

Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München  
 Grundpraktikum in Experimentalphysik - Kurs P2  
 Blockpraktikum vom 10. Aug. bis 07. Sept. 2020

Versuch:	ESR		Gruppe:	F2-2						
Vorname:	YUDONG		Name:	SUN						
Mit Abgabe der Auswertung wird bestätigt, dass diese eigenständig erstellt wurde!										
				Punkte der Vorbereitung:	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	0,0
						1. Abgabe		2. Abgabe		
Alle Teilversuche vollständig ausgewertet?				Ja	Nein	Ja	Nein			
Wurden immer korrekte Formeln angegeben und eigene Werte eingesetzt?				Ja	Nein	Ja	Nein			
Wurde immer eine Fehlerrechnung durchgeführt?				Ja	Nein	Ja	Nein			
Wurde immer eine aussagekräftige Diskussion geführt?				Ja	Nein	Ja	Nein			
Sind Endergebnisse immer angegeben und korrekt gerundet?				Ja	Nein	Ja	Nein			
Wurden alle Diagramme mit geeignetem Maßstab und Titel eingeklebt?				Ja	Nein	Ja	Nein			
Enthalten die Diagramme alle Messwerte, Beschriftungen u. Konstruktionen?				Ja	Nein	Ja	Nein			
Auswertung erhalten am:										
Auswertung zurückgegeben am:										
Nacharbeit notwendig bis:				nicht möglich						
Wird eine der obigen Fragen bei der ersten Abgabe mit Nein beantwortet ist eine Nacharbeit erforderlich!										
Punkte:		Datum, Abtestat:								

Bitte bewahren Sie Ihre Hefte nach dem Praktikum unbedingt auf.

**28**  
32 Blatt

**BRUNNEN** 

Schulheft A4  
 Zellstoff chlorfrei gebleicht  
 80 g/m<sup>2</sup>

**28**  
32 Blatt

## ESK Stückpulfe

- Begriffe:

→ elektrische Stromstärke  $I$ ,  $[I] = \text{Ampere}$

Maß für den Ladungspuls,  $I = \frac{dQ}{dt}$ .

→ elektrische Feldstärke  $E = \frac{F}{q}$ ,  $[E] = \frac{N}{C}$

Quotient aus der Kraft  $F$ , die auf eine Ladung  $Q$  in dem Feld, das von einer anderen Ladung ausgeht, wirkt, und der Ladung  $Q$ .

→ elektrisches Potential zwischen zwei Punkten ist die Spannungsdifferenz zwischen den beiden Punkten. Einheit =  $[V]$

→ Spannung  $U$ ,  $[U] = V$

Spannung  $U$  ist der Quotient aus der Arbeit, die geleistet werden muss, um eine Ladung  $Q$  von einem Punkt zu einem anderen Punkt zu bewegen, auf der Ladung  $Q$ . (~~Arbeit pro Ladung~~)

- Elektrischer Widerstand / Ohmsches Gesetz / Spezifischer Widerstand

In sogenannten ohmischen Leitern erfahren Ladungen eine Reibung, die mit der Spannung  $U$  und der Stromstärke  $I$  zusammenhängt. Daraus folgt das Ohmsche Gesetz mit Widerstand  $R$ :

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

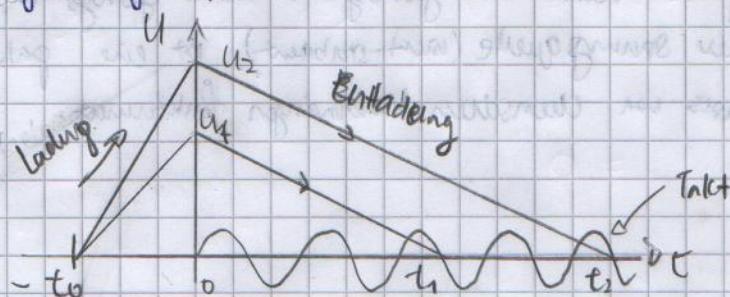
In einem Draht ist der Widerstand  $R$  proportional zur Länge  $L$  und Querschnittsfläche  $A$  eines Leiters. Es gilt:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \text{mit } \rho = \text{spezifischer Widerstand.}$$

(Materialabhängigkeit)

- Elektronische Spannungsmessung nach Draht-Slope-Verfahren.

