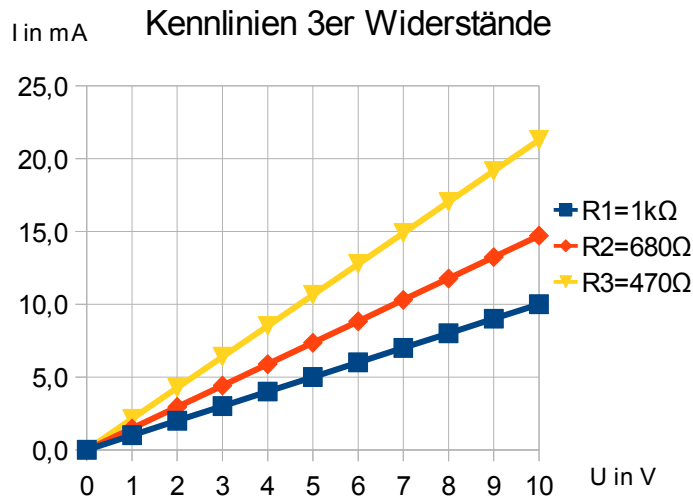


## 8 Das Ohmsche Gesetz

### 8.1 Teilkapitel ohne Aufgaben

### 8.2 Aufgaben: Widerstandskennlinien zeichnen

8.2.1 Skizzieren Sie in ein Diagramm die Kennlinien folgender Widerstände:  $R = 1k\Omega$ ,  $R = 680\Omega$ ,  $R = 470\Omega$



Im Labor wurden die Kennlinien zweier Widerstände und einer Lampe aufgenommen

(siehe Lösung 8.2.6)

8.2.2 Bestimmen Sie die Widerstandswerte der Widerstände.

Aus Diagramm bei 8.2.6:

Abgelesen: 7V, 152mA:  $R1 = \frac{7V}{152mA} = 46\Omega$

Abgelesen: 7V, 70mA:  $R2 = 100\Omega$

8.2.3 Ergänzen Sie (groß/klein):  
 Steile Kennlinie → kleiner Widerstand  
 Flache Kennlinie → großer Widerstand

8.2.4 Extrapolieren Sie die Kennlinie des größeren Widerstandes  
 Entnehmen Sie der Kennlinie: Welcher Strom fließt bei  $U = 10,5V$ ?  
 Berechnen Sie zur Kontrolle die Spannung mit dem ohm'schen Gesetz.

Aus Diagramm bei Lösung 8.2.6: Abgelesen bei  $U = 10,5V$ :  $I = 105mA$

Bei 105mA wird mit  $U = R \cdot I = 100\Omega \cdot 105mA = 10,5V$ , richtig.

8.2.5 Die Lampe hat eine nichtlineare Kennlinie.

Erklären Sie:

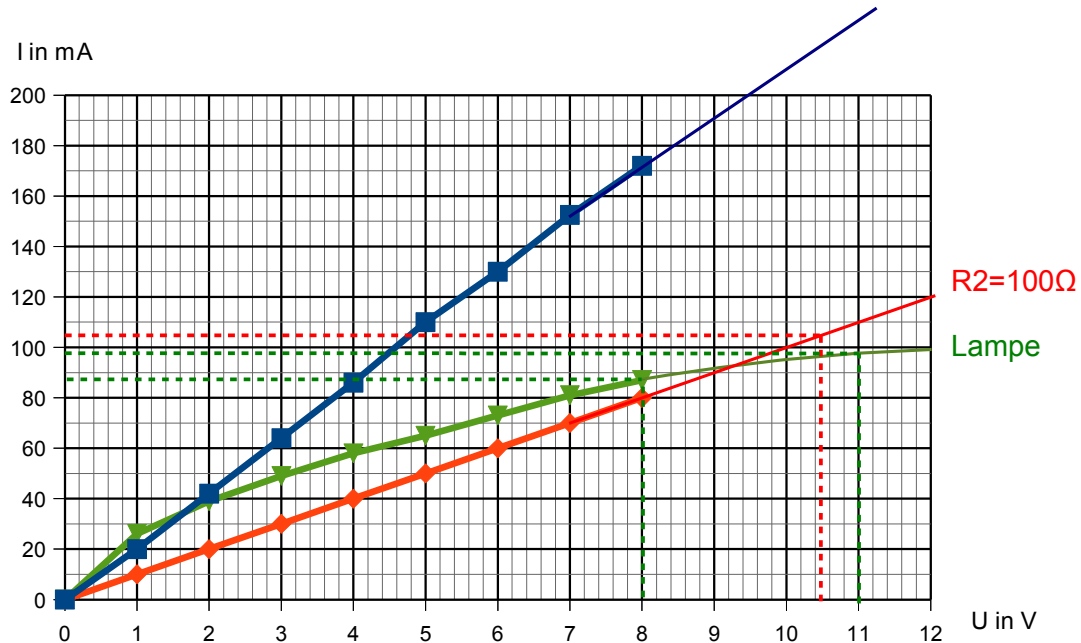
Bei kleinen Spannungen ist der Lampenwiderstand klein wegen steiler Kennlinie

