

# Versuch E1

## Drehspulinstrument

Frederik Strothmann, Henrik Jürgens

19. August 2014

### Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Versuchsaufbau</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Versuchsdurchführung</b>	<b>2</b>
3.1	Praktische Durchführung . . . . .	2
3.2	Theoretische Durchführung . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Messergebnisse</b>	<b>7</b>
4.1	Grundwerte . . . . .	7
4.2	Aufgabe 1 . . . . .	8
4.3	Aufgabe 2 . . . . .	8
4.4	Aufgabe 3 . . . . .	9
4.5	Aufgabe 4 . . . . .	10
4.6	Aufgabe 5 . . . . .	11
4.7	Aufgabe 6 . . . . .	12
<b>5</b>	<b>Auswertung</b>	<b>13</b>
5.1	Aufgabe 1 . . . . .	13
5.2	Aufgabe 2 . . . . .	13
5.3	Aufgabe 3 . . . . .	13
5.4	Aufgabe 4 . . . . .	13
5.5	Aufgabe 5 . . . . .	13
5.6	Aufgabe 6 . . . . .	14
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>16</b>

# 1 Einleitung

Ein einfaches Drehspulinstrument soll durch Wahl geeigneter Vor- und Parallelwiderstände zur Messung von Strömen und Spannungen verwendet werden. Die Elektromotorische Kraft (EMK) und der Innenwiderstand sind wichtige Kenngrößen einer Spannungsquelle.

Im Rahmen dieses Versuchs sollen diese beiden Größen einer Batterie ausgemessen werden. Nichtlineare Widerstandselemente spielen eine wichtige Rolle auf dem Gebiet der Elektronik. Ausgemessen werden soll die Strom–Spannungs–Charakteristik einer Glühlampe und einer Halbleiterdiode.

## 2 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau besteht aus einem Netzgerät, digitalem- und analogen Multimeter, sowie ein Versuchskasten, welcher mit fünf Widerständen, einer Diode, einer Lampe, einer Batterie und einem Drehspulinstrument versehen ist. Die Komponenten haben alle vorgefertigte Kontakte zum verbinden.

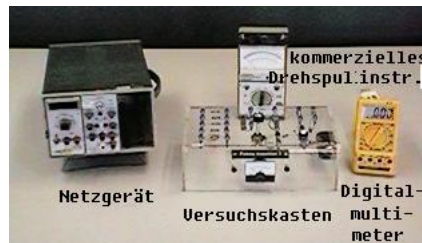


Abbildung 1: Foto der für den Versuch verwendeten Geräte<sup>1</sup>

Die Aufbauten der Aufgaben werden bei der jeweiligen Durchführung angegeben.

## 3 Versuchsdurchführung

### 3.1 Praktische Durchführung

1. Berechnen Sie den Innenwiderstand eines Drehspulmeßgerätes. Das Instrument zeigt Vollausschlag bei einem Strom von 1 mA bzw. einer Spannung von 200 mV.
2. Bauen Sie aus diesem Instrument mit Hilfe der Ihnen zur Verfügung stehenden Widerstände  $R_1$  bis  $R_5$  ein Strommeßgerät mit Vollausschlag bei 300 mA. Wie groß ist sein Innenwiderstand?

---

<sup>1</sup>Graphik wurde am 13.08.2014 von der Seite: <http://www.atlas.uni-wuppertal.de/kind/apjpg/ap1e1a.JPG> entnommen

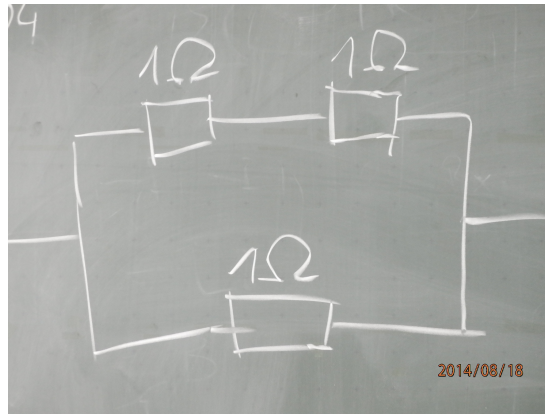


Abbildung 2: Abbildung der Schaltung, der Widerstände

- Das soeben gebaute Strom-Meßinstrument soll bei der Bestimmung des unbekannten Widerstands  $R_x$  benutzt werden. Der Widerstand soll durch Strom- und Spannungsmessung mit Hilfe von zwei Schaltungen bestimmt werden.

