



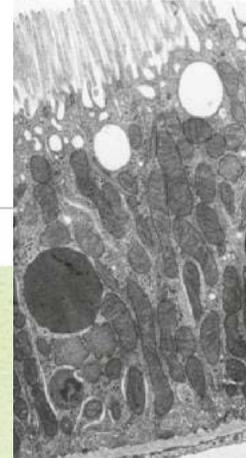
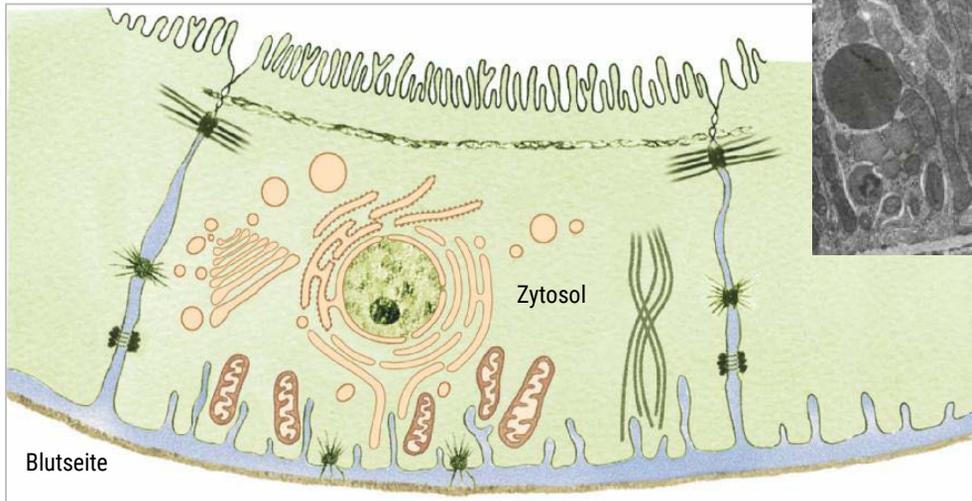
Tutorium: V307 Messungen
im elektrischen Stromkreis

Physikalisches Grundpraktikum für Human- und Zahnmedizin

0. Motivation

Wofür benötigt ein Medizinstudent Elektrizitätslehre?

➤ Antwort 1: Um den Stoffwechsel zu verstehen

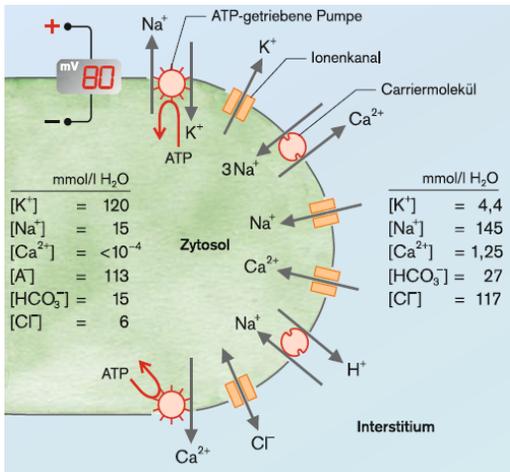


Quelle: H. Pape et al.: „Physiologie“ (Kapitel 2.2); 7. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage; Stuttgart: Thieme (2014)

0. Motivation

Wofür benötigt ein Medizinstudent Elektrizitätslehre?

➤ Antwort 1: Um den Stoffwechsel zu verstehen



Eigenschaften Zellmembran:

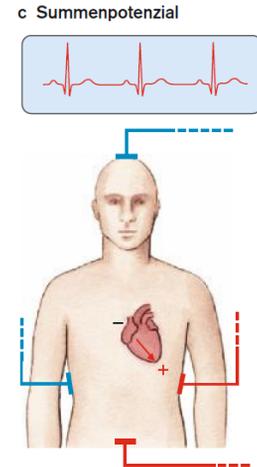
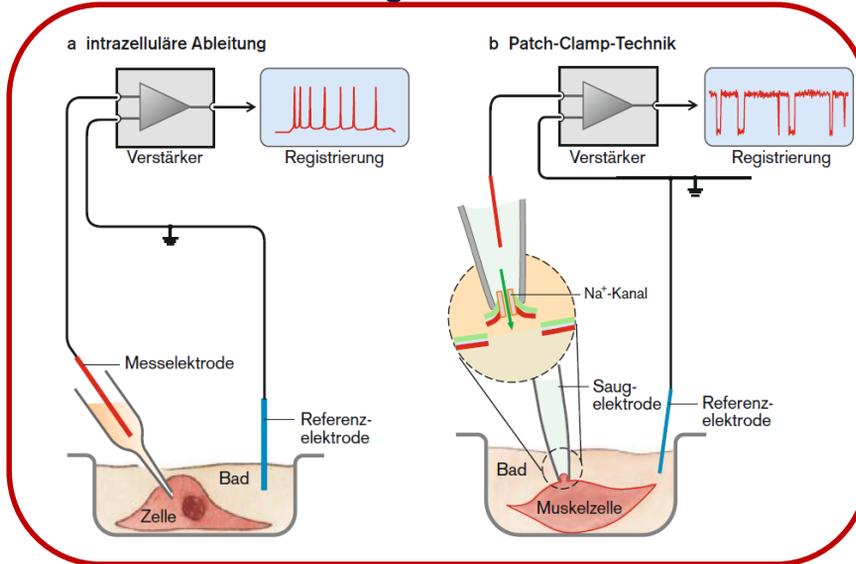
- Alle haben ein Ruhepotential, das ungleich Null ist
- Verschiedene spezialisierte Transportkanäle
- Offenwahrscheinlichkeit bei den meisten Kanälen an Bedingungen geknüpft
 - Modifizierung durch Gifte und Medikamente

Quelle: H. Pape et al.: „Physiologie“ (Kapitel 2.4); 7. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage; Stuttgart: Thieme (2014)

0. Motivation

Wofür benötigt ein Medizinstudent Elektrizitätslehre?

➤ Antwort 2: Untersuchung von Zellen

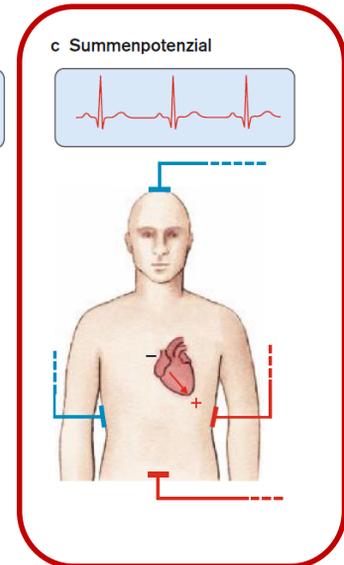
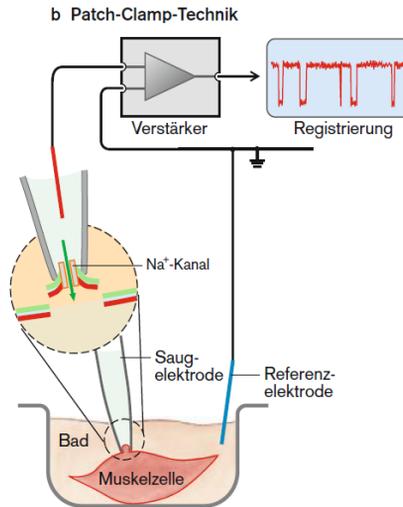
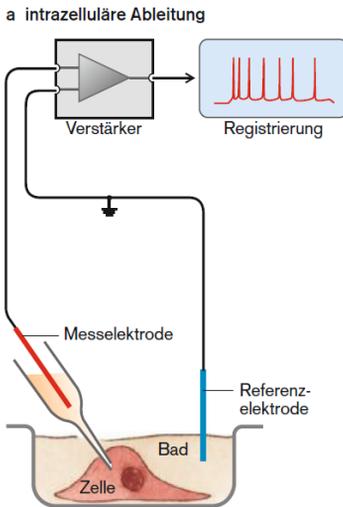


Quelle: H. Pape et al.: „Physiologie“ (Kapitel 3.7); 7. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage; Stuttgart: Thieme (2014)

0. Motivation

Wofür benötigt ein Medizinstudent Elektrizitätslehre?