Analoge - Digital - Wandler



Kondensator in Zeit  $t_0$  geladen. Es folgt eine langsame Entladung, bei der durch elektronische Regelung bewirkt wird, dass die Spannung linear stets mit gleichfacher Steigung bis auf Null absinkt.  $t$  ist proportional zu  $U$ .

Bestimmung durch Anzahl Taktzyklen gezielt.

- Begriffe:

→ Spannungsabfall

Von Spannungsabfall spricht man ~~weil~~, wenn durch ein Leiterstromkreis mit Widerstand  $R$  ein Strom fließt. Aus dem Ohmschen Gesetz folgt dann, dass auch eine Spannung vorhanden ist  $\Rightarrow$  "abfällt"

→ Potentiometer

Ein Potentiometer besteht aus einem Widerstand, an dem eine Spannung  $U_0$  angelegt wird. Man kann dann über einen Gleichkondensator einen Teil der Spannung  $U$  abgreifen, wie es gilt:

$$U = \frac{R}{R_0} U_0 \quad U = \frac{S}{R_0} U_0$$

Dieses ~~Prinzip~~ beruht auf dem Prinzip jedes Spannstellers. Wenn der selbe Strom durch eine Kette von Widerständen fließt, misst man zwischen den einzelnen Widerständen unterschiedliche Spannungsabfälle, die proportional zum Widerstand sind:

$$U_i = \frac{R_i}{\Sigma R_i} U_0$$

• Multimeter und Strom, Spann., Widerstand-messig:

Ein Multimeter ist ein Messgerät zur Messung von Strom, Spannung und Widerstand. Auf dem Multimeter ist ein Rad, mit welchem man durch Verschiebung unterschiedlichen Messgrößen entstehen kann. Dabei sind die korrekte Buchse am Multimeter sehr wichtig.

• Stabilisiertes Spannungsquelle-/ galvanische Zelle.

• Eine ~~stabilisierte~~ stabilisierte Spannungsquelle ist dadurch ausgezeichnet, dass sie eine relativ konstante Spannung liefert, auch wenn Strom abgegriffen wird. Diese Eigenschaft würde bei Stromflusses die Spannung durch den Ladungsausgleich mehr gemindert werden. Ein Beispiel einer Spannungsquelle (nicht-stabilisiert) ist eine galvanische Zelle, die auf Basis von chemischen Verbindungen funktioniert.

- Quellenspannung, Innenwiderstand, Klemmspannung

Als Klemmspannung bezeichnet man den Teil der Spannung einer Spannungsquelle (Quellenspannung), der man von den Klemmen der Spannungsquelle abnehmen kann. Sie ist etwas geringer, was an dem Innenwiderstand des Leiters liegt. Wenn ~~die~~ Ladeträger sich in einem Leiter bewegen, wirkt auf sie Reibung. Um dieser entgegenzutunken, muss der Teil Quellenspannung aufgewandt werden, der sich als Differenz zwischen Quellen - um Klemmspannung ergibt.

- Kompensationssatz / Messprinzip

Mit einem Potentiometer kann man eine Spannung  $U < U_0$  abgrößen. Hat man nun eine unbekannte Spannung  $\tilde{U}$  gegeben ( $\tilde{U} < U_0$ ), so kann man mit der Kompensationssatz messen. Da Bois-Reynaud die Spannung  $U$  an  $\tilde{U}$  angleichen. Hierzu integriert man zum Potentiometer ein Nullinstrument (siehe Abb. 7), welches dann ausschlägt, wenn  $U \neq \tilde{U}$  ist. Durch Verschieben des Potentiometers kann man den Punkt herausfinden, an dem das Nullinstrument nicht mehr ausschlägt und über das Verhältnis  $\left(\frac{R}{R_0}\right)$  dann durch Gleichung  $U = \frac{R}{R_0} U_0$  auf  $U$  kommen.