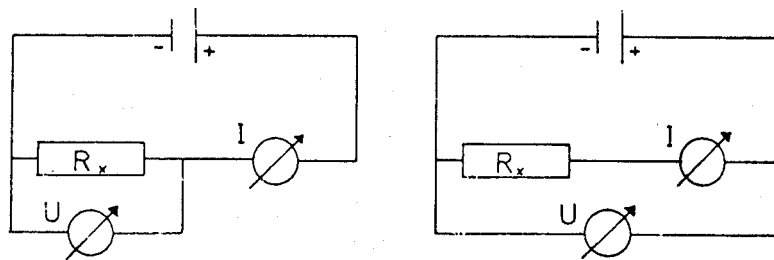


Abbildung 3: Abbildung der beiden Schaltungen, für die Bestimmung des Widerstandes<sup>2</sup>

Berücksichtigen Sie bei der Bestimmung von  $R_x$  die Innenwiderstände der in der Schaltung vorhandenen Meßinstrumente. Fertigen Sie zur Berechnung jeweils ein Ersatzschaltbild an. Zur Spannungsmessung benutzen Sie das Digitalmultimeter (DMM) mit einem Innenwiderstand von 10 k $\Omega$ . Als Spannungsquelle steht Ihnen ein Netzgerät zur Verfügung. Benutzen Sie einen der variablen Ausgänge. Stellen Sie zunächst – bevor Sie die Schaltungen zusammenstecken – mit Hilfe des DMM die Ausgangsspannung von ca. 1 V ein. Der Knopf für die Strombegrenzung ist auf Maximum zu stellen.

- Bauen Sie nun mit dem Drehspulinstrument und den Widerständen  $R_1$  bis  $R_5$  ein Spannungsmeßgerät mit Vollausschlag bei 1,75 V. Wie groß ist sein Innenwiderstand? Verwenden Sie dieses Gerät zur Messung der Spannung der Batterie. Messen

<sup>2</sup>Abbildung entnommen von <http://www.atlas.uni-wuppertal.de/kind/E1.pdf> Seite 10 am 16.08.2014

Sie dieselbe Spannung mit dem DMM und dem Vielzweckmeßgerät (Unigor). Den Innenwiderstand des Unigors entnehmen Sie einer Tabelle auf der Rückseite des Meßgerätes. Erklären Sie die unterschiedlichen Meßergebnisse. (Die Batterie sollte nur durch kurzen Druck auf den Taster belastet werden. Warum?)

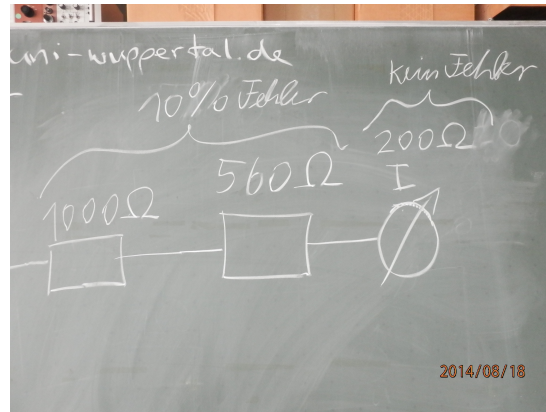


Abbildung 4: Abbildung der Schaltung, der Widerstände

5. Messen Sie den Innenwiderstand der Batterie. Er wird größer sein als bei einer normalen Batterie, da ein "zusätzlicher Innenwiderstand" eingebaut ist. Verwenden Sie zur Spannungsmessung das Vielzweckinstrument (Unigor). Messen Sie  $U$  und  $I$  und tragen Sie  $U$  gegen  $I$  auf. Bestimmen Sie die EMK  $U_0$  und den Innenwiderstand  $R_i$ .