➤ Antwort 3: Diagnostik



Quelle: H. Pape et al.: „Physiologie“ (Kapitel 3.7); 7. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage; Stuttgart: Thieme (2014)



0. Motivation

Lernziele

- Lernen wie man Strom und Spannung misst
- Verhalten von Strömen und Spannungen in Netzwerken/Schaltungen
- Heute anhand einfacher Schaltungen, die wir selbst aufbauen

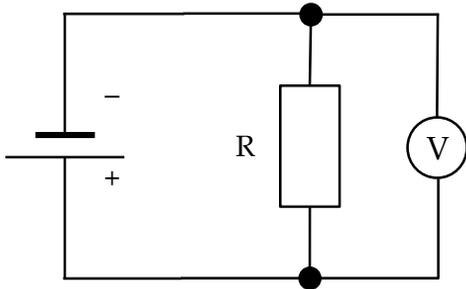
Hinweis/Ausblick

- Heute arbeiten wir mit zeitunabhängigen Signalen
→ bedeutet mit Gleichspannung und Gleichstrom (direct current/DC)
- Nächstes Mal arbeiten wir mit zeitabhängigen Signalen
→ bedeutet mit Wechselspannung und Wechselstrom (alternating current/AC)

1. Einführung / Grundlagen

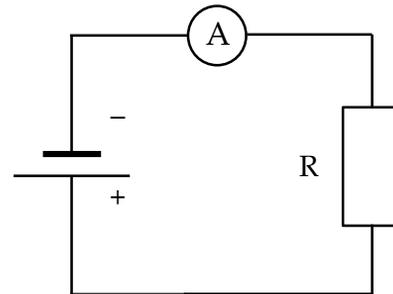
Spannung U in V

- Voltmeter
- parallel zum elektrischen Bauelement
- hochohmig
- Minimieren des parasitären Stromflusses



Stromstärke I in A

- Amperemeter
- in Reihe zum elektrischen Bauelement
- niederohmig
- Minimieren des parasitären Spannungsabfalls

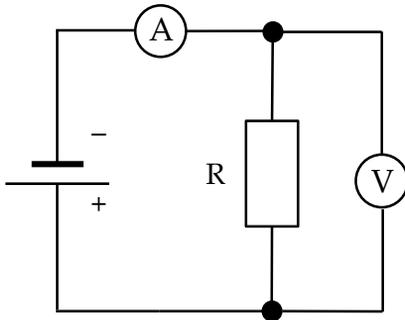


Polarität beachten !!

1. Einführung / Grundlagen

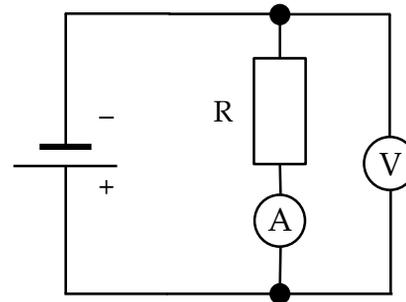
Spannungsrichtige Messung

- $R_x \ll$ Innenwiderstand Voltmeter
- Stromteiler am Knoten
- Teilstrom durch Voltmeter gering



Stromrichtige Messung

- $R_x \gg$ Innenwiderstand Amperemeter
- Spannungsteiler
- Teilspannung am Amperemeter gering

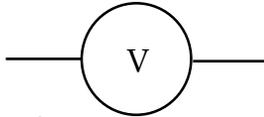


=> geringer systematischer Fehler

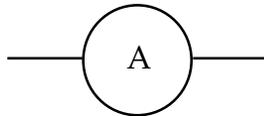
2. Geräte - Digitale Messgeräte

- Schalterstellung beachten (**Messbereich**)
- Digitalmessgerät kann verwendet werden als:

➤ Voltmeter



➤ Amperemeter

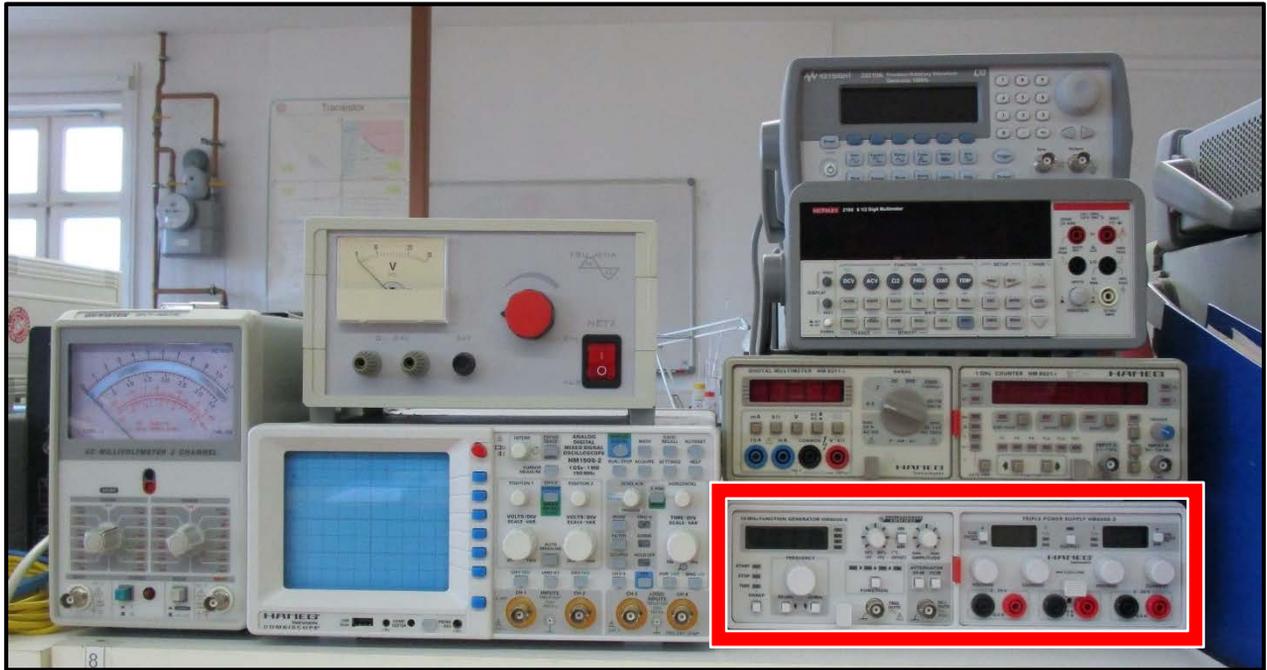


Spannung oder
ohmscher Widerstand
„Pluspol“, +

Masse, Nullpotential
„Minuspole“, -

Strom „Pluspol“, +

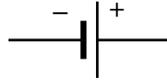
2. Geräte



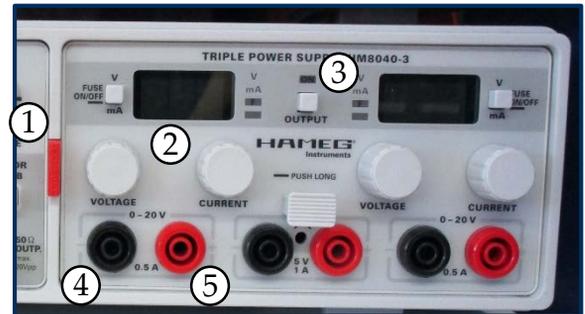
2. Geräte - Spannungsquelle



2. Geräte - Spannungsquelle



- ① Hauptschalter
- ② Spannungsregler (Links: coarse/fine Rechts: voltage)
- ③ Signal: ON/OFF
- ④ Masse, „Minuspol“, -
- ⑤ „Pluspol“, +



