

V5: Ohm'sche Widerstände

PRAKTISCHE ÜBUNGEN IN PHYSIK FÜR MEDIZINER, ZAHNMEDIZINER UND BIOLOGEN

PHYSIKALISCHE ÜBUNGEN FÜR PHARMAZEUTEN

STAND: 5. APRIL 2019

I. MULTIMETER & ZEIGERINSTRUMENT

Die Handhabung der Messinstrumente soll als Vorbereitung für die weiteren Versuchsteile geübt werden.

VERSUCHSAUFBAU

Orientieren Sie sich auf Ihrem Versuchstisch. Dort befindet sich ein Netzteil an dem die Ausgangsspannung (Gleichspannung) eingestellt werden kann (coarse: Grob-, fine: Feineinstellung), ein Multimeter mit zugehörigem Temperatur-Messfühler (grüne Anschlussleitung), ein Zeigerinstrument sowie ein Widerstand R_x .

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Wichtig: Notieren Sie zu sämtlichen Messwerten die Ableseungenauigkeit.

1. Stellen Sie am Netzteil ca. 9 V ein.
2. Messen Sie die Ausgangsspannung vom Netzteil mit dem Zeigerinstrument mit unterschiedlichen Messbereichen (12 V, 30 V, 120 V).
3. Messen Sie die Ausgangsspannung vom Netzteil mit dem Multimeter.
4. Messen Sie die Raumtemperatur mit dem Multimeter (Messfühler).
5. Messen Sie den Wert des Widerstandes R_x mit dem Multimeter.

Notieren Sie sämtliche(!) Messwerte in Tabellenform in Ihrem Protokoll. Für die Messunsicherheit des Zeigerinstrumentes berücksichtigen Sie nur die Ableseungenauigkeit. Die Messunsicherheiten des Digitalmultimeters bestimmen Sie mit Hilfe der Gebrauchsanweisung (Versuchsauswertung).

VERSUCHSAUSWERTUNG

Geben Sie für sämtliche Messungen mit dem Multimeter die systematischen Messunsicherheiten an. Die Gebrauchsanweisung für das Multimeter liegt auf den Tischen aus.

- Range: Bereich in welchem das Multimeter arbeitet
- Resolution: Auflösung der Anzeige
- Accuracy:
 - die Prozentangabe ist der *prozentuale* systematische Fehler vom aktuellen Messwert
 - die Zahlenangabe ist der *absolute* systematische Fehler in Einheiten der Auflösung

II. BESTIMMUNG EINES OHM'SCHEN WIDERSTANDES

Messgeräte haben einen Innenwiderstand (R_{IW}) der bei jeder Messung berücksichtigt werden muss. Für einen unbekanntes Widerstand R_x lässt sich mit Hilfe unten gezeigter Schaltung (Abb. 1) gemäß der Gleichung

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_{IW}}} \quad (1)$$

der korrigierte Wert von R_x bestimmen.

VERSUCHSAUFBAU

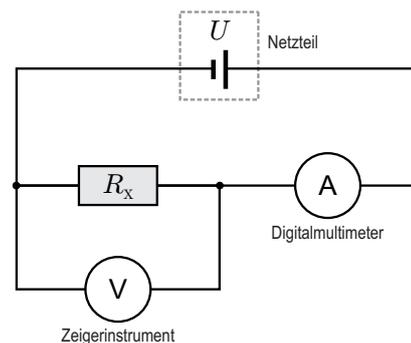


Abbildung 1: Schaltung zur Bestimmung eines unbekanntes Widerstandes R_x unter der Berücksichtigung des Innenwiderstandes R_{IW} des verwendeten Voltmeters (Zeigerinstrument).

Stecken Sie die in Abb. 1 gezeigte Schaltung zusammen. Machen Sie zunächst eine Testmessung: Stellen Sie $U \approx 10$ V am Netzteil ein, messen Sie den Strom I und berechnen Sie den Wert für $R_x = U/I$. Sie sollten für R_x einen Wert in der gleichen Größenordnung wie in Teil I. erhalten. Kleinere Abweichungen sind bei dieser vereinfachten Berechnung zu erwarten.

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Wichtig: Die Spannungen sind hier am Voltmeter (Zeigerinstrument) abzulesen (nicht(!) am Netzteil).

1. Messen Sie den Strom I für 5 verschiedene Spannungen zwischen 0,5 V und 10 V. Stellen Sie dafür den Messbereich des Voltmeters auf 12 V.
2. Messen Sie den Strom I für $U = 10$ V, wobei Sie drei unterschiedliche Messbereiche des Voltmeters nutzen (12 V, 30 V und 120 V). Beachten Sie, dass Sie die Spannung bei jedem Messbereich neu einstellen müssen.

