

Praktikum ETIT-Versuch 1  
**MUSTERPROTOKOLL SS 2009 – F.Mink**

Teil		Punkte
1	Widerstandsbestimmung aus einer Spannungs- und Strommessung	19
2	Erwärmungskurve eines elektrischen Widerstandes	25
3	Messung an einer Batterie	24
4	Serien-/ Parallelschaltung <i>Ohm</i> 'scher Widerstände	6
5	Spannungsteiler	14
6	Widerstandsnetzwerk - Superpositionsgesetz von Spannungsquellen	12

Gesamtpunktzahl: 100

Machen Sie sich bei jedem Aufgabenteil mit den am Versuchsstand vorhandenen Messgeräten vertraut. Dabei ist zu beachten, dass die Maximalströme und Spannungen der Messgeräte nicht überschritten werden. Die Ausarbeitung ist handschriftlich oder ausgedruckt abzugeben. Alle Kurven sind auf Millimeterpapier zu erstellen.

## Teil 1

### 1.9 Aufgabe: Widerstandsbestimmung aus einer Spannungs- und Strommessung

Verwendete Messgeräte:

(1 P)

Amperemeter

Digitales Amperemeter

Voltmeter

Ohmmeter

(Spannungsquelle, zwei Widerstände) (was steht in Klammern ist nicht erforderlich)

In diesem Aufgabenteil sollen die Widerstandswerte von Bauteilen aus einer Strom- und Spannungsmessung bestimmt werden. In Abbildung 1.9-1 und Abbildung 1.9-2 sind die Messschaltungen zur Bestimmung der Widerstände gezeigt. Es sind die Widerstandswerte der beiden am Platz vorhandenen Widerstände  $R_g$  und  $R_k$  zu bestimmen, dazu sind jeweils die Messschaltungen 1.9-1 und 1.9-2 aufzubauen, und es ist jeweils eine Messung mit  $R = R_g$  und  $R = R_k$  durchzuführen.

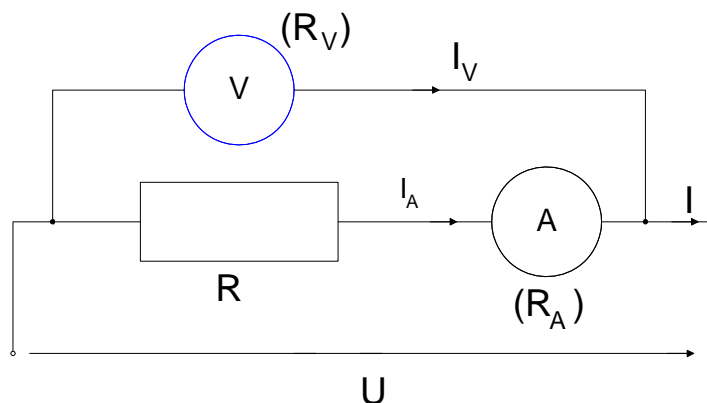
Als Spannungsquelle ist das am Platz vorhandene Labor-Netzgerät PS-302-A zu verwenden. Das Netzgerät ist in der Betriebsart "Konstantspannungsregelung" zu betreiben. (Wahlschalter auf Volt stellen; Drehpotentiometer Ampere aufdrehen und beachten, dass die Leuchtdiode für Spannungsregelung leuchtet). Mit dem Drehpotentiometer Voltage COARSE und FINE kann die Spannung eingestellt werden.

Die Schaltung ist auf dem am Messplatz vorhanden Steckbrett aufzubauen. Bitte beachten Sie, dass Änderungen an der Schaltung nur durchgeführt werden dürfen, wenn das Netzgerät ausgeschaltet ist ( der Schalter befindet sich auf der Geräterückseite ).

#### Achtung:

Werden die Messungen mit dem Widerstand  $R = R_g$  durchgeführt, ist ein digitales Amperemeter in Reihe zu dem analogen Amperemeter zu schalten. Der Innenwiderstand des digitalen Amperemeters ist gering und kann vernachlässigt werden. Die sehr kleinen Ströme können nur noch mit dem digitalen Messgerät erfasst werden.

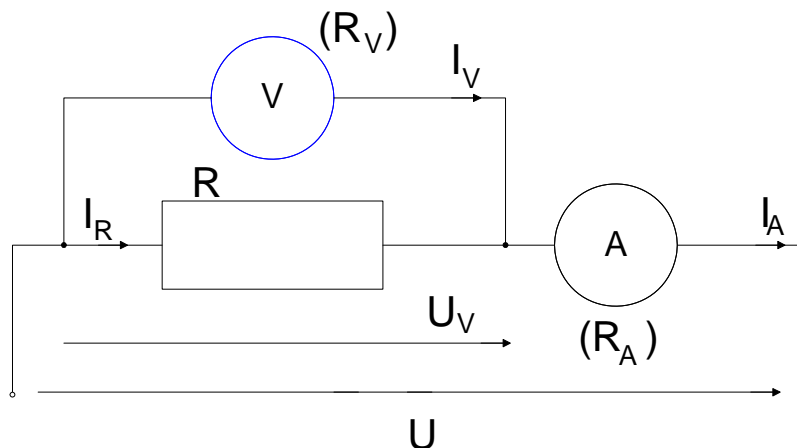
Zunächst sind die Innenwiderstände  $R_V$  und  $R_A$  der analogen Volt- und Amperemeter mit dem Ohmmeter (Metra Hit 22s) zu bestimmen. Bei der Verwendung des Metra Hit 22s ist darauf zu achten, dass der geeignete Bereich des Messgerätes verwendet wird.



(1 P)

Bild 1.9-1: Stromrichtige Messschaltung

Anschliessend sind die Messschaltungen nach Abbildung 1.9-1 bzw. nach Abbildung 1.9-2 aufzubauen. Messen Sie die entsprechenden Strom- und Spannungsgrößen, und berechnen Sie danach den gesuchten Widerstand  $R$ , wobei jeweils eine Messung mit  $R = R_g$  und  $R = R_k$  durchzuführen ist.



(1 P)

Bild 1.9-2: Spannungsrichtige Messschaltung

Zu messende Größen:

Innenwiderstand Amperemeter:  $R_A = 0,51 \text{ Ohm}$

Innenwiderstand Voltmeter:  $R_V = 930 \text{ Ohm}$

(1 P)

Tabelle 1.9:

Messung	$I_A / \text{A}$	$U/V$
Spannungsrichtige Messung ( $R_k$ )	1	2,5
Spannungsrichtige Messung ( $R_g$ )	0,02	10
Stromrichtige Messung ( $R_k$ )	1	3,4
Stromrichtige Messung ( $R_g$ )	0,01	10

(2 P)

### Ausarbeitung:

Die Widerstandsgrößen  $R_g$  und  $R_k$  sind aus den gemessenen Strömen und Spannungen zu berechnen. Die Messungen sind jeweils unter Vernachlässigung und unter Berücksichtigung der Innenwiderstände durchzuführen. Anschließend sind die gewonnenen Ergebnisse miteinander zu vergleichen und die Messschaltungen zu bewerten. Als Vergleich ist eine Fehlerrechnung durchzuführen, um zu zeigen, welchen Einfluss der Innenwiderstand der Messgeräte hat. Geben Sie die verwendeten Formeln an.

