

# **Elektrotechnik Grundlagen**

Kurs

## **Kapitel 7**

Übungen und Lösungen

## 7.1 Übungen und Lösungen zu Kurs 1 Kapitel 1

### 7.1.1 Übungen

#### 1. LADUNG KRAFTWIRKUNG

- a) Wieviele Elementarladungen  $e$  ergeben die Ladung 5 nC (NanoCoulomb) ?
- b) Mit welcher Kraft  $F$  ziehen sich zwei Punktladungen von 3  $\mu\text{C}$  in einem Abstand von 7 cm gegenseitig an ?

#### 2. LADUNG KRAFTWIRKUNG

Zwei Punktladungen  $Q_1$  und  $Q_2$  befinden sich in einem Abstand von  $d = 3 \text{ dm}$ .  $Q_1$  enthält  $2 \cdot 10^{15} e$  und 5 Milliarden  $e$  machen  $Q_2$  aus.

- a) Wie gross sind die beiden Ladungen in  $\text{C}$  ?
- b) Mit welcher Kraft  $F$  ziehen sich die beiden Punktladungen gegenseitig an ?

#### 3. SUMMENZEICHEN LÄNGENMASS

Gegeben seien  $L_1=5,6 \text{ cm}$ ,  $L_2=390 \text{ mm}$ ,  $L_3=4,7 \text{ dm}$ ,  $L_4=2,7 \text{ m}$ ,  $L_5=82 \text{ mm}$ .

- a) Bilden Sie  $L_6 = \sum_{k=2}^4 L_k$  ;  $L_7 = \sum_{k=1}^5 L_k$  ;  $L_8 = \sum_{k=3}^4 L_k$
- b) Bilden Sie  $L_9 = \sum_{k=5}^7 L_k$  ;  $L_{10} = \sum_{k=7}^8 L_k$  ;  $L_{11} = \sum_{k=3}^6 L_k$
- c) Bilden Sie  $A_1 = \frac{L_3}{L_{10}}$  ;  $A_2 = \frac{L_5}{L_1}$  ;  $A_3 = \frac{L_{11}}{L_4}$

#### 4. GESETZ VON OHM DRAHTWIDERSTAND

Aus 1,1 kg Aluminium (Al) mit der Dichte  $\delta = 2,7 \text{ gcm}^{-3}$  werde ein Draht gezogen. Der Draht weise einen Widerstand von  $R = 45 \Omega$  auf.

- a) Wie lang wird der Draht ?  $\ell = ?$
- b) Querschnitt und Durchmesser des Drahtes ?  $A = ?$ ,  $d = ?$
- c) Wie gross wird der Widerstand des Drahtes bei  $\vartheta_1 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$  ?  $R_{5^\circ\text{C}} = ?$
- d) Bei welcher Temperatur  $\vartheta_2$  wird der Drahtwiderstand  $R_2 = 50 \Omega$  ?  $\vartheta_2 = ?$

$$\rho_{\text{Al}} = 28,6 \cdot 10^{-9} \Omega\text{m} \quad \alpha_{\text{Al}} = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

## 5. GESETZ VON OHM

## WIRTSCHAFTLICHKEIT

In einer  $\ell = 5$  km langen Freileitung aus Kupferdraht (Cu) soll jeder Leiter einen Strom von  $I = 300$  A führen.

Gesucht ist der wirtschaftlichste, der optimale Querschnitt  $A$ , wenn 1 kg Cu Fr. 32.50 kostet und 1 kW Verlustleistung die Anlage (das EW) mit Fr. 2325.- belastet.

$$\text{Dichte } \delta_{\text{Cu}} = 8,93 \text{ kgdm}^{-3} \quad \rho_{\text{Cu}} = 17,5 \cdot 10^{-3} \Omega \text{mm}^2 \text{m}^{-1}$$

## 6. WIDERSTAND EINES LEITERS

Der Widerstand  $R$  eines Leiters ist abhängig von seiner Länge  $\ell$  und seinem Querschnitt  $A$ . Vervollständigen Sie die nachfolgende Tabelle