3. Messaufgaben – 1.1. Stromteilerregel

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

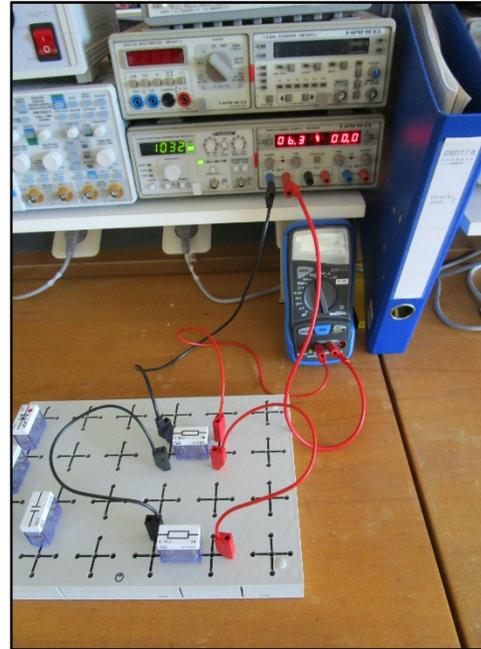
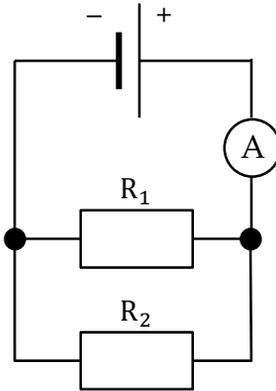
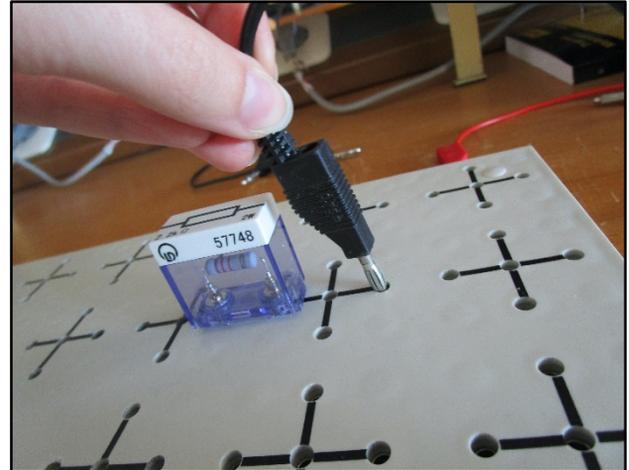
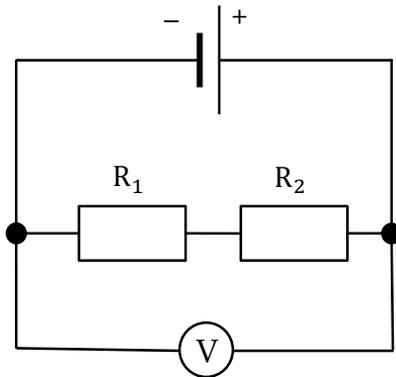


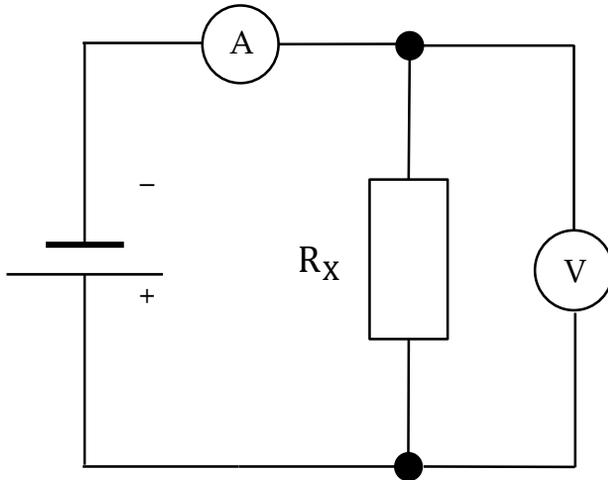
Abbildung: Parallelschaltung aus R₁ und R₂

3. Messaufgaben – 1.1. Spannungsteilerregel

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$



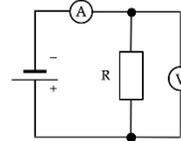
3. Messaufgaben – 1.2. Spannungsrichtige Messung eines unbekannten Widerstandes



Einführung / Grundlagen

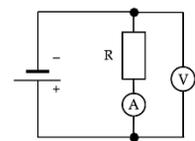
Spannungsrichtige Messung

- $R_X \ll$ Innenwiderstand Voltmeter
- Stromteiler am Knoten
- Teilstrom durch Voltmeter gering



Stromrichtige Messung

- $R_X \gg$ Innenwiderstand Amperemeter
- Spannungsteiler
- Teilspannung am Amperemeter gering