- Spannungsnormal

Wenn man eine bekannte Spannung haben, dann kann man ein Spannungsnormal benutzen. Das ist ein Bauteil mit einer Spannung  $U_N$ , die sehr genau bekannt ist. Durch das oben beschriebene Kompensationverfahren kann man ein Spannungsnormal  $U_0$  heraustrennen:

$$U_0 = \frac{R}{R_0} U_N$$

- Kirchhoff 1. Satz (Knotensatz)

$$\sum I_{\text{hin}} = \sum I_{\text{raus}} \Leftrightarrow \sum I_{\text{Ein}} + \sum I_{\text{Aus}} = 0$$

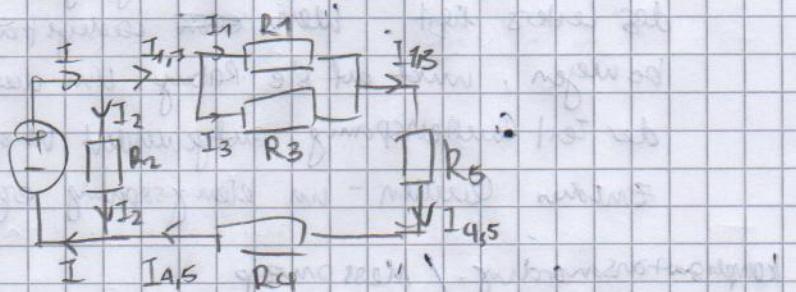
- Kirchhoff 2. Satz (Maschenregel)

$$\sum_{\text{Masche}} U = 0 \quad \text{wobei eine Masche ein geschlossener Kreis von Widerständen ist.}$$

(Folge aus Flussieichung)

• Experimentelle Überprüfung der Kirchhoff'schen Sätze.

In Teilversuch 4 werden die Ströme und Spannungen in einer Schaltung gemessen und ~~mit~~ die Sätze in allen Knoten bzw. Maschen geprüft.



$$I = I_{1,3} + I_2, \quad I = I_2 + I_{4,5} \quad \rightarrow \quad I_1 + I_3 = I_{1,3}$$

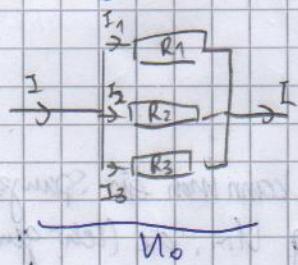
$$U = U_{1,4} + U_5 + U_{1,3} \quad U_1 - U_4 - U_5 - U_{1,3} = 0$$

$$U_2 - U_4 - U_5 - U_{1,3} = 0$$

$$U_3 - U_1 = 0$$

$$U_1 - U_2 = 0$$

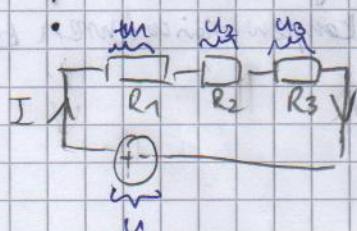
• Anwendung der Kirchhoff'schen Sätze:



$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (\text{Knotensatz})$$

$$U_1 = U_2 = U_3 \quad U_0 = U_0 \quad (\text{Maschenatz})$$

$$\text{Aus } I = \frac{U}{R} \Rightarrow \frac{1}{R_{\text{eff}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$



$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 0 \quad (\text{Maschenatz})$$

Mit  $U = RI$  folgt:

~~$R_{\text{eff}} I = R_1 I + R_2 I + R_3 I$~~

$$R_{\text{eff}} I = R_1 I + R_2 I + R_3 I$$

$$\Rightarrow R_{\text{eff}} = R_1 + R_2 + R_3$$

# Versuch: E81c - Elektrische Stromkreise

~~Name~~ Name: Yuxing Sun  
Datum: 13. Aut 2020.

