

Auswertung: elektrische Bauelemente

Axel Müller & Marcel Köpke

21.06.2012

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabe 1	3
1.1 NTC	3
1.2 PT100	5
2 Aufgabe 2	7
2.1 GED	7
2.2 SID	8
2.3 Zener-Diode	8
2.4 Varistor	9
2.5 Photodiode	9
2.6 Photowiderstand	10
2.7 Leuchtdioden	11
2.8 Frequenzabhängigkeit der SID	12
3 Aufgabe 3	14
4 Aufgabe 4	16
5 Aufgabe 5	18

1 Aufgabe 1

Wie im Vorprotokoll beschrieben bauten wir die Wheatstone'sche Brückenschaltung auf und schlossen einen Widerstand an, den wir im Verlauf des Versuchs langsam erhitzen (abkühlten). Wir benutzten ein Potentiometer als regelbaren Widerstand für die Brückenschaltung und stellten dieses so ein, dass die Spannung an der Brücke verschwand. Dann galt:

$$R_M = R_V \frac{R_1}{R_2}$$

mit R_M dem zu messenden Widerstand, R_V einem festen Widerstand in der Schaltung und R_1 und R_2 den Teilwiderständen des Potentiometers. Dabei galt für den Gesamtwiderstand des Potentiometers:

$$R_P = R_1 + R_2 = 10k\Omega$$

1.1 NTC

Der NTC-Widerstand ist ein heißleitender Widerstand. Wir erhielten folgende Messwerte mit $R_V = 1,2k\Omega$:

T [°C]	R_2 [kΩ]	R_M [kΩ]	T [°C]	R_2 [kΩ]	R_M	T [°C]	R_2 [kΩ]	R_M
28	2,12	4,46	90	4,71	1,35	145	7,17	0,47
33	2,29	4,04	95	4,85	1,27	150	7,36	0,43
38	2,43	3,73	100	5,00	1,20	155	7,50	0,40
43	2,59	3,43	105	5,19	1,11	160	7,58	0,38
49	2,80	3,09	110	5,40	1,02	165	7,78	0,34
54	2,98	2,83	115	5,84	0,85	170	7,88	0,32
59	3,25	2,49	120	6,12	0,76	175	7,98	0,30
65	3,72	2,03	125	6,49	0,65	180	8,08	0,29
70	3,99	1,81	130	6,63	0,61	185	8,19	0,27
75	4,24	1,63	135	6,78	0,57	190	8,30	0,25
80	4,41	1,52	140	6,94	0,53	195	8,38	0,23
85	4,55	1,44				200	8,51	0,21

Tabelle 1.1: Messwerte

Trägt man nun $\ln(R_M)$ über $\frac{1}{T}$ auf so erhält man folgendes Schaubild:

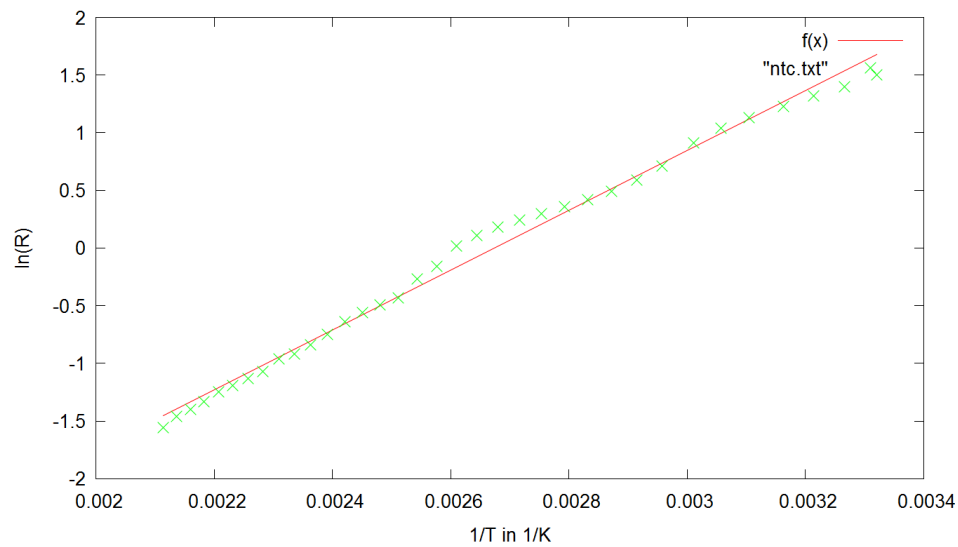


Abbildung 1.1: Fit-Kurve

Die Ausgleichsgerade hat dabei folgende Form

$$f(x) = c \cdot x + d$$

mit

$$c = 2594,68$$

$$d = -6,93715$$

Der Ansatz $R_M(T) = a \cdot e^{\frac{b}{T}}$ führt damit zu:

$$\ln a = d \Rightarrow a = e^d = 9,71 \cdot 10^{-4} [k\Omega]$$

$$b = c = 2594,68 [K]$$

Das Schaubild zeigt die Übereinstimmung:

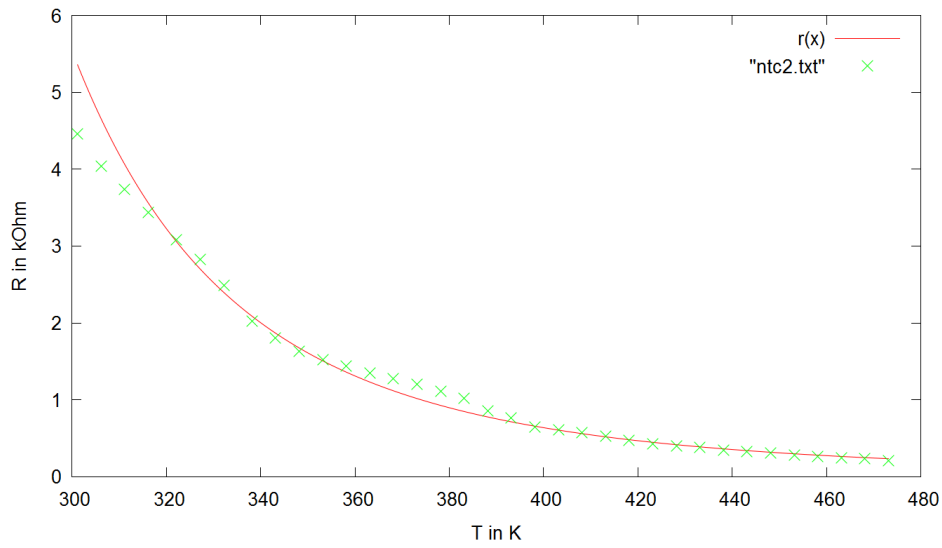


Abbildung 1.2: $R_M(T)$

1.2 PT100

Der PT100-Widerstand ist ein kaltleitender Widerstand. Wir erhielten folgende Messwerte mit $R_V = 100\Omega$:

T [°C]	R_2 [k Ω]	R_M [k Ω]	T [°C]	R_2 [k Ω]	R_M [k Ω]	T [°C]	R_2 [Ω]	R_M [k Ω]
30	4,61	0,1169	90	4,23	0,1364	155	3,77	0,1653
35	4,58	0,1183	95	4,21	0,1375	160	3,75	0,1667
40	4,53	0,1208	100	4,11	0,1433	165	3,73	0,1681
45	4,50	0,1222	105	3,99	0,1506	170	3,70	0,1703
50	4,46	0,1242	110	3,96	0,1525	175	3,67	0,1725
55	4,42	0,1262	115	3,95	0,1532	180	3,64	0,1747
60	4,40	0,1273	120	3,92	0,1551	185	3,64	0,1747
65	4,37	0,1288	125	3,90	0,1564	190	3,63	0,1755
70	4,33	0,1309	130	3,87	0,1584	195	3,59	0,1786
75	4,30	0,1326	135	3,84	0,1604	200	3,57	0,1801
80	4,28	0,1334	140	3,84	0,1604	205	3,55	0,1817
85	4,26	0,1347	145	3,82	0,1618	210	3,57	0,1801
			150	3,81	0,1625			

Tabelle 1.2: Messwerte

Trägt man nun R_M über T auf und nimmt man einen linearen Zusammenhang an, so ergibt sich folgende Ausgleichsgerade

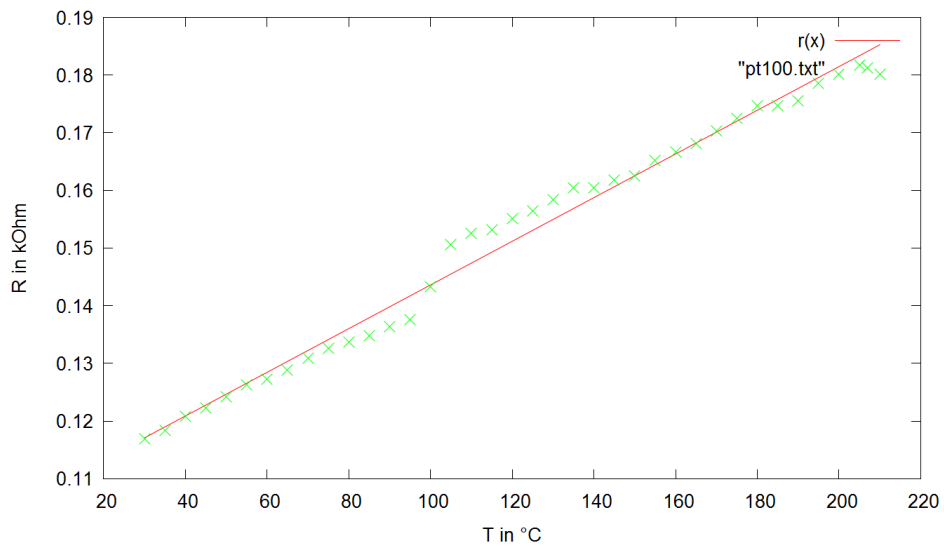


Abbildung 1.3: Fit-Kurve

Die Form der Ausgleichsgeraden lautet:

$$R_M(T) = R_0 + c \cdot T$$

mit

$$R_0 = 0,105723k\Omega$$

$$c = 0,000378753 \frac{k\Omega}{^\circ C}$$

Der Widerstand des PT100 bei $0^\circ C$ ist gerade R_0 .