Widerstand $R$	Material	Länge $\ell$	Querschnitt $A$	spezifischer Widerstand $\rho$	Leitfähigkeit $\gamma$
	Cu	1 km	1 mm <sup>2</sup>	$17,5 \cdot 10^{-9} \Omega \text{m}$	$\text{Sm}^{-1}$
5 $\Omega$	Al		10 mm <sup>2</sup>	$0,0286 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}$	$\text{Scm}^{-1}$
	Ag	1 m	$10^{-3} \text{mm}^2$	$0,0165 \Omega \text{mm}^2 \text{m}^{-1}$	$\text{Sm}^{-1}$
1 $\Omega$	Al	5 km		$28,6 \cdot 10^{-3} \Omega \text{mm}^2 \text{m}^{-1}$	$\text{Scm}^{-1}$

## 7. WIDERSTAND EINES LEITERS

Der spezifische Widerstand  $\rho$  (eine Materialkonstante) und damit der Widerstand  $R$  sind von der Temperatur  $\vartheta$  abhängig.

$R_{20^\circ\text{C}}$	Material	$R(\vartheta)$	$\rho(\vartheta)$	$\alpha$ in $^\circ\text{C}^{-1}$	$\Delta\vartheta$	$\vartheta$ in $^\circ\text{C}$
27 $\Omega$	Ag			$4,1 \cdot 10^{-3}$	50 $^\circ\text{C}$	
	Cu	70 $\Omega$		0,0043		180
2,2 k $\Omega$	Kohle			$-2 \cdot 10^{-4}$	120 K	
5,6 k $\Omega$	Al			$4,7 \cdot 10^{-3}$		-100

## 8. SCHREIBWEISE TECHNISCHER GRÖSSEN (1 BIS 3 STELLEN VOR DEM KOMMA)

Aufgabe	Lösung	Aufgabe	Lösung	Faktor	Zeichen
$57,9 \cdot 10^{-5}$		46'578 V		$10^{18}$	E Exa
$3,24 \cdot 10^{-2}$		0,035 A		$10^{15}$	P Peta
$1,9 \cdot 10^4$		2'651 kV		$10^{12}$	T Tera
$5,601 \cdot 10^5$		0,053 mA		$10^9$	G Giga
$4,7 \cdot 10^{-3}$		0,078 mV		$10^6$	M Mega
$33 \cdot 10^{-5}$		61'532 mV		$10^3$	k Kilo
$0,022 \cdot 10^2$		$0,5 \cdot 10^{-6}$ A		$10^0 = 1$	
$1,5 \cdot 10^8$		$23 \cdot 10^4$ kV		$10^{-3}$	m Milli
$821 \cdot 10^{-4}$		$2,3 \cdot 10^{-2}$ V		$10^{-6}$	$\mu$ Mikro
$5,6 \cdot 10^{-11}$		$0,68 \cdot 10^{-4}$ A		$10^{-9}$	n Nano
$3,93 \cdot 10^{13}$		$452 \cdot 10^4$ mA		$10^{-12}$	p Piko
$0,027 \cdot 10^{-2}$		$0,027 \cdot 10^{-8}$ kV		$10^{-15}$	f Femto
$57,9 \cdot 10^{-17}$		$23'235 \cdot 10^2$ $\mu\text{V}$		$10^{-18}$	a Atto

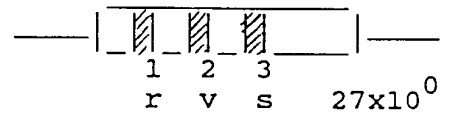
## 9. REIHE E - 12

Welche der nachstehenden Werte gehören in die Reihe E 12 ?