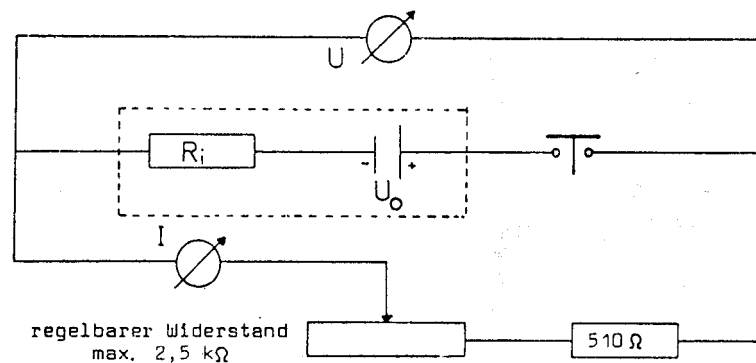


Abbildung 5: Abbildung der Schaltung, für die Bestimmung des Widerstandes  $R_i$  und der Spannung  $U_0$ <sup>3</sup>

<sup>3</sup>Abbildung entnommen von <http://www.atlas.uni-wuppertal.de/kind/E1.pdf> Seite 11 am 16.08.2014

6. Messen Sie die Strom-Spannungs- Charakteristik (Kennlinie) einer Glühlampe und einer Diode. Stellen Sie die Ergebnisse graphisch dar. Verwenden Sie zur Spannungsmessung das DMM und zur Strommessung das Unigor. Als Spannungsquelle benutzen Sie den unteren Ausgang des Netzgerätes mit einer Ausgangsspannung von 5 V.
- a) zur Messung der Kennlinie der Glühlampe

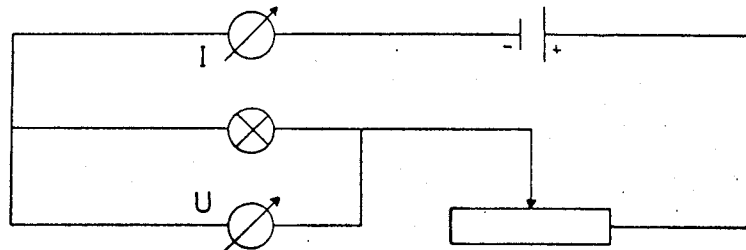


Abbildung 6: Abbildung der Schaltung, für die Bestimmung der Kennlinie der Glühlampe<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup>Abbildung entnommen von <http://www.atlas.uni-wuppertal.de/kind/E1.pdf> Seite 11 am 16.08.2014

b) zur Messung der Kennlinie einer Diode

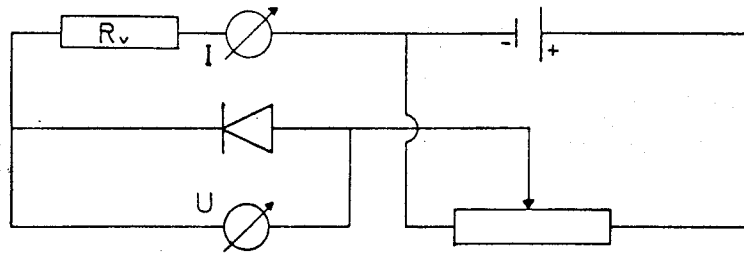


Abbildung 7: Abbildung der Schaltung, für die Bestimmung der Kennlinie der Diode<sup>5</sup>

Was bewirkt der Vorwiderstand  $R_v$ ? ( $R_v = 16\Omega$ )

### 3.2 Theoretische Durchführung

1. Um den Innenwiderstand  $R_i$  des Drehspulmeßgerätes zu bestimmen benutzen wir die Formel:

$$R_i = \frac{U_0}{I_k} \quad (1)$$

$U_0$  die Maximalspannung,  $I_k$  der maximale Klemmenstrom.

