$ Elemente

14. a) $U_0 = 80 \text{ V}, \quad R_1 = 0,0225 \Omega$ b) $U = 59,73 \text{ V}$

15. a) $U_0 = 24 \text{ V}$ b) $R_1 = 2,13 \Omega$

c) $U = 23,02 \text{ V}, \quad I = 0,46 \text{ A}$

16. a) Gruppenschaltung aus drei parallelen Zweigen mit je zwei in Reihe geschalteten Batterien

b) $U = 8,52 \text{ V}$

Zu Abschnitt 3.5 — Kapazität, Güteverhältnis und Wirkungsgrad galvanischer Spannungsquellen

1. a) $t = 22 \text{ h } 30 \text{ min}$ b) $I_{E \max} = 108 \text{ A}$

2. $t = 32 \text{ h}$

3. $I_{\max} = 14,4 \text{ A}$

4. a) $K = 66 \text{ Ah}$ b) $\eta = 0,88$

5. $\eta = 0,778$

6. $K_{\text{ges}} = 216 \text{ Ah}$

7. a) $K_{24} = 2365 \text{ Ah}$ b) $K_8 = 1500 \text{ Ah}$

8. $Q = 1790 \text{ Ah}$

a) $Q_{9999} = 2100 \text{ Ah}$ b) $K_{8500} = 895 \text{ Ah}$
 $K_{9999} = 1050 \text{ Ah}$

9. $K = 77 \text{ Ah}$

10. a) $K = 0,75 \text{ Ah}$ b) $t = 3 \text{ h } 45 \text{ min}$

11. a) $K = 7,88 \text{ Ah}$ b) $W = 41,4 \text{ Wh}$

c) 1 kWh würde 181 DM kosten

12. $I_{\text{Lad}} = 8 \text{ A}$

13. $K = 62,3 \text{ Ah}$

14. $t_{\text{Lad}} = 19 \text{ h } 36 \text{ min}$

15. a) $t = 4 \text{ h}$ b) $W = 0,98 \text{ Wh}$

c) 1 kWh würde 612 DM kosten

16. $t = 13 \text{ h } 30 \text{ min}$

Zu Abschnitt 3.6 — Batterieladung und -entladung

1. a) $R_v = 860 \Omega$ b) $P_v = 8,6 \text{ W}$

2. a) $I_{\text{Lad}} = 40 \text{ A}$ b) $I_{\text{Lad}} = 27,5 \text{ A}$ c) $U_{\text{Zelle}} = 2,33 \text{ V}$

3. a) $U_{\text{Gr}} = 33,2 \text{ V}$ b) $P_{\text{Gr}} = 398 \text{ W}$

c) $P_{\text{zu}} = 568 \text{ W}$ d) $\eta = 0,546$

4. a) $I_{\text{Li}} = 33,6 \text{ A}$ b) $I_{\text{La}} = 12,5 \text{ A}$

5. a) $R_{\text{Lig}} = 0,04 \Omega$ b) $A = 25,2 \text{ mm}^2$
 $d = 5,65 \text{ mm}$

6. a) $U_0 = 24 \text{ V}$ b) $R_1 = 0,18 \Omega$ c) $U_{\text{Gr}} = 31,08 \text{ V}$

7. a) $R_{\text{Lig}} = 0,015 \Omega$ b) $A_{\text{Cu}} = 43,2 \text{ mm}^2$

c) $d_{\text{Cu}} \geq 7,42 \text{ mm}$ d) $d_{\text{Al}} \geq 9,21 \text{ mm}$

8. $A = 11,5 \text{ mm}^2, \quad d \geq 3,82 \text{ mm}$

9. a) $A = 26,9 \text{ mm}^2$ b) $n = 10$

10. a) $U_0 = 58,5 \text{ V}, \quad R_1 = 0,003 \Omega$

b) $U = 58,365 \text{ V}$ c) $U_v = 0,365 \text{ V}$

d) $R_{\text{Lig}} \leq 0,00812 \Omega$ e) $A = 53,2 \text{ mm}^2$ f) $d \geq 8,24 \text{ mm}$

11. a) $U = 23,025 \text{ V}$ b) $R_{\text{Lig}} = 0,04 \Omega$ c) $d \geq 4,14 \text{ mm}$

4. Das elektrische Feld

Zu Abschnitt 4.1 — Die elektrische Feldstärke

1. $E = 500 \text{ V/cm} = 50 \text{ kV/m}$

2. $E = 2,4 \text{ MV/cm} = 240 \text{ kV/mm}$

3. $s = 0,207 \text{ mm}$

4. E in V/m =	300 000	6 000 000	4 580 000	13 300 000	1 295 000	1 500 000
-----------------	---------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------

5. a) $E_L = 517 \text{ V/cm}$ b) $E_P = 750 \text{ V/cm}$ c) $U_{\bar{u}} = 435 \text{ kV}$
 $U_d = 4 \text{ MV}$

Zu Abschnitt 4.2 — Kapazität

1. a) $C = 701 \mu\text{F}$ b) $C = 25352 \text{ nF}$

2. $C = 295 \text{ pF}$ (gerechnet mit $\epsilon_r = 4,5$)

3. $C =$	133 pF	1,612 nF	496 pF	2,3 nF
----------	--------	----------	--------	--------

4. a) $C = 2,0 \mu\text{F}$ (gerundet) b) $U_{\max} = 50 \text{ V}$

5. $C = 600 \text{ pF}$ (gerundet)

Beachten Sie: Die Gesamtfläche des wirksamen Belags ergibt sich aus dem Produkt der Einzelfläche und der Differenz aus Plattenanzahl minus Eins.

$$A = A_1 \cdot (n - 1) = 18,4 \cdot (23 - 1) = 405 \text{ cm}^2$$

6. $l = 8,6 \text{ m}$

Zu Abschnitt 4.3 — Kapazität und Elektrizitätsmenge

1. $Q = 3 \text{ mAs}$

2. $Q =$	80 μAs	144 nAs	720 μAs	520 μAs
----------	-------------------	---------	--------------------	--------------------

3. $C =$	40 nF	10 μF	300 pF	80 pF	8 μF
----------	-------	------------------	--------	-------	-----------------

4. $U = 60 \text{ V}$

Zu Abschnitt 4.4 — Das elektrische Potential

1. $U_{CB} = -5,7 \text{ V}$, $-U_{CB} = 5,7 \text{ V}$

2. $-U_{CB} = 5,96 \text{ V}$, $-U_{CE} = 6,9 \text{ V}$

3. $-U_{CB} =$	6,86 V	4,0 V	5,29 V	4,63 V	6,89 V
$-U_{CE} =$	7,5 V	5,14 V	6,84 V	5,76 V	7,76 V

Zu Abschnitt 4.5 — Reihenschaltung von Kapazitäten

1. $C = 240 \text{ nF}$, $Q = 14,4 \mu\text{As}$, $Q_1 = Q_2 = Q = 14,4 \mu\text{As}$

2. $C_2 = 534 \text{ nF}$

3. $U_1 = 28 \text{ V}$, $U_2 = 21 \text{ V}$, $U_3 = 11 \text{ V}$

4. a)	$Q =$	5,1 μAs	3,72 nAs	532 nAs	169 μAs
	$U_1 =$	11,3 V	9,9 V	15,7 V	10,6 V
	$U_2 =$	42,5 V	37,2 V	33,2 V	42,3 V
	$U_3 =$	6,2 V	12,9 V	11,1 V	7,1 V
b)	Summe	60 V	60 V	60 V	60 V

Zu Abschnitt 4.6 — Parallelschaltung von Kapazitäten

1. $C = 1 \mu\text{F}$, $Q = 60 \mu\text{As}$, $Q_1 = 24 \mu\text{As}$, $Q_2 = 36 \mu\text{As}$

2. $C = 293 \text{ nF}$; der Kondensator muß parallelgeschaltet werden.

3. $C = 1390 \text{ nF}$, $Q = 83,4 \mu\text{As}$, $Q_1 = 28,8 \mu\text{As}$, $Q_2 = 18,0 \mu\text{As}$,
 $Q_3 = 36,6 \mu\text{As}$

4. a)	$Q =$	65,7 μAs	50,4 nAs	2,76 μAs	2,16 mAs
	$Q_1 =$	21,0 μAs	14,4 nAs	0,84 μAs	0,72 mAs
	$Q_2 =$	5,7 μAs	4,8 nAs	1,20 μAs	0,24 mAs
	$Q_3 =$	39,0 μAs	31,2 nAs	0,72 μAs	1,20 mAs
b)	Summe	65,7 μAs	50,4 nAs	2,76 μAs	2,16 mAs

Zu Abschnitt 4.7 — Gruppenschaltung von Kapazitäten

1. $U_1 = 37 \text{ V}$, $U_2 = 23 \text{ V}$, $U_3 = 60 \text{ V}$

2. a) $C = 212 \text{ nF}$, $Q = 12,7 \mu\text{As}$
 $U_1 = 14,6 \text{ V}$, $U_2 = 9,0 \text{ V}$, $U_3 = 36,4 \text{ V}$,
 $U_4 = 7,4 \text{ V}$, $U_5 = 13,1 \text{ V}$, $U_6 = 39,5 \text{ V}$

b) $U_{AC} = -6,6 \text{ V}$; der Punkt A ist um 6,6 V negativer als der Punkt C.
 $U_{BD} = -2,6 \text{ V}$; der Punkt B ist um 2,6 V negativer als der Punkt D.