Messung	$I_A/A$	U/V	$R_x / \text{Ohm ohne Innenwiderstand}$	$R_x / \text{Ohm mit Innenwiderstand}$	$\Delta R$	F
Spannungsrichtig $R_k$	1	2,5	2,5	2,51	0,01	0,004
Spannungsrichtig $R_g$	0,02	10	500	1081,4	581,4	0,54
Stromrichtig $R_k$	1	3,4	3,4	2,9	0,51	0,2
Stromrichtig $R_g$	0,01	10	1000	999,5	0,51	0,0005

(4P)

Stromrichtige Messschaltung:

$$R_{xv} = U_V / I_A \quad (1 \text{ P})$$

$$R_{xb} = U_V / I_A - R_A \quad (1 \text{ P})$$

v-Vernachlässigung

b-Berücksichtigung

Spannungsrichtige Messschaltung :

$$R_{xv} = U_V / I_A = R / (1 + R / R_V) \quad (1 \text{ P})$$

$$R_{xb} = U_V / (I_A - I_V) = U_V / (I_A - U_V / R_V) \quad (1 \text{ P})$$

$$\Delta R = U_V / I_A - R_{xb} \quad (1 \text{ P})$$

$$f = \Delta R / R_{xb} \quad (1 \text{ P})$$

$$(\text{oder } \Delta R = |U_V / I_A - R_{xb}|$$

$$f = \Delta R / R_{xb} )$$

[ zusätzlich, auch möglich:

stromrichtige Messung

$$\Delta R = R_A$$

$$f = R_A / R$$

spannungsrichtige Messung

$$\Delta R = - R^2 / (R_V + R)$$

$$f = - R / (R_V + R) \approx - R / R_V ]$$

(das heißt: unterschiedliches Vorzeichen für  $\Delta R$  und  $f$  -1p)

### Diskussion:

Aus den Messergebnissen ist ersichtlich, dass wie im theoretischen Teil behauptet, sich die spannungsrichtige Messung für Widerstände, die deutlich kleiner als der Innenwiderstand des Voltmessgerätes sind, eignet und die stromrichtige Messung für Widerstände die deutlich größer als der Innenwiderstand des Amperemeters sind.

Dies wird auch in der Fehlerrechnung offensichtlich, der relative Fehler  $f$  kann als Maßstab für die Zulässigkeit der gewählten Messmethode verwandt werden, der absolute Fehler erlaubt hier noch keine Rückschlüsse.

Trotzdem fällt auf, dass der relative Fehler der spannungsrichtigen Messung für  $R_k$  größer als die im theoretischen Teil geforderte Grenze ist, dies wird auf die nicht ausreichende Auflösung der verwendeten Messgeräte zurückgeführt, da bereits sehr kleine Abweichungen den relativen Fehler in diesem Fall stark beeinflussen. (3P)

## Teil 2

### 1.10 Aufgabe: Erwärmungskurve eines elektrischen Widerstandes

Verwendete Messgeräte:

(1 P)

Amperemeter

Voltmeter

Ohmmeter

Thermometer

Stoppuhr

(Spannungsquelle, Ersatzwiderstand, Drahtwiderstand)

In diesem Versuchsabschnitt ist die Erwärmungskurve eines Leistungsdrahtwiderstandes aufzunehmen. Vor dem Versuchsbeginn sind der "Kaltwiderstand" und die Umgebungstemperatur zu bestimmen. Die Messung des Widerstandes erfolgt mit dem in Aufgabenpunkt 1.9 beschriebenen Ohmmeter (Meterman CR 50). Die Messschaltung ist nach Abbildung 1.10-1 aufzubauen. Der Erwärmungsverlauf ist bis zum Beharrungszustand aufzunehmen. Das bedeutet, dass die Kurve so lange aufzunehmen ist, bis die Temperaturänderung nur noch gering ist. In festen Zeitabständen sind die Größen Temperatur, Spannung und Strom zu notieren (alle 15 Sekunden). Die Spannungsquelle PS-302-A soll in der Betriebsart "Konstantstromregelung" betrieben werden (Wahlschalter auf Amp; Drehpotentiometer Voltage Coarse ganz aufdrehen und beachten, dass die LED für Stromregelung leuchtet). Mit dem digitalen Amperemeter ist die Stromaufnahme des Widerstandes zu überprüfen. Treten Abweichungen im Strom auf, ist die Quelle so nachzuregulieren, dass  $I_A = \text{const.}$  gehalten wird. Für die Messung ist ein Strom von  $I_A = 0,7 \text{ A}$  einzuprägen. Ein höherer Strom führt zur Zerstörung der Anordnung.

Der Aufbau der Schaltung erfolgt nach Abbildung 1.10-1. Bitte bedenken Sie, dass beim Einschalten der Spannung der Widerstand direkt erwärmt wird. Deshalb wird zunächst ein Ersatzwiderstand eingebaut, der dem Drahtwiderstand entspricht. (Am Platz ist ein Widerstand  $R_{\text{Ersatz}}$  verfügbar, der verwendet werden kann). Nachdem die Schaltung funktioniert und die Werte eingeregelt (Konstantstrom  $I_A = 0,7 \text{ A}$ ) wurden, wird der Ersatzwiderstand durch den Drahtwiderstand ersetzt. Die Messung beginnt mit gleichzeitigem Drücken der Stoppuhr und dem Einschalten der Spannungsquelle PS-302-A.

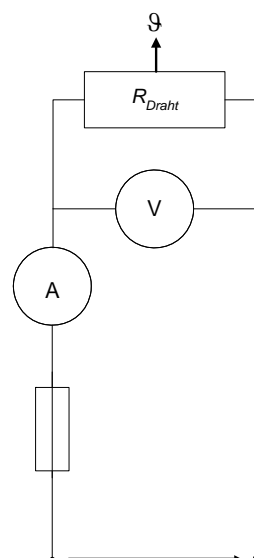


Bild 1.10-1: Thermische Widerstandsänderung

(1P)

Die Temperatur ist mit dem am Platz vorhandenen Temperaturmessgerät aufzunehmen. Die Zeitmessung ist mit der am Platz vorhandenen Stoppuhr durchzuführen. Bitte machen Sie sich zunächst mit der Stoppuhr vertraut. Die Werte sind in die Tabelle 1.10 einzutragen.

Zu messende Größen:

$$R_{Anf} = 7,6 \Omega ; \vartheta_{Anf} = 22,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(1 P)

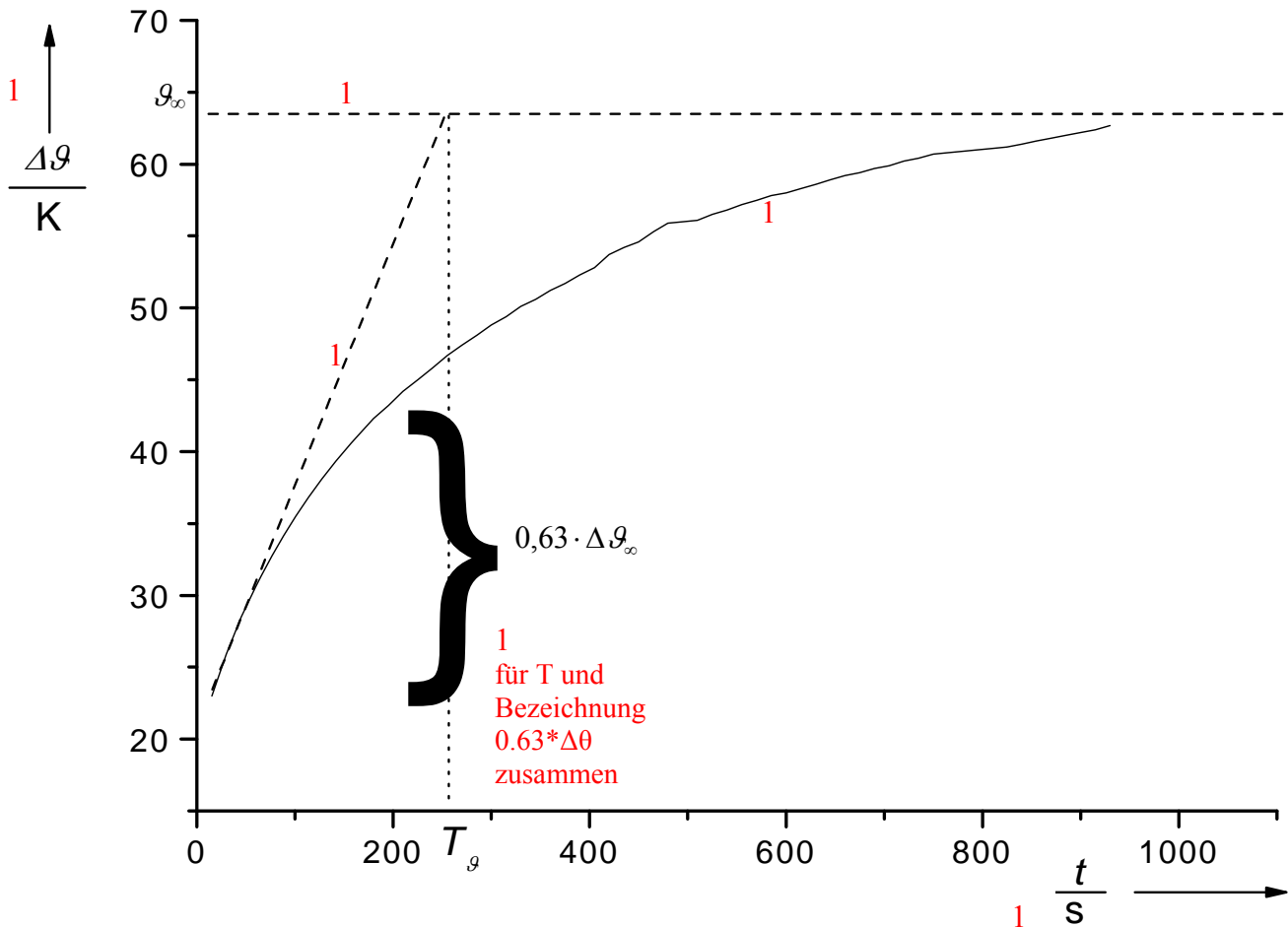
Tabelle 1.10:

