

VERSUCHSBERICHT ZU

E4 - KENNLINIEN

Gruppe 6Mi

Alexander Neuwirth (E-Mail: a_neuw01@wwu.de)
Leonhard Segger (E-Mail: l_segg03@uni-muenster.de)

durchgeführt am 24.01.2018
betreut von
Christoph Angrick

30. Januar 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	3
2	Methoden	3
3	Ergebnisse und Diskussion	5
3.1	Beobachtung	5
3.2	Strom-Spannungs-Charakteristiken	5
3.2.1	Temperatur-Widerstands-Charakteristik von Kupferdraht	10
3.3	Diskussion	12
4	Schlussfolgerung	12

1 Kurzfassung

In diesem Versuch wurden die Kennlinien verschiedener elektrischer Bauteile erfasst. Dazu wurde die Stromstärke in Abhängigkeit von der Spannung bestimmt. Für eine Diode in Durchlassrichtung, eine Zenerdiode in Sperr- und Durchlassrichtung, eine Glühlampe, eine Glimmlampe und ein NTC-Widerstand. Des Weiteren wurde der Widerstand eines Metaldrahts durch eine Wheatstone Brücke unter Variation seiner Temperatur untersucht. Unsere Hypothesen, dass mit der Spannung auch die Stromstärke für jedes Bauteil monoton steigt und dass die Löschspannung der Glimmlampe kleiner als die Zündspannung ist, konnten im Experiment bestätigt werden.

2 Methoden

Um die Kennlinien verschiedener Bauteile zu untersuchen wurde jeweils ein Stromkreis nach Abb. 1 aufgebaut. Für die Diode (a), Zenerdiode (b), und den NTC-Widerstand (d) wurden die Stromstärke I in Abhängigkeit von der Spannung aus dem Intervall 0 bis 20V untersucht. Für die Glühlampe wurde ein kleinerer Bereich von Spannungen angelegt (0 bis 3V) und für die Glimmlampe ein größerer (0-150V). Mit zwei Multimetern wurde die Spannung und die Stromstärke ermittelt. Die maximale Stromstärke der Spannungsquelle war ca. 55mA. Es wurde daraufgeachtet am Punkt der größten Änderung der Stromstärke möglichst kleine Änderungen der Spannungen aufzunehmen. Die Diode wurde nur in Durchlassrichtung und die Zenerdiode in Sperr- und Durchlassrichtung untersucht. Beim NTC wurde mehrere Minuten gewartet bis sich ein stabiler Wert für die Stromstärke eingestellt hatte, da sich zunächst ein Temperaturgleichgewicht einstellen musste.

Im zweiten Teil des Experiments wurde ein Metaldraht in einem Ölbad durch eine Herdplatte erhitzt und danach mit Eis abgekühlt. Der Widerstand des Drahtes wurde dabei durch eine Wheatstonesche Brückenschaltung ermittelt (Abb. 2). Der $11,3\Omega$ Widerstand wird so aufgeteilt, dass keine Stromstärke am Amperemeter angezeigt wird. Dabei kann der Schalter am $20\text{k}\Omega$ Widerstand umgelegt werden, um die gemessene Stromstärke möglichst exakt auf Null justieren zu können. Mit einem Thermometer wurde die Temperatur des Öls gemessen und in 5°C Schritten wurden Widerstandswerte aufgenommen. Ab einer Temperatur von 95°C wurde mit Eis abgekühlt und erneut in gleichen Abständen der Widerstand an der Wheatstone Brücke eingestellt und dokumentiert.