2 Aufgabe 2

2.1 GED

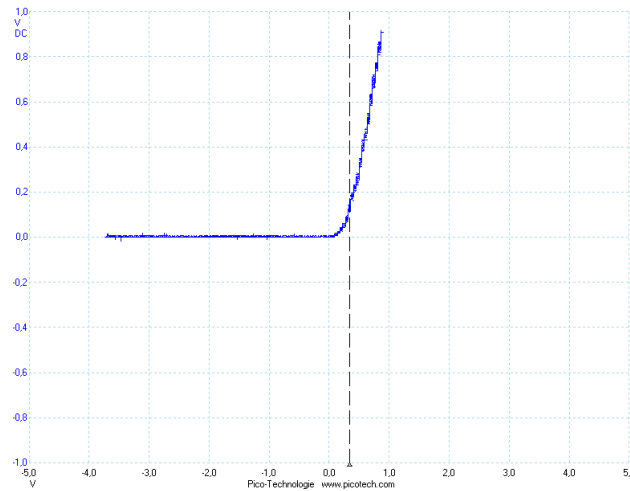


Abbildung 2.1: GED

Die Schwellspannung lag bei

$$U_S = 0,344V$$

für $f = 100Hz$ der Frequenz der Wechselspannung. Die Abweichung vom Erwartungswert $0,3V$ beträgt $14,67\%$.

2.2 SID

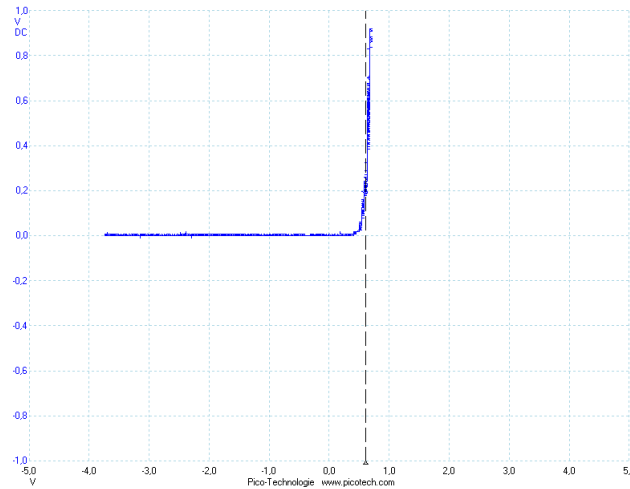


Abbildung 2.2: GED

Die Schwellspannung lag bei

$$U_S = 0,606V$$

für $f = 100Hz$ der Frequenz der Wechsellspannung. Die Abweichung vom Erwartungswert $0,7V$ beträgt 13,43%.

2.3 Zener-Diode

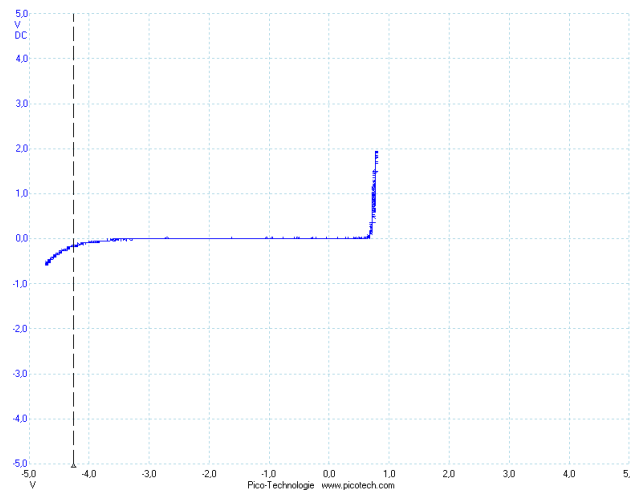


Abbildung 2.3: GED

Die Schwellspannung lag bei

$$U_S = 0,712V$$

Die Durchschlagspannung lag bei

$$U_D = -4,262V$$

für $f = 100Hz$ der Frequenz der Wechselspannung.

2.4 Varistor

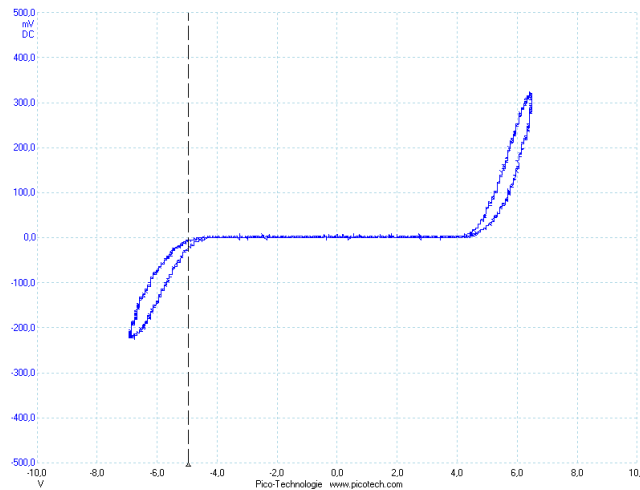


Abbildung 2.4: GED

Die Schwellspannung lag bei

$$U_{S,1} = 5,04V$$

$$U_{S,2} = 4,96V$$

für $f = 100Hz$ der Frequenz der Wechselspannung. Die Kennlinie ist symmetrisch. Es macht also keinen Unterschied in welche Richtung man den den Varistor einbaut. Die «Doppellinien» an den Enden der Kennlinie bedingen sich durch Hystereseeffekte, die durch die begrenzte Elektronengeschwindigkeit hervorgerufen werden.