Fehler:

$$\sigma_{R_i} = \sqrt{\left(\frac{1}{I_k} \sigma_{U_0}\right)^2 + \left(\frac{U_0}{(I_k)^2} \sigma_{I_k}\right)^2} \quad (2)$$

Da wir keinen Fehler auf  $U_0$  und  $I_k$  angenommen haben wird diese Fehlerformel nicht verwendet.

2. Für den neuen Innenwiderstand  $R_{i_n}$  gilt die Formel:

$$R_{i_n} = \frac{1}{\frac{1}{R_i} + \frac{R_1(R_2+R_3)}{R_1+R_2+R_3}} \quad (3)$$

Da hier jedoch gilt:  $R_1 = R_2 = R_3$  und diese mit dem selben Fehler behaftet sind vereinfacht sich die Formel zu:

$$R_{i_n} = \frac{1}{\frac{1}{R_i} + \frac{2}{3R}} \quad (4)$$

<sup>5</sup>Abbildung entnommen von <http://www.atlas.uni-wuppertal.de/kind/E1.pdf> Seite 12 am 16.08.2014

mit einem Fehler von:

$$\sigma_{R_{i_n}} = \sqrt{\left(\frac{2}{3\left(\frac{R}{R_i} + \frac{2}{3}\right)^2}\right)^2} \sigma_R \quad (5)$$

3. Die beiden Formeln für den Widerstand  $R_x$  sind:

$$R_x = \frac{U}{I} - R_{i_I} \quad (6)$$

$$R_x = \frac{UR_{i_U}}{IR_{i_U} - U} \quad (7)$$

$U$  die am Digitalmultimeter gemessene Spannung,  $I$  der am Drehspulinstrument gemessene Strom,  $R_{i_I}$  der Innenwiderstand des Drehspulinstruments und  $R_{i_U}$  der Innenwiderstand des DMM.

Fehler:

$$\sigma_{R_x} = \sqrt{\left(\frac{1}{I}\sigma_U\right)^2 + \left(\frac{U}{I^2}\sigma_I\right)^2 + (\sigma_{R_{i_I}})^2} \quad (8)$$

$$\sigma_{R_x} = \sqrt{\left(\frac{IR_{i_U}^2}{(IR_{i_U} - U)^2}\sigma_U\right)^2 + \left(\frac{UR_{i_U}^2}{(IR_{i_U} - U)^2}\sigma_I\right)^2 + \left(\frac{U}{(IR_{i_U} - U)^2}\sigma_{R_{i_U}}\right)^2} \quad (9)$$

4. Der Innenwiderstand  $R_{i_V}$  des Spannungsmeßgerätes berechnet sich nach der Formel:

$$R_{i_V} = R_4 + R_5 + R_i \quad (10)$$

Mit dem Fehler:

$$\sigma_{R_{i_V}} = \sqrt{\sigma_{R_4}^2 + \sigma_{R_5}^2} \quad (11)$$

$R_i$  wurde als Fehlerfrei angenommen.

## 4 Messergebnisse

### 4.1 Grundwerte

Tabelle 1: Werte der fünf Widerstände

	DMM		Abgelesen		
	Widerstand[Ohm]	Fehler[Ohm]	Widerstand[Ohm]	Fehler[Ohm]	Gesamtfehler[Ohm]
R_1	1,3	0,05	1	0,1	0,15
R_2	1,2	0,05	1	0,1	0,15
R_3	1,2	0,05	1	0,1	0,15
R_4	551	0,5	560	28	28
R_5	1000	0,5	1000	10	10

## 4.2 Aufgabe 1

Tabelle 2: Werte aus der Aufgabenstellung zu Aufgabe 1

Strom[A]	Spannung[V]
0,001	0,2

## 4.3 Aufgabe 2

Tabelle 3: Werte der Ströme in der zweiten Aufgabe

	Strom[A]
I_1	0,001
I_2	0,299

$R_m$  ist leicht größer als  $R_i$  und wird dazu parallel geschaltet.