Bei großen Spannungen ist der Lampenwiderstand groß wegen flacher Kennlinie

**8.2.6 Extrapolieren Sie die Kennlinie der Lampe. Sie besitzt die Nenndaten 12V / 0,1A. Entnehmen Sie der Kennlinie die fließenden Ströme bei U1=8V und U2 = 11V**

Abgelesen bei U1<sub>Lampe</sub> = 8V: I1<sub>Lampe</sub> = 87mA

Abgelesen bei U2<sub>Lampe</sub> = 11V: I2<sub>Lampe</sub> = 97mA



**8.2.7 Berechnen Sie den Widerstand der Lampe bei 12V. Berechnen Sie die Ströme bei U1=8V und U2 = 11V unter der (falschen) Annahme, dass der Lampenwiderstand konstant bliebe.**

$$R_{Lampe} = \frac{U_{Lampe}}{I_{Lampe}} = \frac{12V}{0,1A} = 120\Omega$$

$$I1_{Lampe} = \frac{U1_{Lampe}}{R_{Lampe12V}} = \frac{8V}{120\Omega} = 67mA \quad I2_{Lampe} = \frac{U2_{Lampe}}{R_{Lampe12V}} = \frac{11V}{120\Omega} = 92mA$$

**8.2.8 Vergleichen Sie die Abweichungen der Ströme bei U1=8V und U2 = 11V von Aufg. 8.2.6 gegenüber Aufg. 8.2.7 .**

**Unter welchen Bedingungen darf man hilfsweise annehmen (wenn man keine Kennlinie zur Verfügung hat), dass der Widerstand der Lampe bei Spannungsänderung ungefähr konstant bleibt?**

Große Abweichung bei U1 = 8V, kleine Abweichung bei U1 = 11V.

Wenn sich die Spannung an der Lampe nur leicht ändert, darf man hilfsweise annehmen, dass der Widerstand ungefähr konstant bleibt.

### 8.3 Berechnung des Widerstandswertes aus den Materialgrößen

#### 8.4 Aufgabe Elektrozuleitung Küchenherd

8.4.1 Berechnen Sie den Widerstand von 50m langen Kupferkabeln mit den Querschnitten 2,5mm<sup>2</sup> und 1,5mm<sup>2</sup>.

$$R = \rho \frac{l}{A} = 0,0178 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{50\text{m}}{1,5\text{mm}^2} = 0,5933\Omega = 593\text{m}\Omega$$

$$R = \rho \frac{l}{A} = 0,0178 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{50\text{m}}{2,5\text{mm}^2} = 0,356\Omega = 356\text{m}\Omega$$

Material	Spezifischer Widerstand in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Kupfer	0,0178
Stahl	0,13
Aluminium	0,028
Gold	0,0244
Kohle	40

8.4.2 Berechnen Sie die maximal möglichen Spannungsabfälle an den Leitungen, wenn sie mit 16A-Sicherungen abgesichert sind.

Welche Leistungen gehen dann jeweils an Hin- und Rückleitung verloren?  
Wie macht sich dieser Verlust bemerkbar?

1,5mm<sup>2</sup> – Leitung:  $U_{1\text{Leitung}} = R * I = 0,593\Omega * 16\text{A} = 9,49\text{V}$   
 $P_{1\text{Leitung}} = U * I = 9,49\text{V} * 16\text{A} = 152\text{W}$ , insgesamt:  $P_{\text{verlust}} = 304\text{W}$  (Hin+Rück)

2,5mm<sup>2</sup> – Leitung:  $U_{1\text{Leitung}} = R * I = 0,356\Omega * 16\text{A} = 5,696\text{V}$   
 $P_{1\text{Leitung}} = U * I = 5,696\text{V} * 16\text{A} = 91,1\text{W}$ , insgesamt:  $P_{\text{verlust}} = 182\text{W}$  (Hin+Rück)

8.4.3 Warum verwendet man für einen Elektroherd Kupferkabel mit einem Querschnitt von 2,5mm<sup>2</sup>, für normale Steckdosen aber 1,5mm<sup>2</sup> ?

Bei einem Elektroherd ist immer davon auszugehen, dass große Ströme fließen. Daher versucht man die Verlustleistung in den Zuleitungen möglichst gering zu halten.

An normale Steckdosen schließt man nur selten Verbraucher mit hohen Strömen an, daher spart man hier beim Verlegen der teuren Kupferleitungen.