11	12	89	55	56	68	86
65	32	23	39	27	88	28
15	44	51	93	47	76	74
81	18	91	19	26	34	59
95	33	41	14	35	67	87
2,6	6,8	8,3	9,7	1,4	1,5	2,7
4,5	5,6	6,7	3,3	3,6	2,4	4,7
6,3	7,4	6,8	5,6	8,7	10	1,3
1,2	2,7	1,6	1,8	5,2	4,3	3,9
5,6	6,8	6,5	8,6	3,0	3,6	8,2
100	200	233	220	350	390	470
122	470	560	240	150	820	460
680	144	256	940	180	330	565
600	470	360	270	325	688	820
150	390	280	560	450	680	120
11	2,6	100	122	4,5	65	15
122	6,3	81	95	680	600	1,2
12	6,8	200	470	5,6	32	44
7,4	144	470	2,7	6,8	18	33
55	9,7	220	240	3,3	39	93
5,6	940	270	1,8	8,6	19	14
86	2,7	470	460	4,7	28	74
1,3	565	820	3,9	59	87	120
68	1,5	390	820	2,4	88	76
10	330	688	4,3	34	67	3,6
100	6,5	41	91	1,6	280	360
2,7	39	58	33,3	5,69	820	750
390	67,8	77,4	4,5	3,6	770	920
1,2	180	68	240	45,6	6,8	47
150	14,7	89,5	3,9	22	270	3,33

10. FARBENCODE

s	schwarz	0	gn	grün	5
bn	braun	1	bl	blau	6
r	rot	2	v	violett	7
og	orange	3	gu	grau	8
gb	gelb	4	w	weiss	9