Tabelle 4: Werte der Widerstände in der zweiten Aufgabe

Bezeichnung	Widerstände[Ohm]	Fehler
R_i	200	0
R_m	0,67	0
R_i_n	0,67	0,1

## 4.4 Aufgabe 3

Tabelle 5: Werte der Widerstände in der dritten Aufgabe

Bezeichnung	Widerstände[Ohm]
R_i_U	10000
R_i_I	0,7

Tabelle 6: Werte des ersten Aufbaus

Aufbau 1			
Spannung[V]	Fehler	Strom[A]	Fehler
0,873	0,006	0,174	0,006
Nach Aufgabenstellung		Mit URI	
R_x	Fehler	R_x	Fehler
5,0	0,2	5,0	0

Tabelle 7: Werte des zweiten Aufbaus

Aufbau 2			
Spannung[V]	Fehler	Strom[A]	Fehler
0,998	0,006	0,174	0,006
Nach Aufgabenstellung		Mit URI	
R <sub>x</sub>	Fehler	R <sub>x</sub>	Fehler
5,1	0,2	5,7	0

## 4.5 Aufgabe 4

Tabelle 8: Werte der Widerstände für Aufgabe 4

Bezeichnung	Widerstände[Ohm]	Fehler
R <sub>i</sub>	200	0
R <sub>s</sub> (R4 und R5)	1560	114

Tabelle 9: Werte für Strom, Spannung und den Widerstand

Strom[A]	Neue Spannung[V]
0,001	1,76
R <sub>i_V</sub>	Fehler
1760	30

Tabelle 10: Die gemessenen Werte

Drehspulinstrument		
Spannung[V]	Fehler	Innenwiderstand[Ohm]
0,7	0,4	1760
DMM		
Spannung[V]	Fehler	Innenwiderstand[Ohm]
1,523	0,006	10000
Unigor		
Spannung[V]	Fehler	Innenwiderstand[Ohm]
1,51	0,02	316000

## 4.6 Aufgabe 5

Tabelle 11: Die gemessenen Werte für Aufgabe 5

Strom[A]	Fehler	Spannung[V]	Fehler
0,0002	0,00006	1,11	0,02
0,00025	0,00006	1,01	0,02
0,0003	0,00006	0,91	0,01
0,00035	0,00006	0,81	0,01
0,0004	0,00006	0,72	0,01
0,0005	0,00006	0,51	0,01
0,0006	0,00006	0,34	0,01

## 4.7 Aufgabe 6

Tabelle 12: Die gemessenen Werte für die Glühbirne

Strom[A]	Fehler	Spannung[V]	Fehler
0,001	0,0006	0,002	0,005
0,0011	0,0006	0,002	0,005
0,0012	0,0006	0,002	0,005
0,0013	0,0006	0,002	0,005
0,0014	0,0006	0,002	0,005
0,0015	0,0006	0,003	0,005
0,0016	0,0006	0,003	0,005
0,002	0,0006	0,003	0,005
0,0025	0,0006	0,005	0,005
0,003	0,0006	0,005	0,005
0,0035	0,0006	0,006	0,005
0,004	0,0006	0,007	0,005
0,005	0,0006	0,009	0,005
0,006	0,0006	0,012	0,005

Tabelle 13: Die gemessenen Werte für die Diode

Strom[A]	Fehler	Spannung[V]	Fehler
1,5	0,02	0,6	0,006
15	0,2	0,702	0,006
3,7	0,02	0,633	0,006
5	0,06	0,652	0,006
7,8	0,08	0,67	0,006
11	0,1	0,689	0,006
23	0,2	0,72	0,006
42	0,4	0,745	0,006
63	0,6	0,767	0,006
83	0,8	0,778	0,006
37	0,4	0,735	0,006

## 5 Auswertung

### 5.1 Aufgabe 1

Nach Gleichung 1 ergibt sich ein Wert von  $200\Omega$ .

### 5.2 Aufgabe 2

Der neue Innenwiderstand ergibt sich nach Gleichung 3 und der Fehler nach Gleichung 5, dabei kommt ein Wert von  $0,6(\pm 0,2)\Omega$  raus.