2.5 Photodiode

Bei Umgebungslicht zeigte sich folgende Kennlinie für die Photodiode:

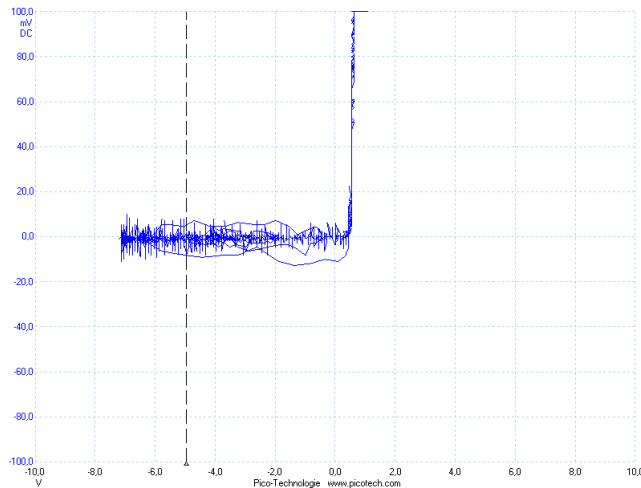


Abbildung 2.5: Umgebungslicht

Man sieht, dass sich die Photodiode wie eine «normale» Diode verhält und bei einer bestimmten Schwellspannung in Durchlassrichtung leitend wird. Wir beleuchteten nun die Photodiode mit einer Taschenlampe und erhielten folgende Kennlinie:

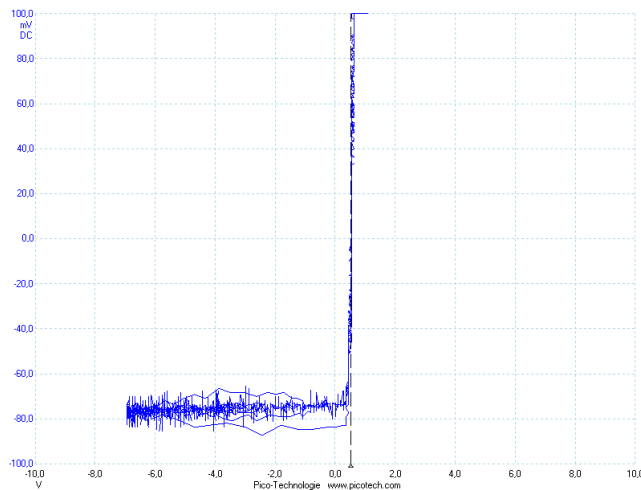


Abbildung 2.6: Taschenlampe

Man sieht, dass wie erwartet selbst vor dem Überwinden der Schwellspannung ein Photostrom fließen kann.

2.6 Photowiderstand

Wir stellten die Spannung am Vorwiderstand und am Photowiderstand fest und erhielten für 3 verschiedenen Belichtungsarten folgende Kennlinien:

