

Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

02.11.2000

1/18

Nichtlineare passive Zweipole

Korrigierte Version vom 29.11.2000

1. Stromspannungskennlinien

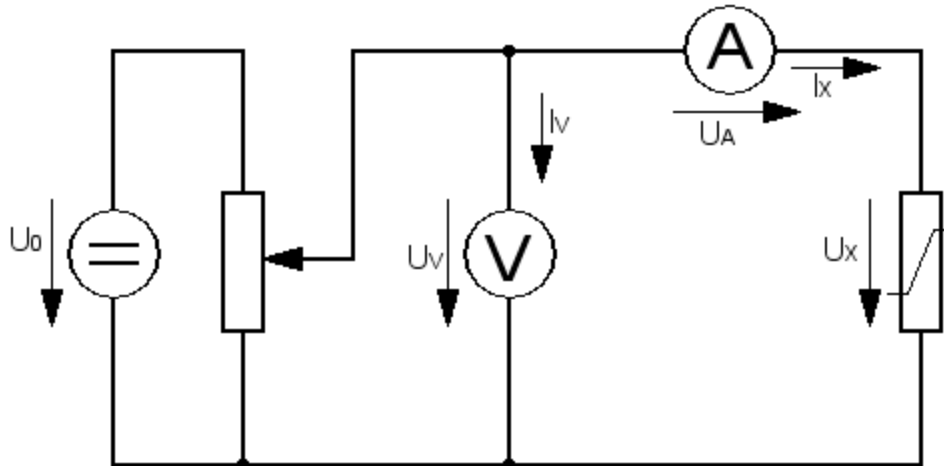


Bild 1: Versuchsaufbau Stromspannungskennlinien

Aufgrund der Spannungsfehlerschaltung müssen die Spannungsmesswerte mit folgender Formel korrigiert werden:

$$U_{\text{korrigiert}} = U_{\text{gemessen}} - \frac{(I \cdot U_{\text{Fehler}})}{I_{\text{Meßbereich}}}$$

Meßbereich	U_{Fehler}
bis 100mA	~100mV
1A	~300mV

1.1 Widerstand

Gemessene Werte			Errechnete Werte	
U_0 / V	I_x / mA	Messbereich/mA	max Fehler/mV	U errechnet/V
0	0,0	100	100	0,0000
1	2,0	100	100	0,9980
2	3,8	1000	300	1,9989
3	5,7	1000	300	2,9983
4	7,6	1000	300	3,9977
5	9,4	100	100	4,9906
7	14,0	100	100	6,9860
10	20,0	1000	300	9,9940
11	21,5	1000	300	10,9936
12	23,0	1000	300	11,9931
13	25,0	1000	300	12,9925
15	29,0	1000	300	14,9913
17	33,0	1000	300	16,9901
18	35,0	1000	300	17,9895
19	37,0	1000	300	18,9889
20	39,0	1000	300	19,9883

Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

02.11.2000

2/18

1.2 Si-Diode

Sperrrichtung:

Gemessene Werte			Errechnete Werte	
U_0 / V	I_x / mA	Messbereich/mA	max Fehler/mV	U errechnet/V
0	0,0	100	100	0,0000
1	0,0	100	100	1,0000
2	0,0	100	100	2,0000
3	0,0	100	100	3,0000
4	0,0	100	100	4,0000
5	0,0	100	100	5,0000
7	0,0	100	100	7,0000
10	0,0	100	100	10,0000
11	0,0	100	100	11,0000
12	0,0	100	100	12,0000
13	0,0	100	100	13,0000
15	0,0	100	100	15,0000
17	0,0	100	100	17,0000
18	0,0	100	100	18,0000
19	0,0	100	100	19,0000
20	0,0	100	100	20,0000

Durchlassrichtung:

Gemessene Werte			Errechnete Werte	
U_0 / V	I_x / A	Messbereich/A	max Fehler/mV	U errechnet/V
0,1	0,0 μ	10 μ	100	0,1000
0,2	0,5 μ	10 μ	100	0,2000
0,3	8,1 μ	10 μ	100	0,2999
0,4	55 μ	10 μ	100	0,3995
0,5	0,5 m	10 m	100	0,4950
0,6	5,0 m	10 m	100	0,5500
0,7	38,0 m	100 m	100	0,6620
0,8	87,0 m	100 m	100	0,7130

Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

02.11.2000

3/18

1.3 Ge-Diode

Sperrrichtung:

Gemessene Werte			Errechnete Werte	
U_0 /V	I_x / μ A	Messbereich/mA	max Fehler/mV	U errechnet/V
1	0,8	0,001	100	0,92
2	1,0	0,001	100	1,90
3	1,3	0,001	100	2,87
4	1,5	0,001	100	3,85
5	1,7	0,001	100	4,83
6	2,0	0,001	100	5,80
7	2,4	0,001	100	6,76
8	2,7	0,001	100	7,73
9	3,1	0,001	100	8,69
10	3,5	0,001	100	9,65
11	3,9	0,001	100	10,61
12	4,5	0,001	100	11,55
13	5,0	0,001	100	12,50
14	5,5	0,001	100	13,45
15	6,1	0,001	100	14,39
16	6,8	0,001	100	15,32
17	7,5	0,001	100	16,25
18	8,2	0,001	100	17,18
19	8,9	0,001	100	18,11
20	9,7	0,001	100	19,03

Durchlassrichtung:

Gemessene Werte			Errechnete Werte	
U_0 /V	I_x /mA	Messbereich/mA	max Fehler/mV	U errechnet/V
0,1	0,06	10	100	0,099
0,2	0,44	10	100	0,196
0,3	0,82	10	100	0,292
0,5	3,00	10	100	0,470
0,7	5,80	10	100	0,642
1,0	9,60	10	100	0,904
1,2	17,00	100	100	1,183
1,4	23,00	100	100	1,377
1,6	26,00	100	100	1,574
1,8	32,00	100	100	1,768
2,0	38,00	100	100	1,962
2,2	44,00	100	100	2,156
2,4	50,00	100	100	2,350
2,6	57,00	100	100	2,543

Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

02.11.2000

4/18

1.4 Z-Diode

Sperrrichtung:

Gemessene Werte			Errechnete Werte	
U_0 / V	$I_x / \mu A$	Messbereich/mA	max Fehler/mV	U errechnet/V
0,1	0,00	0,001	100	0,100
0,5	0,00	0,001	100	0,500
2,0	0,00	0,001	100	2,000
3,0	0,00	0,001	100	3,000
4,0	0,00	0,001	100	4,000
5,0	0,00	0,001	100	5,000
6,1	9,80	0,010	100	6,002
6,2	19,00	0,100	100	6,181
6,3	27,00	0,100	100	6,273
6,5	100,00	1,000	100	6,490
6,6	2600,00	10,000	100	6,574