t / sec	U / V	I / A	$\vartheta$ / °C	t / sec	U / V	I / A	$\vartheta$ / °C
15	5,4	0,700	23,0	480	5,98	0,699	55,9
30	5,45	0,700	25,9	495	5,98	0,699	56,0
45	5,49	0,700	28,5	510	5,99	0,699	56,1
60	5,53	0,700	30,6	525	5,99	0,699	56,5
75	5,57	0,700	32,6	540	6,00	0,700	56,8
90	5,60	0,700	34,3	555	6,00	0,700	57,2
105	5,63	0,700	36,0	570	6,01	0,700	57,5
120	5,66	0,700	37,4	585	6,01	0,700	57,8
135	5,68	0,700	38,8	600	6,02	0,700	58,0
150	5,71	0,700	40,0	615	6,02	0,700	58,3
165	5,72	0,700	41,2	630	6,03	0,700	58,6
180	5,75	0,700	42,3	645	6,03	0,700	58,9
195	5,76	0,700	43,2	660	6,04	0,700	59,2
210	5,78	0,699	44,2	675	6,04	0,700	59,4
225	5,80	0,699	45,0	690	6,05	0,700	59,7
240	5,81	0,699	45,8	705	6,05	0,700	59,9
255	5,82	0,699	46,7	720	6,06	0,700	60,2
270	5,84	0,699	47,4	735	6,06	0,700	60,4
285	5,85	0,699	48,1	750	6,07	0,701	60,7
300	5,86	0,699	48,8	765	6,07	0,701	60,8
315	5,87	0,699	49,4	780	6,08	0,701	60,9
330	5,88	0,699	50,1	795	6,08	0,701	61,0
345	5,89	0,699	50,6	810	6,09	0,701	61,1
360	5,90	0,699	51,2	825	6,09	0,701	61,2
375	5,91	0,699	51,7	840	6,09	0,701	61,4
390	5,92	0,699	52,3	855	6,10	0,701	61,6
405	5,93	0,699	52,8	870	6,10	0,701	61,8
420	5,95	0,698	53,7	885	6,10	0,701	62,0
435	5,95	0,698	54,2	900	6,10	0,701	62,2
450	5,96	0,699	54,6	915	6,11	0,701	62,4
465	5,97	0,699	55,3	930	6,11	0,701	62,7

(8 P)

**Ausarbeitung:**

- Tragen Sie den Temperaturverlauf über der Zeit ein.



**Temperaturverlauf mit Konstruktion zur Bestimmung der Zeitkonstante**

(6 P)

(Tragen Sie alle zu bestimmenden Hilfslinien in das Diagramm ein.)

- Bestimmen Sie anhand der Kurve die thermische Zeitkonstante  $T_g$  des Widerstandes.

Bestimmung von  $T_g$ : (Im Skript werden zwei Wege gezeigt um die Zeitkonstante zu ermitteln)

(2 P)

- a) Schnittpunkt der Anfangstangente und der Geraden für  $\Delta \vartheta_{\infty}$

$$T \approx 260 \text{ s}$$

- b) Für  $\vartheta_{\infty}$  kann näherungsweise die Endtemperatur (letzter Wert der Messung)

verwendet werden. Dann ist  $\Delta \vartheta_{\infty} = \vartheta_{End} - \vartheta_{Anf} = 62,7 - 22,9 = 39,8 \text{ K}$ .

$$\vartheta_I = 0,63 \Delta \vartheta_{\infty} = 0,63 * 39,8 = 25,1 \text{ K}$$

$$T_g = 290 \text{ s entspricht } \vartheta_I + \vartheta_{Anf} = 25,1 + 22,9 = 48^{\circ}\text{C}$$

- Bestimmen Sie die Übertemperatur  $\Delta \vartheta$  als Differenz zwischen  $\vartheta_{Anf}$  Anfangs- und Endtemperatur  $\vartheta_{End}$  (d.h.  $\vartheta_{\infty} \approx \vartheta_{End}$ !).

$$\text{Übertemperatur } \Delta \vartheta_{\infty} = \vartheta_{Ende} - \vartheta_{Anf} = 62,7^{\circ}\text{C} - 22,9^{\circ}\text{C} = 39,8 \text{ K}$$

(1 P)

- Bestimmen Sie aus Formel 1.10-1 die Übertemperatur  $\Delta \vartheta_{\infty}$ , in dem Sie den Widerstand  $R_{End}$  ( letzter Wert der Messung ) bestimmen. ( $\alpha_{20} = 0,00392/\text{K}=0,0039/\text{K}$ )

$$R \approx R_{20^{\circ}\text{C}} \cdot \left[ 1 + \alpha_{20} \left( \frac{\vartheta}{^{\circ}\text{C}} - 20 \right) \text{K} \right] \quad (1.10-1)$$

$$R = R_{Anf} \cdot \left[ 1 + \alpha_{Anf} \Delta \vartheta_{\infty} \right] \approx R_{20^{\circ}\text{C}} \cdot \left[ 1 + \alpha_{20} \Delta \vartheta_{\infty} \right]$$

Für einen konstanten Strom  $I_{Last} \approx 0,7 \text{ A}$

$$R_{End} = U/I_{Last} = 6,11 / 0,7 = 8,7 \Omega = 7,6 \Omega [ 1 + 0,00392 \cdot \Delta \vartheta ]$$

$$\Delta \vartheta = \frac{1}{\alpha_{Anf}} \left( \frac{R_{end}}{R_{Anf}} - 1 \right)$$

*Anf* bedeutet hier  $20^{\circ}\text{C}$  oder Anfangstemperatur

optional: Bestimmung von  $\alpha_{Anf}$ : z.B. hier  $\vartheta_{Anf} = 23^{\circ}\text{C}$   $\alpha_{23^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{235 + 23} = 0,00388 \frac{1}{\text{K}}$

$$\Delta \vartheta_{\infty} = ( (8,7 / 7,6) - 1 ) / 0,00392 = 37,1 \text{ K} \quad (3 \text{ P})$$

### Diskussion:

Die Endtemperatur aus der Messung ist näherungsweise gleich  $\vartheta_{\infty}$ . Aus der Methode mit der Anfangstangente ergeben sich den kleinere Wert als aus dem anderen.