## 8.5 Aufgabe Hochspannungsleitung

Eine 380kV- Hochspannungsleitung hat einen Widerstand von  $0,0072 \Omega / \text{km}$  (Ohm pro Kilometer Leitungslänge).

Sie darf mit einem Strom von maximal 2460A belastet werden.

### 8.5.1 Wie groß ist der maximale Spannungsabfall pro km? (der durch den Gleichstromwiderstand hervorgerufen wird.)

$$U_{1\text{km}} = R \cdot I = 0,0072\Omega \cdot 2460\text{A} = 17,71\text{V}$$

### 8.5.2 Welche Leistung geht dann pro Km verloren?

$$P_{1\text{km}} = U \cdot I = 17,71\text{V} \cdot 2460\text{A} = 43,57\text{kW}$$

### 8.5.3 Wenn man nicht mit 380kV sondern mit 380V arbeiten würde, müsste zur Übertragung der gleichen Leistung ( $P=U \cdot I$ ) der 1000 fache Strom, also 2.460.000A fließen.

Erklären Sie, warum die Übertragung nicht funktionieren würde.

Berechnen Sie dazu den bei  $I = 2.460.000\text{A}$  auftretenden Spannungsabfall an 1km Leitung.

(Natürlich dürfte auch die Leitung nicht mit diesem riesigen Strom belastet werden)

$$U_{1\text{km}} = R \cdot I = 0,0072\Omega \cdot 2460000\text{A} = 17710\text{V}$$

Bei dieser Stromstärke hätte man einen theoretischen Spannungsabfall von 17,7kV, vielmehr als die Ausgangsspannung von 380V.

## 9 Elektrischer Stromkreis

### 10 Parallelschaltung von 3 Solarzellen (3 Spannungsquellen)

### 11 Reihenschaltung von 3 Solarzellen (3 Spannungsquellen)

#### 11.1 Messung des Kurzschlussstroms

#### 11.2 Messung der Leerlaufspannung

#### 11.3 Reihenschaltung von 3 Verbrauchern

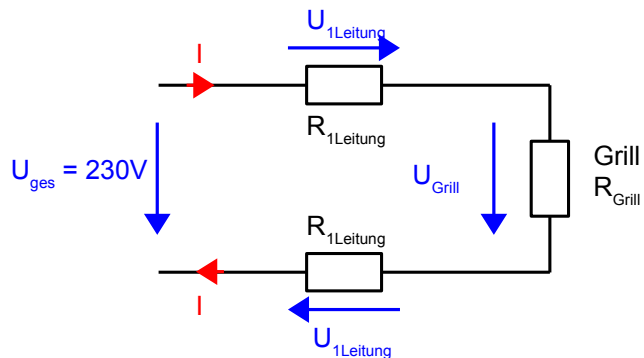
#### 11.4 Gesetze der Reihenschaltung

#### 11.5 Grafische Ermittlung der Größen in einer Reihenschaltung

### 11.6 Verluste durch Verlängerungskabel

Ein elektrischer Grill mit einer Nennleistung von 3000W wird bei einem Grillfest an einem 100m-Verlängerungskabel betrieben. Die Kupferleitungen im Kabel haben eine Querschnittsfläche von  $A=1,5\text{mm}^2$  und den spezifischen Widerstand von  $\rho_{\text{Cu}}=0,0178 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ .

**11.6.1 Skizziere die Schaltung und zeichne die Leitungen als Widerstände ein. Beschrifte die Schaltung mit  $R_{\text{grill}}$  und  $R_{1\text{Leitung}}$  und zeichne alle Ströme und Spannungen ein.**



**11.6.2 Vergleiche die fließenden Ströme, wenn man den Grill mit und ohne Verlängerungskabel betreibt.**

Ohne Verlängerung fließt der Nennstrom und am Grill liegen 230V an:

$$P = U \cdot I \rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{3000\text{W}}{230\text{V}} = 13,04 \text{ A}$$

Mit Verlängerungskabel ergibt sich eine Reihenschaltung aus 2x Leitungswiderstand (Hin- und zurück) + Widerstand de Grills (siehe Skizze). Am Grill liegen keine 230V an.

$$R_{1\text{Leitung}} = \rho \cdot \frac{l}{A} = 0,0178 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{100\text{m}}{1,5\text{mm}^2} = 1,19 \Omega$$

$$P_{\text{Grill}} = U \cdot I = \frac{U^2}{R} \rightarrow R_{\text{Grill}} = \frac{U_{\text{Nenn}}^2}{P_{\text{Grill,Nenn}}} = \frac{(230\text{V})^2}{3000\text{W}} = 17,63 \Omega$$

Der Widerstand des Grills bleibt näherungsweise konstant, auch wenn sich die Spannung am Grill durch die lange Zuleitung ändert.