Durchlassrichtung:

Gemessene Werte			Errechnete Werte	
U_b / V	I_x / mA	Messbereich/mA	max Fehler/mV	U errechnet/V
0,0	0,0000	0,001	100	0,00
0,1	0,0000	0,001	100	0,10
0,2	0,0000	0,001	100	0,20
0,3	0,0000	0,001	100	0,30
0,4	0,0001	0,001	100	0,39
0,5	0,0006	0,001	100	0,44
0,6	0,2800	1,000	100	0,57
0,7	0,8000	1,000	100	0,62
0,8	8,9000	10,000	100	0,71

Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

02.11.2000

5/18

1.5 Leuchtdiode

Sperrrichtung:

Gemessene Werte			Errechnete Werte	
U_0 / V	I_x / mA	Messbereich/ mA	max Fehler/ mV	$U_{errechnet} / V$
0	0	0,001	100	0,00
↓	↓	↓	↓	↓
10	0	0,001	100	10,00

Durchlassrichtung:

Gemessene Werte			Errechnete Werte	
U_0 / V	I_x / mA	Messbereich/ mA	max Fehler/ mV	$U_{errechnet} / V$
0,1	0,00	0,001	100	0,1000
0,5	0,00	0,001	100	0,5000
1,0	0,00	0,001	100	1,0000
1,5	0,00	0,001	100	1,5000
1,6	0,55	10	100	1,5945
1,7	0,91	10	100	1,6909
1,8	8,70	10	100	1,7130
1,9	20,00	100	100	1,8800

Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

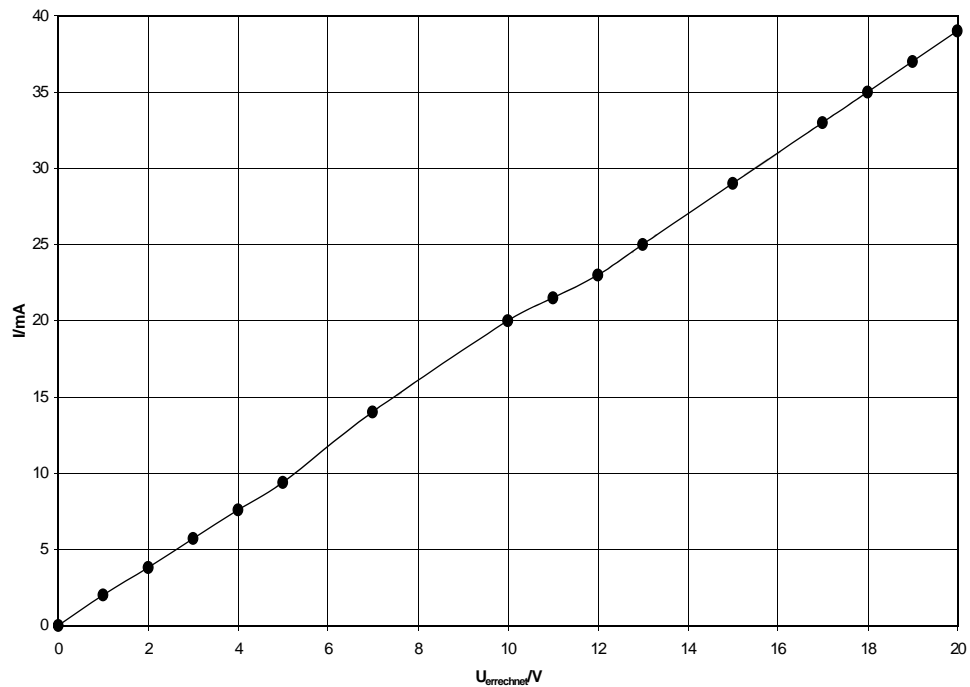
02.11.2000

6/18

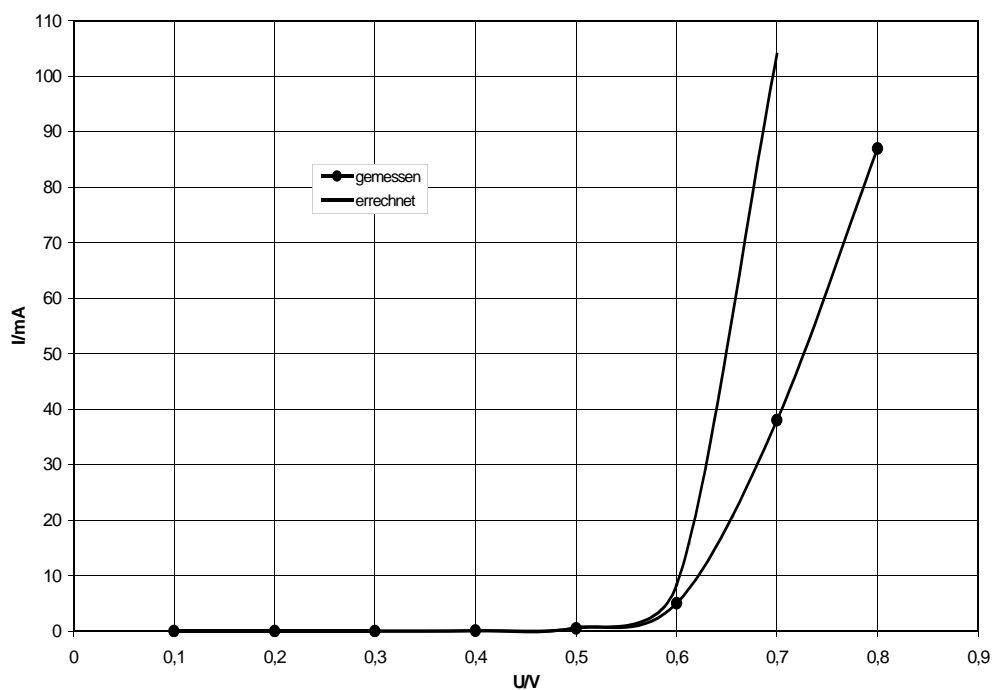
2. Auswertung der Messergebnisse:

2.1 Darstellung der Kennlinien im linearen Maßstab aus den Messungen 1.1 - 1.5

Ohmscher Widerstand (514Ω)



Si-Diode (Durchlassrichtung)



Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

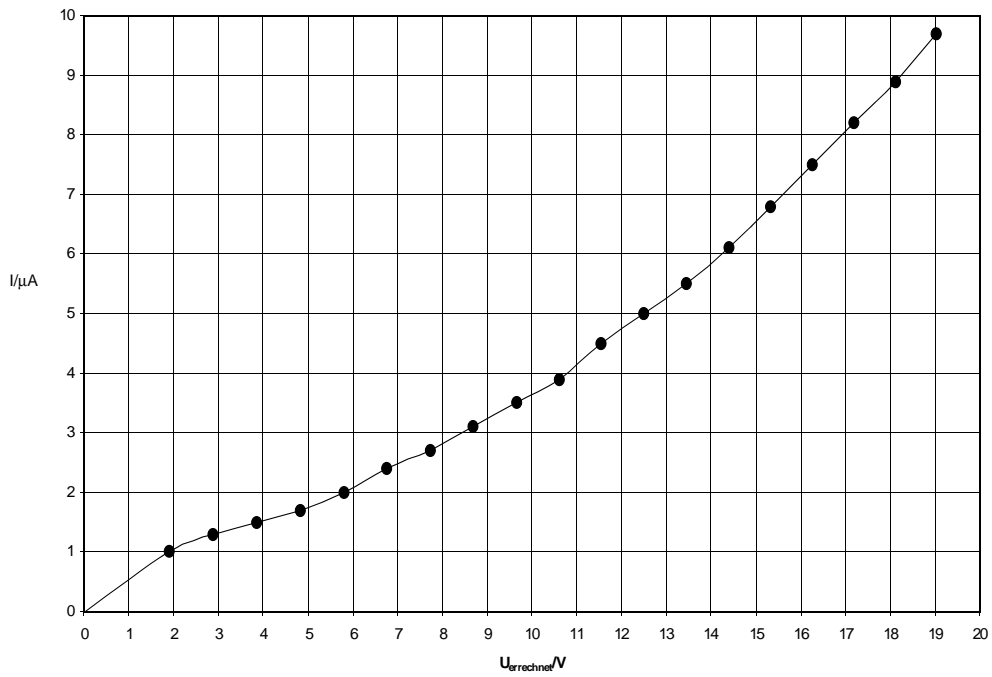
Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

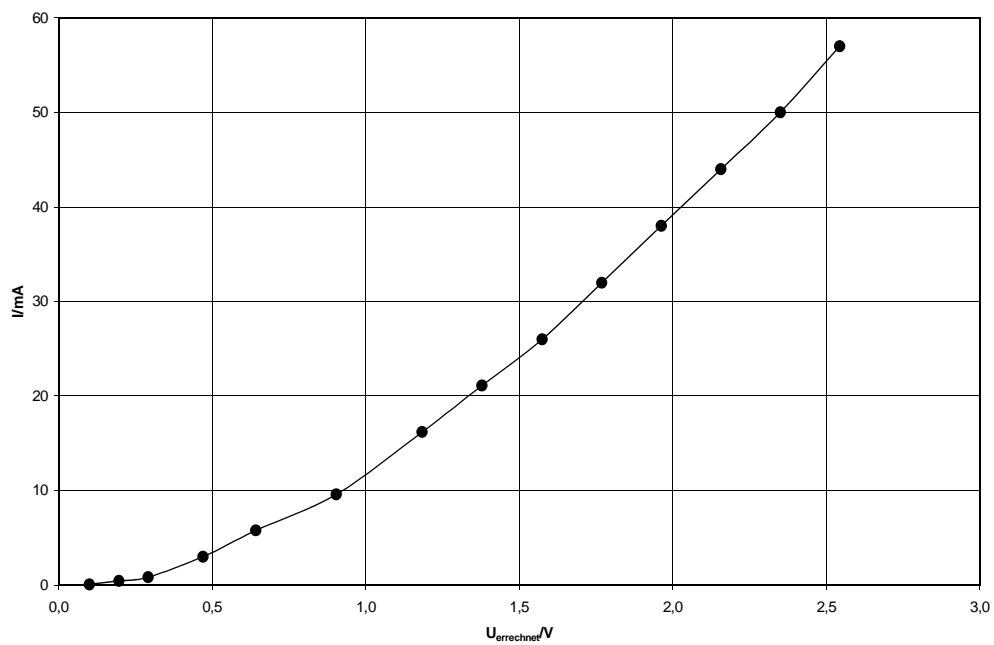
02.11.2000

7/18

Ge-Diode (Sperrichtung)



Ge-Diode (Durchlassrichtung)



Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

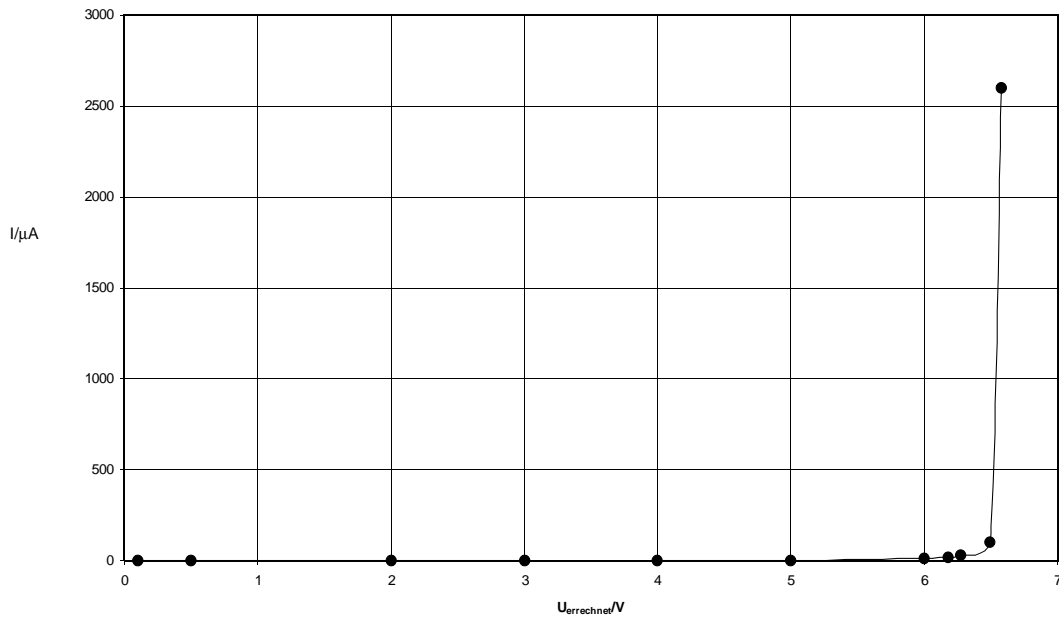
Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