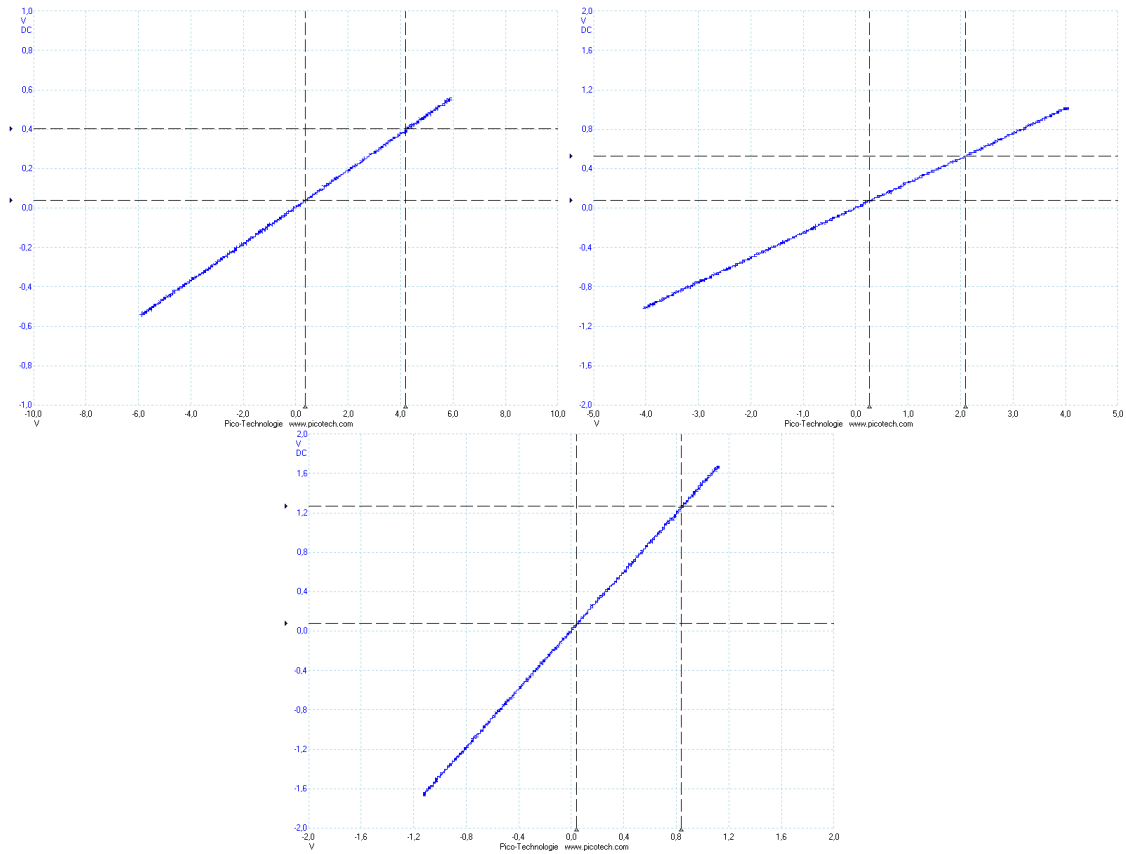


Abbildung 2.7: abgedeckt/Umgebungslicht/Taschenlampe

Wir bestimmten die Steigung m der Kennlinien. Dabei gilt:

$$m = \frac{\Delta U_V}{\Delta U_P} = \frac{R_V I}{R_P I} = \frac{R_V}{R_P}$$

Damit also:

$$R_P = \frac{R_V}{m}$$

Wir verwendeten einen Vorwiderstand mit $R_V = 100\Omega$. Für die drei Kennlinien ergab sich:

$$m_{Umg.} = 0,243 \Rightarrow R_P = 411,523\Omega$$

$$m_{Tas.} = 1,489 \Rightarrow R_P = 67,159\Omega$$

$$m_{ab} = 0,094 \Rightarrow R_P = 1063,830\Omega$$

2.7 Leuchtdioden

Wir stellten die Kennlinien für 4 verschiedene Leuchtdioden fest:

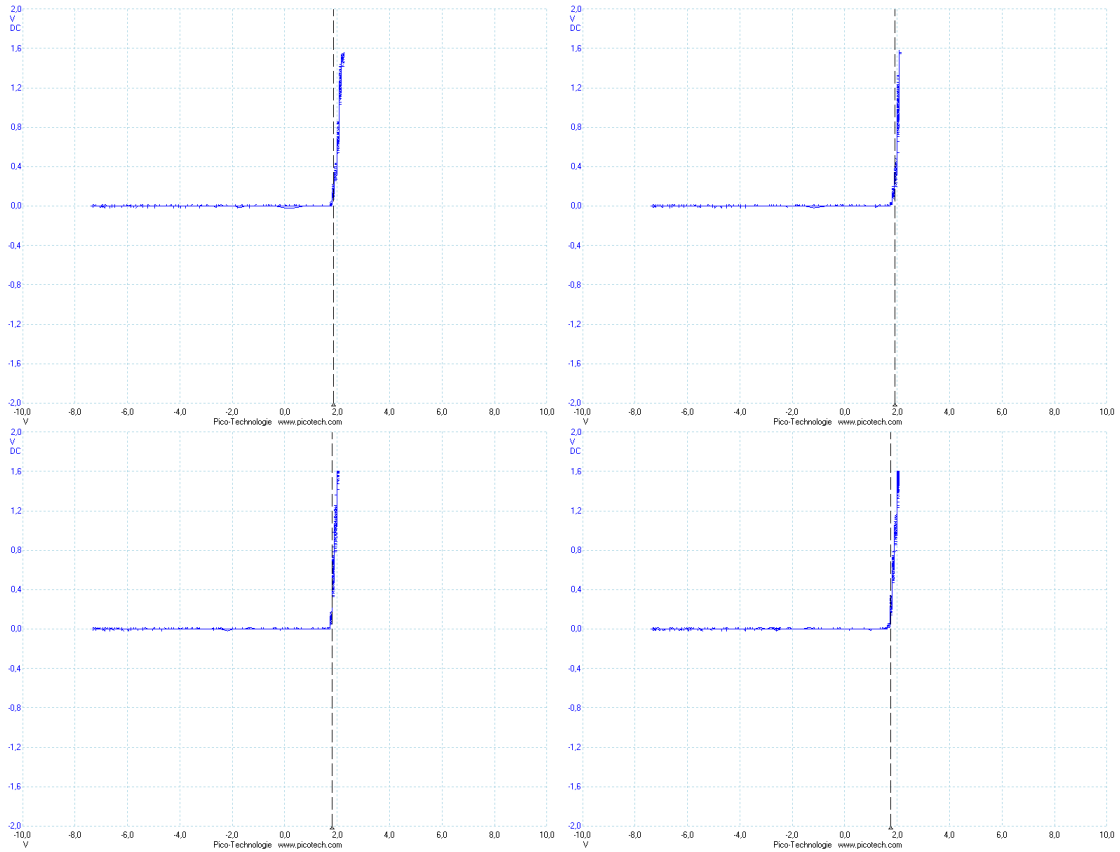


Abbildung 2.8: grün/gelb/orange/rot

Für die Schwellspannungen ergab sich:

$$U_{S,grün} = 1,94V$$

$$U_{S,gelb} = 1,92V$$

$$U_{S,orange} = 1,81V$$

$$U_{S,rot} = 1,74V$$

Man sieht, dass die Schwellspannung abnimmt wenn die Leuchtdiode niederfrequenteres Licht (damit niederenergetisches Licht) abstrahlt.

