

3 Kennlinien elektrischer Leiter

17. November 2016

LUKAS BÜHLER, JÉRÔME LANDTWING
(M4A)

Markus Hägi, KSA

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	2
2	Grundprogramm: Eisendraht im Heizbad	3
2.1	Aufbau	3
2.2	Messungen bei Zimmertemperatur	4
2.3	Messergebnisse bei $70^{\circ}C$	4
2.4	Messergebnisse bei $120^{\circ}C$	4
2.5	Diskussion der Ergebnisse	4
3	Wahlversuche	5
3.1	Glühlampe und Kohlenfadenlampe	5
3.1.1	Aufbau	6
3.1.2	Ergebnisse	6
3.1.3	Diskussion	7
3.2	Glimmlampe	7
3.2.1	Aufbau	8
3.2.2	Ergebnisse	8

1 Theorie

Der elektrische Strom in Leiter verschiedener Materialien ist von der Spannung und anderen Grössen und der Form des Leiters abhängig. Man stellt diese Abhängigkeit mit Kennlinien dar.

Jeder Leiter hat einen elektrischen Widerstand sobald ein Strom fliesst. Dieser steht im Verhältnis der Spannung zum Strom, also: ($R = \frac{U}{I}$) Die Einheit ist Ohm Ω [$\frac{V}{A}$]

Bei metallischen Leitern mit konstanter Temperatur ist die Spannung proportional zur Stromstärke und deshalb bleibt dann auch der Widerstand konstant. Dies beschreibt das Ohmsche Gesetz, benannt nach Georg Simon Ohm, welcher diesen Sachverhalt 1826 entdeckte.

In einem Diagramm mit der Spannung und der Stromstärke lässt sich dann die Kennlinie des betreffenden Leiters erkennen. Jedoch hängt in den meisten Fällen die Kennlinie nicht nur von der Spannung und dem fliessenden Strom ab, sondern noch von einigen weiteren Variablen wie zum Beispiel der Temperatur, der Konzentration, der Geometrie des Leiters und sogar von der Beleuchtungsstärke. Wenn man eine Variable verändert und dann in das selbe Diagramm einträgt, lässt sich eine Geradenschar erkennen, ein sogenanntes Kennlinienfeld.

Metallische Leiter sind abhängig von der Länge (l) und dem Querschnitt (A) eines Leiters:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad (1)$$

Rho ist hierbei der spezifische Widerstand, welcher so berechnet wird:

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l} \quad (2)$$

Dabei hat der spezifische Widerstand dabei die Einheit Ohmmeter. Der Kehrwert des spezifischen Widerstandes ist die elektrische Leitfähigkeit σ

Auf Atomarer Ebene sind es bei Metallen die Elektronen im Elektronengas, welche sich bewegen, von Atom zu Atom. Das heisst ein äusseres Valenzelektron eines Metallatoms löst sich und springt ein Atom weiter. So entsteht ein Strom. Der Widerstand welcher auf die Atome wirkt ist auf die Temperatur zurückzuführen. Je grösser die Temperatur nämlich ist, desto grösser ist auch der spezifische Widerstand eines Leiters. Umgangssprachlich könnte man sagen, dass es mit zunehmender Temperatur schwieriger wird für die Elektronen den Platz zu wechseln, da die Atome stärker schwingen. Der spezifische Widerstand nimmt proportional zu der Temperatur zu, sofern man nicht zu hohe Temperaturen nimmt und sich der Aggregatzustand nicht ändert. Somit gilt:

$$\Delta\rho = \alpha \cdot \rho \cdot \Delta\vartheta \quad (3)$$

In dieser Gleichung steht ρ wieder für den spezifischen Widerstand, alpha ist der Temperaturkoeffizient und $\Delta\vartheta$ ist der Temperatur unterschied. Die abgestrahlte Leistung P eines Leiters ist proportional zur Temperatur hoch vier. Das heisst eine Glühlampe strahlt mit einer Leistung, welche proportional ist zur Temperatur hoch vier. Wenn die Lampe die Gesamte zugeführte Leistung auch Umsetzen kann, kann man schreiben:

$$R \propto \sqrt[4]{P} \quad (4)$$

2 Grundprogramm: Eisendraht im Heizbad

In diesem Versuch ging es darum die Kennlinie eines Eisendrahtes im Heizbad zu bestimmen. Der Widerstand eines Drahtes ist auch abhängig von der Temperatur und das galt es in diesem Versuch noch einmal zu ermitteln. Dazu werden die Spannung und der Strom welche durch einen Eisendraht fliessen gemessen, welcher sich zudem noch in einer nicht leitenden Flüssigkeit mit einer bestimmten Temperatur befindet.