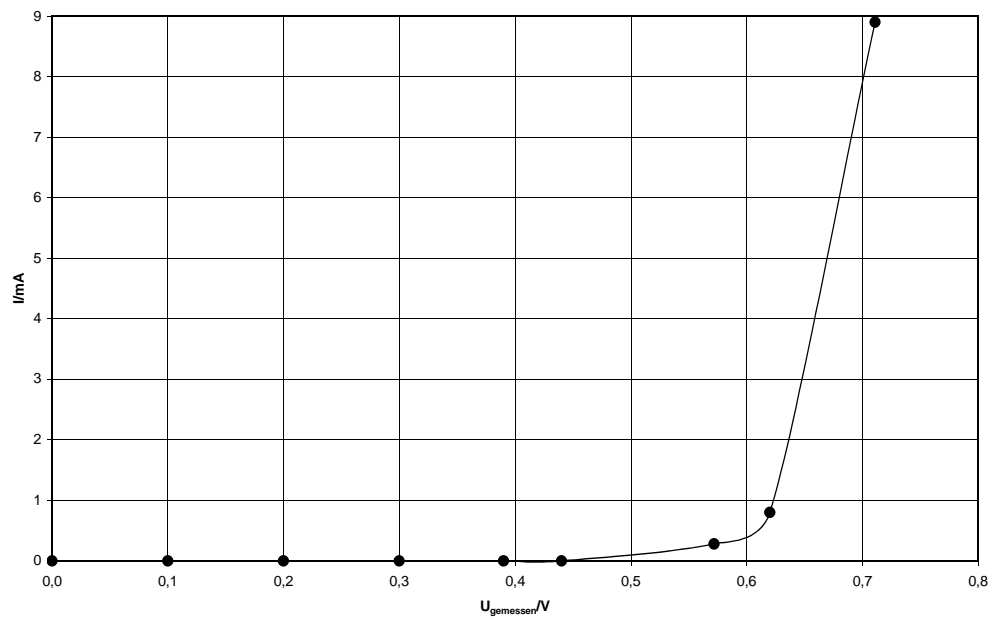
02.11.2000

8/18

Z-Diode (Sperrrichtung)



Z-Diode (Durchlassrichtung)



Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

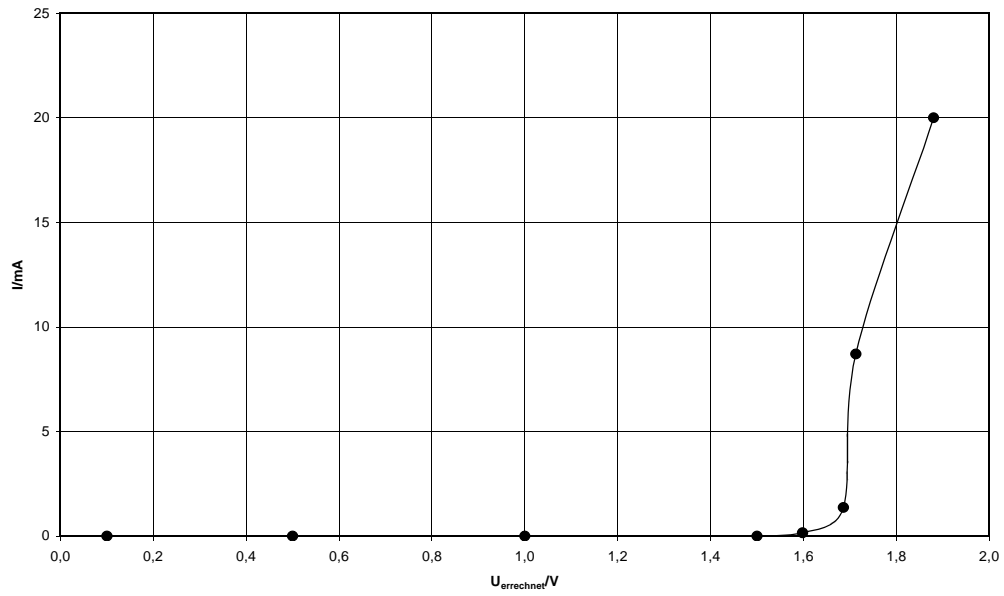
Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

02.11.2000

9/18

Leuchtdiode (Durchlassrichtung)



Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

Versuch I2-1

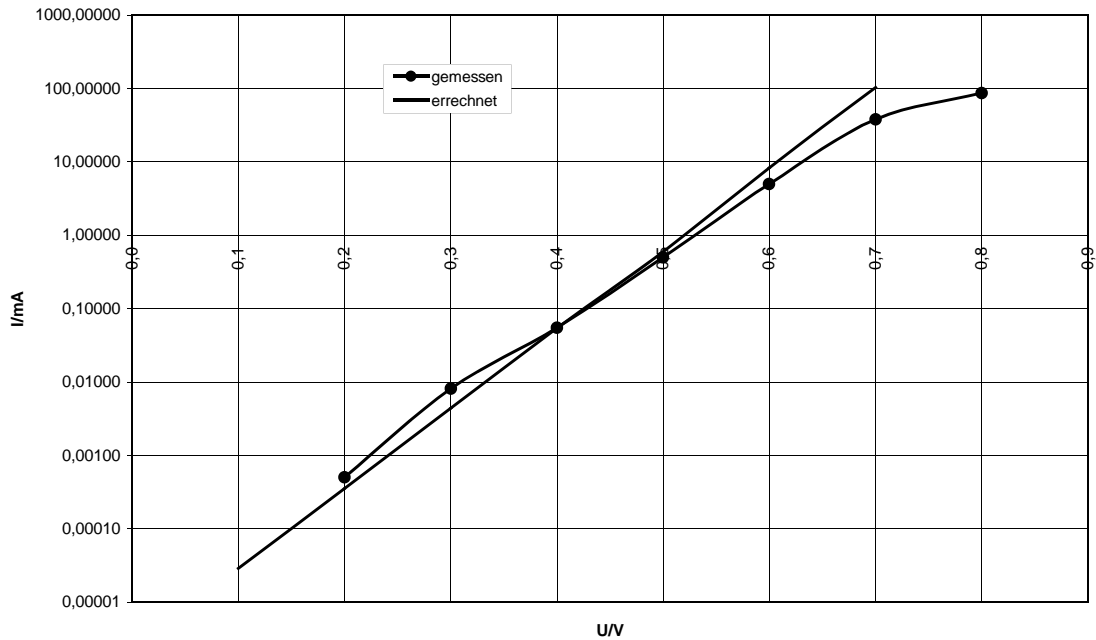
Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