Aus der Berechnung der Übertemperatur durch Widerstand folgt ein Ergebnis, das etwa 10% kleiner ist als direkt gemessene (und deshalb genauere) Übertemperatur.

Die Abweichungen sind für uns akzeptabel. (2 P)



### Teil 3

#### 1.11 Aufgabe: Messungen an einer Batterie

Verwendete Messgeräte:

Voltmeter

Amperemeter

Ohmmeter

(Batterie, Potentiometer)

(1 P)

In diesem Abschnitt soll die äussere Kennlinie einer Batterie, der Innenwiderstand der Batterie, die Wirkleistung und der Wirkungsgrad der Batterie bestimmt werden. Der Messaufbau ist nach Abbildung 1.11-1 vorzunehmen.

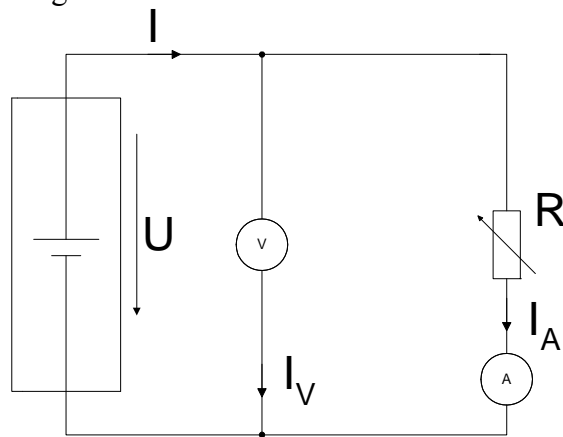


Bild 1.11-1: Messschaltung für die äussere Kennlinie einer Batterie

(1 P)

Als Batterie wird eine 1,5 V Monozelle verwendet. Dazu ist die Batteriehalterung auf der Messplatte aufzubauen.

Messen Sie zunächst die Leerlaufspannung  $U_0$  der Batterie. Verwenden Sie als Lastwiderstand  $R$  das am Platz vorhandene Potentiometer. Es sind 10 Widerstandswerte am Potentiometer von  $R_{min,Poti}$  bis  $R_{max,Poti}$ , beginnend mit  $R_{max,Poti}$ , einzustellen. Für jeden Messpunkt ist die Spannung  $U$  und der Strom  $I_A$  der Batterie in Tabelle 1.11 zu notieren. Nach Beendigung des Versuches ist nochmals die Leerlaufspannung der Batterie  $U_0$  aufzunehmen. Was erkennen Sie? (Die Batterie zurückkehrt nach einer Belastung nicht sofort zur Ausgangsleerlaufspannung. Die Antwort gehört auch zum Kommentar, d.h. ist zusammen mit ihm bewertet (bepunktet).) Die Messung der Leerlaufspannung  $U_0$  soll direkt nach Beendigung der Messung erfolgen. **Werte nur bei Spannungsänderung aufnehmen! Zügig messen!**

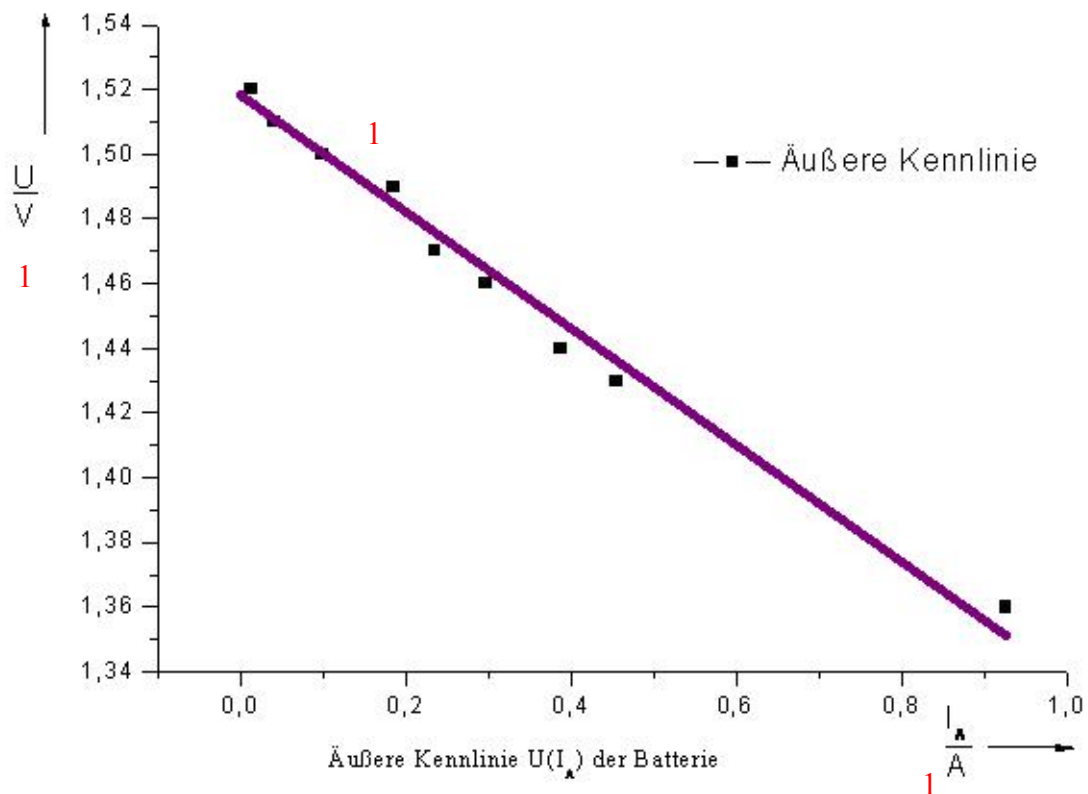
Tabelle 1.11:

Messpunkt	$U/V$	$I_A/A$
$U_0$ vor dem Versuch:	1,52	
1	1,52	0,014
2	1,51	0,041
3	1,50	0,100
4	1,49	0,186
5	1,47	0,236
6	1,46	0,297
7	1,44	0,388
8	1,43	0,455
9	1,36	0,926
10	1,32	1,059
$U_0$ nach dem Versuch:	1,40	

(2 P)

**Ausarbeitung:**

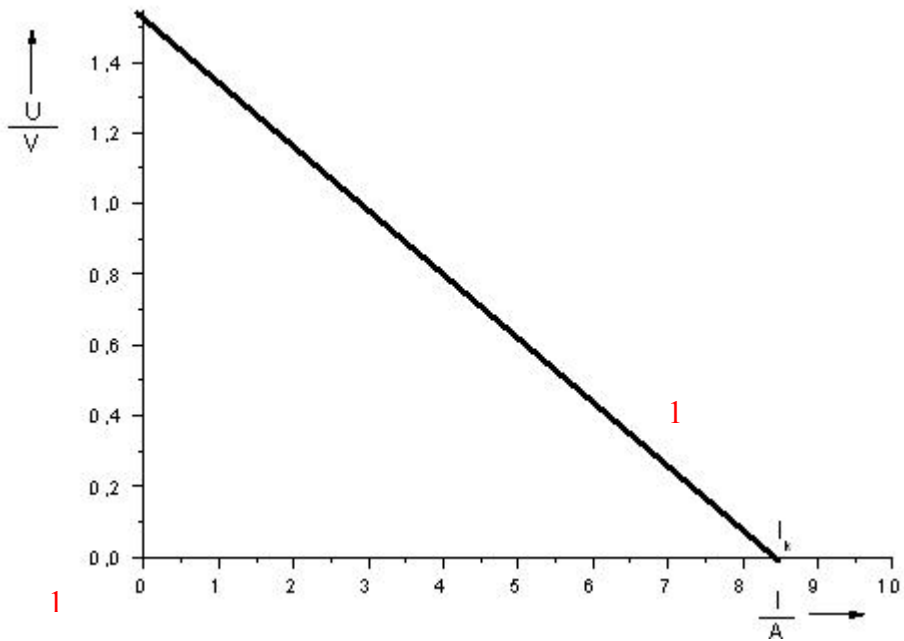
- Zeichnen Sie die äußere Kennlinie  $U(I_A)$  der Batterie.