2.1 Aufbau

In einem Behälter gefüllt mit Ucon-Öl war ein Eisendraht montiert, welcher mehrmals um eine Halterung gewickelt war. Der Draht war so mit einer Spannungsquelle verbunden, dass ein Stromkreislauf entstand. Die Spannungsquelle bestand aus einem Netzgerät, welches auf Gleichstrom geschaltet war. Ausserdem war in dem Stromkreis ein Schalter eingebaut, um den Stromkreislauf zu unterbrechen und zwei Messgeräte waren ebenfalls angebracht. Eines dieser Multimeter war auf Volt geschaltet, das andere auf mili Ampère. Ebenfalls angebracht war ein Thermometer, welches die Temperatur des Ucon-Öls mass, sowie ein Tauchsieder und ein Rührfisch um das Ucon-Öl gleichmässig zu erhitzen. Erhitzt wird das Gefäss von unten mit einem Bunsenbrenner, gefüllt mit Propan / Butan Gas.

2.2 Messungen bei Zimmertemperatur

Für die erste Messreihe besass das Ucon-Öl Zimmertemperatur.

$$\vartheta_1 = 23 \pm 1^\circ C$$

Unsere Messergebnisse sehen wie folgt aus:

Spannung U	0.0	0.6	1.2	1.8	2.5	3.1	gemessen in [V]
Stromstärke I	0.0	70	130	203	268	345	gemessen in [mA]
Fehlerrechnung U: $\pm 0.1V$, I: $\pm 0.5mA$							

Tabelle 1: Messwerte bei Zimmertemperatur

2.3 Messergebnisse bei $70^\circ C$

$$\vartheta_2 = 70^\circ C \pm 1.5^\circ C$$

Unsere Messergebnisse sehen wie folgt aus:

Spannung U	0.0	0.6	1.2	1.7	2.4	3.1	gemessen in [V]
Stromstärke I	0.0	56	113	153	215	275	gemessen in [mA]
Fehlerrechnung U: $\pm 0.1V$, I: $\pm 0.5mA$							

Tabelle 2: Messwerte bei $70^\circ C \pm 1.5^\circ C$

2.4 Messergebnisse bei $120^\circ C$

$$\vartheta_3 = 120^\circ C \pm 2^\circ C$$

Unsere Messergebnisse sehen wie folgt aus:

Spannung U	0.0	0.6	1.2	1.8	2.5	3.2	gemessen in [V]
Stromstärke I	0.0	44	88	130	185	235	gemessen in [mA]
Fehlerrechnung U: $\pm 0.1V$, I: $\pm 0.5mA$							

Tabelle 3: Messwerte bei $120^\circ C \pm 2^\circ C$

2.5 Diskussion der Ergebnisse

So interpretieren wir die Ergebnisse und erklären die Ausreisser.

$$\text{Steigung der "besten,,Gerade" = } \frac{\Delta I}{\Delta U} \quad (5)$$

- ϑ_1 Steigung = 110
- ϑ_2 Steigung = 90

- ϑ_3 Steigung = 73.5
- Werte berechnet durch Mittelwert der Steigung aller Punkte

Widerstandswerte bei verschiedenen Temperaturen:

$$R = \frac{\Delta U}{\Delta I} \quad (6)$$

Daraus folgen die folgenden Widerstände:

- $R_{\vartheta_1} =$
- $R_{\vartheta_2} =$
- $R_{\vartheta_3} =$

Spezifische Widerstandswerte des Eisens

$$\rho = \frac{RA}{l} \quad (7)$$

daraus folgt:

- $\rho_1 =$
- $\rho_2 =$
- $\rho_3 =$

Vergleich mit dem Literaturwert

Temperaturkoeffizienten

$$\alpha = \frac{\Delta \rho}{\rho \cdot \Delta \vartheta} \quad (8)$$

$$\alpha_{12} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1)} \quad (9)$$

3 Wahlversuche

Wir hatten genügend Zeit, zwei der drei Wahlversuche durchzuführen.

3.1 Glühlampe und Kohlenfadenlampe

In diesem Versuch ging es um das Ermitteln des Widerstandes einer Glühlampe. Es wurde eine Glühlampe mit Eisendraht und eine Glühlampe mit Kohlefaden getestet. Der Versuch sollte den Unterschied zwischen Halbleitern und Leitern aufzeigen.