02.11.2000

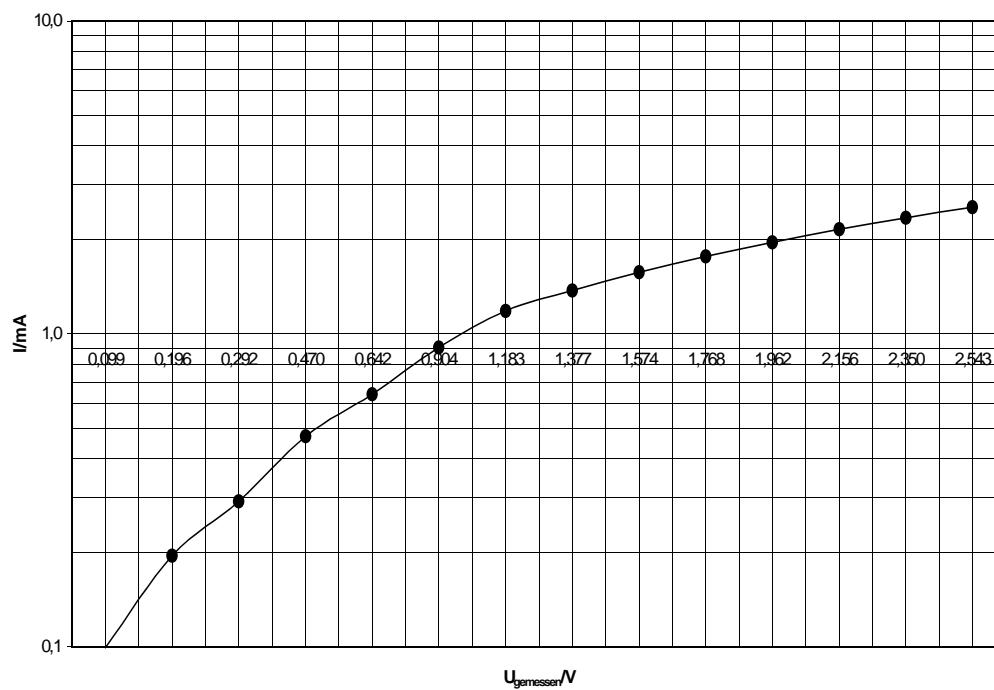
10/18

2.2 Darstellung der Diodenkennlinien nach 1.2 und 1.3 für den Durchlassbereich im halblogarithmischen Maßstab

Si-Diode in Durchlassrichtung (logarithmische Darstellung)



Ge-Diode in Durchlassrichtung (logarithmische Darstellung)



Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

02.11.2000

11/18

2.3 Berechnung der Kennlinie der Si-Diode

Temperaturspannung $U_T = 25,3\text{mV}$

$$I = I_s \cdot \left(e^{\frac{U}{mU_T}} - 1 \right) \approx I_s \cdot \left(e^{\frac{U}{mU_T}} \right) \quad U_T = \frac{k \cdot T}{e}$$

Ermittlung von m mit Hilfe zweier Meßwerte:

$$I_1 = 0,055\text{mA} \quad U_1 = 0,4\text{V}$$

$$I_2 = 38\text{mA} \quad U_2 = 0,66\text{V}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{I_s \cdot e^{\frac{U_1}{mU_T}}}{I_s \cdot e^{\frac{U_2}{mU_T}}} \Rightarrow \ln \left| \frac{I_1}{I_2} \right| = \frac{U_1}{m \cdot U_T} - \frac{U_2}{m \cdot U_T} \Rightarrow m = \frac{U_1 - U_2}{\ln \left| \frac{I_1}{I_2} \right| \cdot U_T} = \frac{0,4\text{V} - 0,66\text{V}}{\ln \left| \frac{0,055\text{mA}}{38\text{mA}} \right| \cdot 0,0253\text{V}} = 1,57$$

Einsetzen von m und Meßwert 2:

$$I_s = \frac{0,038\text{A}}{\frac{0,66\text{V}}{e^{1,57 \cdot 0,0253\text{V}}}} = 2,31 \cdot 10^{-9} \text{A}$$

Die Funktion der Kennlinie lautet:

$$I(U) = 2,31\text{nA} \cdot \left(e^{\frac{U}{1,57 \cdot 25,3\text{mV}}} \right)$$

Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

02.11.2000

12/18

3. Kennlinien

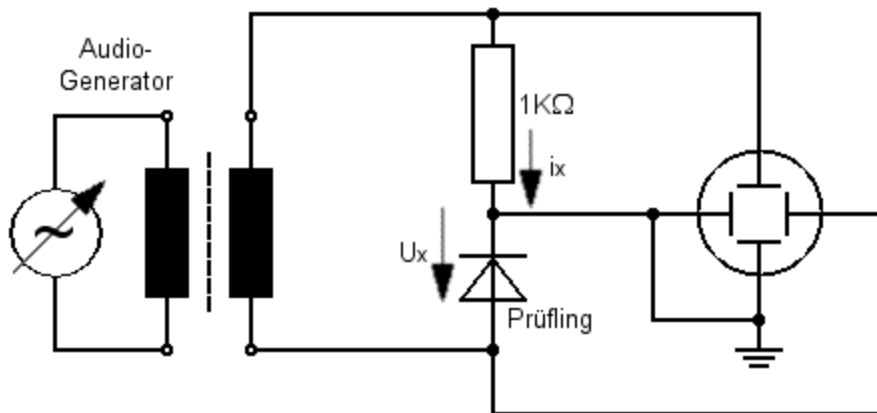
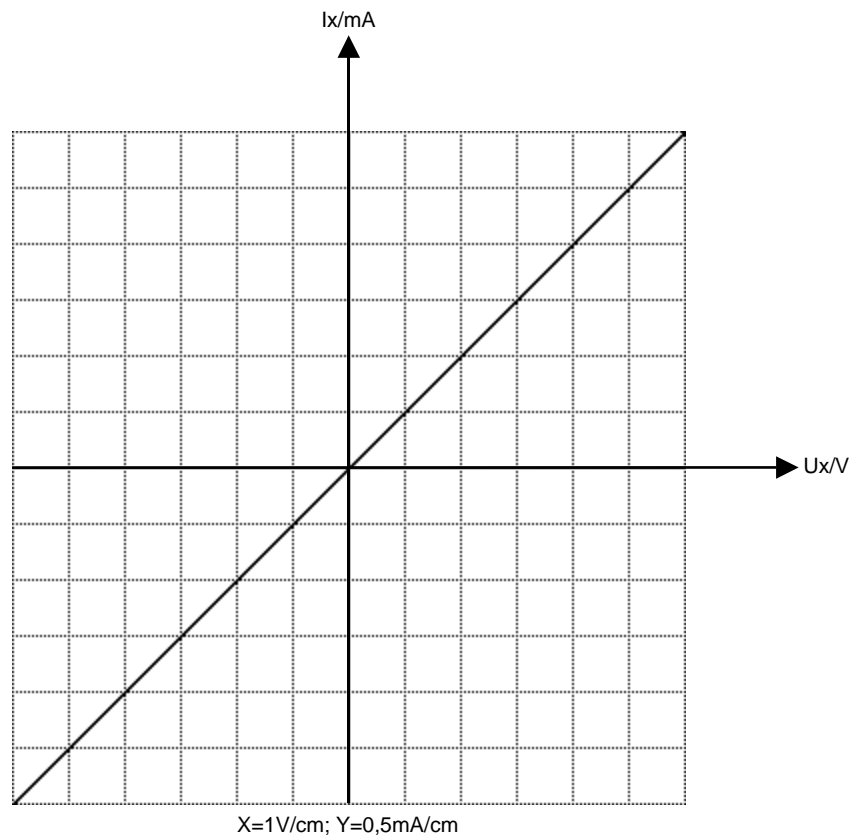