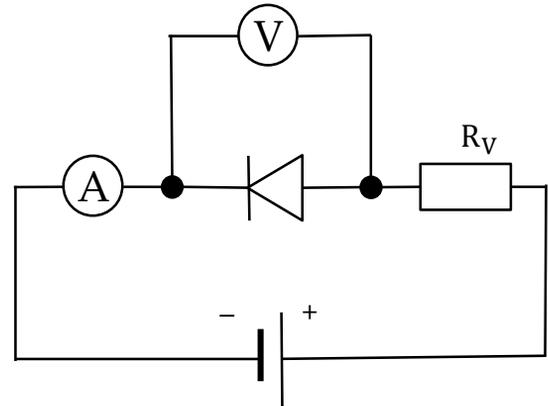
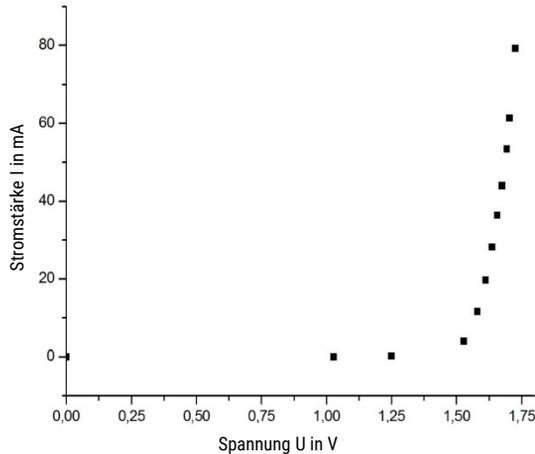


=> Geringer Systematischer Fehler

3. Messaufgaben – 1.3. Nichtlineare Kennlinie

- Spannungsrichtige Messung
- min. 200 Ohm Vorwiderstand (Strombegrenzung)
- Polarität beachten:

-> Diode in Durchlassrichtung



4. Messwerte

Beispiel:

Zu 3.2

$$U_1 = 10,01 \text{ V}$$

$$U_2 = 8,22 \text{ V}$$

$$U_3 = 6,03 \text{ V}$$

$$U_4 = 3,99 \text{ V}$$

$$U_5 = 2,11 \text{ V}$$

$$I_1 = 12,61 \text{ mA}$$

$$I_2 = 10,41 \text{ mA}$$

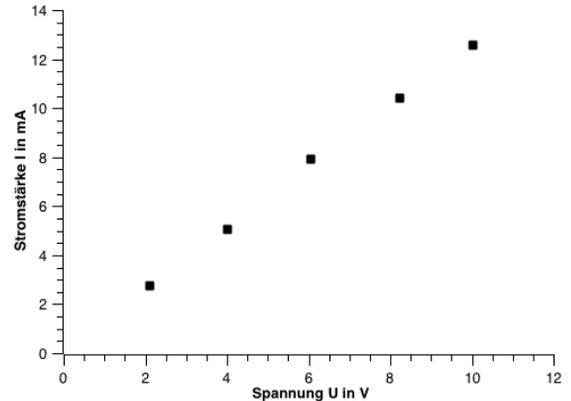
$$I_3 = 7,96 \text{ mA}$$

$$I_4 = 5,09 \text{ mA}$$

$$I_5 = 2,78 \text{ mA}$$

Messbereich: V

Messbereich: 40 mA



5. Auswertung

Berechnung der Widerstände: $R = \frac{U}{I}$

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{10,01 \text{ V}}{12,61 \text{ mA}} = \frac{10,01}{12,61 \cdot 10^{-3}} \frac{\text{V}}{\text{A}} = 793,81 \Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{8,22 \text{ V}}{10,41 \text{ mA}} = \frac{8,22}{10,41 \cdot 10^{-3}} \frac{\text{V}}{\text{A}} = 789,62 \Omega$$

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{6,03 \text{ V}}{7,96 \text{ mA}} = \frac{6,03}{7,96 \cdot 10^{-3}} \frac{\text{V}}{\text{A}} = 757,54 \Omega$$

$$R_4 = \frac{U_4}{I_4} = \frac{3,99 \text{ V}}{5,09 \text{ mA}} = \frac{3,99}{5,09 \cdot 10^{-3}} \frac{\text{V}}{\text{A}} = 783,89 \Omega$$

$$R_5 = \frac{U_5}{I_5} = \frac{2,11 \text{ V}}{2,78 \text{ mA}} = \frac{2,11}{2,78 \cdot 10^{-3}} \frac{\text{V}}{\text{A}} = 758,99 \Omega$$