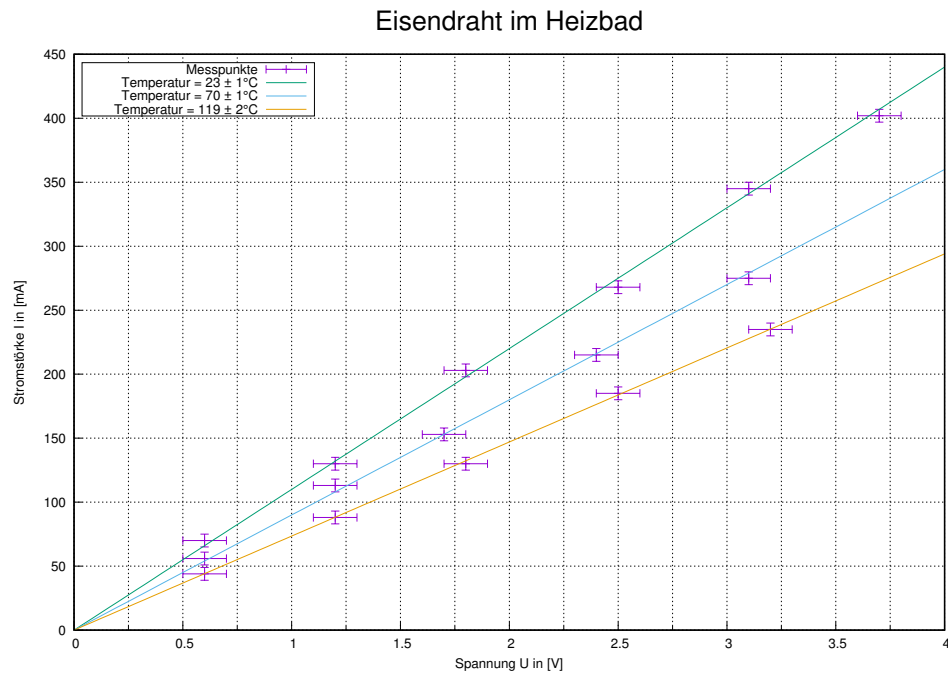


Abbildung 1: Kennlinien des untersuchten Eisendrahtes bei verschiedenen Temperaturen

3.1.1 Aufbau

Der Versuchsaufbau bestand aus einem Stromkreis, in welchem eine Glühlampe eingebaut war. Es war wichtig die Multimeter beim Versuch auf Wechselstrom einzustellen, da über die Spannungsquelle Wechselstrom kam. Die Spannung musste man in 40 Volt schritten von 0 V bis 240 V variieren und die Werte für die Stromstärke dazu notieren. So war es schlussendlich möglich, die Kennlinien zu ermitteln.

3.1.2 Ergebnisse

Eyyy mir münd no 4. Wurzel P nach R graphisch darstelle... und berechne. Sött scho gah $P = U \cdot I$ und R isch ja eifach de Widerstand... also vlt. No es diagrämmli oder so. So sehen unsere Messergebnisse aus:

$$\sqrt[4]{P} = \sqrt[4]{U \cdot I} \quad (10)$$

Spannung U	0.0	39.8	80.4	120	160	200	240	gemessen in [V]
Stromstärke I	0.0	0.115	0.156	0.19	0.22	0.248	0.272	gemessen in [A]
Widerstand R	R	R	R	R	R	R	R	