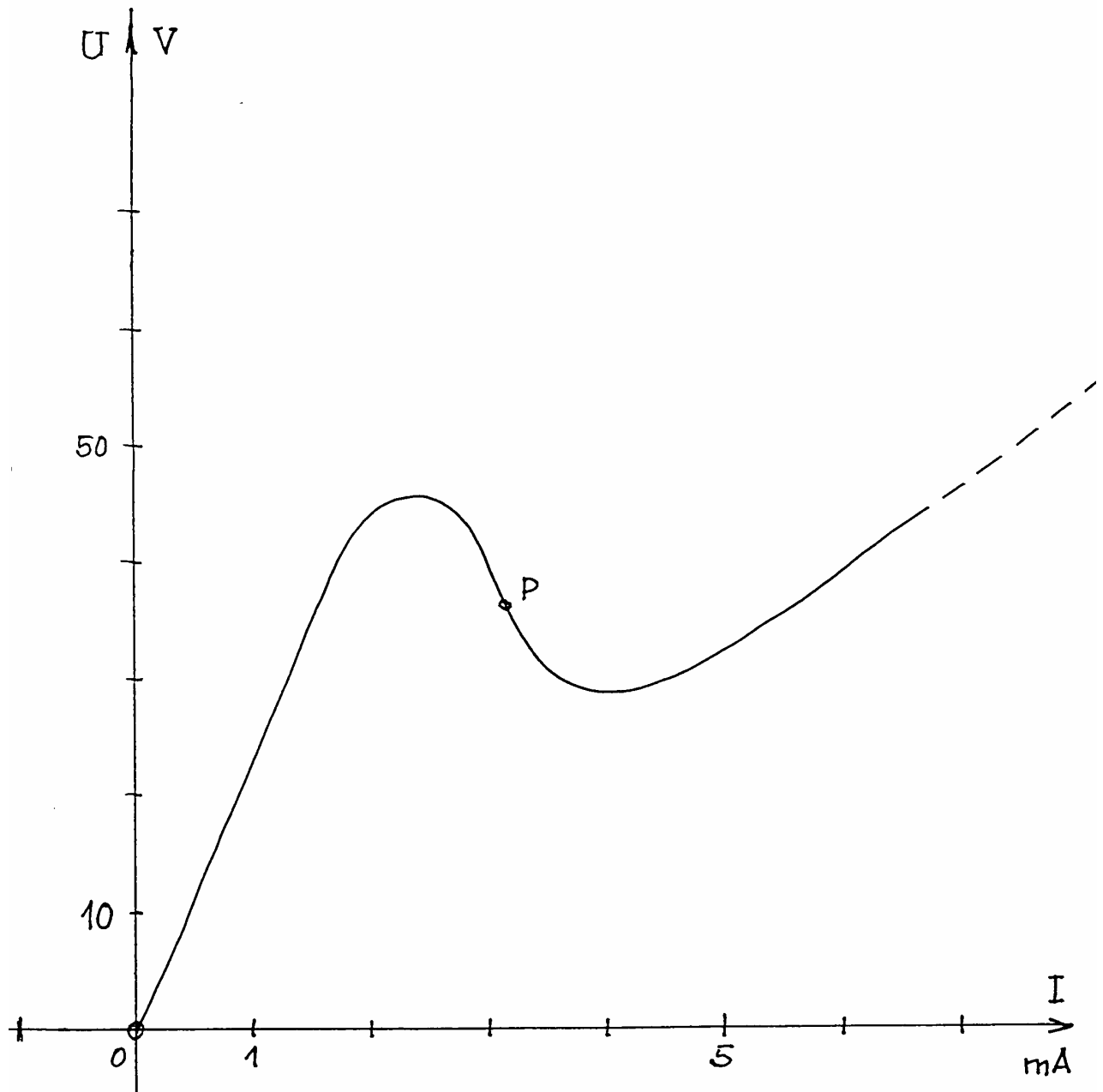


Wert	Farben		
	1	2	3
6,8 kO			
8,2 MO			
27 O			
1 kO			
1,2 MO			
270 O			
1,8 kO			
39 O			
220 kO			
3,3 kO			
18 O			
820 MO			
12 kO			
180 kO			
1,5 kO			
68 O			
470 kO			
82 O			
18 kO			
270 kO			
3,3 kO			
1 kO			
120 O			
8,2 kO			
180 O			
56 kO			
470 kO			
3,9 MO			

Wert	Farben		
	1	2	3
	gb	v	og
	bn	r	s
	og	og	og
	gu	r	bn
	r	r	s
	bn	gu	gn
	og	w	gb
	gu	r	r
	bl	gu	gb
	bn	r	s
	bn	gu	bl
	gb	v	s
	bn	s	og
	gn	bl	gb
	bn	gu	og
	r	v	gn
	gn	bl	bl
	bl	gu	r
	og	w	og
	bn	s	gn
	gu	r	r
	r	r	gb
	gb	v	og
	r	v	bn
	gu	r	bn
	gb	v	r
	og	w	bn
	gn	bl	s

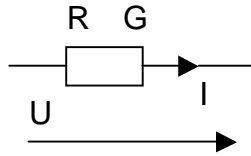
Wert	Farben		
	1	2	3
12 O			
	bn	gn	gn
	og	w	gn
56 O			
470 O			
	gb	v	s
	og	og	gb
330 kO			
27 kO			
	bl	gu	s
150 kO			
	og	w	bl
2,2 kO			
	bn	s	gb
33 kO			
	gu	r	og
	og	w	bn
220 kO			
27 O			
	gn	bl	og
1,2 kO			
	r	r	s
39 kO			
	gn	bl	bn
33 O			
180 kO			
	bn	gu	bn
	bn	gn	r

## 11. NICHTLINEARE U – I - KENNLINIE



- a) Konstruieren Sie den Widerstand  $R_P$  im Punkt P mit  $R_P = \frac{U_P}{I_P}$ .  
(Strahlensatz, Ähnlichkeitssätze). Der so gefundene Widerstand  $R_P$  ist ein statischer Widerstand.
- b) Konstruieren Sie den statischen Widerstand für viele Punkte auf der Kennlinie.

## 12. GESETZ VON OHM



Bestimmen Sie die fehlenden Größen:

U	R	I	G
20 V	820 $\Omega$		
4 mV	6 $\Omega$		
180 V		5 $\mu$ A	
9,25 V		450 mA	
	150 k $\Omega$	60 $\mu$ A	
	900 m $\Omega$	3 A	
8 V			5 S
		4 A	8 mS
250 mV		8 $\mu$ A	
5 mV		2,5 kA	

## 13. LEISTUNG

Ein Heizkörper soll statt 1 kW Leistung nur noch 250 W abgeben.  
Um wie viele Prozent muss die Anschlussspannung gesenkt werden ?

## 14. LEISTUNG

Ein Farb – TV Gerät mit einer Anschlussleistung von 120 W werde täglich während vier Stunden benutzt.