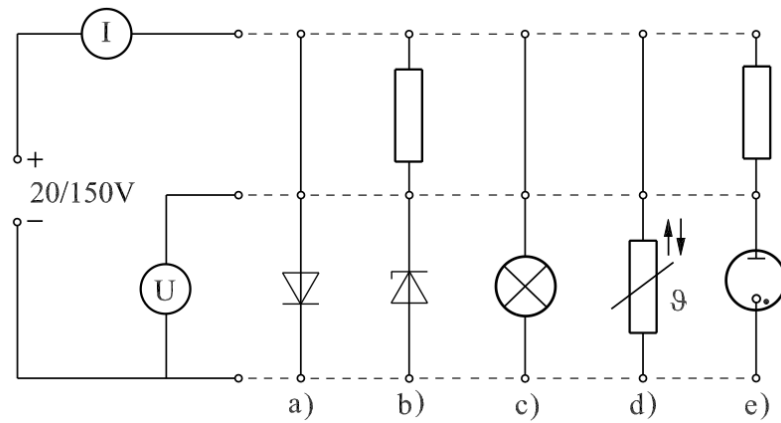


Abbildung 1: Experimenteller Aufbau zur Bestimmung der Kennlinien.[1]

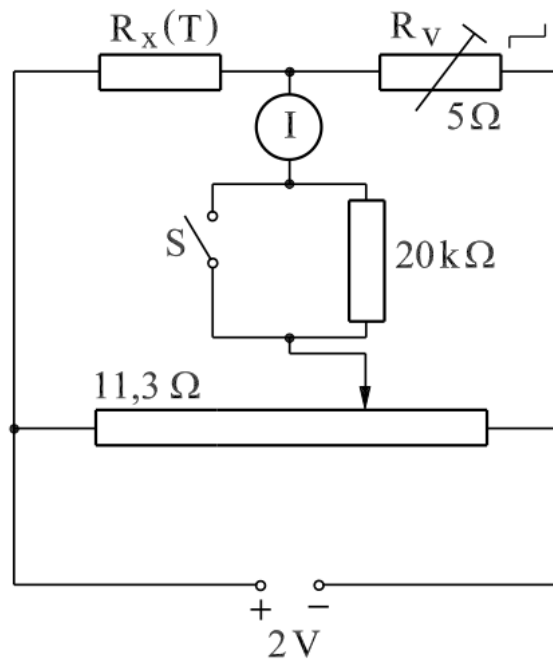


Abbildung 2: Wheatstonesche Brückenschaltung. Durch Variation des Mittleren Widerstands kann R_x bestimmt werden.[1]

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Beobachtung

3.2 Strom-Spannungs-Charakteristiken

Im Folgenden ergibt sich der Fehler der Strom- und Spannungsmessung aus der Unsicherheit durch die Digitalanzeige der verwendeten Multimeter (also rechteckige WDF). Da in unterschiedlichen Skalen gemessen wurde, wurde hierfür jeweils die Unsicherheit des Messwerts mit der größten Skala verwendet. Die Abhängigkeit der Stromstärke von der Spannung der verwendeten Diode in Durchlassrichtung wurde in Abb. 3 dargestellt.

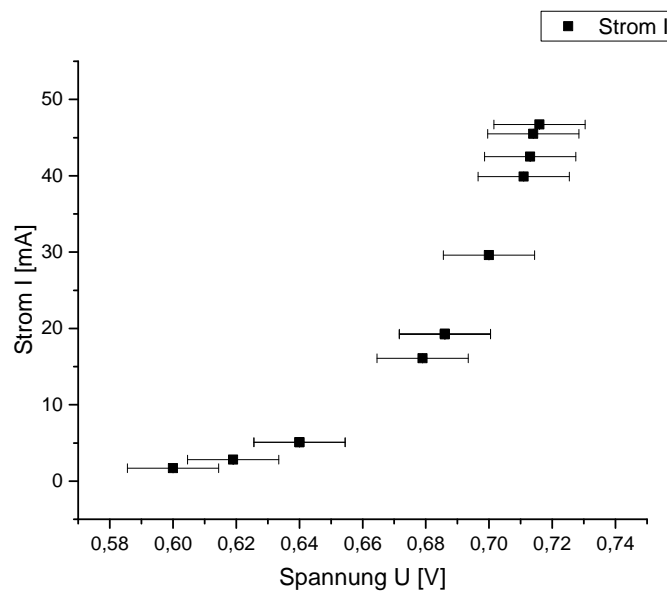


Abbildung 3: Hier ist die Stromstärke gegen die Spannung bei Betrieb einer Diode aufgetragen. Die Unsicherheit in y-Richtung ist kleiner als die Symbolgröße.