Bild 2: Versuchsaufbau Kennlinien

Ohmscher Widerstand



Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

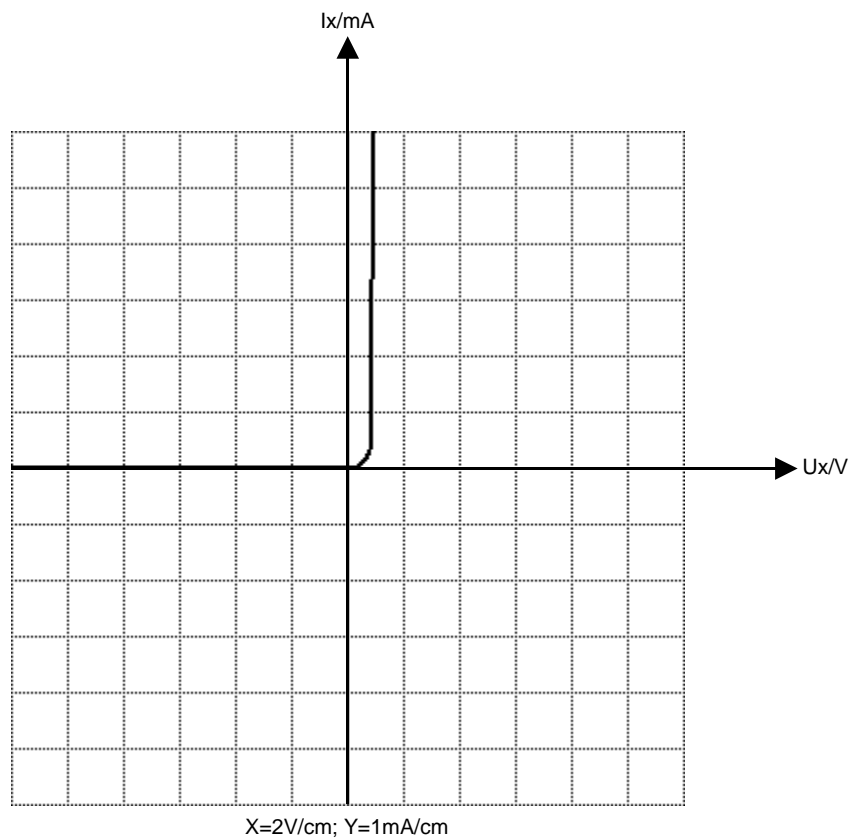
Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