Zu Abschnitt 4.8 — Zeitkonstante

1. $\tau = 28,8 \text{ ms}$

2. $t = 5,28 \text{ ms}$

3. a) $I_{\max} = 120 \text{ mA}$

b) $t = 80 \text{ ms}$

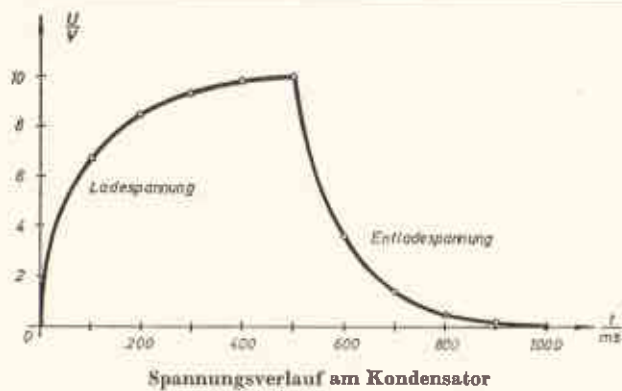
Stromabfall mA	I_0	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
	120	44,2	16,2	6,0	2,16	0,84
Spannungs- anstieg V	U_0	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5
	0	38,0	51,9	57	58,9	59,6

c)



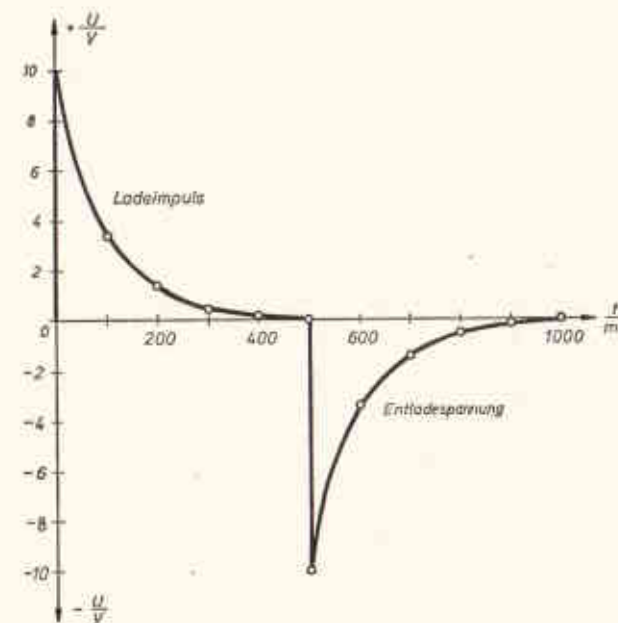
4.

Spannungs- anstieg V	0	6,32	8,65	9,5	9,82	9,93
Spannungs- abfall V	10	3,68	1,35	0,5	0,18	0,07



5.

positiver Spannungs- impuls	V	10	3,68	1,35	0,5	0,18	0,07
negativer Spannungs- impuls	V	-10	-3,68	-1,35	-0,5	-0,18	0,07



6. a) $I_{\max} = 600 \text{ mA}$

b) $t_{\min} = 0,5 \text{ ms}$

5. Spannungserzeuger

Zu Abschnitt 5 — Spannungserzeuger

1. $U = 10 \text{ V}$
2. $U = 80 \text{ V}$
3. $U = 0,9 \text{ V}$
4. $U = 840 \text{ V}$ pro Windung
5. $U = 0 \text{ V}$
6. $U = 1,61 \text{ V}$
7. $U = 4,25 \text{ mV}$
8. $t = 215 \text{ }^{\circ}\text{C}$

6. Magnetismus und seine Größen

Zu Abschnitt 6.1 — Die elektrische Durchflutung

1. $\Theta = 87,5 \text{ A}$
2. $I = 9 \text{ mA}$

3.	$\Theta =$	140 A	176 A	338 A	315 A	106 A	400 A
----	------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

4.	$I =$	275 mA	188 mA	213 mA	453 mA	240 mA	158 mA
----	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

5.	$N =$	306	743	1422	1570	571	843
----	-------	-----	-----	------	------	-----	-----

Zu Abschnitt 6.2 — Die magnetische Feldstärke

Abschnitt 6.2.1 – Spule mit Lufthohlraum

1. $H = 571 \text{ A/m}$
2. a) $I = 5,5 \text{ mA}$ b) $H = 110 \text{ A/m}$

3.	$N =$	5000	6500	2100	20600	1800	1350
----	-------	------	------	------	-------	------	------

4.	$I =$	1800 mA	180 mA	360 mA	288 mA	400 mA	508 mA
----	-------	---------	--------	--------	--------	--------	--------

Abschnitt 6.2.2 – Spule mit unterbrochenem Kern

1. $H = 360\,000 \text{ A/m}$
2. $I = 240 \text{ mA}$
3. $H =$ 184 kA/m | 178 kA/m | 250 kA/m | 212 kA/m | 150 kA/m | 133 kA/m
4. a) $H = 167 \text{ kA/m}$ b) $H = 542 \text{ kA/m}$

Abschnitt 6.2.3 – Spule mit geschlossenem Kern

1. $l = 148 \text{ mm}$
2.

$l =$	16 cm	7,6 cm	10,8 cm	23,2 cm	7,6 cm	13,2 cm
$H =$	300 A/m	126 A/m	306 A/m	103 A/m	396 A/m	1090 A/m
3. $H = 563 \text{ A/m}$
4. $I = 152 \text{ mA}$

Zu Abschnitt 6.3 — Magnetische Flußdichte

Abschnitt 6.3.1 – Spule mit Lufthohraum

1. a) $B = 7,6683 \text{ mT}$ b) $B = 109,25 \mu\text{T}$

2. $B = 2,514 \text{ mT}$

3. a) $H = 35 \text{ kA/m}$ b) $B = 44 \text{ mT}$

4.

$H =$	1,5 kA/m	2,5 kA/m	2,06 kA/m	1,73 kA/m	1,855 kA/m	1,28 kA/m
$B =$	1,885 mT	3,14 mT	2,59 mT	2,17 mT	2,34 mT	1,61 mT

5.

$I =$	796 mA	181 mA	154 mA	334 mA	87,5 mA	117 mA
-------	--------	--------	--------	--------	---------	--------

Abschnitt 6.3.2 – Spule mit unterbrochenem Kern

1. $B = 3,02 \text{ mT}$

2. $B = 367 \text{ mT}$

3. $I = 597 \text{ mA}$

4. Anker angezogen: $B = 301,5 \text{ mT}$; Anker abgefallen: $B = 127 \text{ mT}$

Abschnitt 6.3.3 – Spule mit geschlossenem Kern

1. Aus der Magnetisierungskurve: $B = 1,34 \text{ T}$

2. Aus der Magnetisierungskurve:

$B =$	1,38 T	1,48 T	0,83 T	0,53 T
-------	--------	--------	--------	--------

3. Aus der Magnetisierungskurve:

$H =$	110 A/m	450 A/m	1,15 kA/m	1,3 kA/m
-------	---------	---------	-----------	----------

4. Aus der Magnetisierungskurve: $B = 830 \text{ mT}$

5. Anker angezogen: $B = 1,43 \text{ T}$ (aus der Magnetisierungskurve),
Anker abgefallen: $B = 100 \text{ mT}$

Zu Abschnitt 6.4 — Permeabilitätszahl

1.

HA/m	20	40	60	80	100	120	150	175	230	290
μ_r	4000	4000	4000	4000	4000	4000	3710	3640	3110	2740

2. a) $H = 480 \text{ A/m}$ b) $\mu_r = 2000$

3.

$H \text{ A/m}$	715	1060	900	580	790	820
$B \text{ T}$	1,34	1,45	1,41	1,27	1,37	1,38
μ_r	1490	1090	1250	1740	1380	1340

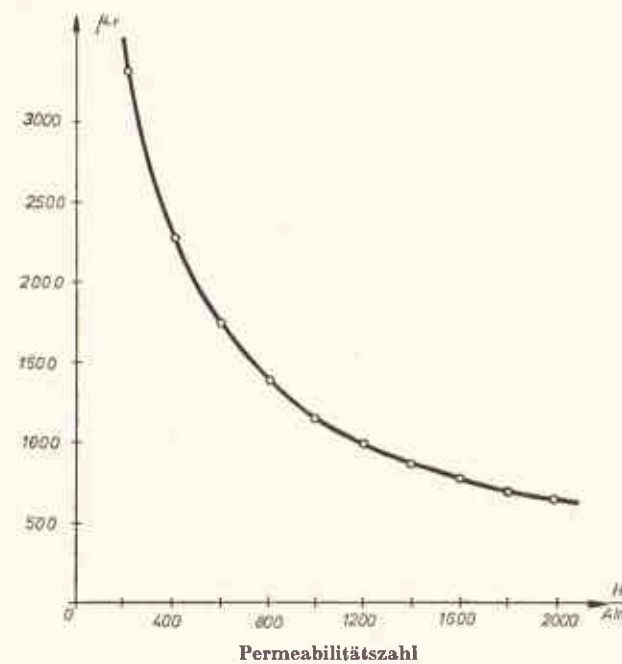
4.

HA/m	222	444	667	1110	1330	1560	1775
$B \text{ T}$	0,9	1,17	1,32	1,46	1,51	1,55	1,57
μ_r	3230	2120	1580	1050	905	790	705

5. a) $\mu_r = 970$ b) Der Kern besteht aus legiertem Blech.

6.