### 5.3 Aufgabe 3

Der Widerstand sollte mit zwei verschiedenen Schaltungen bestimmt werden (siehe Abbildung 3). Bei der ersten Schaltung ergab sich der Wert nach Gleichung 7 und der Fehler nach Gleichung 9, dabei kam ein Wert von  $5,02(\pm 0,18)\Omega$  heraus. Verwendet man nur das Ohmsche Gesetz, dann erhält man einen Wert von  $5,01\Omega$ .

Bei der zweiten Schaltung ergab sich der Wert nach Gleichung 6 und der Fehler nach Gleichung 8, dabei ergab sich ein Wert von  $5,07(\pm 0,20)\Omega$ . Verwendet man das Ohmsche Gesetz, dann erhält man einen Wert von  $5,74\Omega$ .

### 5.4 Aufgabe 4

Das Drehspulinstrument soll nun zu einem Spannungsmessgerät mit Vollausschlag bei 1,76 Volt umgebaut werden, der neue Innenwiderstand ergibt sich nach Gleichung 10 und der Fehler nach Gleichung 11. Dabei ergibt sich ein Wert von  $1760(\pm 30)\Omega$ . Für die Spannung der Batterie ergab sich mit dem Drehspulinstrument ein Wert von  $0,704(\pm 0,352)\text{ Volt}$ , mit dem DMM  $1,523(\pm 0,006)\text{ Volt}$ , bei einem Innenwiderstand von  $10000\Omega$  und mit dem Unigor ergab sich eine Spannung von  $1,51(\pm 0,02)\text{ Volt}$ , bei einem Innenwiderstand von  $316\text{k}\Omega$ . Der Unterschied entsteht durch die unterschiedlich großen Innenwiderständen.

### 5.5 Aufgabe 5

Bei der Messung der Spannung in Abhängigkeit der Stromstärke ergab sich folgender Plot:

Dabei ergab sich eine Steigung von  $-1940(\pm 24)\Omega$ , also ist der Innenwiderstand  $1940(\pm 24)\Omega$ . Für den Y-Achsenabschnitt ergab sich ein Wert von  $1,49(\pm 0,09)\text{ Volt}$ , was  $U_0$  entspricht.

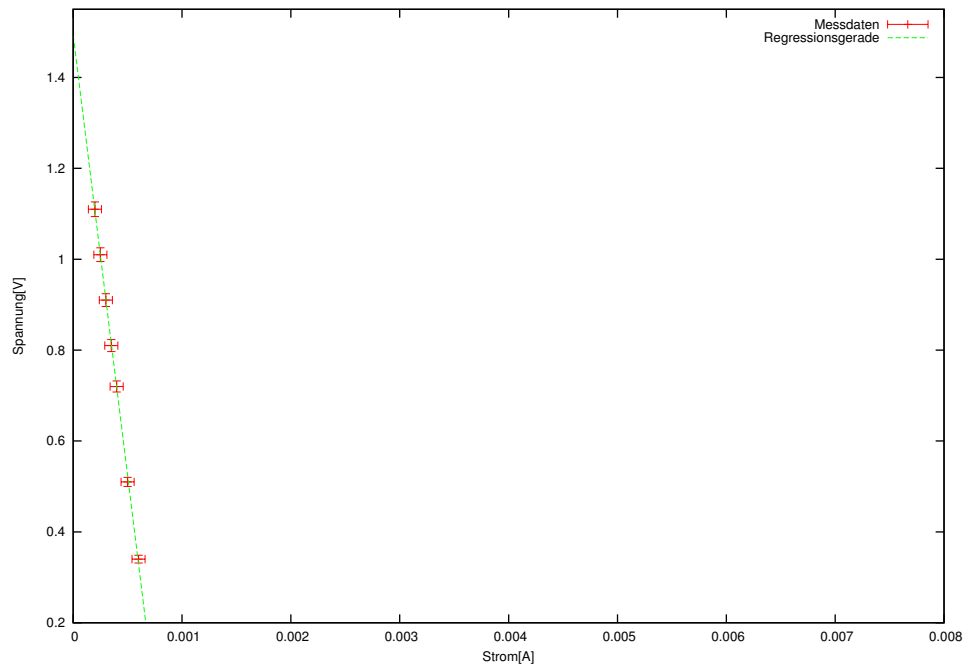


Abbildung 8: Graphische Darstellung der Messung zur bestimmung des Innerenwiderstandes der Batterie