$$R_{\text{ges}} = 2 \cdot R_{1\text{Leitung}} + R_{\text{Grill}} = 2 \cdot 1,19 \Omega + 17,63 \Omega = 20,01 \Omega$$

$$\rightarrow I_{\text{Ges}} = \frac{U_{\text{Ges}}}{R_{\text{Ges}}} = \frac{230\text{V}}{20,0 \Omega} = 11,5 \text{ A}$$

**11.6.3 Welche Leistungen werden im Kabel und im Grill in Wärme umgesetzt? Berechne auch die Gesamtleistung.**

$$P_{1\text{Leitung}} = U_{1\text{Leitung}} \cdot I = R_{1\text{Leitung}} \cdot I^2 = 1,19 \Omega \cdot (11,5\text{A})^2 = 157\text{W je Leitung}$$

$$P_{\text{Grill}} = R_{\text{Grill}} \cdot I^2 = 17,63 \Omega \cdot (11,5\text{A})^2 = 2332\text{W}$$

$$P_{\text{ges}} = P_{\text{grill}} + 2 \cdot P_{1\text{Leitung}} = 2646\text{W}$$

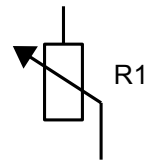
$$\text{andere Möglichkeit: } P_{\text{ges}} = U_{\text{ges}} \cdot I = 230\text{V} \cdot 11,5\text{A} = 2645\text{W}$$

**11.6.4 Berechne den Wirkungsgrad des „Systems Verlängerungskabel“**

$$P_{\text{zu}} = 2645\text{W}, P_{\text{ab}} = 2332\text{W}, \rightarrow \eta = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{zu}}} = \frac{2332\text{W}}{2645\text{W}} = 0,882 \rightarrow \eta = 88,2\%$$

### 11.7 Potenziometer als veränderbarer Widerstand

Man kann das Potenziometer R1 als veränderbaren Widerstand schalten. Dann verwendet man nur 2 Anschlüsse. Je nach Schleiferstellung verändert sich nun die Größe des Widerstandes R1.



Beispiel: Man verwendet ein Potenziometer mit dem aufgedruckten Widerstandswert 100Ω. Stellt man den Schleifer nun in Mittelstellung, so besitzt das Poti zwischen dem oberen Anschluss und dem Schleiferanschluss einen Widerstandswert von 50Ω.

Aufgabe:  $U_{ges} = 10V$ , Poti  $R1 = 100\Omega$  maximal,  $R2 = 100\Omega$ .

#### 11.7.1 Auf welchen Wert muss man R1 einstellen, damit $R_{ges} = 130\Omega$ wird?

$$R1 = R_{ges} - R2 = 30\Omega$$

#### 11.7.2 Welcher Gesamtstrom fließt?

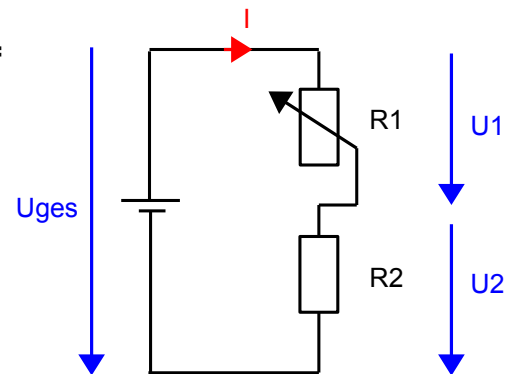
$$I_{ges} = U_{ges} / R_{ges} = 10V / 130\Omega = 76,9mA$$

$$I_{ges} = I1 = I2$$

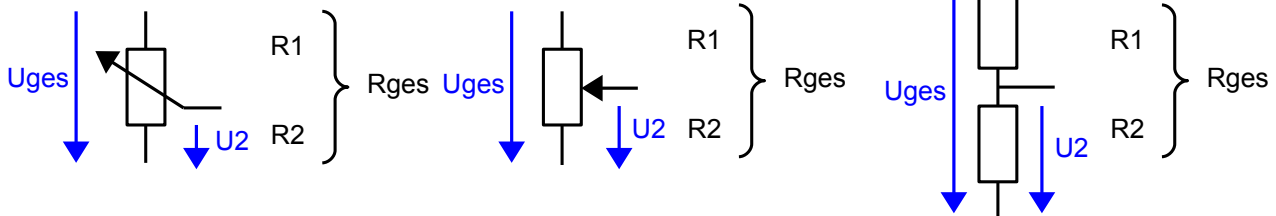
#### 11.7.3 Berechnen Sie die Größe der Spannungen U1 und U2.

$$U1 = R1 * I1 = 30\Omega * 76,9mA = 2,3V$$

$$U2 = U_{ges} - U1 = 7,7V \text{ oder } U2 = R2 * I2$$



### 11.8 Potenziometer als Spannungsteiler



$$U_{ges} = 10V, R_{ges} = 100\Omega$$

#### 11.8.1 Poti in Mittelstellung: Berechnen Sie U2.

$$I = U_{ges} / R_{ges} = 0,1A$$

$$U2 = R2 * I = 50\Omega * 0,1A = 5V$$

Oder Antwort direkt mit Begründung: In der Mittelstellung ist  $R1=R2$ , daher sind auch beide Spannungen gleich groß → Die Spannung teilt sich je zur Hälfte auf.