Fehlerrechnung: U: $\pm 1\text{V}$, I: $\pm 0.001\text{A}$

Tabelle 4: Spannung und Stromstärke der Glühlampe Fehlerrechnung

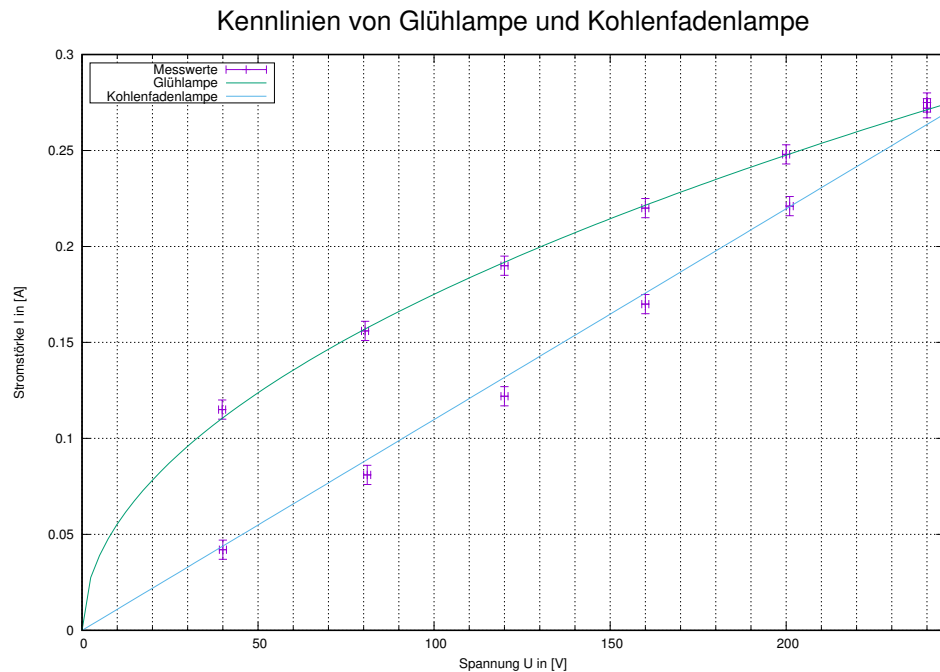


Abbildung 2: unsere Messergebnisse

Spannung U	0.0	40	81	120	160	201	240	gemessen in [V]
Stromstärke I	0.0	0.042	0.081	0.122	0.17	0.221	0.275	gemessen in [A]

Fehlerrechnung: U: $\pm 1\text{V}$, I: $\pm 0.001\text{A}$

Tabelle 5: Spannung und Stromstärke der Kohlenfadenlampe

3.1.3 Diskussion

3.2 Glimmlampe

Beim Versuch mit der Glimmlampe war es das Ziel Kennlinie einer Glimmlampe zu ermitteln und diese Darzustellen.

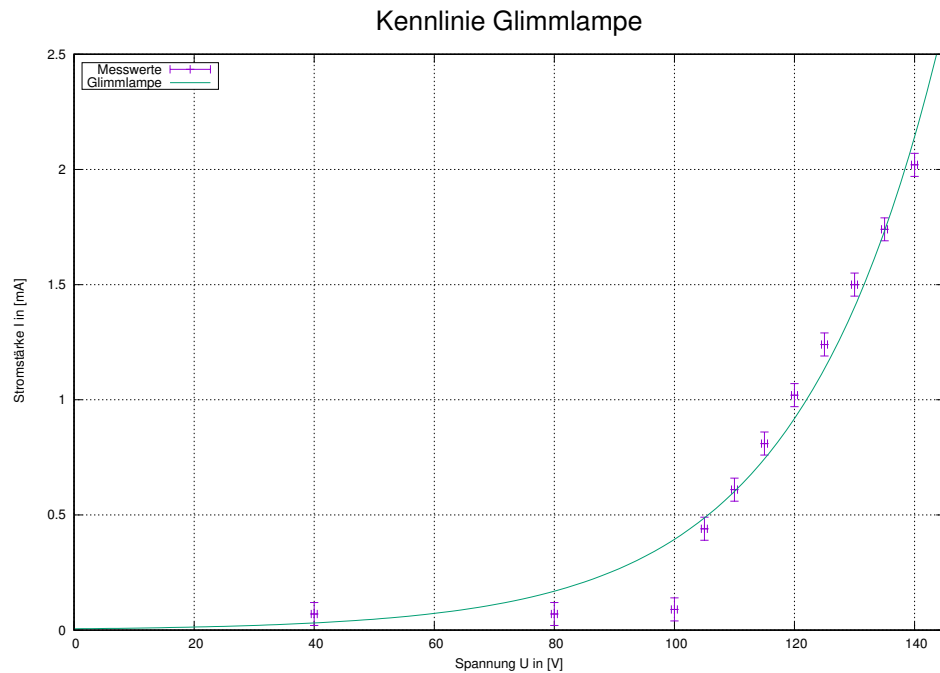


Abbildung 3: Visualisierung unserer Messergebnisse

3.2.1 Aufbau

Der Versuch wurde auf der selben Steckplatte aufgebaut wie der Versuch mit der Glühlampe, nur wurde zusätzlich ein Widerstand von $47k\Omega$ (kilo Ohm) eingebaut um das Umschalten der Glimmlampe in einen Lichtbogen und der damit verbundene Kurzschluss zu verhindern. Man musste wieder mit Wechselstrom arbeiten und die Multimeter auf Wechselstrom einstellen. Das Multimeter, welches Ampère anzeigte musste man auf Milliampère stellen.

3.2.2 Ergebnisse

U	0.0	40.3	80	100	105	110	115	120	125	130	135	140	gemessen in [V]
I	0.0	0.07	0.09	0.09	0.44	0.61	0.81	1.02	1.24	1.5	1.74	2.02	gemessen in [mA]

Fehlerrechnung: $U: \pm 0.5V$, $I: \pm 0.05A$

Tabelle 6: Wertepaare bis 140V

3.2.3 Diskussion

Es zeigten sich erst Änderungen in der Stromstärke um ca. 105 V von da an stieg die Kennlinie exponentiell an.

Formeln

$$\rho \cdot \Omega = \triangle \vartheta_2 \propto \sqrt[4]{R} \tag{11}$$