2.8 Frequenzabhängigkeit der SID

Wir stellten die Frequenz der Wechselspannung auf $f = 10kHz$ ein und nahmen die Kennlinie der SID auf:

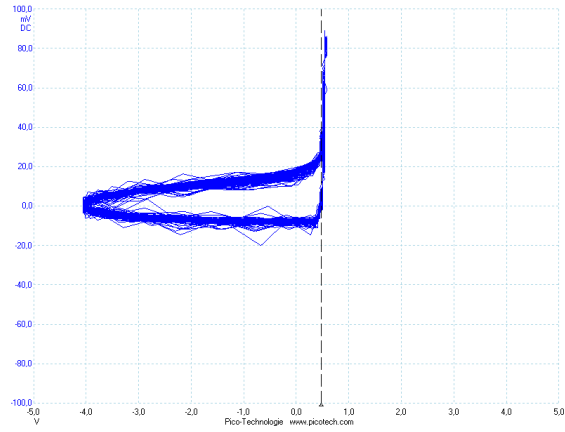


Abbildung 2.9: SID

Wir erkennen eine Doppellinie. Die Tatsache, dass beide Linien keine Nulllinien (vor der Schwellspannung) sind zeigt, dass die Diode in beide Richtung leitend war. Erklären kann man sich dies mit der endlichen Elektronengeschwindigkeit im Material. Bei hohen Frequenzen kann sich die Sperrschicht nicht genügend schnell wieder aufbauen, sodass die Diode leitend bleibt.

3 Aufgabe 3

Wir beleuchteten einen Phototransistor und stellten die Spannung am Vorwiderstand in Abhängigkeit der Lichtintensität fest. Der Vorwiderstand betrug wieder $R_V = 100\Omega$. Wir erhielten wir folgende Messwerte:

Lampenspannung \underline{U}_L [V]	Beleuchtungsstärke B [Lux]	U_V [mV]	\underline{U}_L [V]	B [Lux]	U_V [mV]
0,0	0	0	6,5	876	69,0
0,5	0	0	7,0	1177	85,4
1,0	0	0	7,5	1566	102,9
1,5	0	0	8,0	2010	124,1
2,0	2	1,1	8,5	2545	148,8
2,5	7	2,9	9,0	3184	164,6
3,0	22	5,9	9,5	3905	189,1
3,5	45	10,7	10,0	4695	213,0
4,0	48	16,1	10,5	5695	244,0
4,5	148	23,4	11,0	6710	273,0
5,0	258	31,9	11,5	7730	303,3
5,5	381	34,6	12,0	9155	338,0
6,0	560	56,2	12,5	10365	369,0

Tabelle 3.1: Messwerte

Trägt man die Stromstärke gegen die Beleuchtungsstärke auf so ergibt sich folgendes Schaubild:

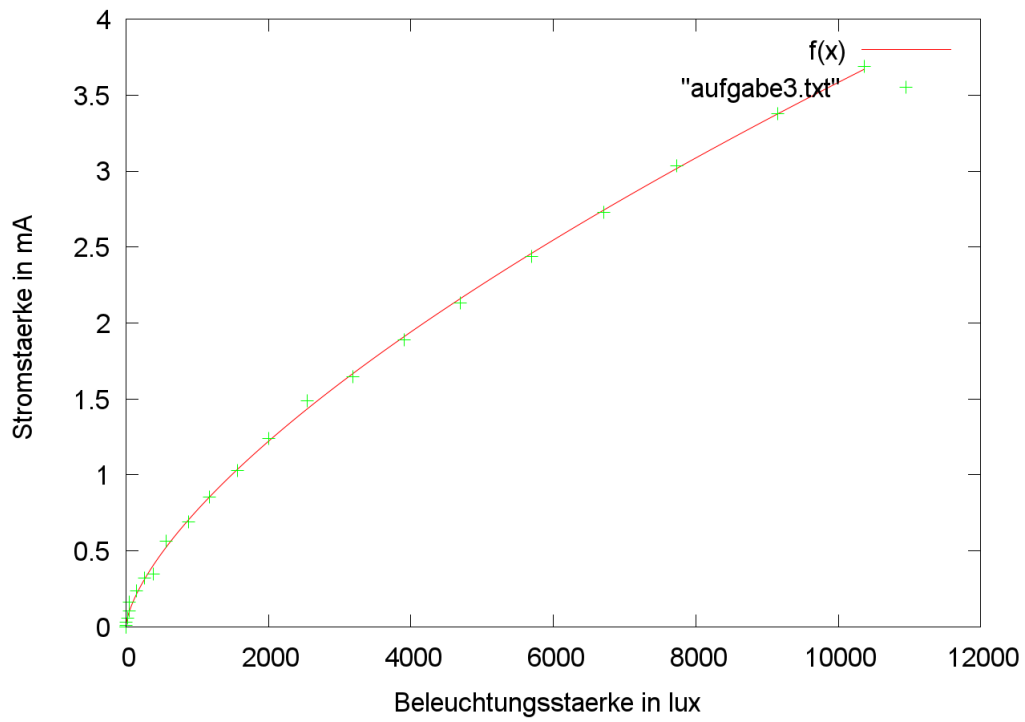


Abbildung 3.1: Schaubild

Der Funktionale Zusammenhang der Fit-Kurve $f(x)$ lautet dabei:

$$f(x) = a \cdot x^b$$

mit

$$a = 0,00754264$$

$$b = 0,669199$$

4 Aufgabe 4

Um die Wirkungsweise des Piezoelements zu verdeutlichen stellten wir eine schwingende Stimmgabel darauf und beobachteten die abgegriffene Spannung am Computer über die Zeit. Folgende zwei Bilder zeigen die Schwingung bei verschiedene Zeitauflösungen:

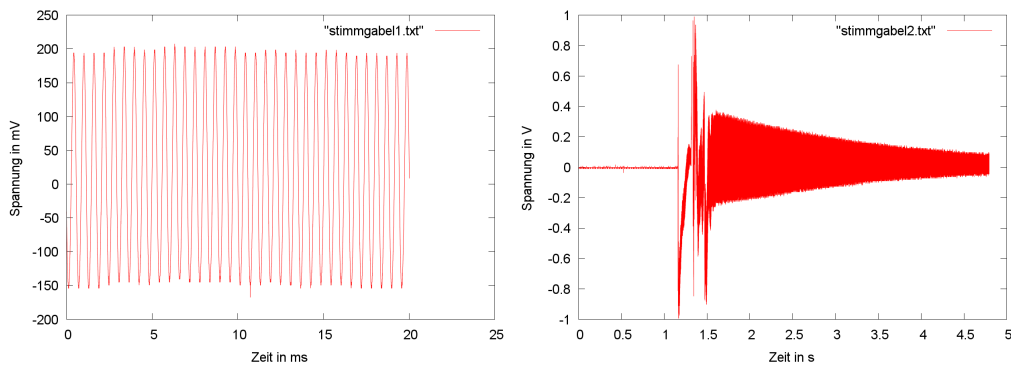


Abbildung 4.1: Schwingung

Auf Bild 1 erkennt man gut die sinusförmige Spannungsschwingung, die direkt von der sinusförmigen Materialschwingung der Stimmgabel auf das Piezoelement übertragen wird. Die Spitzen im zweiten Bild ergaben sich durch das Abstellen der Stimmgabel auf das Piezoelement. Hier die «reine» Schwingung von Bild 2:

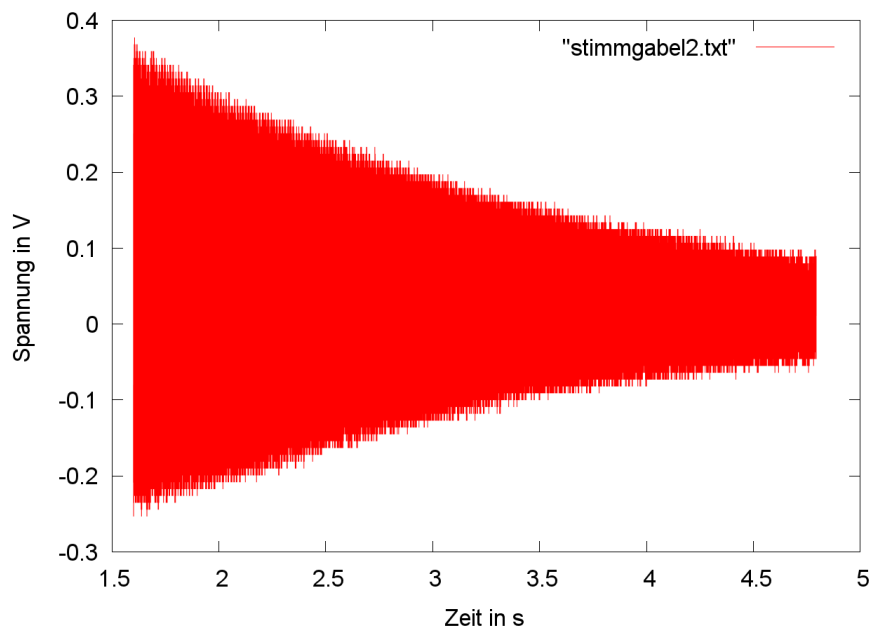


Abbildung 4.2: Schwingung

Man erkennt hier gut die exponentielle Dämpfung der Schwingung.

Umgekehrt schlossen wir einen Wechselspannungsgenerator an das Piezoelement an und konnten je nach eingestellter Frequenz einen Ton mit bestimmter Tonhöhe hören.

Die Wirkung des Piezoeffekts konnte also gut verdeutlicht werden! Allein das Abstellen der Stimmgabel «induzierte» bereits eine Spannung im Element und das Anlegen von Wechselspannungen brachte das Piezoelement zum schwingen.

5 Aufgabe 5

In diesem Versuchsteil sollte der Temperaturabhängige Widerstand eines Supraleiters verdeutlicht werden. Wir stellten bei fallenden Temperaturen die am Supraleiter angelegte Spannung fest. Der Strom durch den Supraleiter betrug dabei konstant $I = mA$

T [°C]	U [mV]	T [°C]	U [mV]	T [°C]	U [mV]	T [°C]	U [mV]
27,8	5,824	-40	5,570	-100	5,161	-160	4,264
19,9	5,808	-45	5,533	-105	5,134	-165	4,193
14,9	5,793	-50	5,470	-110	5,099	-170	4,159
7	5,771	-55	5,438	-115	4,828	-175	4,101
0	5,756	-60	5,400	-120	4,528	-180	4,077
-5	5,740	-65	5,374	-125	4,515	-185	0,370
-10	5,716	-70	5,346	-130	4,478	-190	0,052
-15	5,696	-75	5,313	-135	4,432	-195	0,001
-20	5,681	-80	5,296	-140	4,419		
-25	5,655	-85	5,268	-145	4,413		
-30	5,617	-90	5,227	-150	4,382		
-35	5,596	-95	5,178	-155	4,336		