Teilversuch 1: Belastungsabhängigkeit zweier Spannungsquellen

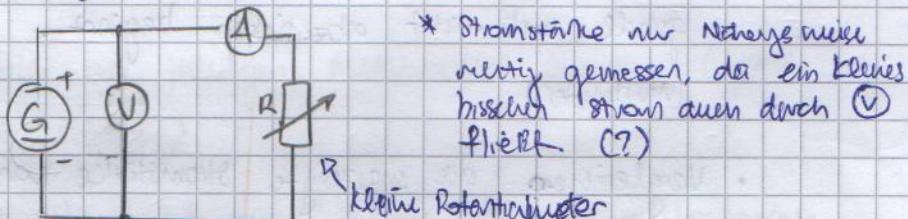
Versuchsziel: • ~~Messung der~~ Die Belastungsabhängigkeit von Spannungsquellen bestimmen. (Galvanische Zelle und Netzgerät)  
• Innenwiderstand bestimmen.

Messmethode: Messung der Ausgangsspannung von Spannungsquellen in Abhängigkeit von der Belastung und zeichnen, der sich daraus ergebenden Belastungskennlinien.

Versuchsdurchführung:

① Belastung einer galvanischen Zelle.

- Schaltung wie folgt aufbauen. auf Steckplatte.



- Stelle Messinstrumente auf den Bereich mit der größten Anzahl von Dezimalen in der Anzeige ein.

- Leerlaufspannung messen

- Den Strom in zehn aquidistanten Schritten vom kleinsten bis zum größten Wert hoch regeln.

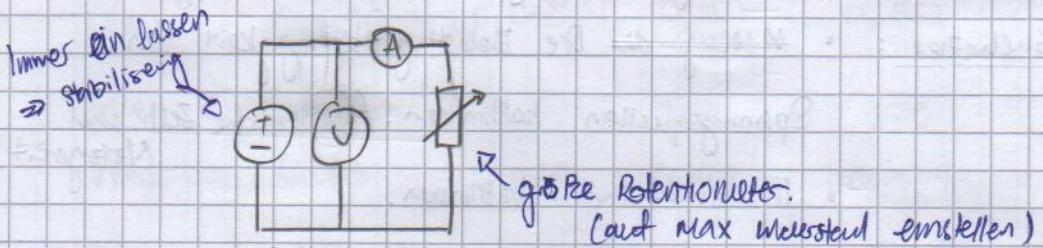
Jeweils Strom und Spannung messen.

(R schrittweise vom Max zu Min?)

- ~~leerlaufspannung~~ leerlaufspannung noch ein mal messen

## ② Belastung eines Netzgeräts

- Netzgerät im Bereich [0V bis 10V] schalten und 0V stellen.
- Schaltung wie folgt aufbauen.



- Spannung auf Netzgerät auf etwa 10V einstellen
- Spannung mit Strom ~~messen~~ messen. Stromstärke zusätzlich mittels Hilfe einer Stromzange messen.
- Potentiometerwiderstand schrittweise erniedrigen. Spannung und Stromstärke (auf Multimeter) messen.
- Den Wert der Stromstärke notieren, bei dem die Spannung gerade noch nicht abzusinken beginnt. (Multimeter)
- Vergleichen die angezeigte Stromstärke von Stromzange und Multimeter.