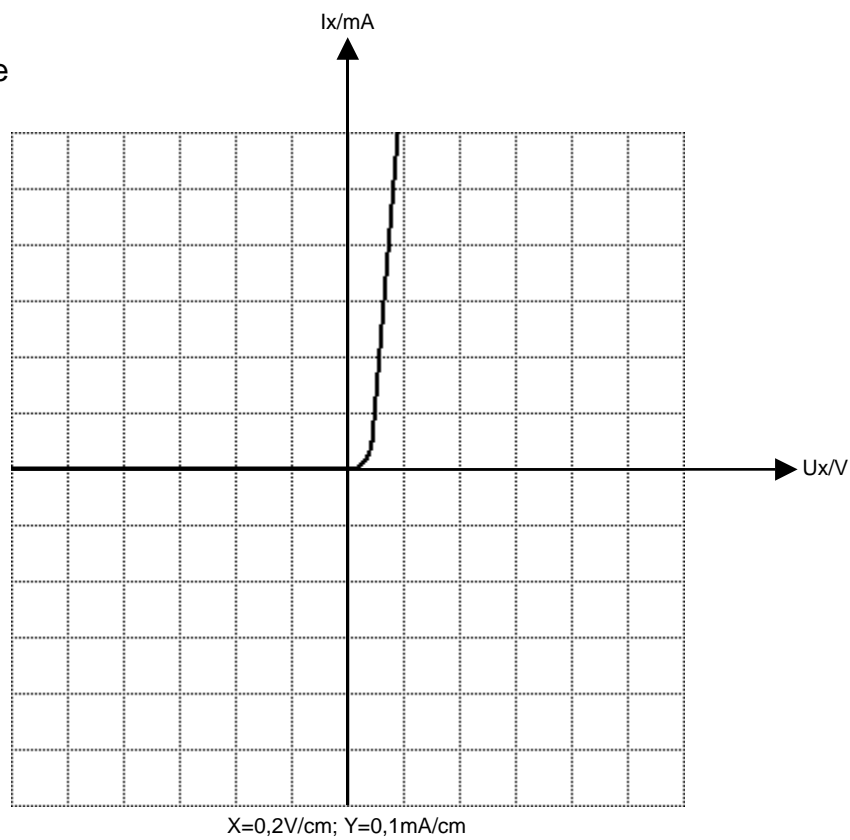
02.11.2000

13/18

Si-Diode



Ge-Diode



Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

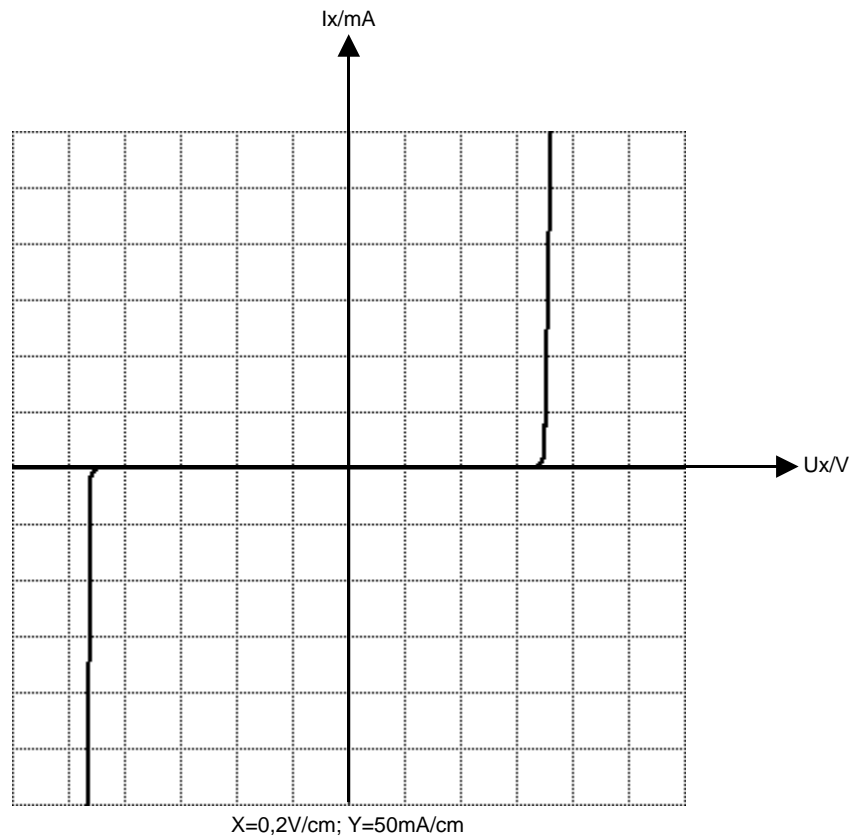
Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

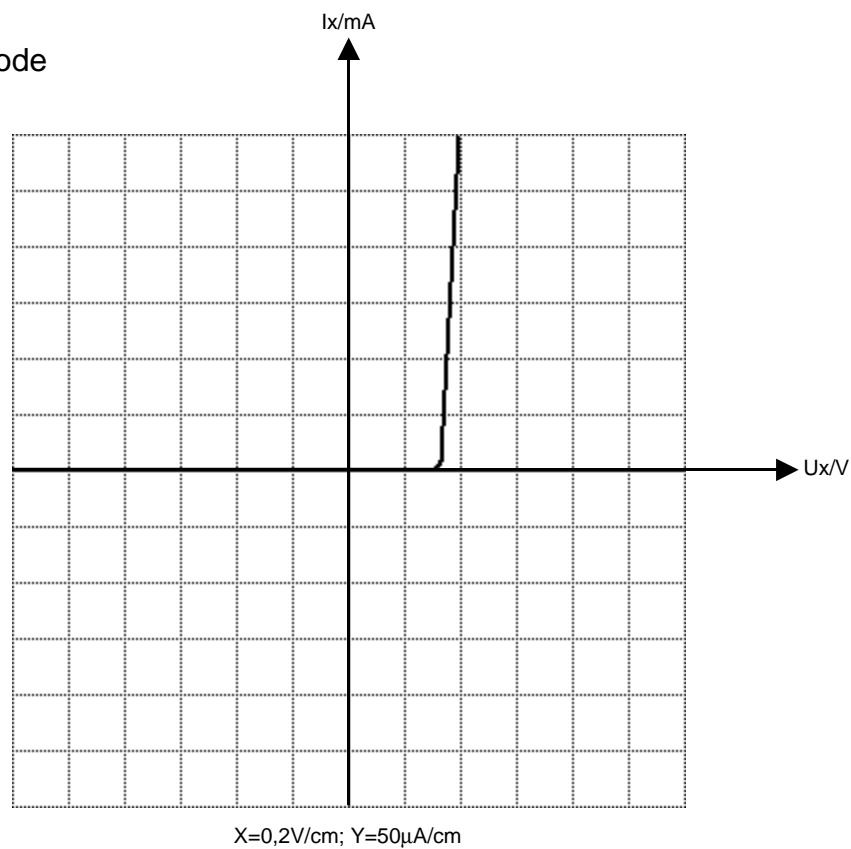
02.11.2000

14/18

Z-Diode



Leuchtdiode



Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

02.11.2000

15/18

4. Temperaturabhängiger Widerstand

4.1 Stromkennlinie des NTC-Widerstandes

T/°C	Ix/mA	R/Ohm
23,5	4,0	500,0
28,0	4,5	444,4
31,0	5,0	400,0
34,5	6,0	333,3
37,0	6,0	333,3
41,5	6,7	298,5
43,0	7,0	285,7
47,0	8,0	250,0
53,0	10,0	200,0
57,0	11,0	181,8
59,0	12,0	166,7
60,0	13,0	153,8
62,0	14,0	142,9
68,0	15,0	133,3
73,0	16,0	125,0
82,0	17,0	117,6
92,0	18,0	111,1
102,0	19,0	105,3

4.2 Diode als Ersatz für einen NTC-Widerstand

Es ist zu beobachten, daß der Strom bei Erwärmung der Diode ansteigt. Die Diode kann also praktisch als Ersatz für einen NTC-Widerstand dienen.

Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

02.11.2000

16/18

4.3 Berechnung der NTC-Widerstands-Kennlinie

Die Widerstandskennlinie des NTC-Widerstandes ist durch folgende Formel gegeben:

$$R(T) = A \cdot e^{\frac{B}{T}}$$

$$A = \frac{R_1}{e^{\frac{B}{T_1}}} \quad B = \frac{\ln\left(\frac{R_1}{R_2}\right)}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}}$$

Durch Einsetzen von Meßwerten bei minimaler (T_1) und maximaler (T_2) Temperatur (in Kelvin) und minimaler (R_1) und maximaler (R_2) ergeben sich für A und B bei $U = 2V$ folgende Werte:

$$T_1 = 23,5^\circ C = 296,65 K$$

$$I_1 = 4 mA \Rightarrow R_1 = 500 \Omega$$

$$T_2 = 73,0^\circ C = 346,15 K$$

$$I_2 = 16 mA \Rightarrow R_2 = 125 \Omega$$

$$B = \frac{\ln\left(\frac{R_1}{R_2}\right)}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \Rightarrow B = \frac{\ln\left(\frac{500 \Omega}{125 \Omega}\right)}{\frac{1}{296,65 K} - \frac{1}{346,15 K}} = 2875,8 K$$

$$A = \frac{R_1}{e^{\frac{B}{T_1}}} \Rightarrow A = \frac{500 \Omega}{e^{\frac{2875,8 K}{296,65 K}}} = 0,03082 \Omega$$