In Abb. 4 bis 5 wurden die experimentell ermittelten Kennlinien der Zenerdiode in Durchfluss- und Sperrrichtung aufgetragen.

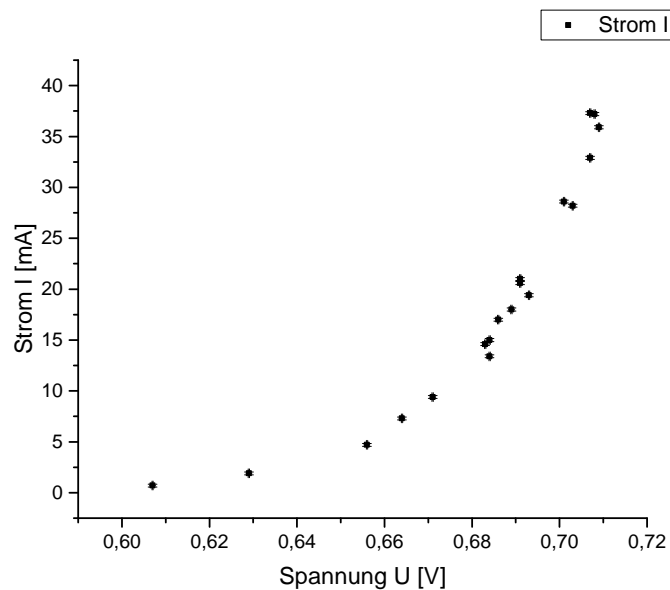


Abbildung 4: Hier ist die Stromstärke gegen die Spannung bei Betrieb einer Zenerdiode in Durchflussrichtung aufgetragen. Die Unsicherheit ist kleiner als die Symbolgröße.

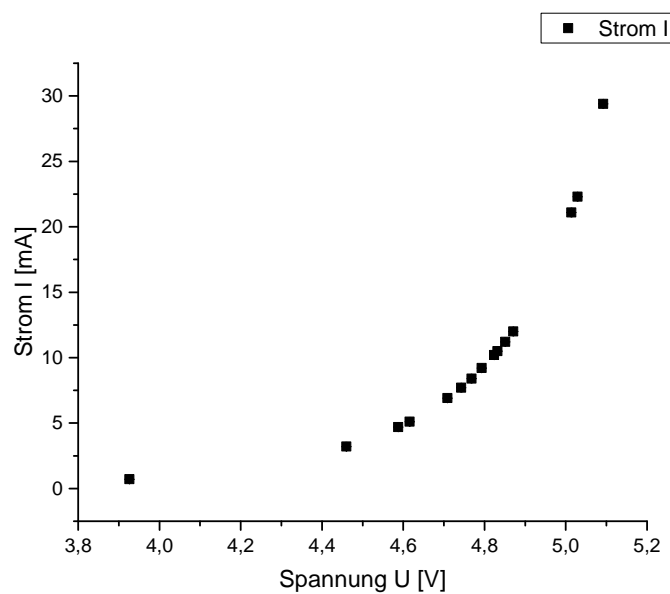


Abbildung 5: Hier ist die Stromstärke gegen die Spannung bei Betrieb einer Zenerdiode in Sperrrichtung aufgetragen. Die Unsicherheit ist kleiner als die Symbolgröße.

Als nächstes wurde die Glühlampe untersucht. Die zugehörige Kennlinie ist in Abb. 6

zu finden, während in Abb. 7 der Widerstand gegen die Spannung aufgetragen wurde. Dazu wurde das Gesetz

$$R = \frac{U}{I}$$

verwendet. Die Unsicherheit wurde gemäß Gleichung (1) berechnet. Wenn man die nahezu linear verlaufenden Werte unter 1,5 V in Abb. 7 extrapoliert, erhält man für $V = 0$ also ohne Stromfluss und damit bei Zimmertemperatur einen Widerstand von $(25,0 \pm 2,1) \Omega$ (nach oben abgeschätzte Ableseunsicherheit mit dreieckiger WDF).