#### 11.8.2 Poti in Stellung $R2 = 1/3 R_{ges}$ : Berechnen Sie U2.

$$U2 = 3,33V$$

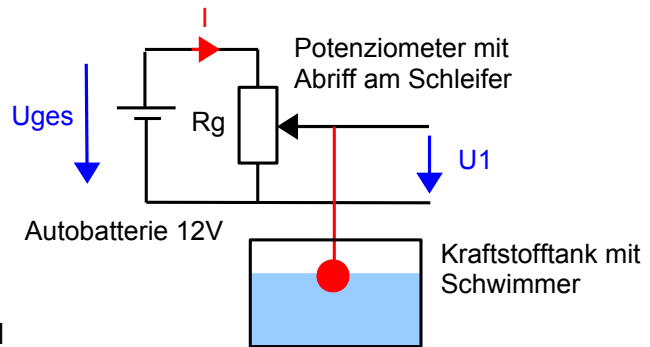
#### 11.8.3 Poti in Stellung $R2 = 1/4 R_{ges}$ : Berechnen Sie U2.

$$U2 = 2,5V$$

### 11.9 Elektrische Tankanzeige mit Potenziometer

Ein Auto hat einen 50-Liter-Tank mit rechteckigem Querschnitt.

Das Bild zeigt das Prinzip der elektrischen Füllstandsanzeige.



#### 11.9.1 Erklären Sie die Funktionsweise.

Der Schwimmer ist mit dem Potenziometer-Abgriff mechanisch verbunden.

Die Spannung  $U_1$  am Abgriff ist eine Teil der Gesamtspannung, das Poti ist ein Spannungsteiler.

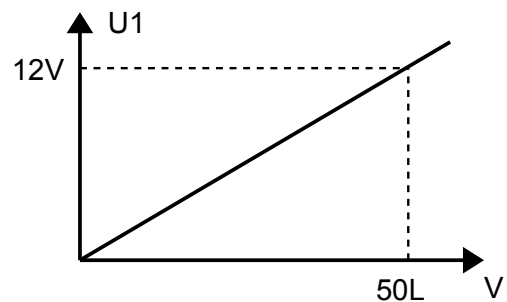
Je nach Höhe des Schwimmers ändert  $U_1$ .

#### 11.9.2 Wo muss ein Spannungsmesser eingebaut werden, damit die angezeigte Spannung ein Maß für den Füllstand ist?

Es muss  $U_1$  gemessen werden.

#### 11.9.3 Skizzieren Sie die Kennlinie dieser Anordnung. Spannung = f (Kraftstoffmenge) Zeichnen Sie Zahlenwerte ein.

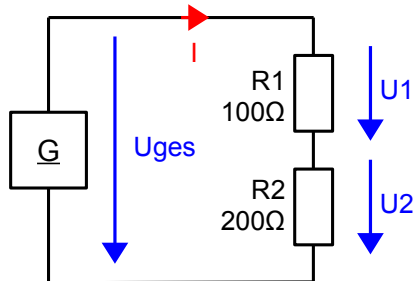
Spannung = f (Kraftstoffmenge)  
 Zeichnen Sie Zahlenwerte ein.



#### 11.9.4 Geben Sie die Funktionsgleichung an.

$$U_1 = 12V / 50L \cdot V$$

### 11.10 Stromkreisdanken



$$I = I_{Ges} = \frac{U_{Ges}}{R_{Ges}}$$

#### 11.10.1 Woher „weiß der Strom“, wie groß er zu werden hat?

Die Generatorspannung  $U_{ges}$  und der Gesamtwiderstand  $R_{ges}$  bestimmen den Strom.