Mittelwert: $\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{5}$

$$\bar{R} = \frac{793,81 \Omega + 789,62 \Omega + 757,54 \Omega + 783,89 \Omega + 758,99 \Omega}{5} = 776,77 \Omega$$

Maximale Abweichung bestimmen: $\bar{R} - R_{Min} = 776,77 \Omega - 757,54 \Omega = 19,23 \Omega$

$$R_{Max} - \bar{R} = 793,81 \Omega - 776,77 \Omega = 17,04 \Omega$$

5. Auswertung

Messungenauigkeit:

Spannung U : $\Delta U = 1 \% \cdot (\text{Vollauschlag/Messbereich}) + 2 \text{ Digits}$

Stromstärke I : $\Delta I = 0,4 \% \cdot (\text{Vollauschlag/Messbereich}) + 3 \text{ Digits}$

-> 1 % vom Messbereich 40 V + 2 Digits der Anzeige 40 V

$$\Delta U = 0,01 \cdot 40,00 \text{ V} + 0,02 \text{ V} = 0,4 \text{ V} + 0,02 \text{ V} = 0,42 \text{ V}$$

$$\Delta I = 0,004 \cdot 40 \text{ mA} + 0,03 \text{ mA} = 0,16 \text{ mA} + 0,03 \text{ mA} = 0,19 \text{ mA}$$

Für die Messwerte: $U_1 = 8,22 \text{ V}$ und $I_1 = 10,41 \text{ mA}$ heißt das:

$$U_1 = 8,22 \text{ V} \pm 0,42 \text{ V} = (8,22 \pm 0,42) \text{ V}$$

$$I_1 = 10,41 \text{ mA} \pm 0,19 \text{ mA} = (10,41 \pm 0,19) \text{ mA}$$

5. Auswertung

Betrachtung der Messungenauigkeit aus den gemessenen Größen U und I berechnete Größe R:

Messungenauigkeit über relative Fehler:

-> Die Summe der relativen Fehler der einzelnen Messgrößen (hier: $\frac{\Delta I}{I}$ und $\frac{\Delta U}{U}$) wird gleich dem relativen Fehler der gesuchten zu errechnenden Größen (hier $\frac{\Delta R}{R}$) gesetzt

Relativer Fehler:
$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U}$$

Fehlerrechnung



leicht gemacht

Im folgenden Artikel sieht alles anders aus, was man wissen muss, um fehlerrechnungstechnisch gut durch Praktikum zu kommen. Etwas wird vielleicht auch darüberhinaus noch von Nutzen sein. Es geht um folgende Frage:

- I. Motivation:**
Warum braucht man „Fehlerrechnung“?
- II. Wie schätze ich die Genauigkeit meiner eigenen Messwerte realistisch ab?**
- III. Was tun, wenn mehrere Messgrößen zusammenwirken?**
Dabei gibt es einfache Methoden. Addition quadratis bzw. relativer Fehler. Ersetzen von Maxima und Minima.
- IV. Was, wenn das nicht reicht?**
Dann kann man „gerichtet differenzieren“. Diese Variante wird kurz angereißt.
- V. Wenn ich fertig bin, wie schreibe ich mein Ergebnis mit seinen Genauigkeitsgrenzen sinnvoll auf?**

Im Anhang werden einige Dinge dann noch etwas genauer beleuchtet.

5. Auswertung

Relativer Fehler:
$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U}$$

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{0,19 \text{ mA}}{10,41 \text{ mA}} + \frac{0,42 \text{ V}}{8,22 \text{ V}} = 0,019 + 0,051 = 0,070 = 7 \%$$

Umstellen nach ΔR ergibt den gesuchten absoluten Fehler der berechneten Größe R!

$$\Delta R = R \cdot 0,07 = 776,77 \Omega \cdot 0,07 = 54,37 \Omega$$

$$R = 776,77 \Omega \pm 54,37 \Omega = (777 \pm 54) \Omega$$

Auf signifikante Stellen achten