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=0}^N \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} u(x_i) \right)^2} \quad (1)$$

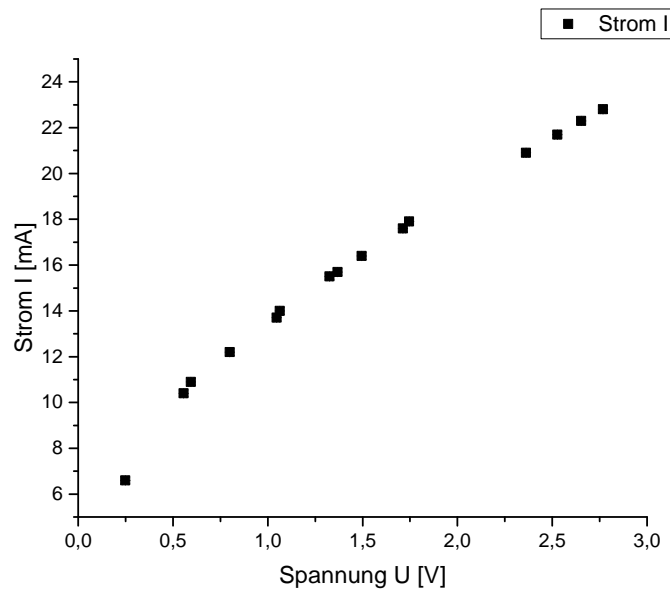


Abbildung 6: Hier ist die Stromstärke gegen die Spannung bei Betrieb einer Glühlampe aufgetragen. Die Unsicherheit ist kleiner als die Symbolgröße.

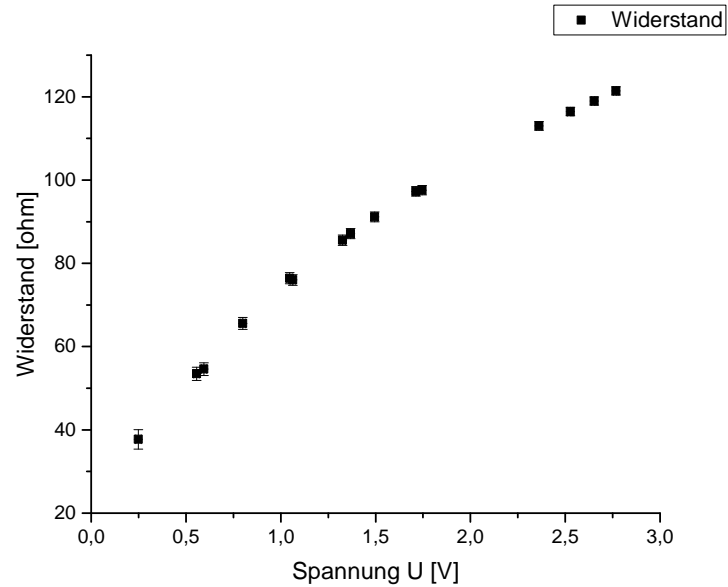


Abbildung 7: Hier ist der Widerstand gegen die Spannung bei Betrieb einer Glühlampe aufgetragen. Die Unsicherheit ist kleiner als die Symbolgröße.

Die aufgenommenen Kennlinie des NTC-Widerstands ist in Abb. 8 dargestellt.