#### 11.10.2 An welchem Widerstand fällt die größere Spannung ab?

Da der Strom  $I$  durch beide Widerstände gleich groß ist gilt:  
 Am größeren Widerstand fällt die größere Spannung ab.  $U = R \cdot I$

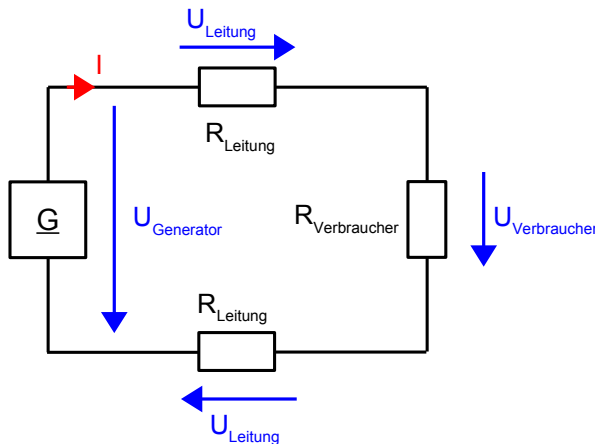
#### 11.10.3 Woher „weiß die Spannung“ am Widerstand, wie groß sie wird?

Der Spannungsabfall am Widerstand wird bestimmt durch den Strom und den Widerstandswert.  $U = R \cdot I$

#### 11.10.4 Welcher Widerstand gibt mehr Wärme ab?

Man bestimmt die Leistung der Widerstände. Da  $W = P \cdot t$  gilt, gibt auch derjenige Widerstand die größere Wärme ab, dessen elektrische Leistung  $P$  größer ist.  
 Da  $I$  durch beide Widerstände gleich groß ist gilt: Der größere Widerstand hat die größere Leistungsaufnahme.  $P = U \cdot I = I^2 \cdot R$

### 11.11 Ersatzschaltbild Leitungswiderstand



Die beiden Widerstände  $R_{Leitung}$  symbolisieren die Widerstände der Leitungen zwischen Generator und Verbraucher.

#### 11.11.1 Woher „weiß der Strom“, wie groß er zu werden hat?

Die Generatorspannung  $U_{ges}$  und der Gesamtwiderstand  $R_{ges}$  bestimmen den Strom.

$$I = I_{Ges} = \frac{U_{Ges}}{R_{Ges}}$$

#### 11.11.2 Vergleichen Sie die Größen vom $U_{Generator}$ und vom $U_{Verbraucher}$ .

$U_{Verbraucher}$  ist kleiner wie  $U_{generator}$ , da auch an den Leitungswiderständen Spannungen abfallen.

#### 11.11.3 Wie erreicht man es, dass die Spannungsabfälle an den Leitungen $U_{Leitung}$ möglichst klein werden?

Der Widerstand der Leitungen muss klein sein.

#### 11.11.4 Wie groß müssten $R_{Leitung}$ sein, damit $U_{Verbraucher} = U_{Generator}$ wird?

$R_{Leitung}$  müssten im Idealfall  $0\Omega$  sein.

$$R_{PT100} = \frac{U_{Mess}}{I_{Mess}}$$

## 12 Spannungsquelle mit Innenwiderstand

### 12.1 Ersatzschaltbild

### 12.2 Auswirkungen des Innenwiderstandes

### 12.3 Berechnung der Klemmenspannung bei bekanntem Innenwiderstand

### 12.4 Ermittlung des Innenwiderstandes

### 12.5 Innenwiderstand von elektrischen Geräten



### 12.6 Aufgabe: Bestimmung des Innenwiderstandes einer Batterie

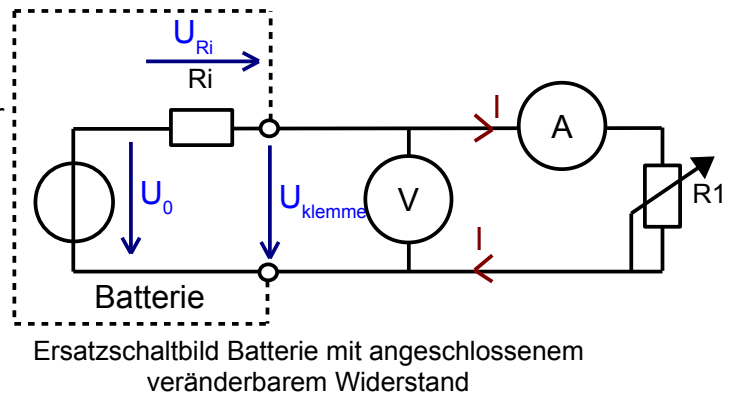
Beim Schülerversuch zur Bestimmung des Innenwiderstands einer Monozelle wurde die folgende Tabelle aufgenommen:

$U_{\text{klemme}}$ in V	1,4	1,3	1,1	0,86
I in A	0,20	0,30	0,50	0,80

$U_{\text{klemme}}$  : Klemmenspannung der Batterie (Monozelle)

12.6.1 Skizzieren Sie eine Schaltung mit dem Ersatzschaltbild der Batterie und den notwendigen Messgeräten. Erklären Sie stichpunktartig die Versuchsdurchführung.