HA/m	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
$B \text{ T}$	0,84	1,14	1,29	1,37	1,44	1,49	1,53	1,55	1,57	1,58
μ_r	3340	2270	1710	1350	1150	990	870	770	695	630



Zu Abschnitt 6.5 — Der magnetische Fluß

1. a) $\Phi = 3,3968 \text{ mWb}$ b) $\Phi = 154,4 \mu\text{Wb}$

2. a) $p = 70\%$ b) $F_k = 0,7$

3. $\Phi = 11 \mu\text{Wb}$

4. $B = 100 \text{ mT}$

5.

$\Phi \text{ in } \mu\text{Wb} =$	40	20,25	8,32	20,16	56,0	31,2	78,0
-----------------------------------	----	-------	------	-------	------	------	------

6.

$B =$	453 mT	937 mT	1,235 T	289 mT	890 mT	786 mT	1,615 T
-------	--------	--------	---------	--------	--------	--------	---------

7. $\Phi = 84 \mu\text{Wb}$

7. Die Wirkungen des Magnetismus

Zu Abschnitt 7.1 — Kraftwirkung im Magnetfeld

1. $F = 1,69 \text{ N}$
2. $B = 208 \text{ mT}$, $\Phi = 23,9 \mu\text{Wb}$
3. $F = 3120 \text{ N}$
4. $F = 936 \text{ mN}$
5. $a = 3,41 \text{ cm}$

6.	$B =$	241 mT	296 mT	296 mT	378 mT	333 mT	362 mT
----	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

7.	$H \text{ kA/m} =$	400	282	346	311	200
	$B \text{ mT} =$	502	354	435	391	251
	$\Phi \mu\text{Wb} =$	40,7	31,9	47,9	29,35	25,1
	$F \text{ N} =$	8,12	4,49	8,29	4,56	2,51

8. a) $B = 1,32 \text{ T}$ b) $H = 650 \text{ A/m}$ c) $N = 1690$
d) $N_s = 50$, $N_w = 34$ e) $A_w = 10,9 \text{ cm}^2$ f) $l = 256 \text{ m}$

Zu Abschnitt 7.2 — Generatorspannung

1. $U_o = 3,33 \text{ V}$

2.	$U_n =$	6,0 V	43,2 V	50,4 V	58,3 V	429 V
----	---------	-------	--------	--------	--------	-------

3. $U_o = 600 \text{ V}$

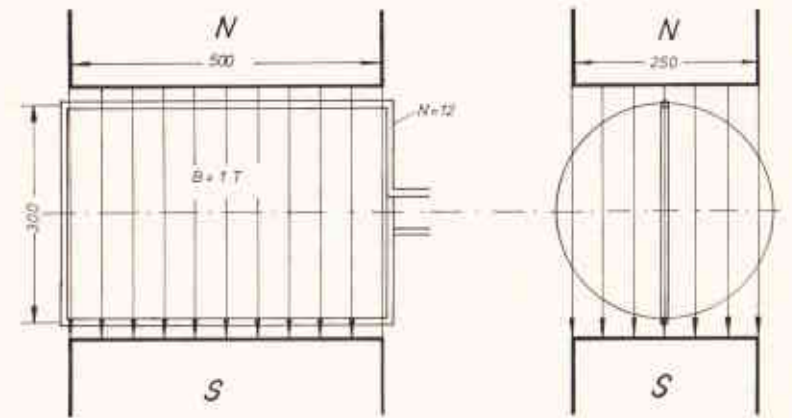
4. $B = 1,39 \text{ T}$

5.	$B =$	1,04 T	1,26 T	0,797 T	0,795 T	1,26 T
----	-------	--------	--------	---------	---------	--------

6. $U_{\max} = 75,5 \text{ V}$

7. a) $v = 18,9 \text{ m/s}$ b) $U_{\max} = 374 \text{ V}$
8. a) $n = 25,0 \text{ 1/s}$ b) $v = 14,1 \text{ m/s}$ c) $B = 308 \text{ mT}$

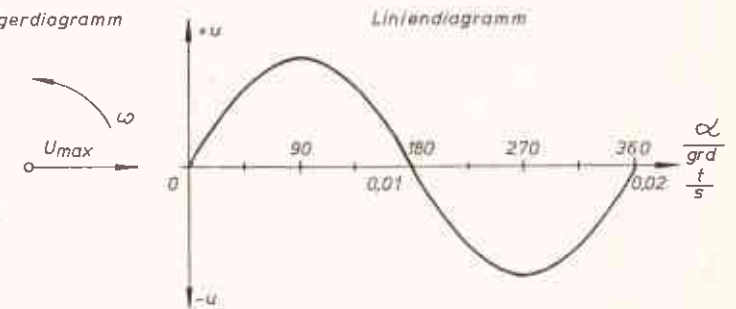
9. a)



Wechselstromgenerator

- b) $n = 50 \text{ 1/s}$ c) $v = 47,1 \text{ m/s}$ d) $U_{\max} = 565 \text{ V}$
e) $U = 400 \text{ V}$ f) $u = 283 \text{ V}$, $u = 400 \text{ V}$, $u = 490 \text{ V}$

g) Zeigerdiagramm



Zeiger- und Liniendiagramm

10.	$U_o =$	30,6 V	108 V	108 V	119 V	217 V	46,4 V
-----	---------	--------	-------	-------	-------	-------	--------

11. a) $U_o = 1,07 \text{ V}$ b) $f = 10,2 \text{ Hz}$ c) $n = 1,46 \text{ 1/s}$

Zu Abschnitt 7.3 — Transformationsspannung

1. $U = 11,5 \text{ V}$
2. a) $U_{p\max} = 244 \text{ V}$ b) $U_{s\max} = 7,43 \text{ V}$
c) $U_{p\text{eff}} = 173 \text{ V}$, $U_{s\text{eff}} = 5,2 \text{ V}$ d) $\ddot{u} = \frac{33}{1}$

3.	$U_1 =$	43 V	48 V	61 V	60 V	87 V	364 V
	$U_2 =$	10,8 V	3,84 V	20,3 V	4,8 V	3,84 V	12,1 V

4.	$N_1 =$	8 840	7 500	10 000	2 280	8 200	5 400	5 550
	$N_2 =$	965	410	273	248	450	540	370

Zu Abschnitt 7.4 — Induktivität

Abschnitt 7.4.1 – Spule mit Lufthohlraum

1. $L = 2,58 \text{ mH}$

2.	$L =$	1,25 mH	3,08 mH	3,13 mH	2,0 mH	2,86 mH
----	-------	---------	---------	---------	--------	---------

Abschnitt 7.4.2 – Spule mit unterbrochenem Kern

1. $L = 51,6 \text{ mH}$

2.	$L =$	49,3 mH	183 mH	322 mH	536 mH	303 mH	618 mH
----	-------	---------	--------	--------	--------	--------	--------

Abschnitt 7.4.3 – Spule mit geschlossenem Kern

1. $L = 673 \text{ mH}$

2. $\mu_r = 4330$

Zu Abschnitt 7.5 — Zeitkonstante

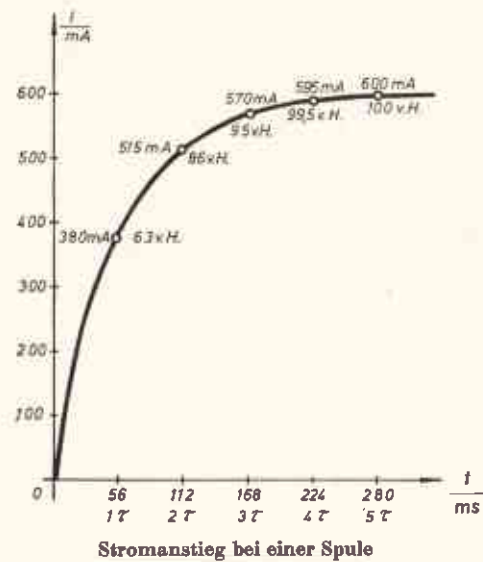
1. $\tau = 50 \text{ ms}$

2. $t = 190 \text{ ms}$

3. $t = 4,64 \text{ ms}$

4. a) $I = 600 \text{ mA}$ b) $t = 280 \text{ ms}$

c)



Zu Abschnitt 7.6 — Reihenschaltung von Induktivitäten

1. $L = 2,12 \text{ H}$

2. $L_2 = 440 \text{ mH}$

3. $L = 176 \text{ mH}$

Zu Abschnitt 7.7 — Parallelschaltung von Induktivitäten

1. $L = 48,9 \text{ mH}$

2. $L_2 = 16,3 \text{ mH}$

3. $L_2 = 2,8 \text{ H}$; die Induktivität muß parallelgeschaltet werden.