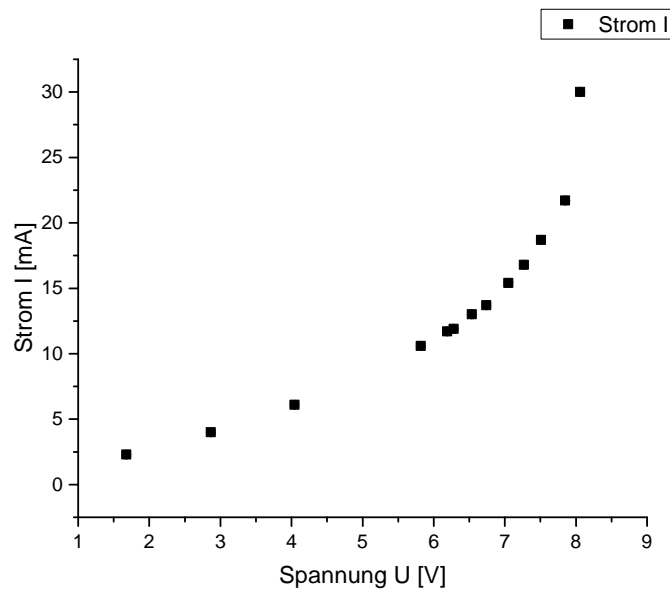


Abbildung 8: Hier ist der Widerstand gegen die Spannung bei Betrieb eines NTC-Widerstandes aufgetragen. Die Unsicherheit ist kleiner als die Symbolgröße.

Zuletzt soll die Glimmlampe betrachtet werden. Dazu wurde in Abb. 9 bis 10 die Kenn-

linie für steigende bzw. fallende Spannungen dargestellt. Hieraus kann die Zünd- und Löschspannung der vorliegenden Glimmlampe bestimmt werden. Dazu wurde im Fall der Zündspannung der höchste Messwert gewählt, bei dem die Glimmlampe noch nicht zündete und das Messintervall als Fehler angenommen (mit rechteckiger WDF). Analog wurde die Löschspannung aus dem niedrigsten Messwert, bei dem die Glimmlampe noch leuchtete, bestimmt. Hier würde allerdings die Abtastrate gegen Unendlich gehen, da bei gleicher Spannung drei verschiedene Stromstärken gemessen wurden. Deshalb wurde für die Löschspannung stattdessen der Displayfehler gewählt, da die Messunsicherheit offenbar größer als die Abtastrate war. Dies ergibt eine Zündspannung von $(105,0 \pm 3,8) \text{ V}$ und eine Löschspannung von $(84,00 \pm 0,14) \text{ V}$.

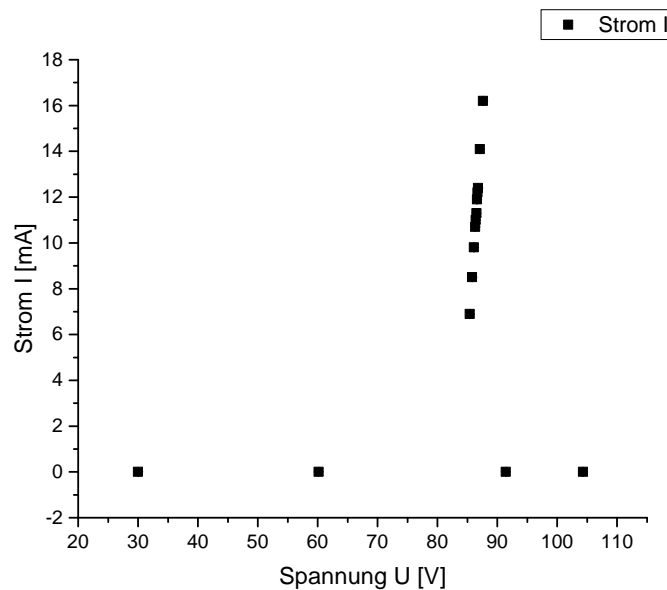


Abbildung 9: Hier ist der Widerstand gegen die Spannung bei Betrieb einer Glimmlampe mit steigender Spannung aufgetragen. Die Unsicherheit ist kleiner als die Symbolgröße. Die Messwerte bei $I = 0$ sind die Spannungen, bei denen die Glimmlampe noch nicht zündete, die also vor den Messwerten mit Stromstärken über null aufgezeichnet wurden.