## 5.6 Aufgabe 6

Im ersten Teil sollte die Kennlinie einer Glühlampe ausgemessen werden dabei ergab sich folgender Plot:

Für die Diode ergab sich der folgende Plot:

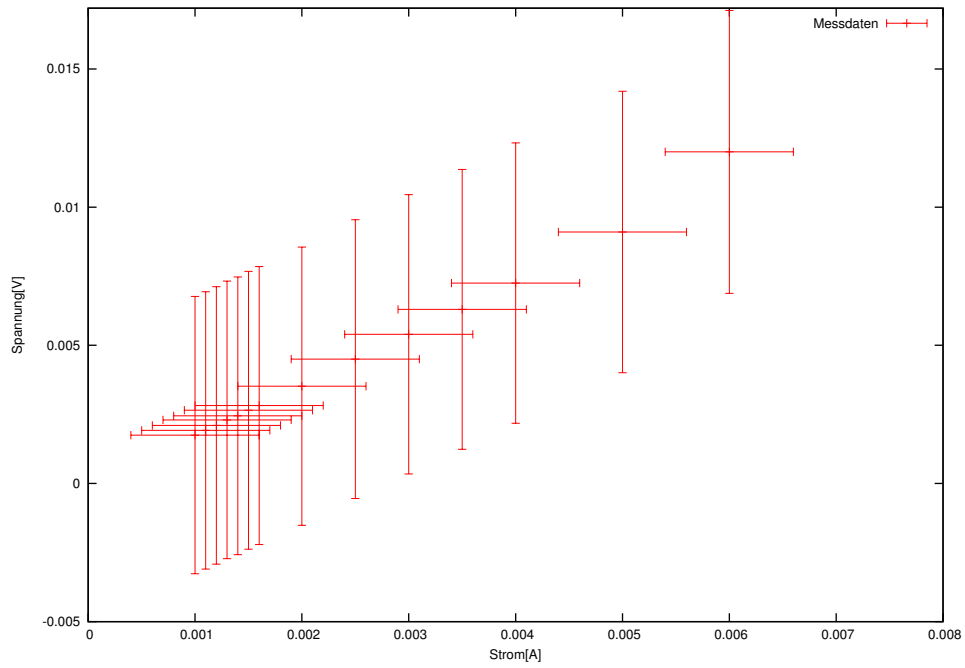


Abbildung 9: Graphische Darstellung der Messung für die bestimmung der Kennline der Glühbirne