- Wie viele Tage TV – Genuss (Verdruss) ergeben sich bei einem Einsatz von CHF 30.-, wenn eine Kilowattstunde (kWh) 21 Rappen kostet ?
- Wie viele Atomkraftwerke mit 1 GW Leistung sind nötig, wenn mit fünf Millionen TV – Geräten und einer Einschaltquote von 60% gerechnet wird ?

## 7.1.2 Lösungen

## 1. LADUNG KRAFTWIRKUNG

- a)  $n = 31,21 \cdot 10^9 = 31,2$  Milliarden.  
 b)  $F = 16,51$  N

## 2. LADUNG KRAFTWIRKUNG

- a)  $Q_1 = 320,4 \mu\text{C}$  ,  $Q_2 = 801 \mu\text{C}$   
 b)  $F = 25,63$  kN

## 3. SUMMENZEICHEN LÄNGENMASS

- a)  $L_6 = 3,56$  m ,  $L_7 = 3,698$  m ,  $L_8 = 3,17$  m  
 b)  $L_9 = 7,34$  m ,  $L_{10} = 6,868$  m ,  $L_{11} = 6,812$  m  
 c)  $A_1 = 68,433 \cdot 10^{-3}$   $A_2 = 1,4643$   $A_3 = 2,523$

## 4. GESETZ VON OHM DRAHTWIDERSTAND

- a)  $l = 800,64$  m      b)  $A = 0,509$  mm<sup>2</sup> ,  $d = 804,92$  μm  
 c)  $R_{5^\circ\text{C}} = 41,828$  Ω      d)  $\vartheta_2 = 43,641$  °C

## 5. GESETZ VON OHM WIRTSCHAFTLICHKEIT

Gesucht ist das Minimum der Gesamtkosten = Kosten<sub>Kupfer</sub> + Kosten<sub>Verluste</sub> =  
 $K_T = l \cdot \delta_{\text{Cu}} \cdot \text{Preis}_{\text{Cu}} \cdot A + l \cdot \rho_{\text{Cu}} \cdot \text{Preis}_{\text{Verluste}} \cdot I^2 / A$   
 $A_{\text{optimal}} = 112,33$  mm<sup>2</sup>

## 6. WIDERSTAND EINES LEITERS

Widerstand R	Material	Länge $l$	Querschnitt A	spezifischer Widerstand $\rho$	Leitfähigkeit $\gamma$
17,5 Ω	Cu	1 km	1 mm <sup>2</sup>	$17,5 \cdot 10^{-9}$ Ωm	57,14 MSm <sup>-1</sup>
5 Ω	Al	1,75 km	10 mm <sup>2</sup>	$0,0286 \cdot 10^{-6}$ Ωm	349,65 kScm <sup>-1</sup>
16,5 Ω	Ag	1 m	10 <sup>-6</sup> mm <sup>2</sup>	$0,0165$ Ωmm <sup>2</sup> m <sup>-1</sup>	61 MSm <sup>-1</sup>
1 Ω	Al	5 km	143 mm <sup>2</sup>	$28,6 \cdot 10^{-3}$ Ωmm <sup>2</sup> m <sup>-1</sup>	350 kScm <sup>-1</sup>



## 7. WIDERSTAND EINES LEITERS

$R_{20^\circ\text{C}}$	Material	$R(\vartheta)$	$\rho(\vartheta)$ in $\Omega \text{ mm}^2\text{m}^{-1}$	$\alpha$ in $^\circ\text{C}^{-1}$	$\Delta\vartheta$	$\vartheta$ in $^\circ\text{C}$
27 $\Omega$	Ag	32,5 $\Omega$	0,0199	$4,1 \cdot 10^{-3}$	50 $^\circ\text{C}$	
41,5 $\Omega$	Cu	70 $\Omega$	0,0295	0,0043	160 $^\circ\text{C}$	180
2,2 k $\Omega$	Kohle	2,15 k $\Omega$	63,4	$-2 \cdot 10^{-4}$	120 K	140
5,6 k $\Omega$	Al	2,44 k $\Omega$	0,0125	$4,7 \cdot 10^{-3}$	-120 K	-100