Zu Abschnitt 7.8 — Gruppenschaltung von Induktivitäten

1. $L = 1,32 \text{ H}$

2. $L = 53,3 \text{ mH}$

3. a) $L = 388 \text{ mH}$

b) $L = 344 \text{ mH}$

c) $L = 388 \text{ mH}$

8. Grundlagen der Wechselstromlehre

Zu Abschnitt 8.1 — Wechselstromgrößen

Abschnitt 8.1.1 – Polpaarzahl und Frequenz

1. $f = 50 \text{ Hz}$
2. $n = 750 \text{ l/min}$
3. $p = 4 \text{ Polpaare} = 8 \text{ Pole}$

4.	$f =$	50 Hz	100 Hz	50 Hz	25 Hz	50 Hz	33,33 Hz
5.	$n \text{ in l/min} =$	1500	750	375	250	250	

Abschnitt 8.1.2 – Kreisfrequenz

1.	$\omega = 314 \text{ 1/s}$						
2.	$\omega \text{ in 1/s} =$	157	314	1885	21350	5025	10050
3.	$f \text{ in Hz} =$	50	25	340	300	796	1592

Abschnitt 8.1.3 – Periodendauer

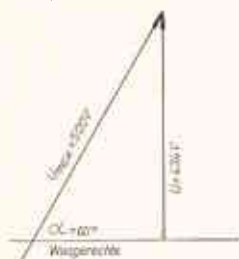
1.	$T = 500 \mu\text{s}$						
2.	$f = 800 \text{ Hz}$						
3.	$T =$	40 ms	20 ms	3,3 ms	290 μs	1,25 ms	625 μs

Abschnitt 8.1.4 – Wellenlänge

1.	$\lambda = 760 \text{ m}$						
2.	$f = 2 \text{ GHz}$						
3.	$\lambda =$	2,5 km	1,5 km	1,07 km	937 m	750 m	500 m

Abschnitt 8.1.5 – Höchstwert und Augenblickswert

1. a)



$$U_{\max} = 500 \text{ V} \hat{=} 100 \text{ mm}$$

$$\alpha = 60^\circ \text{ zur Waagerechten}$$

Von der Zeigerspitze $U_{\max}$ wird das Lot auf die Waagerechte gefällt:

$$u \hat{=} 87 \text{ mm} \hat{=} 435 \text{ V (entsprechend 434 V)}$$

b) $u = 434 \text{ V}$

2.	$u =$	0	40,0 V	78,0 V	110 V	135 V	151 V	156 V
3.	$U_{\max} =$	57,7 V	130 V	228 V	220 V	311 V		
4.	$u = 155,5 \text{ V}$							

Abschnitt 8.1.6 – Effektivwert

1. $U = 379 \text{ V (gerundet 380 V)}$
2. $U_{\max} = 311 \text{ V}$
3. $U = 318 \text{ V}$

4.	$U =$	1,94 V	3,98 V	59,7 V	110,2 V	220 V	
5.	$U_{\max} =$	5,66 V	1,41 V	84,8 V	155,5 V	311 V	

Zu Abschnitt 8.2 — Wechselstromwiderstände

Abschnitt 8.2.1 – Induktiver Blindwiderstand

1. $X_L = 355 \Omega$

2.	$X_L =$	121 Ω	322 Ω	482 Ω	966 Ω	1365 Ω	
----	---------	--------------	--------------	--------------	--------------	---------------	--

3. Bei 300 Hz: $I = 22,3 \text{ mA}$; bei 3400 Hz: $I = 1,97 \text{ mA}$

4. $f = 54,8 \text{ Hz}$

5. $I = 106 \text{ mA}$

6. $L = 298 \text{ mH}$

7. $U = 678 \text{ mV}$

8.	$X_L =$	158,5 Ω	423 Ω	840 Ω	1790 Ω	8400 Ω	
	$I =$	25,25 mA	9,46 mA	4,72 mA	2,24 mA	472 μA	

9. $I = 3,98 \text{ mA}$, $U_1 = 1,68 \text{ V}$, $U_2 = 2,32 \text{ V}$

10.	$X_L =$	678 Ω	1809 Ω	3615 Ω	7680 Ω	13530 Ω	
	$I =$	5,9 mA	2,22 mA	1,11 mA	521 μA	295 μA	
	$U_1 =$	1,33 V	1,33 V	1,33 V	1,33 V	1,33 V	
	$U_2 =$	2,67 V	2,67 V	2,67 V	2,67 V	2,67 V	

11. $L = 115 \text{ mH}$, $X_L = 578 \Omega$, $I = 6,92 \text{ mA}$, $I_1 = 4,43 \text{ mA}$, $I_2 = 2,49 \text{ mA}$

12. Die zusätzliche Induktivität muß parallelgeschaltet werden; $L = 13,28 \text{ mH}$.

13. $I_{L1} = 3,81 \text{ A}$, $I_{L2} = 3,24 \text{ A}$, $I = 7,05 \text{ A}$
 14. $L_3 = 2,47 \text{ mH}$
 15. a) $f = 1750 \text{ Hz}$ b) $I_{L1} = 545 \text{ mA}$, $I_{L2} = 455 \text{ mA}$
 16. $U_{L1} = 154 \text{ V}$, $U_{L2} = 66,0 \text{ V}$
 17. a) $L_3 = 925 \text{ mH}$ b) $U_{L1} = 1,265 \text{ V}$, $U_{L2} = 1,685 \text{ V}$, $U_{L3} = 39,05 \text{ V}$
 18. a) $f = 250 \text{ Hz}$ b) $U_{L1} = 78,5 \text{ V}$, $U_{L2} = 141,5 \text{ V}$
 19. Die Induktivität muß in Reihe geschaltet werden; $L_2 = 38,7 \text{ mH}$.
 20. $I = 21,3 \text{ mA}$
 21. $N = 3030$ Windungen (gerundet: 3000)
 22. $L = 750 \mu\text{H}$
 23. a) $N = 1480$ Windungen b) $\Phi_{\max} = 0,76 \mu\text{Wb}$

24.	$L =$	26,5 mH	31,2 mH	44,4 mH	88,4 mH	199 mH	231 mH
-----	-------	---------	---------	---------	---------	--------	--------

Abschnitt 8.2.2 – Kapazitiver Blindwiderstand

1. $X_C = 554 \Omega$
 2.

$X_C =$	1266 Ω	474 Ω	316 Ω	158 Ω	111,5 Ω
---------	---------------	--------------	--------------	--------------	----------------

 3. Bei 300 Hz: $I = 27,1 \text{ mA}$; bei 3400 Hz: $I = 308 \text{ mA}$
 4. $I = 2,77 \text{ A}$
 5. $f = 38 \text{ Hz}$
 6. $C = 2,66 \mu\text{F}$
 7. $U = 4,96 \text{ V}$
 8.

$X_C =$	625 Ω	235 Ω	117 Ω	55,2 Ω	11,7 Ω
$I =$	6,4 mA	17,0 mA	34,2 mA	72,5 mA	342 mA

 9. $C = 257 \text{ nF}$, $X_C = 775 \Omega$, $I = 5,16 \text{ mA}$, $U_1 = 1,71 \text{ V}$, $U_2 = 2,29 \text{ V}$
 10.

$X_C =$	250 Ω	93,5 Ω	46,8 Ω	22,0 Ω	12,5 Ω
$I =$	16,0 mA	42,8 mA	85,5 mA	181,8 mA	320 mA
$U_1 =$	1,635 V	1,635 V	1,635 V	1,635 V	1,635 V
$U_2 =$	2,365 V	2,365 V	2,365 V	2,365 V	2,365 V

 11. $U_{C1} = 68,7 \text{ V}$, $U_{C2} = 41,3 \text{ V}$
 12. a) $f = 82,3 \text{ Hz}$ b) $U_{C1} = 133,3 \text{ V}$, $U_{C2} = 53,3 \text{ V}$, $U_{C3} = 33,4 \text{ V}$

13. a) $U = 32,35 \text{ V}$
 b) $U_{C1} = 12,92 \text{ V}$, $U_{C2} = 8,63 \text{ V}$, $U_{C3} = 4,32 \text{ V}$, $U_{C4} = 6,48 \text{ V}$
 14. $C = 420 \text{ nF}$, $X_C = 474 \Omega$, $I = 8,45 \text{ mA}$, $I_{C1} = 6,04 \text{ mA}$, $I_{C2} = 2,41 \text{ mA}$

15.	$X_C =$	60,3 Ω	22,6 Ω	11,3 Ω	5,33 Ω	3,02 Ω
	$I =$	66,4 mA	177 mA	354 mA	751 mA	1325 mA
	$I_{C1} =$	39,2 mA	104,5 mA	209 mA	444 mA	783 mA
	$I_{C2} =$	27,2 mA	72,5 mA	145 mA	307 mA	542 mA

16. $I_1 = 6,98 \text{ mA}$, $I_2 = 9,30 \text{ mA}$, $I = 16,28 \text{ mA}$
 17. a) Der Kondensator muß parallelgeschaltet werden; $C_2 = 15,6 \mu\text{F}$.
 b) Der Kondensator muß hintereinandergeschaltet werden; $C_2 = 17,25 \mu\text{F}$.
 18. a) $f = 27,4 \text{ Hz}$ b) $I_{C1} = 756 \text{ mA}$, $I_{C2} = 1,134 \text{ A}$, $I_{C3} = 1,51 \text{ A}$
 19. Die Kapazität muß parallelgeschaltet werden; $C_2 = 157 \text{ nF}$.
 20. Die Kapazität muß hintereinandergeschaltet werden; $C_2 = 340 \text{ nF}$.
 21. $A = 3660 \text{ cm}^2$
 22. Gesamtplattenzahl: $n = 5$ Platten (gerundet bei: $A = 20,3 \text{ cm}^2$)
 Plusbelag: $n_1 = 3$ Platten; Minusbelag: $n_2 = 2$ Platten