Die komplette Funktion für den NTC-Widerstand lautet somit:

$$I(T) = \frac{2V}{0,03082 \Omega \cdot e^{\frac{2875,8 K}{T}}} \quad \text{oder} \quad R(T) = 0,03082 \Omega \cdot e^{\frac{2875,8 K}{T}}$$

Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

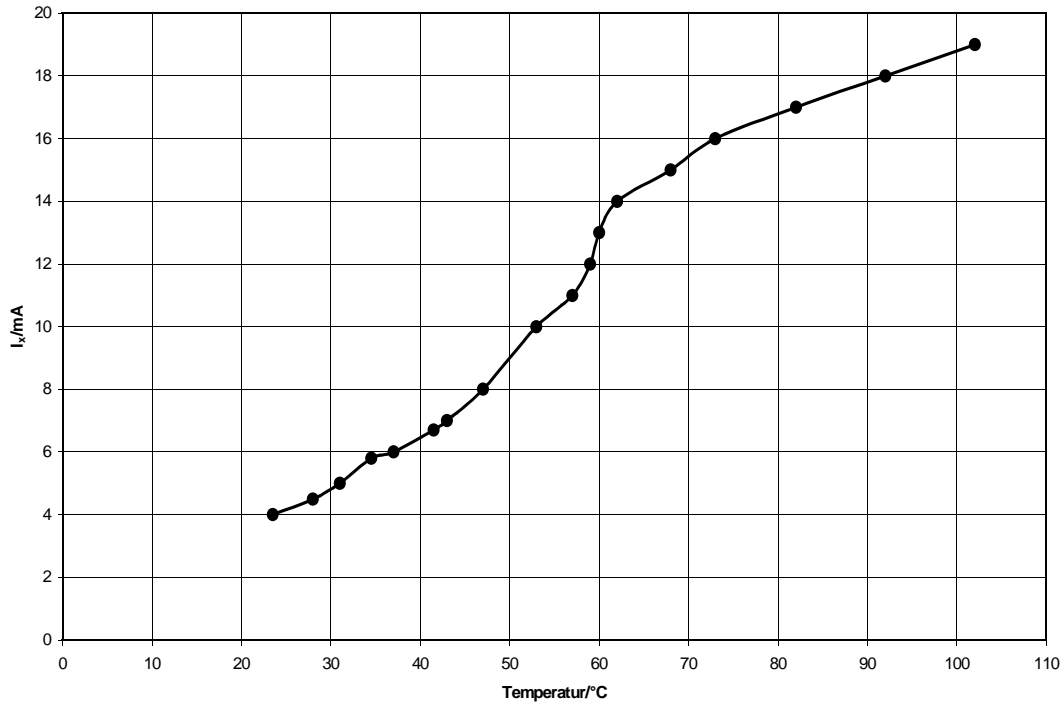
Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

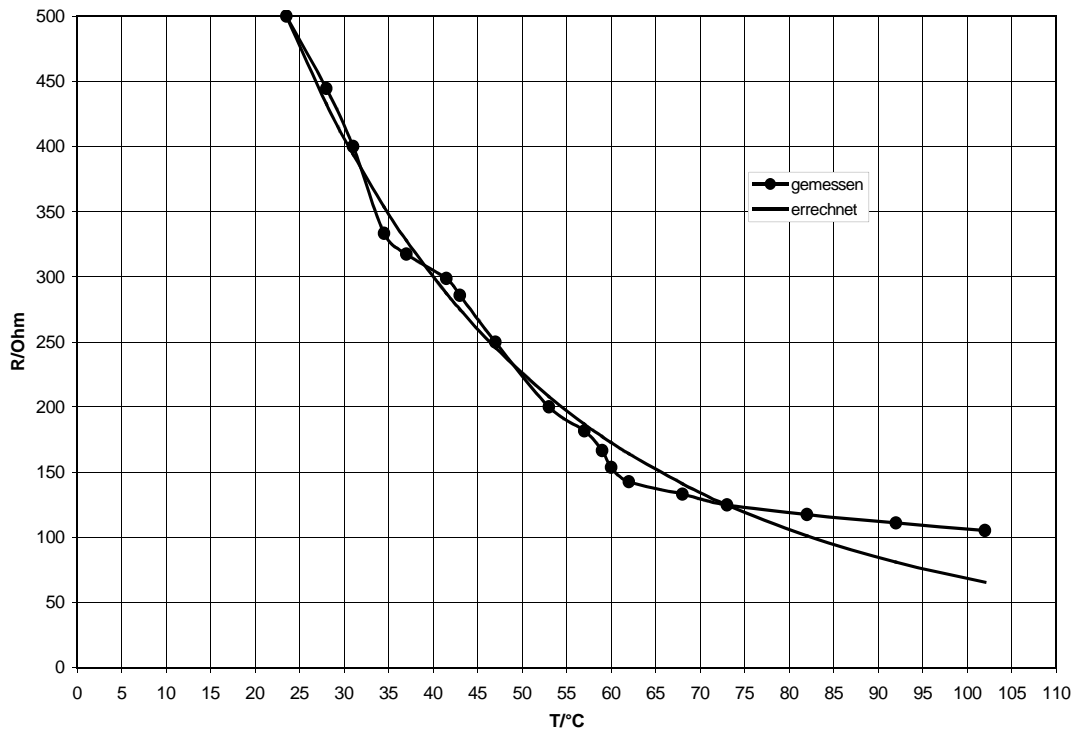
02.11.2000

17/18

Darstellung der Strom-Temperaturkennlinie:



Darstellung der Widerstands-Temperaturkennlinie:



Labor Grundlagen der Elektrotechnik

Gruppe: S4

Versuch I2-1

Hendrik Schwarz, Edgar Nanninga

02.11.2000

18/18

Geräteliste

Keithley Digital Thermometer	23.10
Schiebewiderstand	41/59
Strommeßgerät	23.43
Spannungsmeßgerät	23.44
Oszilloskop	23.195

Widerstand 1,1k Ω
Diodenbox
Drehwiderstand
Heissluftföhn

Hendrik Schwarz, Mat.-Nr.: 2083633

Edgar Nanninga, Mat.-Nr.: 2084635

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.