## 8. SCHREIBWEISE TECHNISCHER GRÖSSEN (1 BIS 3 STELLEN VOR DEM KOMMA)

Aufgabe	Lösung	Aufgabe	Lösung	Faktor	Zeichen
$57,9 \cdot 10^{-5}$	$579 \cdot 10^{-6}$	46'578 V	46,578 kV	$10^{18}$	E Exa
$3,24 \cdot 10^{-2}$	$32,4 \cdot 10^{-3}$	0,035 A	35 mA	$10^{15}$	P Peta
$1,9 \cdot 10^4$	$19 \cdot 10^3$	2'651 kV	2,651 MV	$10^{12}$	T Tera
$5,601 \cdot 10^5$	$560,1 \cdot 10^3$	0,053 mA	53 $\mu\text{A}$	$10^9$	G Giga
$4,7 \cdot 10^{-3}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	0,078 mV	78 $\mu\text{V}$	$10^6$	M Mega
$33 \cdot 10^{-5}$	$330 \cdot 10^{-6}$	61'532 mV	61,532 V	$10^3$	k Kilo
$0,022 \cdot 10^2$	2,2	$0,5 \cdot 10^{-6}$ A	500 nA	$10^0 = 1$	
$1,5 \cdot 10^8$	$150 \cdot 10^6$	$23 \cdot 10^4$ kV	230 MV	$10^{-3}$	m Milli
$821 \cdot 10^{-4}$	$82,1 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$ V	23 mV	$10^{-6}$	$\mu$ Mikro
$5,6 \cdot 10^{-11}$	$56 \cdot 10^{-12}$	$0,68 \cdot 10^{-4}$ A	68 $\mu\text{A}$	$10^{-9}$	n Nano
$3,93 \cdot 10^{13}$	$39,3 \cdot 10^{12}$	$452 \cdot 10^4$ mA	4,52 kA	$10^{-12}$	p Piko
$0,027 \cdot 10^{-2}$	$270 \cdot 10^{-6}$	$0,027 \cdot 10^{-8}$ kV	270 nV	$10^{-15}$	f Femto
$57,9 \cdot 10^{-17}$	$579 \cdot 10^{-18}$	$23'235 \cdot 10^2$ $\mu\text{V}$	2,3235 V	$10^{-18}$	a Atto

## 9. REIHE E - 12

Welche der nachstehenden Werte gehören in die Reihe E 12 ?

11	12	89	55	56	68	86
65	32	23	39	27	88	28
15	44	51	93	47	76	74
81	18	91	19	26	34	59
95	33	41	14	35	67	87
2,6	6,8	8,3	9,7	1,4	1,5	2,7
4,5	5,6	6,7	3,3	3,6	2,4	4,7
6,3	7,4	6,8	5,6	8,7	10	1,3
1,2	2,7	1,6	1,8	5,2	4,3	3,9
5,6	6,8	6,5	8,6	3,0	3,6	8,2
100	200	233	220	350	390	470
122	470	560	240	150	820	460
680	144	256	940	180	330	565
600	470	360	270	325	688	820
150	390	280	560	450	680	120
11	2,6	100	122	4,5	65	15
122	6,3	81	95	680	600	1,2
12	6,8	200	470	5,6	32	44
7,4	144	470	2,7	6,8	18	33
55	9,7	220	240	3,3	39	93
5,6	940	270	1,8	8,6	19	14
86	2,7	470	460	4,7	28	74
1,3	565	820	3,9	59	87	120
68	1,5	390	820	2,4	88	76
10	330	688	4,3	34	67	3,6
100	6,5	41	91	1,6	280	360
2,7	39	58	33,3	5,69	820	750
390	67,8	77,4	4,5	3,6	770	920
1,2	180	68	240	45,6	6,8	47
150	14,7	89,5	3,9	22	270	3,33