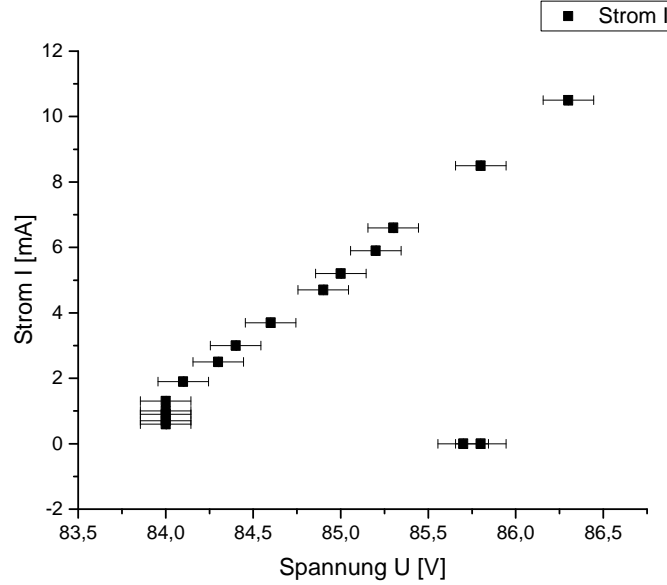


Abbildung 10: Hier ist der Widerstand gegen die Spannung bei Betrieb einer Glühlampe mit sinkender Spannung aufgetragen. Die Unsicherheit in y-Richtung ist kleiner als die Symbolgröße. Die Messwerte bei $I = 0$ sind die Spannungen, bei denen die Glühlampe erloschen war.

3.2.1 Temperatur-Widerstands-Charakteristik von Kupferdraht

Aus der Wheatstoneschen Brückenschaltung ergibt sich durch Anwendung der Kirchhoffschen Gesetze, wenn der verstellbare Widerstand so eingestellt ist, dass kein Strom fließt, der folgende Zusammenhang:

$$\frac{R_x(T)}{R_1} = \frac{R_v}{R_2} \quad (2)$$

Dabei ist R_1 der zum positiven Pol der Stromquelle gewandte Teil des verstellbaren Widerstands und R_2 der zum negativen Pol gewandte. Angegeben waren die Größen $R_{\text{ges}} = R_2 + R_1 = 11,3 \Omega$ und $R_v = 5 \Omega$. Diese werden als exakt angenommen. Anhand der Skala des verstellbaren Widerstands wurde die Größe $a := R_1/(R_2 + R_1)$ gemessen. Hierfür wird eine Ablesungsunsicherheit von 0,0004 (Ablesungsintervall von 0,002 mit dreieckiger WDF) angenommen (ohne Einheit, weil Anteil der Skala). Für den gesuchten Widerstand ergibt sich insgesamt:

$$R_x(T) = R_v \frac{R_1}{R_2} = R_v \frac{a R_{\text{ges}}}{R_{\text{ges}}(1 - a)} = R_v \frac{a}{1 - a} \quad (3)$$

Die Unsicherheit von $R_x(T)$ ergibt sich gemäß Gleichung (1) aus der Unsicherheit von a :

$$u(R_x) = \frac{R_v}{(a - 1)^2} \quad (4)$$

Die Temperatur wurde mit einem Thermometer mit einer Digitalanzeige, die eine Nachkommastelle anzeigt, gemessen. Daraus folgt eine Unsicherheit von $0,03\text{ }^{\circ}\text{C}$. In Abb. 11 bis 12 ist der Widerstand R_x des Kupferdrahtes gegen die Temperatur für steigende und fallende Temperaturen dargestellt.

