

Hinweis

Die vorliegende Zusammenfassung wurde im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung an der Universität Bonn erstellt. Sofern im oberen Teil der ersten Seite oder auf der unten angegebenen Webseite nicht anders vermerkt, wurde diese Zusammenfassung von mir, Marvin Zanke, alleine angefertigt. Für mehr Informationen und meine gesamten Unterlagen, siehe:

<https://www.physics-and-stuff.com/>

Ich erhebe keinen Anspruch auf Richtigkeit und Vollständigkeit der vorliegenden Zusammenfassung!

Dieses Werk von [Marvin Zanke](#) ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung – Nicht-kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz](#).

08.02.16 Elektrische Strom, Spannungsquellen und Widerstände

Spannungsquellen, Widerstände, Spannungsteiler, Temp. abh. Widerständen;

Widerstand über Strom/Spannungsmessung; Spannungsteilerschaltung/Voltmeter für

Strom/Spannung \rightarrow verbrauchte Leistung, Leerlaufspannung Batterie

(dafür Kompensationschaltung); Widerstände relativ messen (Wheatstonesche Brücke)

Ohmsches Gesetz: $U = R \cdot I$ bzw. $\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E}$, $\sigma = \frac{1}{\rho}$, σ : el. Leitfähigkeit, ρ : spez. Widerstand

Kirchhoffsche Gesetze: Knotenregel: $\sum I_k = 0$; Knotenpunkt: einfl. = ausfl. Ströme

Maschenregel: $\sum U_k = 0$; Durchlauf: alle Teilspannungen $\rightarrow 0$

spez. Leitfähigkeit; für Halbleiter abh. von Druck, Temp., Belichtung

Temp. abh. el. Widerstand: kleines $\Delta T \rightarrow$ linear; bei Leitern: $\Delta T \Rightarrow \Delta R$

Leitungsmechanismen: Leiter: freie Elektronen; Erhöhung Temp. \rightarrow mehr Streuung El. an Atomen

Halbleiter: Lücke zwischen Valenz- und Leitungsband

Energiezufuhr \rightarrow Elektronen/Löcher beweglich

Isolator: Bandlücke zu groß

Ideale/reale Spannungsquelle: ideal: Innenwiderstand der Quelle vernachlässigbar: $U = U_0 = R_i \cdot I$

real: Spannungsabfall \Rightarrow Kleinspannung statt Leerlaufspannung U_0

$$U = U_0 - R_i \cdot I$$

Normalelement / Batterie: NE: temp. unabh. + reproduzierbare Spannung; chem. über Zunderschicht

Elektroden in gesättigter Cadmiumsulfatlösung (Weston-Nb)

Batterie: mehrere gleichartige galvanische Zellen (chem. Energie \rightarrow elektr. E.)

2. Elektroden + Elektrolyt (A-L)

Spannungsteiler: elektr. Spannung kann aufgeteilt werden; größt. Teil der Spannung mit Zweipol ab, nachdem bereits Teil an Widerstand abgefallen ist

Lastspannung: passt Last (Widerstand, Verbraucher) für bestimmten Zweck an (z.B. max. Leistung)

Ampere- und Voltmeter: Voltmeter parallel geschaltet, hochohmig

Ampèremeter in Reihe, niedrigohmig

Veränderung Messbereich: Vorwiderstand vor Voltmeter: $U_{\max} = U - U_v$ in Reihe

Vorwiderstand vor Ampèremeter: parallel; niedrigohmig

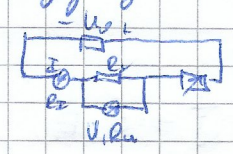
Potentiometerschaltung: Spannungsteiler aber variabel abgreifbare Spannung (Zweipol Abnahme)

Wheatstonesche Brückenschaltung: 3 bekannte Widerstände \rightarrow unbekannter Widerstand

Zwischen 2. Spannungsteilern wird Potentiometerglied hergestellt: $I=0$

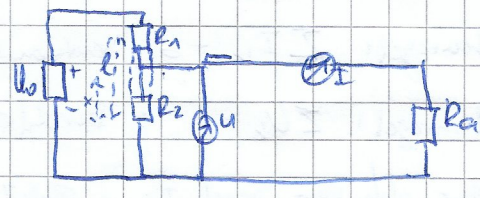
Kompensationschaltung: Stromlose Messung von Leerlaufspannung = Spannungsteiler und entgegengesetzte Spannung, die Stromfluß blockiert

Widerstandsbestimmung durch Strom/Spannungsmessung



$$R_x = \frac{R_1 (U_2 - U_1)}{U_1 - U_2 - U_0}$$

Bedienete Pot.-metersch.