9. Der zusammengesetzte Wechselstromkreis

Zu Abschnitt 9.1 — Reihenschaltung von X_L und X_C

1. $X = 39 \Omega$, $I = 103 \text{ mA}$, $U_C = 39,3 \text{ V}$, $U_L = 43,3 \text{ V}$
2. a) $X = 50,0 \Omega$, $I = 80,0 \text{ mA}$, $U_C = 44,2 \text{ V}$, $U_L = 48,2 \text{ V}$
b) $f = 766 \text{ Hz}$
3. Diese Aufgabe hat zwei richtige Ergebnisse:
a) $C = 205 \text{ nF}$, Strom voreilend
b) $C = 6,03 \mu\text{F}$, Strom nacheilend

4.	$X =$	∞	966Ω	$68,0 \Omega$	795Ω	1137Ω
	$I =$	0	$4,14 \text{ mA}$	$58,8 \text{ mA}$	$5,04 \text{ mA}$	$3,54 \text{ mA}$
	$U_L =$	0	$1,14 \text{ V}$	$32,5 \text{ V}$	$5,57 \text{ V}$	$4,9 \text{ V}$
	$U_C =$	$4,0 \text{ V}$	$5,14 \text{ V}$	$36,6 \text{ V}$	$1,57 \text{ V}$	$0,88 \text{ V}$
	$U_b =$	$4,0 \text{ V}$	$4,0 \text{ V}$	$4,0 \text{ V}$	$4,0 \text{ V}$	$4,0 \text{ V}$

$$f_r = 425 \text{ Hz}$$

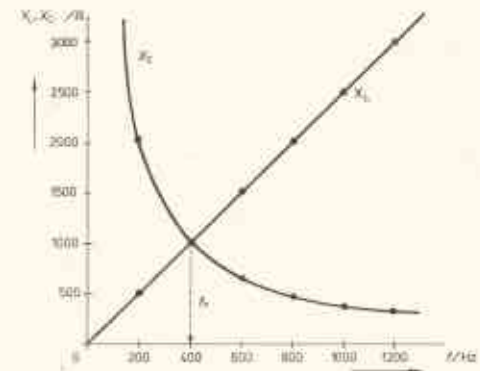
$$5. C = 733 \text{ nF}$$

$$6. L = 1 \text{ mH (gerundet)}$$

7. a)	f/Hz	0	200	400	600	800	1000	1200
	$\omega/1/\text{s}^*$	0	1250	2500	3750	5000	6250	7500
	X_L/Ω	0	500	1000	1500	2000	2500	3000
	X_C/Ω	∞	2000	1000	667	500	400	333
	X/Ω	∞	1500	0	833	1500	2100	2667

*) gerundet

b)



Frequenz-Widerstands-Diagramm

Zu Abschnitt 9.2 — Reihenschaltung von R und X_L

$$1. X_L = 301,5 \Omega, Z = 308 \Omega, I = 13,0 \text{ mA}, U_w = 0,831 \text{ V}, U_L = 3,92 \text{ V}, \varphi = 78^\circ$$

$$2. a) U_w = 1,48 \text{ V}, U_L = 13,9 \text{ V}$$

$$b) \varphi = 83^\circ 55'$$

$$c) \text{ Maßstäbe: } I \ 100 \text{ mA} \hat{=} 1 \text{ cm} \\ U \ 1 \text{ V} \hat{=} 1 \text{ cm}$$

$$I = 370 \text{ mA} \hat{=} 3,7 \text{ cm} \\ U_w = 1,48 \text{ V} \hat{=} 1,48 \text{ cm} \\ U_L = 13,9 \text{ V} \hat{=} 13,9 \text{ cm}$$

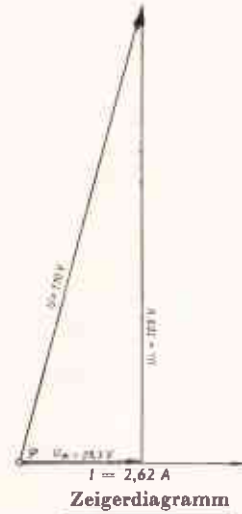


Zeigerdiagramm

3.

$X_L =$	0	37,6 Ω	75,2 Ω	113 Ω	151 Ω	188 Ω
$Z =$	100 Ω	107 Ω	125 Ω	151 Ω	181 Ω	213 Ω
$I =$	40 mA	37,4 mA	32,0 mA	26,5 mA	22,1 mA	18,8 mA
$U_w =$	4,0 V	3,74 V	3,20 V	2,65 V	2,21 V	1,88 V
$U_L =$	0	1,4 V	2,4 V	3,0 V	3,34 V	3,53 V
$\varphi =$	0	20° 45'	36° 50'	48° 30'	56° 35'	62°

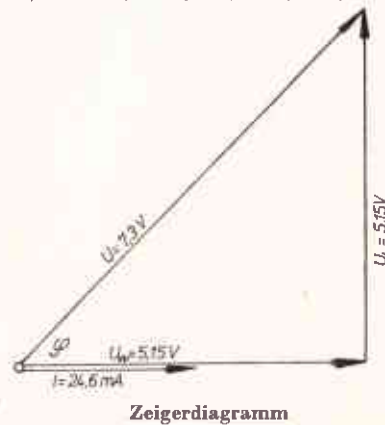
4. a) $R = 10,8 \Omega$
 b) $Z = 42 \Omega$
 c) $X_L = 40,5 \Omega$
 d) $L = 129 \text{ mH}$
 e) $U_w = 28,3 \text{ V}$, $U_L = 106 \text{ V}$
 f) $\varphi = 75^\circ 5'$
 g) Maßstäbe: $I \quad 1 \text{ A} \triangleq 2 \text{ cm}$
 $U \quad 10 \text{ V} \triangleq 1 \text{ cm}$
 $I = 2,62 \text{ A} \triangleq 52 \text{ mm}$
 $U_w = 28,3 \text{ V} \triangleq 28,3 \text{ mm}$
 $U_L = 109 \text{ V} \triangleq 109 \text{ mm}$



5. $f = 388 \text{ Hz}$

6. $R = 50 \Omega$, $L = 39 \text{ mH}$

7. a) $f = 334 \text{ Hz}$
 $U_L = 5,15 \text{ V}$
 c) Maßstäbe: $10 \text{ mA} \triangleq 1 \text{ cm}$
 $1 \text{ V} \triangleq 1 \text{ cm}$
 $I = 24,6 \text{ mA} \triangleq 2,46 \text{ cm}$
 $U_w = 5,15 \text{ V} \triangleq 5,15 \text{ cm}$
 $U_L = 5,15 \text{ V} \triangleq 5,15 \text{ cm}$



8. $L = 374 \text{ mH}$

9.

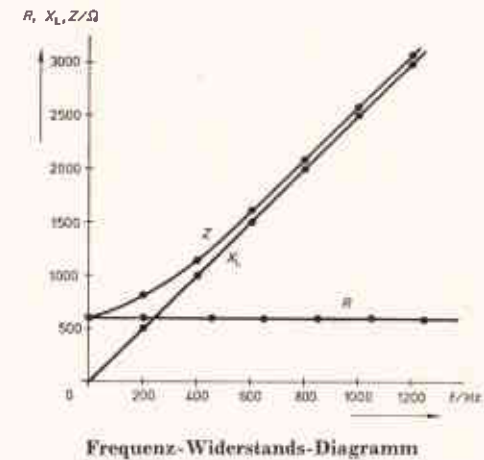
$L =$	236 mH	22,2 mH	150 mH	765 mH
-------	--------	---------	--------	--------

10. a)

f/Hz	0	200	400	600	800	1000	1200
$\omega/1/\text{s}^*$	0	1250	2500	3750	5000	6250	7500
R/Ω	600	600	600	600	600	600	600
X_L/Ω	0	500	1000	1500	2000	2500	3000
Z/Ω	600	781	1170	1620	2090	2570	3060

*) gerundet

b)

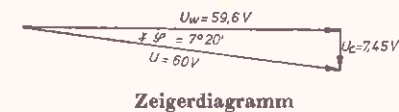


Zu Abschnitt 9.3 — Reihenschaltung von R und X_C

1. $X_C = 497 \Omega$, $Z = 555 \Omega$, $I = 7,2 \text{ mA}$, $U_w = 1,73 \text{ V}$, $U_C = 3,58 \text{ V}$,
 $\varphi = 64^\circ 20'$

2. a) $U_w = 59,6 \text{ V}$, $U_C = 7,45 \text{ V}$ b) $\varphi = 7^\circ 20'$

a)



3. a) $R = 35,5 \Omega$

b) $X_C = 71,5 \Omega$

c) $Z = 79,6 \Omega$

d) $C = 44,5 \mu\text{F}$

e) $U_w = 49,1 \text{ V}$, $U_C = 98,7 \text{ V}$

f) $\varphi = 63,33^\circ$

g)



Zeigerdiagramm

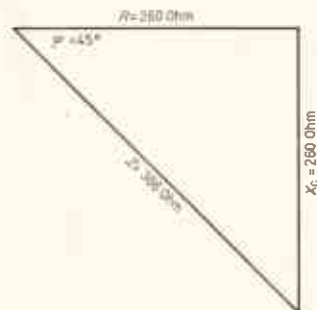
4. $f = 263 \text{ Hz}$

5. $X_C =$	∞	$2\,667 \Omega$	$1\,333 \Omega$	885Ω	663Ω	530Ω
$I =$	0	1,49 mA	2,88 mA	4,12 mA	5,18 mA	6,02 mA
$U_w =$	0	0,595 V	1,15 V	1,645 V	2,07 V	2,41 V
$U_C =$	4,0 V	3,96 V	3,84 V	3,65 V	3,44 V	3,19 V
$\varphi =$	—	$81^\circ 30'$	$73^\circ 20'$	$65^\circ 39'$	$58^\circ 50'$	53°

6. a) $f = 1390 \text{ Hz}$

b) $Z = 366 \Omega$, $I = 19,95 \text{ mA}$, $U_w = 5,17 \text{ V}$,
 $U_C = 5,17 \text{ V}$

c)



Zeigerdiagramme

7. $C = 27,18 \mu\text{F}$

8.