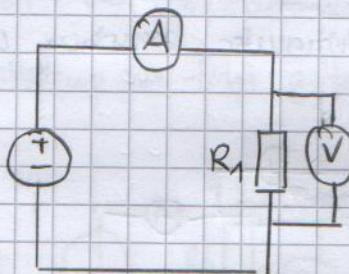
## Teilversuch 2: Bestätigung des Ohmschen Gesetzes

Versuchsziel: Ohmische Gesetz durch Schaltung bestätigen

Messmethode: Spannung mit bestimmte Widerstand ~~fest~~ variieren und die Stromstärke messen.

### Versuchsdurchführung:

- Schaltung wie folgt aufbauen:



- Spannung in 10 aquidistanten Schritten von 0V bis etwas Unterhalb 20V variieren. Jeweils Strom und Spannung messen.
- Fehler bei jeweiligen Messbereichs achten. (siehe Dokumentation)
- Widerstand Wert von  $R_1$  mit Hilfe der ausliegenden Farbringtafel ablesen. Vergleiche dieser Wert mit einer ~~direkten~~ direkte Messung mit einem Multimeter.

### Teilversuch 3: Spannungsabfall und Potentiometer

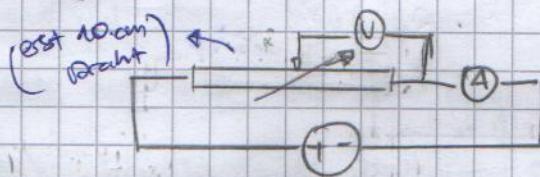
Versuchsziel: Messung der an einem stromdurchflossenen Draht bzw. einem Winkelpotentialunter abfallenden Spannung als Funktion der Drahtlänge.

Messmethode: Spannung am verschiedenen ~~Punkt~~ Längen messen.  
Bemerkung:

#### Versuchsdurchführung:

(a) Spannungsabfall am stromdurchflossenen Draht.

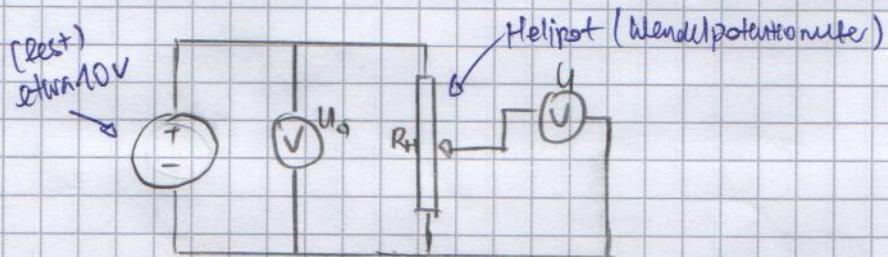
- Schleifendraht - Potentiometer benutzen und gesamte Länge benutzen:



- Lasse einen Strom von etwa 0,5 A durchfließen.
- Teststellen, dass der Draht sich durch den Stromfluss erwärmt. (Berühren)
- ~~Spannungsabfall im Intervall 2 cm messen~~  
(10 cm insgesamt)
- Wiederholen Messung mit 5 verschiedenen Längen von Drähten.

(b) Spannungsteilung am Potentiometer.

- Schaltung wie folgt aufbauen:



- Skalennetz am Heliopot von Null in 10 äquidistante Schritte bis zum Maximalwert (jeaulis 100 Stk)  
Abfallende Spannung messen.

Am Ende:  $U_0 = U$ . (Überprüfen)

3 verschiedene Punkten  
jeaulis 10 cm  
Längen.

## Teilversuch 4: Spannungsmessung durch Kompensation

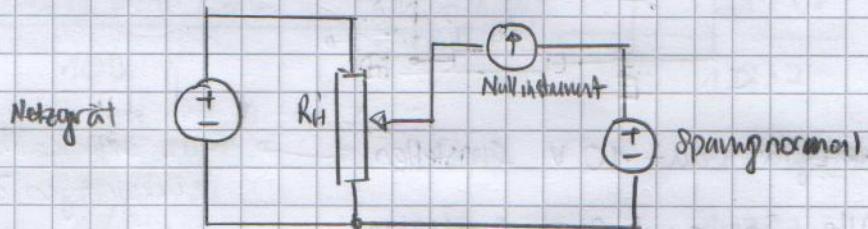
Versuchsziel: Kompensationsanordnung mit elektronischer Spannungsmet.  
Kalibrieren. Leerlautspannung einer galvanischen Zelle bestimmen.