(3 P)

- Berechnen Sie den Innenwiderstand  $R_{iB}$  der Batterie, indem Sie die gemessenen Werte von  $U_0$ ,  $U$  und  $I_A$  benutzen.

Ermitteln Sie **grafisch** den Kurzschlussstrom  $I_K$  der Batterie (Hinweis: Zeichnen Sie nochmal die äußere Kennlinie  $U(I_A)$  (Maßstab!) und tragen Sie  $I_K$  in das Diagramm ein. Der erwartete Wert für  $I_K$  ist kleiner als 15 A.).



Kennlinie der Batterie, um den Kurzschlussstrom  $I_K$  zu bestimmen.

(2 P)

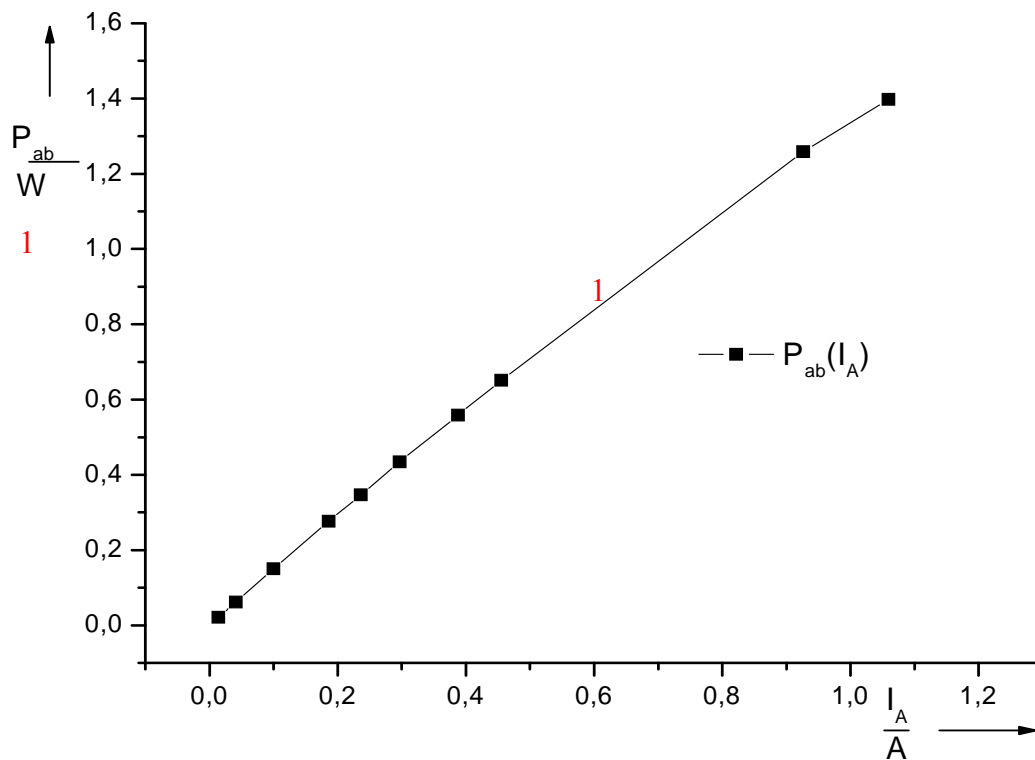
$I_K = 8,5 \text{ A}$

(1 P)

- Bestimmen Sie die Wirkleistungsabgabe  $P_{ab}$  und den Wirkungsgrad  $\eta$  der Batterie für die Messwerte in Tabelle 1.11.

(Siehe Tabelle Batterie)

- Zeichnen Sie die Kennlinie  $P_{ab}(I_A)$  unter Verwendung von Formel 1.11-1.

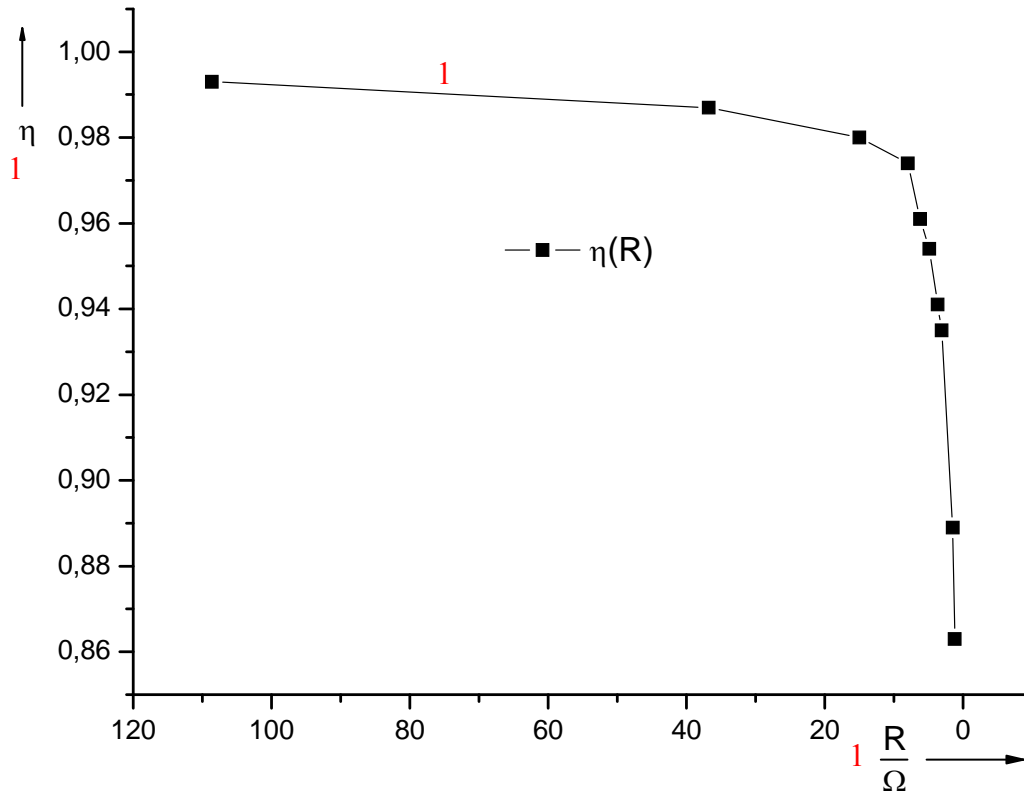


1

(3 P)

$I_A$  nimmt zu,  $R$  nimmt ab;  $P_{ab}$  ist die Wirkleistung auf dem Potentiometer, der Innenwiderstand ist vernachlässigbar im Vergleich mit  $R_{(Poti)}$   
 Normalerweise hier entsteht eine Gerade (wenn der letzte Punkt passt nicht gut zusammen mit anderen, das ist zu vernachlässigen), aber es könnte manchmal sein dass eine Kurve sinnvoller ist.

- Zeichnen Sie die Kennlinie  $\eta(R)$  unter Verwendung von Formel 1.11-2.