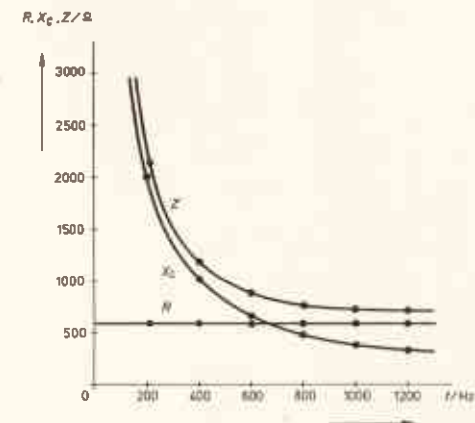
$C =$	$44,3 \mu\text{F}$	$115 \mu\text{F}$	$17,1 \mu\text{F}$	$13,3 \mu\text{F}$
-------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------

9. a)

f/Hz	0	200	400	600	800	1000	1200
$\omega/1/\text{s}^*)$	0	1250	2500	3750	5000	6250	7500
R/Ω	600	600	600	600	600	600	600
X_C/Ω	∞	2000	1000	667	500	400	333
Z/Ω	∞	2090	1170	900	781	707	685

*) gerundet

b)



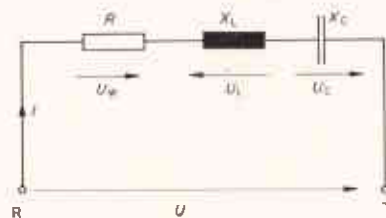
Frequenz-Widerstands-Diagramm

Zu Abschnitt 9.4 — Reihenschaltung von R , X_L und X_C

1. $X_L = 201 \Omega$, $X_C = 552 \Omega$, $X = 351 \Omega$, $Z = 382 \Omega$, $I = 10,47 \text{ mA}$,
 $U_w = 1,57 \text{ V}$, $U_L = 2,11 \text{ V}$, $U_C = 5,77 \text{ V}$, $U_b = 3,67 \text{ V}$, $\varphi = 68^\circ 85'$,
 $f_r = 1325 \text{ Hz}$

2. $\omega/1/s$	0	1256	2512	3770	5025	6280
X_L/Ω	0	251	502	754	1005	1256
X_C/Ω	∞	1420	711	473	353	284
X/Ω	∞	1169	209	281	652	972
Z/Ω	∞	1185	289,5	345	682	993
I/mA	0	3,375	13,82	11,6	5,86	4,025
U_w/V	0	0,675	2,765	2,32	1,172	0,805
U_L/V	0	0,847	6,94	8,74	5,89	5,06
U_C/V	4,0	4,79	9,83	5,49	2,07	1,143
U_b/V	4,0	3,943	2,89	3,25	3,82	3,917
$\cos\varphi/1$	—	0,1687	0,691	0,579	0,293	0,2018
φ/grd	—	80,29	46,25	54,6	72,95	78,37

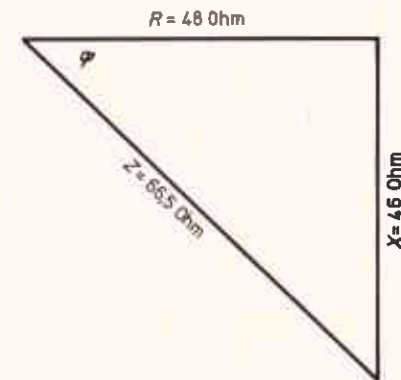
3. a)



Schaltbild

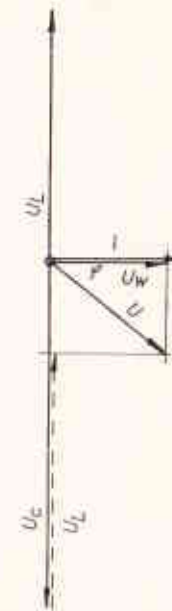
- b) $X_L = 113 \Omega$ c) $X_C = 169 \Omega$ d) $X = 46 \Omega$
e) $Z = 66,5 \Omega$ f) $I = 1,805 \text{ A}$
g) $U_w = 86,6 \text{ V}$, $U_L = 204 \text{ V}$, $U_C = 287 \text{ V}$, $U_b = 83 \text{ V}$, $U = 120 \text{ V}$
h) $\varphi = 43,8^\circ$

e)



Zeigerdiagramm

i) $30 \text{ V} \approx 2 \text{ cm}$



Zeigerdiagramm

4. $C = 413 \text{ nF}$

5. a) $C = 1,94 \mu\text{F}$ b) $C = 220,5 \text{ nF}$

c) $X = 400 \Omega$, $Z = 566 \Omega$, $I = 7,07 \text{ mA}$, $U_w = 2,83 \text{ V}$, $U_L = 3,55 \text{ V}$,
 $U_C = 0,725 \text{ V}$

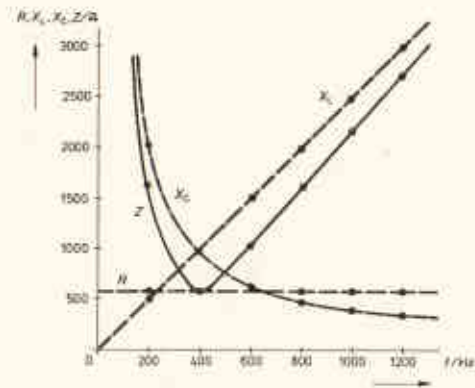
d) $X = 400 \Omega$, $Z = 566 \Omega$, $I = 7,07 \text{ mA}$, $U_w = 2,83 \text{ V}$, $U_L = 3,55 \text{ V}$,
 $U_C = 6,37 \text{ V}$

6. a)

f/Hz	0	200	400	600	800	1000	1200
$\omega/1/s^*)$	0	1250	2500	3750	5000	6250	7500
R/Ω	600	600	600	600	600	600	600
X_L/Ω	0	500	1000	1500	2000	2500	3000
X_C/Ω	∞	2000	1000	667	500	400	333
X/Ω	∞	1500	0	833	1500	2100	2667
Z/Ω	∞	1620	600	1020	1620	2180	2730

*) gerundet

b)



Frequenz-Widerstands-Diagramm

Zu Abschnitt 9.5 — Reihenresonanzkreis

1. $f_r = 145 \text{ Hz}$
2. $C = 17,2 \text{ nF}$
3. $f_r = 2,28 \text{ kHz}$
4. $C = 25,7 \mu\text{F}$
5. $L = 47,4 \text{ mH}$

6.	$f_r =$	1450 Hz	565 Hz	266 Hz	79,6 Hz	37,7 Hz
----	---------	---------	--------	--------	---------	---------

7. a) $R = 24 \Omega$, $L = 5,4 \text{ mH}$ b) $I = 182 \text{ mA}$
8. a) $R = 37,5 \Omega$ b) $L = 468 \text{ mH}$
- c) Die Aufgabe hat zwei richtige Lösungen:
 $C_1 = 63,1 \mu\text{F}$, $C_2 = 13,1 \mu\text{F}$
- d) bei $C_1: f_r = 29,2 \text{ Hz}$; bei $C_2: f_r = 64,2 \text{ Hz}$

Zu Abschnitt 9.6 — Wechselstromleistung

1. $P = 484 \text{ W}$
2. $P = 121 \text{ W}$
3. a) $P = 200 \text{ W}$ b) $R = 242 \Omega$
4. a) $R = 807 \Omega$ b) $P = 49,5 \text{ W}$

5. $P_1 = 130 \text{ W}$

6. a) $P_1 = 23,8 \text{ W}$, $P_2 = 37,9 \text{ W}$

b) Widerstand parallel zu Lampe 2 (110 V/25 W)

c) $R_p = 803 \Omega$

7. $P_{300} = 12 \text{ W}$, $P_{200} = 8 \text{ W}$, $P_{600} = 24 \text{ W}$

8. a) $R_v = 202 \Omega$

b) $P_v = 60 \text{ W}$

c) $P_{\text{ges}} = 120 \text{ W}$

d) $C_v = 9,12 \mu\text{F}$

e) $S = 120 \text{ VA}$, $P = 60 \text{ W}$, $Q = 104 \text{ var}$

f) $U_{\text{max}} = 270 \text{ V}$

9. a) $Q = 1520 \text{ var}$

b) 6-A-Sicherung würde nicht ausreichen, da $I = 6,91 \text{ A}$.