Messmethode: Kompensations schaltung. Variieren, bis Nullinstrument null ist, indem man ein Heilpot bewegt. Dann den EV herunter.

Versuchsdurchführung:

(a) Kalibrieren der Kompensationsanordnung:

- Schaltung wie folgt aufbauen.



- Offseteinstellung des Nullinstruments (Taste drücken, falls ein deutlicher Anschlag zeigt, kurzschließen lassen)
- Netzgerät auf 2V einstellen. (festhalten)
- Position auf Heilpot ändern, bis Nullinstrument Null zeigt.
- Resultierende Heilpotstellung notieren (inkl. Einstellfehler des Heilpots - abschätzen)
- Unsicherheiten führt zu Nullinstrument, Spannungsnormal notieren.

(b) Klemmenspannung einer galvanischen Zelle:

- ~~Spannungsnormal~~ durch die galvanische Zelle ersetzen.

- Position auf Heilpot ändern, bis Nullinstrument Null zeigt.
- Resultierende Heilpotstellung (inkl. Unsicherheiten) notieren.

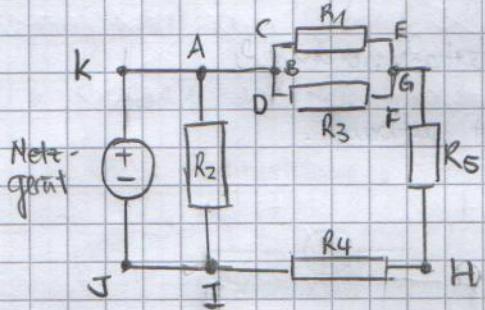
## Teilversuch 5.: Bestätigung der Kirchhoff'schen Sätze

Versuchsziel: Kirchhoff'schen Sätze bestätigen

Messmethode: Ströme und Spannungen in einem Widerstandsnetzwerk messen.

Versuchsdurchführung:

- Schaltung wie folgt aufbauen:



\* vor jedem Widerstand einen zusätzlichen Verbindungsstecker einstecken.

- Netzgerät auf 10 V einstellen  $\rightarrow$  muss man Kalibrierung berücksichtigen?
- Alle Spannungen und Ströme messen
- Im Protokoll:
  - Vorzeichen
  - Richtung aus Skizze
  - Ergebnis

## Messungen im Labor

### Teilversuch ② :

(a) Leerlauftspannung = ~~1,365~~ ~~1,365~~ V  
 $(\Delta U \pm 0,5\% \text{ Messwert} + 1 \text{ Digit})$

Min ~~Max~~ Strom = Potentialabwerte bei 100 = 10,6 mA

Max Strom = Potentialabwerte bei 0. = 38,8 mA

Multimeter am Position 200 mA

$\Rightarrow (\Delta I = \pm 0,5\% \text{ Messwert} + 1 \text{ Digit})$  Schritt = 2,82 mA.

Potential Motor Position	I / mA	U / V
100	10,6	1,332
70	13,4	1,322
48	16,2	1,317
34	19,1	1,312
26	21,9	1,308
19	24,8	1,303
14	27,5	1,300
9	30,6	1,294
6	33,1	1,290
3	35,9	1,286
0	<del>38,6</del> 38,7	1,282

Note: schwer zu steuern  $\Rightarrow$  nicht ganz äquidistant.