(3 P)

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{R \cdot I_A^2}{U_0 \cdot I} \approx \frac{R \cdot I_A}{U_0} = \frac{R}{R + R_{iB}}$$

(1 P)

$$R_i = (U_0 - U) / I_A$$

(1 P)

**Tabelle Batterie: Messung und Berechnung der einzelnen Parameter**

$U/V$	$I_a/A$	$R_i/\Omega$	$R/\Omega$	$P_{ab}/W$	$\eta$
1,52	0,014	0,71	108,6	0,021	0,993
1,51	0,041	0,49	36,8	0,062	0,987
1,50	0,100	0,30	15,0	0,150	0,980
1,49	0,186	0,22	8,0	0,277	0,974
1,47	0,236	0,25	6,2	0,347	0,961
1,46	0,297	0,24	4,9	0,434	0,954
1,44	0,388	0,23	3,7	0,559	0,941
1,43	0,455	0,22	3,1	0,651	0,935
1,36	0,926	0,18	1,5	1,259	0,889
1,32	1,059	0,20	1,2	1,398	0,863

(4 P)

**Diskussion:**

Die äußere Kennlinie der Batterie ist eine Gerade. Die Werte für den Innenwiderstand zeigen am Anfang einen großen Abfall, aber für größere Ströme ist der Innenwiderstand konstant, wie erwartet. Die Effizienz der Batterie sinkt mit der Belastung.

(2 P)

#### Teil 4

#### 1.12 Aufgabe: Serien-/ Parallelschaltungen *Ohm*'scher Widerstände

Verwendete Messgeräte:  
Ohmmeter  
(zwei Widerstände)

(1 P)

Zur Vorbereitung ist die Bestimmungsgleichung für den Gesamtwiderstand der Schaltungen Nr.1 bis Nr.8 zu berechnen und in Tabelle 1.12a einzutragen. Die Messung ist mit dem Ohmmeter Metra Hit 22s durchzuführen. Dabei sind die Schaltungen 1 bis 8 aus den Widerständen  $R_1$  und  $R_2$  aufzubauen.

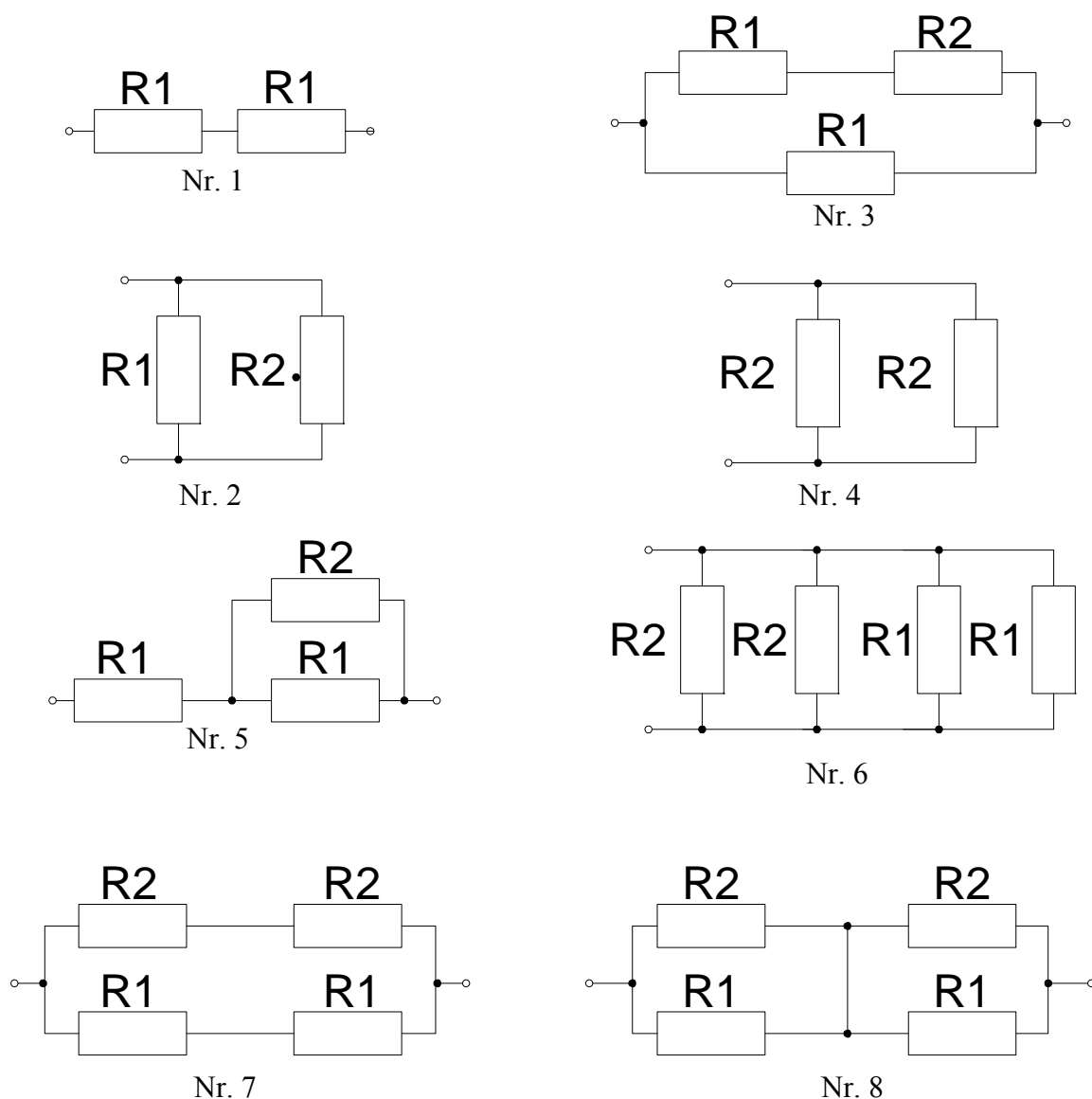


Bild 1.12-1: Widerstandsnetzwerke 1-8

Nachdem alle Schaltungen aufgebaut und der Gesamtwiderstand  $R_{Ges}$  gemessen wurde, sind anschließend  $R_1$  und  $R_2$  aus den Messungen zu bestimmen. In Tabelle 1.12a sind die gemessenen Werte einzutragen. In der Ausarbeitung sind die Messwerte durch Einsetzen von den Nennwerte der Widerstände in die vorbereiteten Formeln auf Plausibilität zu überprüfen. Die Nennwerte der Widerstände sind  $R_{1n}=1\text{ k}\Omega$  und  $R_{2n}=10\text{ k}\Omega$ .

Tabelle 1.12a:

Nr.	Bestimmungsgleichung	$R_{Ges}/\Omega$ - Messung	$R_{Ges}/\Omega$ - Berechnung durch $R_1$ und $R_2$
1	$R_1 + R_1 = 2 \cdot R_1$	2k	2k
2	$R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$	0,9k	0,91k
3	$(R_1+R_2) \cdot R_1 / (R_1 + R_1 + R_2)$ $= R_1 \cdot (R_1 + R_2) / (2 \cdot R_1 + R_2)$	0,93k	0,92k
4	$R_2 \cdot R_2 / (R_2 + R_2) = R_2 / 2$	4,9k	5k
5	$R_1 + R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$	1,92k	1,91k
6	$(R_1/2) \cdot (R_2/2) / (R_1/2 + R_2/2)$	0,48k	0,45k
7	$2R_2 \cdot 2R_1 / (2R_2 + 2R_1) = 2R_1 \cdot R_2 /$ $(R_1 + R_2)$	1,83k	1,82k
8	$2R_2 \cdot 2R_1 / (2R_2 + 2R_1) = 2R_1 \cdot R_2 /$ $(R_1 + R_2)$	1,83k	1,82k

(4 P)

**Diskussion:**

Die gemessenen Werte stimmen mit den errechneten Werten in etwa überein.

(1 P)

## Teil 5 Spannungsteiler

Verwendete Messgeräte:

Voltmeter

Ohmmeter

(Potentiometer, Spannungsquelle) (was steht in Klammern ist nicht erforderlich)

(1 P)

Im zweiten Teil dieser Aufgabe ist der belastete und der unbelastete Spannungsteiler nach Abbildung 1.12-2 und Abbildung 1.12-3 zu untersuchen.