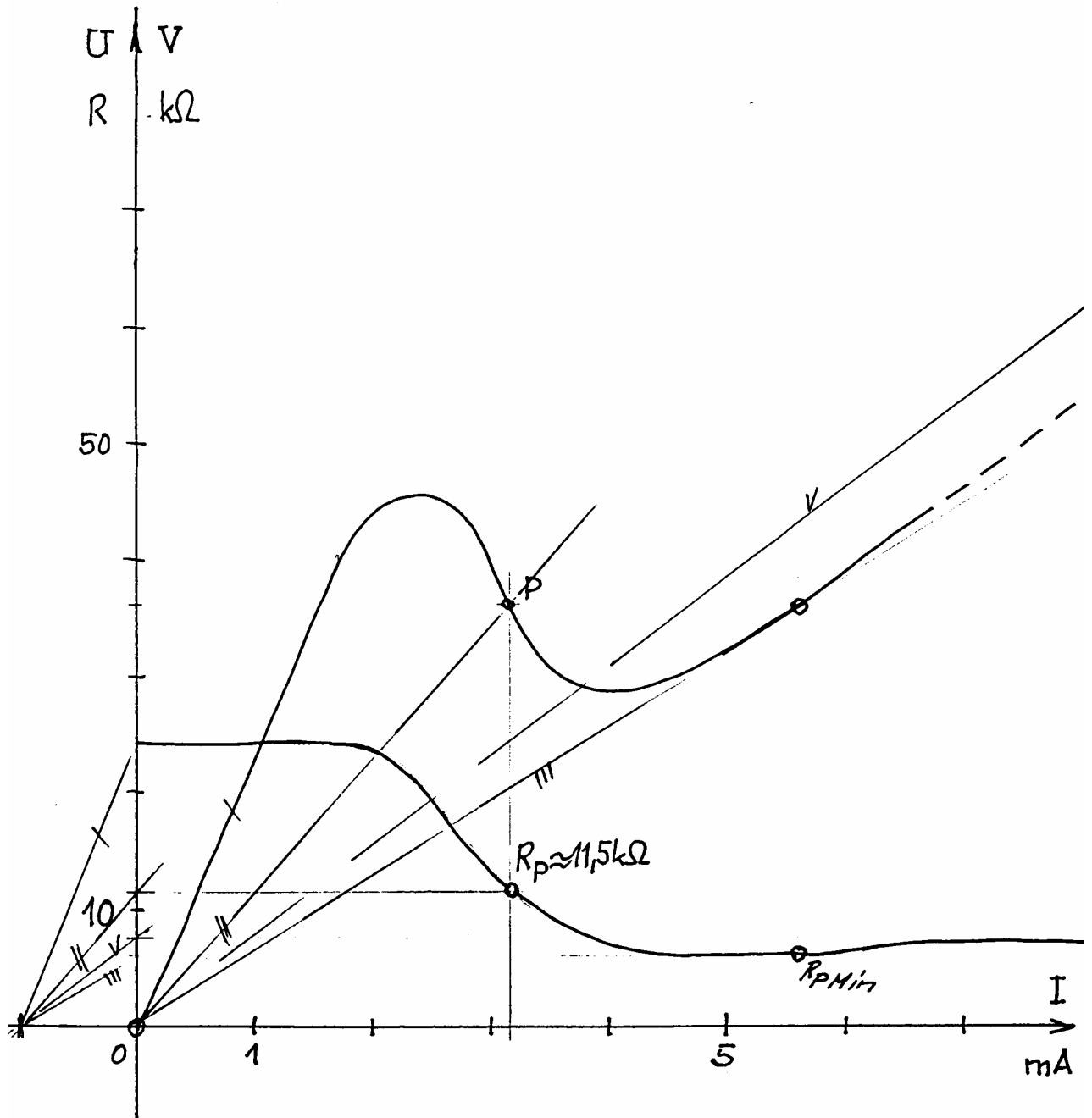
## 10. FARBENCODE

Wert	Farben		
	1	2	3
6,8 kΩ	bl	gu	r
8,2 MΩ	gu	r	gn
27 Ω	r	v	s
1 kΩ	bn	s	r
1,2 MΩ	bn	r	gn
270 Ω	r	v	bn
1,8 kΩ	bn	gu	r
39 Ω	og	w	s
220 kΩ	r	r	gb
3,3 kΩ	og	og	r
18 Ω	bn	gu	s
820 MΩ	gu	r	v
12 kΩ	bn	r	og
180 kΩ	bn	gu	gb
1,5 kΩ	bn	gn	r
68 Ω	bl	gu	s
470 kΩ	gb	v	gb
82 Ω	gu	r	s
18 kΩ	bn	gu	og
270 kΩ	r	v	gb
3,3 kΩ	og	og	r
1 kΩ	bn	s	r
120 Ω	bn	r	bn
8,2 kΩ	gu	r	r
180 Ω	bn	gu	bn
56 kΩ	gn	bl	og
470 kΩ	gb	v	gb
3,9 MΩ	og	w	gn

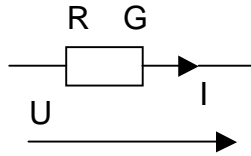
Wert	Farben		
	1	2	3
47 kΩ	gb	v	og
12 Ω	bn	r	s
33 kΩ	og	og	og
820 Ω	gu	r	bn
22 Ω	r	r	s
1,8 MΩ	bn	gu	gn
390 kΩ	og	w	gb
8,2 kΩ	gu	r	r
680 kΩ	bl	gu	gb
12 Ω	bn	r	s
18 MΩ	bn	gu	bl
47 Ω	gb	v	s
10 kΩ	bn	s	og
560 kΩ	gn	bl	gb
18 kΩ	bn	gu	og
2,7 MΩ	r	v	gn
56 MΩ	gn	bl	bl
6,8 kΩ	bl	gu	r
39 kΩ	og	w	og
1 MΩ	bn	s	gn
8,2 kΩ	gu	r	r
220 kΩ	r	r	gb
47 kΩ	gb	v	og
270 Ω	r	v	bn
820 Ω	gu	r	bn
4,7 kΩ	gb	v	r
390 Ω	og	w	bn
56 Ω	gn	bl	s

Wert	Farben		
	1	2	3
12 Ω	bn	r	s
1,5 MΩ	bn	gn	gn