Leerlauftspannung (darauf) = 1,354 V

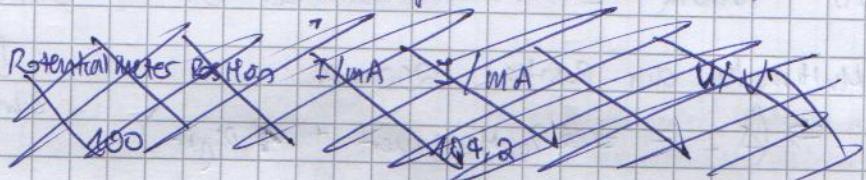
(b) Potentialmeter Max unverstnd.

$$\text{Spannung } U = 10,00 \text{ V} \quad (\Delta U = \pm 0,5\% \text{ Messwert} + 1 \text{ Digit})$$

$$\text{Strom } I = 98,3 \text{ mA} \quad (\Delta I = \pm 0,8\% \text{ Messwert} + 1 \text{ Digit})$$

$$\text{Strom } I \text{ (Stromzage)} = 0,097 \text{ A} \quad \uparrow \quad \text{ganz ähnlich}$$

wurde erst auf 0 gesetzt (mit Zero Taste)



Potentialmeter Position	I / mA (Stromzage)	I / mA (Multimeter)	U / V (Multimeter)
100	0,113	104,2	9,99
99	0,122	113,4	9,99
98	0,123	114,6	9,99
97	0,122		

~~Stromzage~~

280	9,97
381	9,96
506	9,95
619	9,94
646	9,93
796	9,92
898	9,91
957	9,90
1106	9,88
1334	9,32
1427	7,68

Auch am  $\rightarrow$  Netzgerät

Sprung bei  $I = 1334 \text{ mA}$

## Teilversuch ②

~~Strom I / mA~~ Spannung U / ~~V~~

Spannung U/V	Strom I / mA
2,07	0,6
4,08	1,2
6,01	1,8
8,02	2,4
10,06	3,0
<del>12,00</del>	
12,15	3,6
14,14	4,3
16,09	4,8
18,02	5,4
19,99	6,0

$$\Delta U = \pm 0,5\% \text{ Messwert} + 1 \text{ Digit}$$

$$\Delta I = \pm 0,8\% \text{ Messwert} + 1 \text{ Digit}$$

$$\text{Widerstand aus } \cancel{\text{Farben}} = \frac{110 \cdot 10^3 \Omega}{330 \cdot 10^1 \Omega} \pm 1\%$$

$$\text{Widerstand aus Multimeter} = 3,29 \text{ k}\Omega$$

$$\cancel{\Delta R} = (\pm 0,5\% \text{ Messwert} + 1 \text{ Digit})$$

Die Widerstände stimmen mit einander überein

## Teilversuch 8

$$\Delta U = (\pm 0,5\% \text{ Messwert} + 1 \text{ Digit})$$

(a) MH 1A wird der Bräht herB.

$$I = 0,503 \text{ A} \quad (\Delta I = \pm 0,8\% \text{ Messwert} + 1 \text{ Digit})$$

10 cm Messung ( $\pm 4 \text{ mm}$ )

Messung 1	$U/V = 0,615 \text{ V}$	(zws. 20cm - 30cm)
Messung 2	$U/V = 0,607 \text{ V}$	(zws. 40cm - 50cm)
Messung 3	$U/V = 0,613 \text{ V}$	(zws. 60cm - 70cm)

Verschiedene Länge:

$(20 \text{ cm} \pm 4 \text{ mm})$

$$\Delta U = (\pm 0,5\% \text{ Messwert} + 1 \text{ Digit})$$

$(20,0 \pm 0,4) \text{ cm}$

Länge	Spannung:
$(20,0 \pm 0,4) \text{ cm}$	$1,167 \text{ V}$
$(40,0 \pm 0,4) \text{ cm}$	$2,37 \text{ V}$
$(60,0 \pm 0,4) \text{ cm}$	$3,63 \text{ V}$
$(80,0 \pm 0,4) \text{ cm}$	$4,86 \text{ V}$
$(90,0 \pm 0,4) \text{ cm}$	$5,60 \text{ V}$