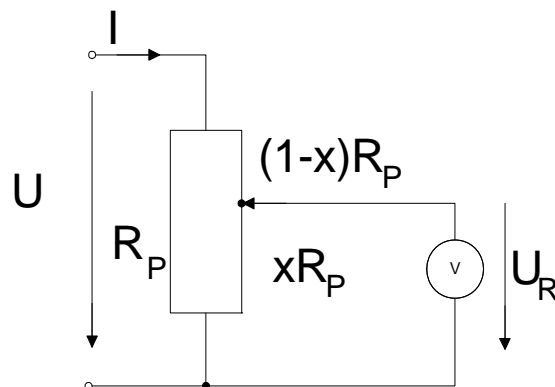


Bild 1.12-2: Unbelasteter Spannungsteiler

(1 P)

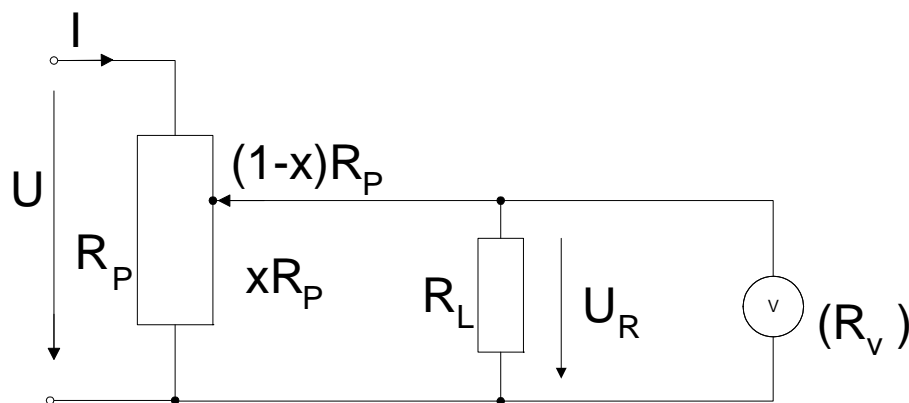


Bild 1.12-3: Belasteter Spannungsteiler

(1 P)

In dieser Aufgabe ist durch Veränderung des Potentiometers die Spannung  $U_R$  in Abhängigkeit von  $R_p$  aufzunehmen. Als Spannungsteiler ist das am Platz vorhandene Drehpotentiometer ( $R_p = 100 \Omega$ ) zu verwenden. Als Belastungswiderstand ist der Leistungswiderstand  $R_L = 33 \Omega$  zu verwenden.



Es sind die Messschaltungen nach Abbildung 1.12-2 und 1.12-3 aufzubauen. In 10 Schritten ist jeweils das Potentiometer zwischen  $R = R_{min,Poti}$  und  $R = R_{max,Poti}$  einzustellen. Für jeden Messpunkt ist der eingestellte Widerstand mit dem Ohmmeter Metra Hit 22s zu messen. Nachdem der Widerstand bestimmt wurde, ist der Widerstand in die Schaltung einzubauen und eine konstante Quellenspannung  $U = 10$  Volt anzulegen. Das Netzgerät ist in der Betriebsart "Konstantspannungsregelung" zu betreiben. (Wahlschalter auf Volt stellen; Drehpotentiometer Ampere aufdrehen und beachten, dass die LED für Spannungsregelung leuchtet). Bestimmen Sie den Spannungsabfall  $U_R$  und tragen Sie den Widerstand und die gemessene Spannung  $U_R$  in Tabelle 1.12b ein. Bitte beachten Sie auch an dieser Stelle, dass eine Messung mit dem Ohmmeter nur an spannungsfreien Bauteilen durchgeführt werden darf.

Tabelle 1.12b

a)	$U_R/V$ Mess.	$xR_p/\Omega$ Mess.	$x$ Rechn.	$U_R/U$ Rechn.	b)	$U_R/V$ Mess.	$xR_p/\Omega$ Mess.	$x$ Rechn.	$U_R/U$ Rechn.
1	0	1,30	0,01	0	1	0	1,30	0,01	0
2	1,00	11,06	0,11	0,10	2	0,77	11,06	0,11	0,08
3	2,32	24,34	0,24	0,23	3	1,46	24,34	0,24	0,15
4	3,77	39,32	0,38	0,38	4	2,10	39,32	0,38	0,21
5	5,03	51,45	0,50	0,50	5	2,75	51,45	0,50	0,27
6	6,26	64,45	0,63	0,62	6	3,54	64,45	0,63	0,35
7	7,50	75,91	0,74	0,75	7	4,58	75,91	0,74	0,46
8	8,52	86,01	0,84	0,85	8	5,93	86,01	0,84	0,59
9	9,42	95,62	0,94	0,94	9	7,66	95,62	0,94	0,76
10	10,04	102,20	1,00	1,00	10	9,68	102,20	1,00	0,96

(4 P)

Gemessene Werte:

$U = 10,04$  V;  $R_p = 102,20$   $\Omega$

(1 P)

### Ausarbeitung:

- Widerstandsmessung:

Bestimmen Sie durch Einsetzen von  $R_1$  und  $R_2$ , in die jeweilige Formel in Tabelle 1.12a den Gesamtwiderstand  $R_{Ges}$  der Anordnung. Anschließend sind der berechnete und der gemessene Widerstand zu vergleichen

- Spannungsteiler:

Bestimmen Sie  $x = R/R_p$ . Berechnen Sie  $U_R/U$  und zeichnen Sie die gemessene und berechnete Kennlinie  $(U_R/U)(x)$  a) des unbelasteten und b) des belasteten Spannungsteilers in ein Diagramm ein.

Formel:

Unbelasteter Spannungsteiler:

$$\frac{U_R}{U} = x$$

Belasteter Spannungsteiler:

$$\frac{U_R}{U} = \frac{x}{1 + \frac{R_p}{R_L} \cdot x(1-x)}$$

(1 P)

Vergleich: gemessener vs. theoretischer  $U_R/U$  a) unbelastet, b) belastet

a)	$x$	$U_R/U$ gemessen	$U_R/U$ theoretisch	b)	$x$	$U_R/U$ gemessen	$U_R/U$ theoretisch
1	0,01	0	0,01	1	0,01	0	0,01
2	0,11	0,10	0,11	2	0,11	0,08	0,08
3	0,24	0,23	0,24	3	0,24	0,15	0,15
4	0,38	0,38	0,38	4	0,38	0,21	0,22
5	0,50	0,50	0,50	5	0,50	0,27	0,28
6	0,63	0,62	0,63	6	0,63	0,35	0,36
7	0,74	0,75	0,74	7	0,74	0,46	0,46
8	0,84	0,85	0,84	8	0,84	0,59	0,59
9	0,94	0,94	0,94	9	0,94	0,76	0,79
10	1,00	1,00	1,00	10	1,00	0,96	1,00

(Hier, „gemessen“ bedeutet, dass  $U_R/U$  vom gemessenen Wert berechnet wird; „theoretisch“ bedeutet, dass  $U_R/U$  direkt von Formel berechnet wird.)