Es empfiehlt sich die Messergebnisse (mit Messunsicherheit) in einer Tabelle darzustellen. Die Werte für den Innenwiderstand R_{IW} des Zeigerinstrumentes finden Sie auf der Rückseite desselben. Notieren Sie in der Tabelle auch, welches Messgerät (Messbereich?) genutzt wurde.

VERSUCHSAUSWERTUNG

1. Tragen Sie die Messwerte aus (1.) in ein Diagramm ein (I als Funktion von U) und bestimmen Sie R_x aus der Steigung der Ausgleichsgeraden. Keine Messunsicherheiten einzeichnen.
2. Berechnen Sie für die drei Messwerte aus (2.) mithilfe von Gl. 1 jeweils den korrigierten Wert von R_x (also unter Berücksichtigung des Innenwiderstandes R_{IW}).
3. Berechnen Sie für den Wert des mittleren (30 V) Messbereichs aus (2.) die Messunsicherheit:

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{\Delta U}{U}\right)^2 + \frac{\Delta I^2 + \left(\frac{\Delta U}{R_{IW}}\right)^2}{\left(I - \frac{U}{R_{IW}}\right)^2}}$$

Diese Formel ist das Ergebnis aus der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung.

R_{IW} wird als exakt angenommen.

Für ΔI nehmen Sie den statistischen Fehler des Multimeters, also \pm der letzten Stelle.

4. Vergleichen Sie die erhaltenen Werte von R_x (incl. dem Messwert für R_x aus Versuchsteil I) und diskutieren Sie mögliche Unterschiede.

III. TEMPERATURABHÄNGIGKEIT EINES NTC-WIDERSTANDES

Die Abhängigkeit des eines NTC-Widerstandswertes R_{NTC} von der Temperatur wird näherungsweise durch folgende Gleichung bestimmt (T in Kelvin!):

$$R_{NTC}(T) = R_0 \cdot e^{\frac{b}{T}} . \quad (2)$$

R_{NTC} ist demnach exponentiell mit T abfallend. In Gl. 2 sind R_0 und b für den gewählten NTC-Widerstand charakteristische Konstanten.

VERSUCHSAUFBAU

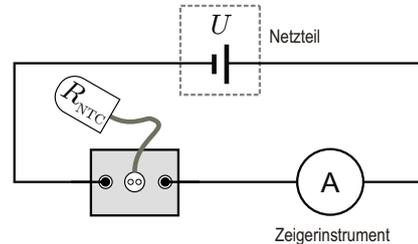


Abbildung 2: Schaltung zur Messung von $I(R_{NTC})$.

Nutzen Sie den Messfühler (Multimeter) um die Temperatur zu messen und das Zeigerinstrument als Amperemeter um den Stromfluss I durch R_{NTC} zu messen. Vor Beginn der eigentlichen Messung:

- Stecken Sie die Schaltung zusammen und stellen Sie am Netzteil $U = 10$ V ein.
- Machen Sie sich mit der Bedienung vom Magnetrührer mit Heizung vertraut.
- In welchem Temperaturbereich benötigen Sie viele bzw. wenige Messpunkte (Gl. 2)?
- Bereiten Sie eine geeignete Mess-/Auswertetabelle vor um die Ergebnisse zu notieren.
- Eine Testmessung bei Raumtemperatur sollte $I(R_{NTC}) \approx 1$ mA ergeben (nutzen Sie den "3 mA"-Bereich).

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Entnehmen Sie das Wasser-Ethanol Gemisch aus dem Tiefkühler. Messen Sie $I(R_{NTC})$ für 10–15 Temperaturen zwischen -15°C und maximal $+70^\circ\text{C}$. Stellen Sie zu Beginn das Zeigerinstrument auf die Einstellung "0,3 mA" und wechseln Sie bei höheren Temperaturen direkt in den "3 mA"-Bereich.

Achtung: zu Beginn der Messung steigt die Temperatur sehr schnell, Sie müssen also wirklich wissen, wie das Zeigerinstrument abzulesen ist.

Ignorieren Sie sämtliche Messunsicherheiten.

VERSUCHSAUSWERTUNG

Erstellen Sie ein Diagramm von $R_{NTC} = \frac{U}{I}$ als Funktion von T . Welchen Wert nimmt R_{NTC} für sehr hohe Temperaturen an? Begründen Sie!

Erstellen Sie für vier möglichst weit auseinanderliegende Messwerte ein weiteres Diagramm von $\ln(R_{NTC}/1\Omega)$ als Funktion von $1/T$. Welche Art von Kurve erhalten Sie? Warum?