- Spannung  $U_{\text{klemme}}$  an den Klemmen der Batterie messen
- Strom I durch den angeschlossenen Belastungswiderstand messen.
- Belastungswiderstand ändern,  $U_{\text{klemme}}$  und I messen
- Wertepaare in Tabelle eintragen



12.6.2 Zeichnen Sie eine maßstabsgetreue  $I - U_{\text{klemme}}$  - Kennlinie. Entnehmen Sie dem Diagramm (durch Extrapolation) die Leerlaufspannung und den Kurzschlussstrom.

12.6.3 Berechnen Sie den Innenwiderstand der Monozelle

12.6.4 Geben Sie die Werte in eine Calc-Tabelle ein und erstellen Sie daraus die Belastungskennlinie (Diagrammtyp XY mit Markierung der Messwerte durch Punkte) Fügen Sie eine lineare Trendlinie hinzu und lassen Sie die Gleichung darstellen. Formatieren Sie die Skalierung der Achsen so, dass die Schnittpunkte der Trendlinie mit den Achsen sichtbar sind. Vergleichen Sie die Ergebnisse mit Teilaufgabe Aufgabe 3.

Abgelesene Werte:

$I_{\text{kurz}} = 1,75\text{A}$  bei ( $U = 0\text{V}$ )

$U_{\text{leer}} = 1,55\text{V}$  (bei  $I = 0\text{A}$ )

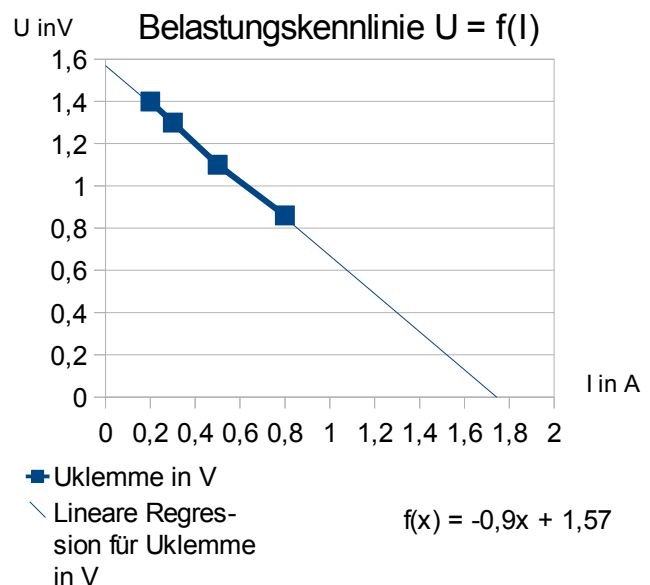
Innenwiderstand:

$$R_i = \frac{U_{\text{Leer}}}{I_{\text{Kurz}}} = \frac{1,55\text{V}}{1,75\text{A}} = 886\text{m}\Omega$$

Alternative:

$$R_i = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \left| \frac{(1,4\text{V} - 0,86\text{V})}{(0,2\text{A} - 0,8\text{A})} \right|$$

$$R_i = |-0,9|\Omega = 0,9\Omega$$



**12.7 Rollerbatterie**

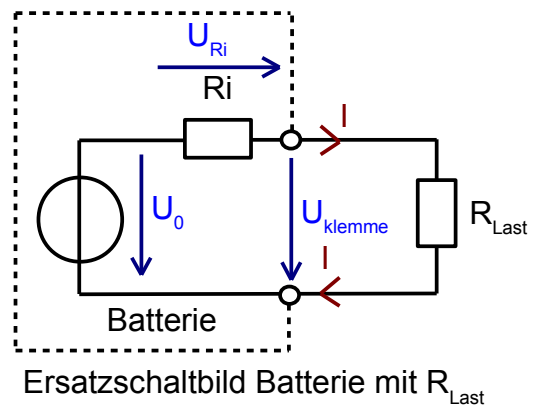
Auf einer Rollerbatterie sind folgende Kenngrößen angegeben: 12V, 8Ah, 80A.

**12.7.1 Beim Betätigen des Anlassers wird das Licht deutlich dunkler. Erklären Sie die Ursache für dieses Verhalten mit elektrotechnischen Fachausdrücken.**

Bei Belastung der Batterie sinkt die Spannung an den Anschlussklemmen. Dieses Verhalten kann man mit dem Innenwiderstand der Batterie erklären, an dem der Spannungsabfall steigt, je größer die Belastung ist.