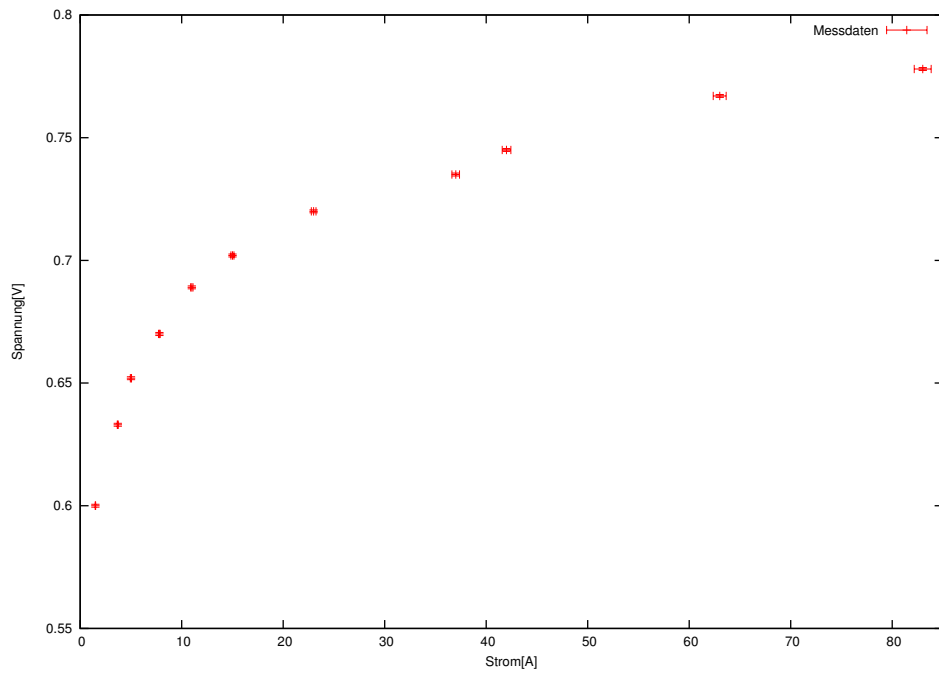


Abbildung 10: Graphische Darstellung der Messung für die Bestimmung der Kennline der Diode

## 6 Diskussion

Die erste Aufgabe war sehr kurz, und da wir keine Fehlerangaben hatten, haben wir den Innenwiderstand unseres Drehspulinstruments als Fehlerlos angenommen.

Beim zusammenschalten des erweiterten Drehspulinstruments fiel auf, dass die Widerstände  $R_1$  bis  $R_5$ , welche wir mit dem DMM nachgemessen haben, ca.  $0.25\Omega$  größer waren als angegeben. Dies ist ein systematischer Fehler, der z.B. durch Verunreinigungen der Kabelanschlüsse verursacht wird. Aufgabe 2 war ebenfalls nach kurzer Zeit erledigt, da lediglich der neue Innenwiderstand zu bestimmen war.

Unsere Messergebnisse in Aufgabe 3 liegen nach den beiden "genauen" Formeln für die verschiedenen aufbauten sehr nahe beieinander und lassen auf einen Widerstand von ca.  $5\Omega$  schließen. Die Berechnung des Widerstandes mit der Formel  $U = RI$  für den ersten Aufbau lag ebenfalls sehr nahe an  $5\Omega$ , dagegen beim zweiten Aufbau weit außerhalb der Fehlerbalken, was an dem Innenwiderstand des Strommessgerätes von  $\frac{2}{3}\Omega$  liegt, den man zusätzlich misst.

Für Aufgabe 4 musste das Drehspulinstrument in ein Spannungsmessgerät umgebaut werden. Bei der Messung der Spannung der Batterie mit den verschiedenen Spannungsmessgeräten DMM, Unigor und dem umgebauten Drehspulinstrument fiel auf, dass das Drehspulinstrument weniger als die Hälfte der mit DMM und Unigor gemessenen Spannung anzeigte, wobei der Fehler der Messung mit dem Drehspulinstrument relativ groß war. Dieses Ergebnis veranschaulicht gut, dass eine Batterie keine Ideale Spannungsquelle ist und man die EMK am besten mit hochohmigen Messgeräten misst oder an Regressionsgeraden eines U-I Plots abliest.

In Aufgabe 5 sollten wir mit regelbarem Widerstand  $U$  gegen  $I$  austragen, sowie  $U_0$  und  $R_i$  daraus bestimmen. Es ergab sich eine etwas kleinere EMK als in Aufgabe 4, was an der Ungenauigkeit unserer Regressionsgeraden liegt, die hier nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate angepasst wurde.

Der Plot der Glühlampe in Aufgabe 6 ist nicht sehr aussagekräftig, da wir mit zu niedrigen Strömen gearbeitet haben, wodurch die Glühbirne nicht leuchtete. Also zeigte sie nur das Verhalten eines linearen Widerstandes. Am Plot der Diode kann man gut erkennen, dass der Widerstand ab einer Spannung von ca.  $0,8\text{ V}$  gegen null konvergiert. Genauere Angaben der Grenzspannung sind nicht möglich, da wir in diesem Bereich zu wenig Messwerte haben.

Abschließend lässt sich sagen, dass die Messungen bis auf den ersten Teil der 6. Aufgabe zufriedenstellend verlaufen sind.