Tabelle 5.1: Messwerte

Berechnet man nun den Widerstand und trägt diesen über der Temperatur auf so ergibt sich folgendes Schaubild:

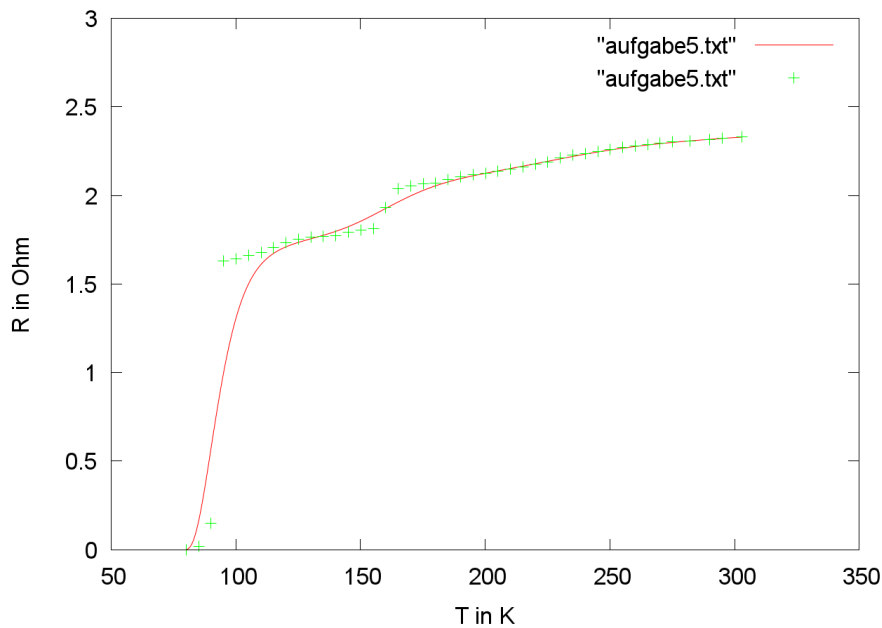


Abbildung 5.1: Schaubild

Die Kurve stellt dabei keinen Fit dar sondern wurde mit einem Glättungsverfahren berechnet. Sie dient ausschließlich der optischen (!) Verdeutlichung des Einbruchs des Widerstands.

Die Sprungtemperatur liegt dabei eindeutig zwischen -180°C und -185°C . Hier ist der Zusammenbruch des Widerstands zu erkennen. Anzumerken ist noch der kleine Sprung bei -120°C . Zu Beginn der Messung konnte der Supraleiter nicht genügend langsam abgekühlt werden um alle Messwerte zu erfassen. Wir mussten ihn einem auf eine Temperatur von -120°C zurückerwärmen um von dort die Messung fortzusetzen. Dabei könnten sich andere Bauteile weiter abgekühlt haben, sodass es zu einer Widerstandsänderung im Vergleich zur Erstmessung kam. Der kleine Sprung hat hier also keine weitere physikalische Bedeutung, sondern ist Messfehlern zuzuschreiben. Hier noch das Schaubild für die durchgängige Messung ab -120°C :

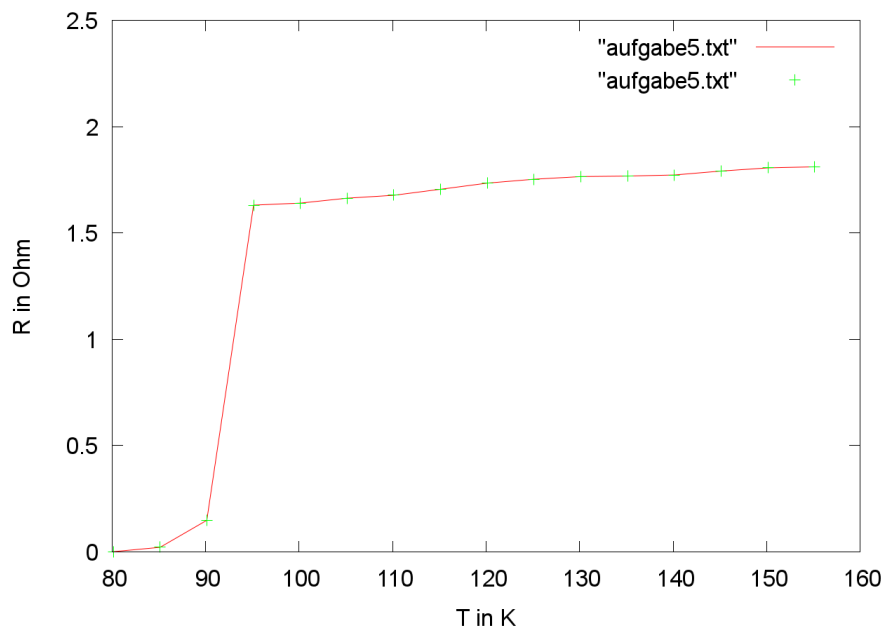


Abbildung 5.2: Schaubild