c) $S = 1520 \text{ VA}$, $P = 129 \text{ W}$, $Q = 1510 \text{ var}$

10. a) $S_{\text{max}} = 1320 \text{ VA}$ b) nein, da $S = 1380 \text{ VA}$

11. a) $S = 258 \text{ VA}$, $P = 137 \text{ W}$, $Q = 218 \text{ var}$

b) $\cos \varphi = 0,531$

12. $S = 516 \text{ VA}$, $Q = 310 \text{ var}$, $P = 413 \text{ W}$

13. a) $S = 3300 \text{ VA}$

b) $Q = 1900 \text{ var}$

c) $\cos \varphi = 0,818$

d) $\eta = 0,852$

14. a) $S_{\text{voll}} = 1100 \text{ VA}$,

$S_{\text{leer}} = 330 \text{ VA}$

b) $\cos \varphi_{\text{voll}} = 0,818$,

$\cos \varphi_{\text{leer}} = 0,333$

c) $\eta = 0,833$

15. $U = 220 \text{ V}$

16. $I_{0,72} = 189 \text{ A}$,
 $\Delta I = -47 \text{ A}$

$I_{0,98} = 142 \text{ A}$

17. $P = 41,1 \text{ W}$

18. $S = 55 \text{ kVA}$, $P = 35,8 \text{ kW}$, $Q = 41,8 \text{ kvar}$

19. a) $P_v = 3120 \text{ W}$

b) $P_{v1} = 1330 \text{ W}$

c) $\Delta P = 1790 \text{ W}$

20. a) $S_1 = 3080 \text{ VA}$, $P_1 = 2400 \text{ W}$

b) $\cos \varphi = 0,779$

21. $C_v = 5,58 \mu\text{F}$

22. a) $R = 807 \Omega$

b) $P = 48,2 \text{ W}$

c) $\cos \varphi = 0,897$

23. a) $R = 67,2 \Omega$

b) $C_v = 67 \mu\text{F}$

c) $P = 422 \text{ W}$

24. a) $Z = 490 \Omega$

b) $P_L = 40,4 \text{ W}$

c) $P_{Dr} = 9,09 \text{ W}$

d) $S = 98,8 \text{ VA}$

e) $\cos \varphi = 0,5$

25. a) $S = 49,9 \text{ VA}$

b) $\cos \varphi = 0,501$

c) $L = 2,68 \text{ H}$

26. a) $R = 4,85 \Omega$

b) $L = 0,0287 \text{ H}$

c) $C = 285 \mu\text{F}$

Ohne Phasenschieberkondensator: $I = 22,7 \text{ A} \hat{=}$ Sicherung 25 A

27. a) $P_{zu} = 5,75 \text{ kW}$ b) $S_{zu} = 6,47 \text{ kVA}$ c) $L = 0,0108 \text{ H}$
 d) $C = 194 \text{ } \mu\text{F}$

28. a) $S_1 = 42,6 \text{ kVA}$, $Q = 20,7 \text{ kvar}$, $P = 37,3 \text{ kW}$
 b) $P_{ab} = 35,1 \text{ kW}$ c) $P_{ab} = 40 \text{ kW}$

29. a) $S = 49,9 \text{ kVA}$, $P = 37,4 \text{ kW}$, $Q = 33,0 \text{ kvar}$
 b) $X_L = 0,64 \text{ } \Omega$ c) $C = 2160 \text{ } \mu\text{F}$ d) $I = 170 \text{ A}$

30. a) $R \leq 0,0349 \text{ } \Omega$ b) $P_V = 2,22 \text{ kW}$ c) $U_V = 7,12 \text{ V}$

31. a) $P_1 = 54 \text{ mW}$ b) $P_2 = 216 \text{ mW}$

32. 5 VA: 75 V/0,067 A
 15 VA: 75 V/0,2 A
 60 VA: 75 V/0,8 A

33. a) $S = 0,632 \text{ VA}$ b) $n = 7$ c) $n = 79$

34. a) $S = 0,875 \text{ VA}$ b) $I = 14,6 \text{ mA}$
 c) $n = 5$ (bzw. $n = 57$ mit 10-s-Schalter)
 d) $P = 0,32 \text{ W}$

35. a) $I = 0,6 \text{ A}$ b) $S = 1,8 \text{ VA}$ c) $P = 1,08 \text{ W}$

36. a) $U = 6,71 \text{ V}$ b) $U_{0,5} = 2,12 \text{ V}$ c) $z = 1170:1$
 d) $U_1 = 230 \text{ V}$

37. $U = 0,221 \text{ V}$

38. a) $I = 0,0408 \text{ } \mu\text{A}$, $U = 24,5 \text{ } \mu\text{V}$
 b) 24,5mal empfindlicher

39. a) $P_V = 9 \text{ W}$ b) $I_{eff} = 14,14 \text{ mA}$ c) $P = 1 \text{ W}$

40. a) $P_{zu} = 0,075 \text{ mW}$ b) $R_{ein} = 1200 \text{ } \Omega$ c) $P_{ab} = 1,62 \text{ W}$
 d) $v_p = 21600$

41. a) $S = 19,4 \text{ VA}$, $P = 14,8 \text{ W}$

b) $P_{Schall} = 0,591 \text{ W}$

c) $f_o = 1190 \text{ Hz}$

d) $S_{50} = 0,443 \text{ VA}$, $P_{50} = 7,66 \text{ mW}$
 $S_{10000} = 1,25 \text{ VA}$, $P_{10000} = 61 \text{ mW}$

10. Die Messung elektrischer Größen

Zu Abschnitt 10 — Messung elektrischer Größen

1. $R_1 = 25 \text{ k}\Omega$

2. $k = 20 \frac{\text{k}\Omega}{\text{V}}$

3. $k = 833 \frac{\Omega}{\text{V}}$

4. Für 1,5 V: 500 Ω ; für 3 V: 1 000 Ω ; für 15 V: 5 000 Ω ;
 für 30 V: 10 000 Ω ; für 60 V: 20 000 Ω ; für 120 V: 40 000 Ω

5. a) $R = 1200 \text{ } \Omega$ b) $k = 20 \frac{\text{k}\Omega}{\text{V}}$

6. a) $\Delta U = \pm 7,5 \text{ V}$ b) zwischen 112,5 V und 127,5 V
 c) 6,25%

7. a) $k = 833 \frac{\Omega}{\text{V}}$ b) $R_V = 1000 \text{ } \Omega$

8. $R_V = 20\,000 \text{ } \Omega$

9. $R_{V5} = 49,75 \text{ k}\Omega$;

$R_{V25} = 200 \text{ k}\Omega$

10. $R_n = 0,502 \text{ } \Omega$

11. $R_n = 2,66 \text{ } \Omega$

12. a) 30-V-Bereich

b) $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$

c) $U_a = 24 \text{ V}$

d) $U_{2/m} = 19,4 \text{ V}$

e) $\Delta U = 5,6 \text{ V} \pm 23,3\%$

13. a) $I = 80 \text{ mA}$

b) $\Delta I = 3,1 \text{ mA}$

c) $\Delta I = 3,88\%$

14. a) $I = 32 \text{ mA}$

b) $U = 24 \text{ V}$

11. Transformatoren/ Fernmeldeübertrager

Zu Abschnitt 11 — Transformatoren / Fernmeldeübertrager

1. $U_2 = 42,3 \text{ V}$, $\bar{u} = 5,2$
2. $N_2 = 131$
3. $U_1 = 20\,000 \text{ V}$
4. $N_1 = 1146$
5. a) $I_2 = 1,5 \text{ A}$ b) $U_2 = 18,3 \text{ V}$ c) $\bar{u} = 12$
6. a) $U_2 = 12,6 \text{ V}$ b) $\bar{u} = 17,5$
- c) $I_1 = 0,171 \text{ A}$ d) $P = 38 \text{ VA}$
7. $N_2 = 50$
8. a) $I_2 = 10 \text{ A}$ b) $U_2 = 33 \text{ V}$ c) $P = 330 \text{ VA}$
9. a) $U_2 = 12 \text{ V}$ b) $U_{2,10} = 10 \text{ V}$
10. a) $N_2 = 200$ b) $N_{2,1} = 75$
11. a) $N_2 = 131$ b) $I_1 = 0,273 \text{ A}$, $I_2 = 2,5 \text{ A}$
- c) $N_{2,1} = 98$
12. a) $U_2 = 6,6 \text{ V}$ b) $I_2 = 417 \text{ A}$
13. a) $\bar{u} = 52,6$ b) $I_1 = 5,27 \text{ A}$, $I_2 = 263 \text{ A}$
14. a) $P_3 = 46,1 \text{ MVA}$
- b) $I_1 = 8330 \text{ A}$, $I_2 = 1920 \text{ A}$, $I_3 = 419 \text{ A}$
- c) $\bar{u}_1 = 4,17$, $\bar{u}_2 = 4,4$
- d) $P_{v1} = 2 \text{ MVA}$, $P_{v2} = 1,9 \text{ MVA}$
- e) $A_1 = 2380 \text{ mm}^2$, $A_2 = 548 \text{ mm}^2$, $A_3 = 120 \text{ mm}^2$
15. a) $4 \text{ V} : N_{2,1} = 23$, $6,3 \text{ V} : N_{2,2} = 36$, $250 \text{ V} : N_{2,3} = 1420$
- b) $P = 52,4 \text{ VA}$ c) $P_{zu} = 58,2 \text{ W}$ d) $I_1 = 0,265 \text{ A}$
16. a) $6,3 \text{ V} : N_{2,1} = 41$, $230 \text{ V} : N_{2,2} = 1464$
- b) $\bar{u}_{6,3} = 34,9$, $\bar{u}_{230} = 1,05$
- c) $P = 59,2 \text{ VA}$ d) $P_{zu} = 70,5 \text{ W}$ e) $I_1 = 0,32 \text{ A}$
- f) $A_{6,3} = 2 \text{ mm}^2$, $d_{6,3} = 1,6 \text{ mm}$,
 $A_{230} = 0,117 \text{ mm}^2$, $d_{230} = 0,386 \text{ mm}$,
 $A_{250} = 0,213 \text{ mm}^2$, $d_{250} = 0,521 \text{ mm}$,