(2 P)

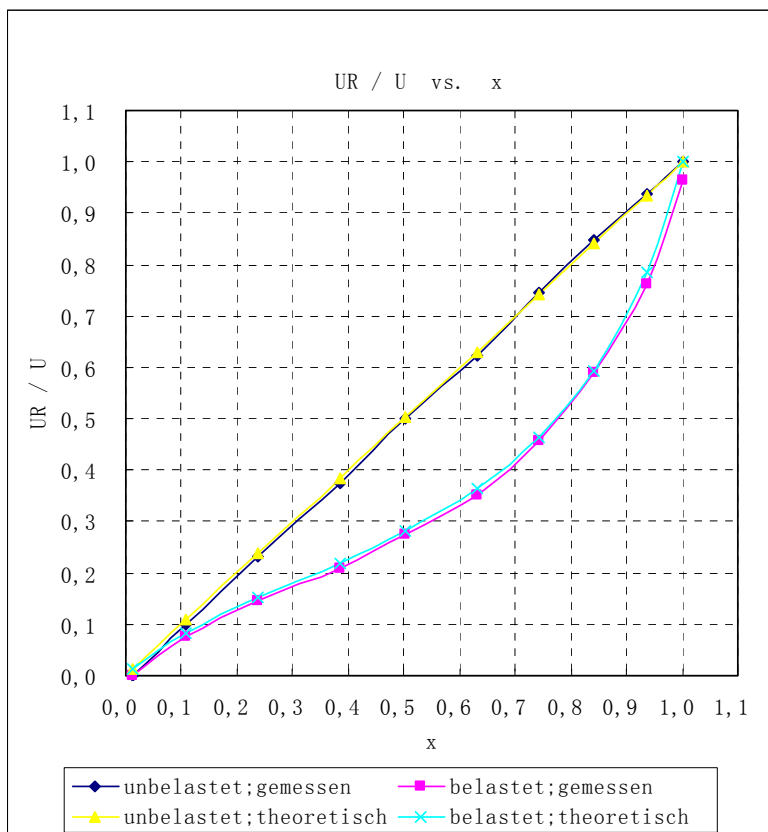


Diagramm: Belasteter und unbelasteter Spannungsteiler

(2 P)

**Diskussion:**

Wie erwartet ergibt die  $U_R/U$  Kennlinie des unbelasteten Spannungsteilers eine Gerade und die des belasteten Spannungsteilers eine leicht nach unten gekrümmte Kurve.

(1 P)

Teil 6

**1.13 Aufgabe: Widerstandsnetzwerk – Superpositions-gesetz von Spannungsquellen**

Verwendete Messgeräte:

(1 P)

Amperemeter

(Spannungsquelle)

(Voltmeter zur Kontrolle) (was steht in Klammern ist nicht erforderlich)

Dieser Aufgabenpunkt soll die Superposition von Spannungsquellen zeigen. Die Netzgeräte sind in der Betriebsart "Konstantspannungsregelung" zu betreiben. (Wahlschalter auf Volt stellen; Drehpotentiometer Ampere bis zur Hälfte aufdrehen und beachten, dass die LED für Spannungsregelung leuchtet). Da die heutigen Netzgeräte PS-302-A aus Operationsverstärkern aufgebaut sind, lässt sich der Innenwiderstand dieser Geräte nicht einfach bestimmen. Deshalb wird vor jedes Messgerät ein Widerstand geschaltet, der den Innenwiderstand des Messgerätes simulieren soll.

Es sind nacheinander die Schaltungen nach Bild 1.13-1 bis 1.13-3 aufzubauen. Bei dem Versuch ist darauf zu achten, dass die Spannungen konstant eingestellt werden (z.B.:  $U_{01} = 6V$  und  $U_{02} = 10V$  oder  $U_{01} = 4V$  und  $U_{02} = 12V$ ). Als Messgröße ist der jeweils in der Anordnung fließende Strom  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I$  aufzunehmen. Die gesamte Messung ist zweimal mit unterschiedlichen Spannungen durchzuführen. Beachten Sie auch bei diesem Punkt wieder, dass bei Umbauten an der Schaltung, das Netzgerät ausgeschaltet und die Versorgungsspannung des Netzgerätes von Steckdose getrennt ist. Die gemessenen Einzelströme  $I_1 + I_2 = I$  ergeben den Gesamtstrom, der in der Anordnung fließt. Bei diesem Versuch ist besonders auf die Polarität bei der Verschaltung zu achten.

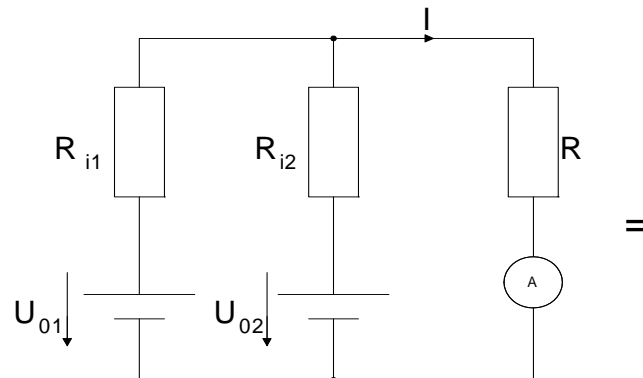


Bild 1.13-1: Superposition der beiden Spannungsquellen

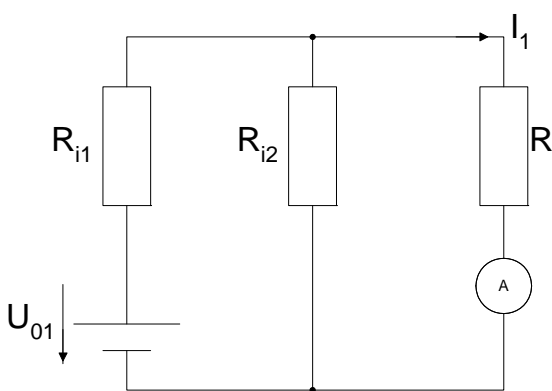


Bild 1.13-2: Spannungsquelle 1

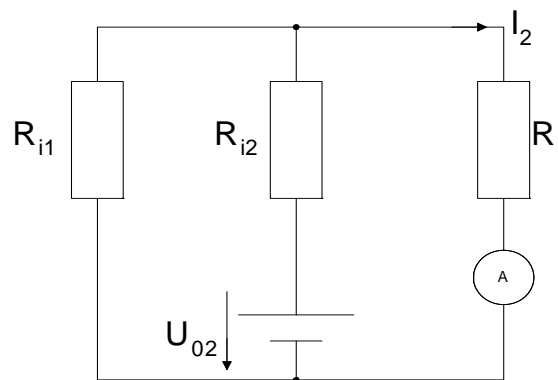


Bild 1.13-3: Spannungsquelle 2

Alle drei Schemata (1 je Schema)

(3 P)

Tabelle 1.13a

	$U_{01}/V$	$U_{02}/V$	$I/A$
Messschaltung nach Bild 1.13-2 ( $I_1$ )	10	-	0,011
Messschaltung nach Bild 1.13-3 ( $I_2$ )	-	6	0,006
Messschaltung nach Bild 1.13-1 ( $I$ )	10	6	0,018

(3 P)

Tabelle 1.13b

	$U_{01}/V$	$U_{02}/V$	$I/A$
Messschaltung nach Bild 1.13-2 ( $I_1$ )	6	-	0,006
Messschaltung nach Bild 1.13-3 ( $I_2$ )	-	10	0,011
Messschaltung nach Bild 1.13-1 ( $I$ )	6	10	0,018

(3 P)

**Ausarbeitung:**

- Berechnen Sie mit den gemessenen Teilströmen aus den Tabellen den Gesamtstrom  $I_{Ber} = I_1 + I_2$  und vergleichen Sie den berechneten Gesamtstrom  $I_{Ber}$  mit dem gemessenen Gesamtstrom  $I$ . Was können Sie über die Superposition von Spannungsquellen sagen?

Werte: Tabelle 1.13. a:  $I_1 + I_2 = I = 0,011 \text{ A} + 0,006 \text{ A} = 0,17 \text{ A} \approx 0,18 \text{ A}$

Werte: Tabelle 1.13. b:  $I_1 + I_2 = I = 0,006 \text{ A} + 0,011 \text{ A} = 0,17 \text{ A} \approx 0,18 \text{ A}$

(1 P)

**Diskussion:**

Im Rahmen der Messgenauigkeit stimmen die Ergebnisse mit dem Superpositionsgesetz überein, die theoretischen Erkenntnisse lassen sich also ohne weiteres auf die Praxis übertragen.

Dieser Versuch zeigt, dass in einem linearen Netzwerk mit mehreren konstanten Spannungsquellen die Gesamtstromstärke durch Addition der Teilstromstärken berechnet werden kann.

Zur Teilstromstärkenberechnung einer Spannungsquelle werden die restlichen Spannungsquellen kurzgeschlossen.

(1 P)