(b) Fehler beim Spannungs-Messing  $\Delta U = (\pm 0,5\% \text{ Messwert} + 1 \text{ Digit})$

Wenn  $x = 1000 \text{ Scht}$ ,  $U = U_0 = 10,03 \text{ V}$  ✓ passt

Schritt x Scht	$(\text{Nutzgrät})$ $U_0 / \text{V}$	$(\text{Fehler})$ $U / \text{V}$
1000	10,03	10,03
900	10,03	9,02
800	10,03	8,01
700	10,03	7,02
600	10,02	6,01
500	10,02	5,01
400	10,02	4,01
300	10,02	3,01

$$(\Delta x = \pm 0,5 \text{ Scht})$$

Schritt x / Scht	U <sub>0</sub> / V	U / V
200	10,02	2,01
100	10,02	1,01
0	10,02	0,01

### Teilversuch (4)

$$(a) \text{ Heliopof Wert} = 537 \text{ Scht}$$

$$\text{Heliopof Max} = 1000 \text{ Scht}$$

$$\Delta \text{Heliopof Messung} = 0,5 \text{ Scht}$$

Ablesefehler bei Nullinstrument = 0,025 mA.

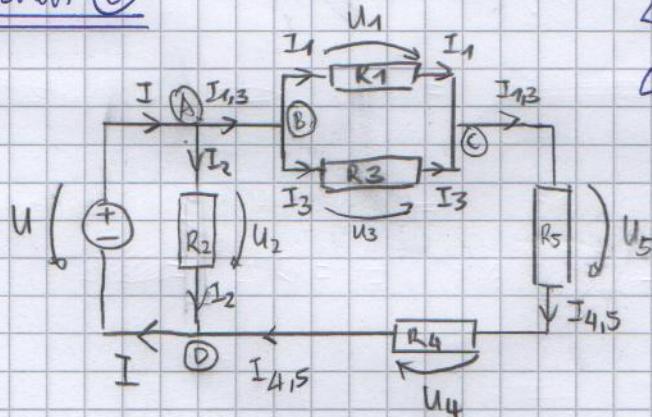
Spannungsnormal ~~Fehler~~ =  $(1,0000 \pm 0,0001) \text{ V}$

$$(b) \text{ Heliopof Position} = 728 \text{ Scht.} \pm 0,5 \text{ Scht}$$

LMU München  
 Physikalische Praktika  
**ESK**  
 Versuch:  
 Datum:  
 Betreuer:

13.8.20  
 Johannes Sachse

### Teilversuch (5)



$$\Delta U = \pm 0,5\% \text{ Messwert} + 1 \text{ Digit}$$

$$\Delta I = \pm 0,8\% \text{ Messwert} + 1 \text{ Digit}$$

Vorzeichen durch Schraze gegeben. Die Befräge:

$$U = \cancel{10,04} \text{ V} \quad 10,04 \text{ V} \quad I = 2,7 \text{ mA}$$

$$U_1 = \cancel{10,04} \text{ V} \quad 1,974 \text{ V} \quad I_1 = 0,6 \text{ mA}$$

$$U_2 = \cancel{10,04} \text{ V} \quad 10,04 \text{ V} \quad I_2 = 1,4 \text{ mA}$$

$$U_3 = \cancel{10,04} \text{ V} \quad 1,974 \text{ V} \quad I_3 = 0,7 \text{ mA}$$

$$U_4 = \cancel{10,04} \text{ V} \quad 2,91 \text{ V} \quad I_{4,5} = 1,3 \text{ mA}$$

$$U_5 = \cancel{10,04} \text{ V} \quad 5,16 \text{ V} \quad I_{1,3} = 1,3 \text{ mA}$$