Für den spezifischen Widerstand ϱ gilt bei Temperaturen im Intervall von $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $100\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$\varrho = \varrho_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \quad (5)$$

Dies bedeutet, da ϱ gemäß Gleichung (6) proportional zu R_x ist, dass die Steigung der Geraden im R - T -Diagramm dem Temperaturkoeffizienten α entspricht. Um den Temperaturkoeffizienten zu bestimmen, wurde ein linearer Fit mit dem Algorithmus von York durchgeführt. Die Ergebnisse aus diesem Fit sind in Tabelle 1 dargestellt.

$$R_x = \varrho \frac{l}{A} \quad (6)$$

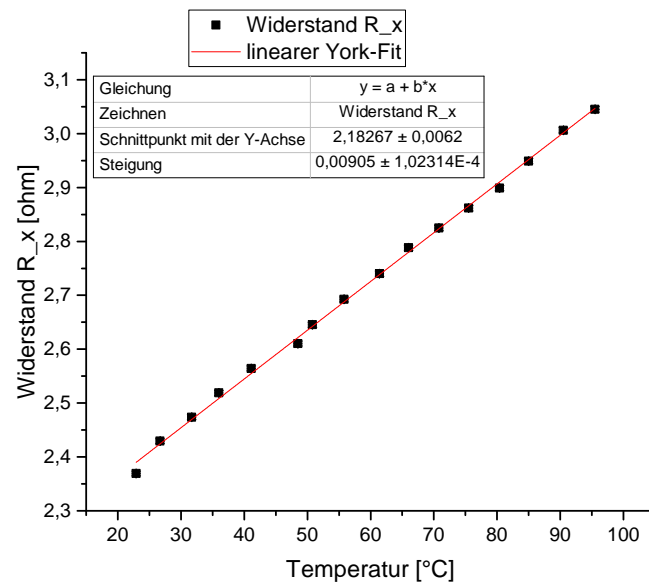


Abbildung 11: Der Widerstand des Kupferdrahtes aufgetragen gegen die Temperatur bei steigenden Temperaturen. Die Unsicherheit ist kleiner als die Symbolgröße.

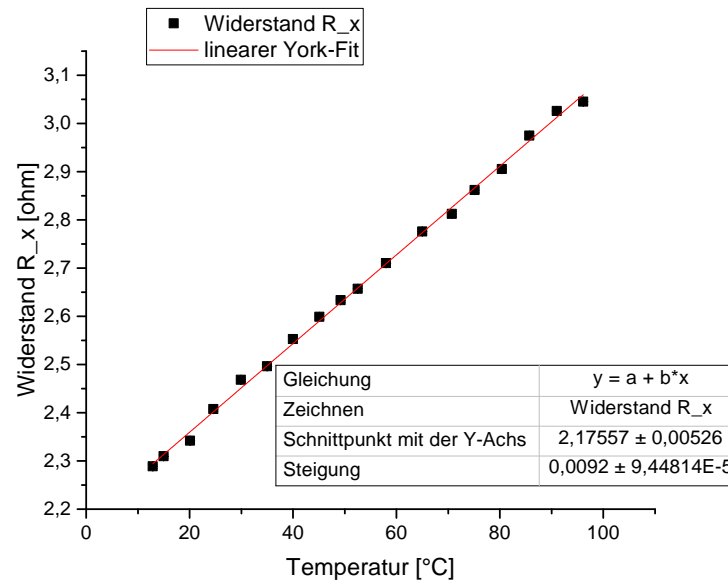


Abbildung 12: Der Widerstand des Kupferdrahtes aufgetragen gegen die Temperatur bei fallenden Temperaturen. Die Unsicherheit ist kleiner als die Symbolgröße.

Tabelle 1: Die bei steigenden bzw. fallenden Temperaturen ermittelten Temperaturkoeffizienten.

	Temperaturkoeffizient
Steigende Temperaturen	$0,009\,05 \pm 0,000\,11$
Fallende Temperaturen	$0,009\,200 \pm 0,000\,095$

3.3 Diskussion

4 Schlussfolgerung

Literatur

- [1] WWU Münster. *Kennlinien*. URL: <https://sso.uni-muenster.de/LearnWeb/learnweb2/mod/resource/view.php?id=883545> (besucht am 30.01.2018).