17. a) $N_1 = 1120$, $N_{2,3} = 1270$
- b) $P = 72,1 \text{ VA}$ c) $P_{zu} = 78,3 \text{ W}$ d) $I_1 = 0,356 \text{ A}$
- e) $A_{220} = 0,198 \text{ mm}^2$, $d_{220} = 0,502 \text{ mm}$,
 $A_{6,3} = 1,95 \text{ mm}^2$, $d_{6,3} = 1,58 \text{ mm}$,
 $A_{250} = 0,111 \text{ mm}^2$, $d_{250} = 0,376 \text{ mm}$
18. a) $N_{6,3} = 30$ b) $N_{220} = 1044$
19. a) Windungsschluß in der Primärwicklung
- b) 21%
20. a) $N_1 = 1100$
- b) 110 V: nach 505 Windungen
220 V: nach 1010 Windungen
- c) $P_1 = 150 \text{ W}$
- d) $I_{240} = 0,625 \text{ A}$
 $I_{220} = 0,682 \text{ A}$
 $I_{110} = 1,36 \text{ A}$
- e) 240 V: 0,8 A
220 V: 0,8 A
110 V: 1,6 A
21. a) $W = 4,38 \text{ kWh}$ b) $K = 48 \text{ Pf}$
22. a) $P_v = 5 \text{ kW}$ b) $W_v = 3600 \text{ kWh}$
23. $U_2 = 0,717 \text{ V}$
24. a) $\Delta U_1 = 0,425 \text{ V}$ b) $\Delta U_2 = 2,12 \text{ V}$ c) $U_{\text{eff}} = 0,75 \text{ V}$
25. $\bar{u} = 1:2$
26. $Z_2 = 1610 \Omega$
27. a) $\bar{u} = 1:2$ b) $\bar{u} = 2,4:1$ c) $\bar{u} = 4,8:1$
- d) $\bar{u} = 2:1$
28. $U_2 = 388 \text{ mV}$
29. $\bar{u} = 2:1$
30. FIÜ 1, 2, 5 und 6: $\bar{u} = 1:2$
FIÜ 3 und 4: $\bar{u} = 1:1$
31. a) $U_0 = 66,8 \text{ V}$ b) $U_{\text{FeApp}} = 1,41 \text{ V}$
32. a) $Z_1 = 7850 \Omega$ b) $I_1 = 0,765 \text{ mA}$ c) $U_{7-8} = 2,69 \text{ V}$
- d) $U_{1-2-4-5} = 2,69 \text{ V}$

12. Anwendungsbeispiele

Zu Abschnitt 12.1 — Relais und Relaisschaltungen

1. $R = 518 \Omega$
2. $N = 5830$
3. a) $R_{60} = 870 \Omega$ b) $I_{20} = 80 \text{ mA}$, $I_{60} = 69 \text{ mA}$
c) $P_{20} = 4,8 \text{ W}$, $P_{60} = 4,14 \text{ W}$
4. $t = 58,4^\circ \text{C}$
5. a) $l = 2,14 \text{ m}$ b) $P = 12 \text{ W}$
6. a) $R_v = 450 \Omega$ b) $P_v = 2,88 \text{ W}$
7. $L = 4,23 \text{ H}$
8. a) $I = 37,5 \text{ mA}$ b) $U_c = 45 \text{ V}$ c) $I = 33,3 \text{ mA}$
9. $L = 2,66 \text{ H}$
10. $R_{1\text{max}} = 54,5 \Omega$
11. $R_1 = 500 \Omega$, $R_2 = 450 \Omega$
 C muß groß genug sein, um während der konstruktionsbedingten Anzugszeit des Relais den Widerstand R_1 zu überbrücken (ausreichende Aufladezeit bzw. Zeitkonstante).
12. a) $R_{Lig} = 850 \Omega$ b) $S = 2,93\text{fach}$
13. a) $W_{i1} = 450 \Omega$, $W_{i2} = 1250 \Omega$
b) $I_B = 30 \text{ mA}$ (Fehlstrombedingung wird eingehalten)
14. a) $W_{ix} = 1080 \Omega$ b) $I_B = 10 \text{ mA}$ c) $W_{iy} = 216 \Omega$
d) $I_A = 160 \text{ mA}$
15. a) $R_v = 600 \Omega$ b) $R_N = 200 \Omega$
16. $R_1 = 400 \Omega$, $R_2 = 1120 \Omega$
17. a) $I = 85,7 \text{ mA}$ b) $R_v = 190 \Omega$
18. a) $I_A = 67,5 \text{ mA}$ b) $U_R = 12,5 \text{ V}$ c) $R_v = 703 \Omega$
19. a) $\Theta = 135 \text{ mA}$ b) $I_A = 11,25 \text{ mA}$ c) $U_R = 16,9 \text{ V}$
d) nein, da $U_{R\text{min}} = 16,9 \text{ V}$
e) $I_{R2} = 22,5 \text{ mA}$, $U_{R2} = 33,8 \text{ V}$
20. a) $\Theta = 105 \text{ A}$ b) $I_A = 8,6 \text{ mA}$ c) $I_A = 21,5 \text{ mA}$
d) $U_R = 21,5 \text{ V}$ e) $R_v \leq 1790 \Omega$
21. a) $\Theta_x = 0 \text{ A}$ b) $\Theta_{x1} = 261 \text{ A}$ c) $S = 2,09\text{fach}$
d) $R_v \leq 2200 \Omega$

22. a) $I_z = 7,22 \text{ mA}$ b) $I_z = 99,1 \text{ mA}$
c) Der Zählvorgang wird durch den z-Kontakt ausgelöst.
23. a) $I_{P1} = 37,3 \text{ mA}$, $U_{P1} = 39,5 \text{ V}$
b) $I_{60} = 98,3 \text{ mA}$ c) $U_{60} = 5,9 \text{ V}$ d) $I_{P2} = 5,3 \text{ mA}$
e) P_2 kann nicht anziehen, da dazu 15 mA erforderlich sind.
24. a) $U_{HA} = 0 \text{ V}$
b) HA-Relais liegt an 60 V
c) 1. $U_{HA} = 60 \text{ V}$, $I_{HA} = 30 \text{ mA}$
2. $U_{HA} = 57,8 \text{ V}$, $I_{HA} = 28,9 \text{ mA}$
d) Zu c1: HA-Relais zieht an und schaltet mit seinen Kontakten die Stromkreise für Wecker und Signallampe ein.
Zu c2: HA-Relais wird mit ca. 2facher Sicherheit gehalten. Wecker und Signallampe bleiben eingeschaltet.
25. a) $R_B = 375 \Omega$ b) $R_A = 173 \Omega$ c) $R_{Lig} = 346 \Omega$
d) $l = 2730 \text{ m}$ e) $\Theta = 305 \text{ A}$ f) $S = 2,65\text{fach}$
26. a) $I_{z1} = 7,7 \text{ mA}$, $I_{z2} = 75,5 \text{ mA}$
b) $I_1 = 84,6 \text{ mA}$, $I_2 = 192 \text{ mA}$, $I_3 = 830 \text{ mA}$
c) $P_{300} = 2,15 \text{ W}$, $P_{200} = 1,43 \text{ W}$, $P_{130} = 3,02 \text{ W}$,
 $P_{200} = 7,37 \text{ W}$, $P_{80} = 34,5 \text{ W}$
27. a) $R = 1149 \Omega$
b) $I_{T1} = 52,2 \text{ mA}$ Die Anzugsbedingung wird erfüllt.
c) $I_{T1,10} = 104 \text{ mA}$ Die Haltebedingung (52 mA) wird erfüllt.
d) $R_2 = 524 \Omega$
e) $U_{T2} = 1,03 \text{ V}$
f) $I_{T2} = 1,27 \text{ mA}$ Die Anzugsbedingung (42 mA) ist damit nicht gegeben.

Zu Abschnitt 12.2 — Fernmeldeleitungen

1. $R = 327 \Omega$
2. $R = 1794 \Omega$
3. $0,4 : l = 3490 \text{ m}$
 $0,6 : l = 7860 \text{ m}$
 $0,8 : l = 13960 \text{ m}$
4. $l = 2750 \text{ m}$
5. a) $R_{Lig} = 850 \Omega$
b) $0,4 : l = 2970 \text{ m}$, $0,6 : l = 6680 \text{ m}$
c) $I = 37,6 \text{ mA}$
6. a) $R_{20} = 4652 \Omega$ b) $\Delta R = 372 \Omega$ c) $\Delta l = 1170 \text{ m}$

7. $R_{20} = 101 \, \Omega$, $R_t = 110 \, \Omega$
8. a) $e \approx 2160 \, \text{m}$ b) $R_{\text{Litg}} = 446 \, \Omega$
9. $e = 3320 \, \text{m}$
10. a) Im Freileitungsabschnitt nach 492 m.
b) Durch Messung des Schleifenwiderstands an der Kabelüberführung (Übergang Kabel-Freileitung).
11. $d_{\text{Al}} = 1,49 \, \text{mm}$
12. $R_{\text{iso}} = 0,781 \, \text{M}\Omega$
13. a) $R_{\text{iso}} = 1,905 \, \text{M}\Omega$ b) $G = 0,525 \, \mu\text{S}$
14. $R_{\text{iso}} \geq 263 \, \text{k}\Omega$
15. $R_{\text{iso}} = 5075 \, \text{M}\Omega$ je km. Der Wert ist ausreichend.