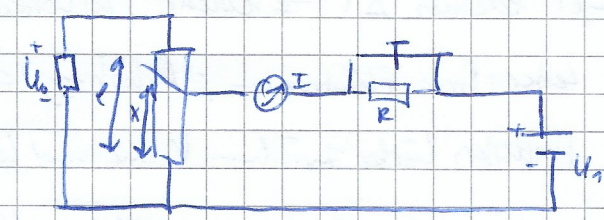


$$U = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_0 - \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot I$$

Spannungsteiler bzw. Potentiometer

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} U_0 = \frac{x}{l} U_0$$

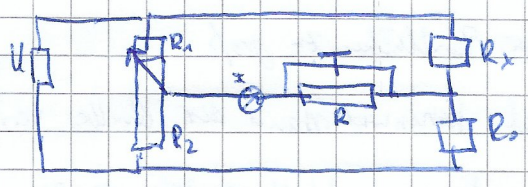
Messung Leerlaufsp. Balance mit Komp. Schaltung



$$U_1 = U_0 \cdot \frac{x}{l} \text{ falls } I=0$$

Poggendorf

Widerstandsbestimmung mit Wheatstonescher Brücke



$$I=0 \Rightarrow R_x = \frac{R_1}{R_2} R_0$$

Messung Temp.-abh. elektr. Widerstand: metallische Leiter: $R(T) = R_0 (1 + \alpha \cdot \theta)$

Halbleiter: $R(T) = R_0 e^{\frac{E_g}{2kT}}$

Durchführung:

überprüfen mit DMM

Erster Teil: Zusammenhang U und I → Gesamtwiderstand → unbekannter Widerstand

Zweiter Teil: Nennen Strom / Spannung über Lastwiderstand in Spannungsteilerschaltung
 mit Manometer → daraus Innenwiderstand und Leerlaufspannung

Dann Spannungsteiler ersetzen durch Potentiometer → lin. Zsh. $U_i; U_0$

Außerdem verbrauchte Leistung im Lastwiderstand

Dritter Teil: Leerlaufspannung Balken^{mit} Kompensationschaltung (Galvanometer ist das Nullinstrument); Abordnung wird mit Weston-Element kalibriert und Kontrolle durch Manometer und Digitalmessgerät (Potentiometer: Schließdrallpotentiometer)

Vierter Teil: Unbekannter Widerstand mit Wheatstonescher Brücke gemessen (Potentiometer, Helipot)

Fünfter Teil: Temperaturabhängigkeit elektrischer Widerstände; Heißt Regierglas aus (dieses steht in einem mit Wasser gefüllten Thermostat) 100 auf, misst für 3 Leiter die Widerstände abwechselnd / Temperatur $R(T)$ grafisch → versch. Werte / Eigenschaften von Leitern (Halbleitern)

Ergebnisse:

• 2 mA max. messbar, wenn 50 mA messen → 48 mA am parallelen Shunt abfließen

Widerstandswert mit DMM stimmt fast mit Strom / Spannungsmessung überein

$R_g \approx R_x$ → Gesamtspannungsabfall \approx Spannungsabfall am Widerstand

• verifizieren $U = \frac{R_2}{R_1+R_2} U_0 - \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1+R_2} I$, U_i Messwert, U_0 Leerlaufspannung

gute Übereinstimmung von Messung mit theoretischem Wert

Innenwiderstand verkleinern: Stromstärke erhöhen, dass U_0 zu ändern

nicht beliebig weit → sonst Kurzschluss / Geräte überlastet → kein Strom mehr

Mit Pot, ohne Last: $U_i = \frac{R_2}{R_1+R_2} U_0 = \frac{x}{2} U_0$ (kein Stromfluss!)

→ sehr gute Übereinstimmung Theorie und Messwerte

Genügend P → kann mit 1 A bis 10 A gemessen werden

Bei $R = \infty$ Gerade, für $R < \infty$ immer unformiger

Leistung steigt für größere X : $P = U \cdot I = \frac{U^2}{R}$, U skaliert mit X

Kann kein max. für P erkennen (Hochpunkt), da Messbereich für X zu klein

• Kalibrierung mit Weston-Element um Referenzwert für Batterie zu haben, da Widerstand des Schleifdrahtpotentiometers unbekannt; Messung Batterie Spannung \approx mit DMM,

Millivoltmeter sehr unterschiedlich (dort wird nicht Stromfrei gemessen \rightarrow großer Abfall)

• Poti genau falsch nun angeschlossen, X misst sich von oben (R_1)

R_x sehr gut bestimmt wie in Teil 1; Vorwiderstand „minimal“ wählen,

so dass Messbereich groß genug aber nicht zu wenig Strom fließt \rightarrow Spannungspolfall und damit geringere Genauigkeit

• Leiter erkennt man einfach am steigenden Widerstand für größere Temperaturen,

Halbleiter das Gegenteil und der andere hält sich konstant (3 Leiter, 2 HL \rightarrow HL)

Erkennwiderstände (Widerstände bei $T=0$) liefern teilweise negative Resultate

und Leiter bekommen für größere Temp. kleinere Widerstände (FALSCH)

Bei einem Halbleiter Widerstand annähernd konstant \rightarrow Bandlücke größer als $k_B T$

Energien der Bandlücken kleiner recht klein

\rightarrow Vor- und Nachteile der Verfahren zur Bestimmung von Widerständen

(doch alle recht exakt \approx DMM)

- große Unterschiede ob Spannung Stromfrei (Komp. Schaltung) oder belastet gemessen