3,9 MΩ	og	w	gn
56 Ω	gn	bl	s
470 Ω	gb	v	bn
47 Ω	gb	v	s
330 kΩ	og	og	gb
330 kΩ	og	og	gb
27 kΩ	r	v	og
68 Ω	bl	gu	s
150 kΩ	bn	gn	gb
39 MΩ	og	w	bl
2,2 kΩ	r	r	r
100 kΩ	bn	s	gb
33 kΩ	og	og	og
82 kΩ	gu	r	og
390 Ω	og	w	bn
220 kΩ	r	r	gb
27 Ω	r	v	s
56 kΩ	gn	bl	og
1,2 kΩ	bn	r	r
22 Ω	r	r	s
39 kΩ	og	w	og
560 Ω	gn	bl	bn
33 Ω	og	og	s
180 kΩ	bn	gu	gb
180 Ω	bn	gu	bn
1,5 kΩ	bn	gn	r

11. NICHTLINEARE U – I - KENNLINIE



## 12. GESETZ VON OHM



Bestimmen Sie die fehlenden Größen:

U	R	I	G
20 V	820 $\Omega$	24,39 mA	1,22 mS
4 mV	6 $\Omega$	666,67 $\mu$ A	166,67 mS
180 V	36 M $\Omega$	5 $\mu$ A	27,78 nS
9,25 V	20,56 $\Omega$	450 mA	48,65 mS
9 V	150 k $\Omega$	60 $\mu$ A	6,67 $\mu$ S
2,7 V	900 m $\Omega$	3 A	1,11 S
8 V	200 m $\Omega$	40 A	5 S
500 V	125 $\Omega$	4 A	8 mS
250 mV	31,25 k $\Omega$	8 $\mu$ A	32 $\mu$ S
5 mV	2 $\mu\Omega$	2,5 kA	500 kS

## 13. LEISTUNG

Die Spannung muss um 50 % gesenkt werden.

## 14. LEISTUNG

a) 298 Tage    b) 0,36 Atomkraftwerk vom Typ Gösgen