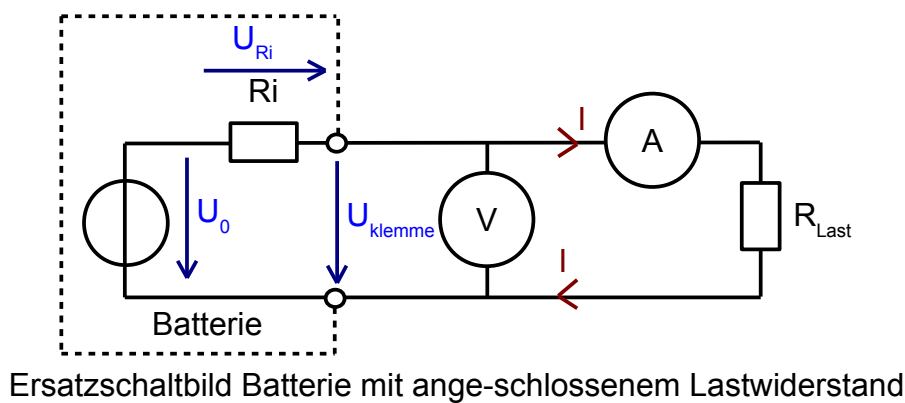
**12.7.2 Zeichnen und erklären Sie ein geeignetes Ersatzschaltbild der Rollerbatterie mit Belastungswiderstand  $R_{Last}$ . Zeichnen Sie die Anschlussklemmen der Batterie und die Klemmenspannung  $U_{Klemme}$  ein.**

Die Batterie kann man sich aufgebaut denken aus einer idealen Spannungsquelle  $U_0$  und einem Innenwiderstand  $R_i$ .



Mit 2 Belastungswiderständen ( $1\Omega$ ,  $2\Omega$ ) die abwechseln einzeln, in Reihe und parallel verwendet wurden, hat man folgende Belastungskennlinie der Rollerbatterie erstellt: (siehe nächste Seite)

**12.7.3 Skizzieren Sie die Messschaltung und zeichnen Sie die verwendeten Strom- und Spannungsmesser ein.**

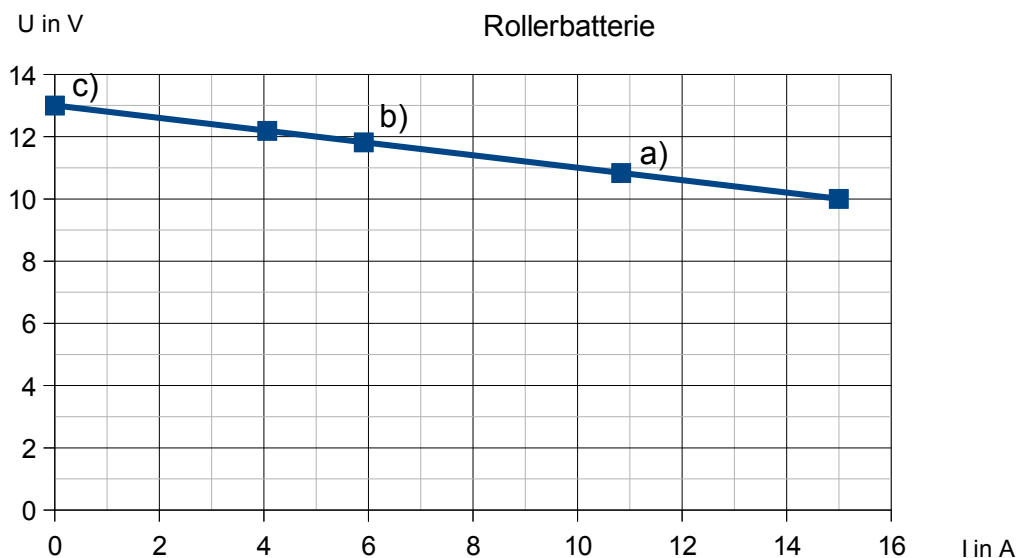


- 12.7.4 Markieren Sie in der Kennlinie die Messpunkte mit a) b) c):**  
**a) Belastung mit 1Ω, b) Belastung mit 2Ω, c) Leerlauf**  
**Geben Sie die Größe der Leerlaufspannung U<sub>0</sub> an.**

In der Kennlinie werden die Ströme, die durch den Verbraucher fließen, bei den zugehörigen Klemmenspannungen dargestellt. Wenn man also die bei den Messpunkten anliegenden Klemmenspannungen durch die fließenden Ströme teilt, erhält man die angeschlossenen Lastwiderstände.

Abgelesen: U=13V, I=0A → Leerlauf c) U=12,1V, I=4,1A → R=3Ω  
 U=11,9V, I=5,9A → R=2Ω → b) U=10,8V, I=10,8A → R=1Ω → a)

**Belastungskennlinie**



- 12.7.5 Berechnen Sie mithilfe der Kennlinie den Innenwiderstand R<sub>i</sub> der Rollerbatterie**

$$R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{(13V - 10V)}{(0A - 15A)} = 0,2\Omega$$

Rechnen Sie in den folgenden Aufgaben mit R<sub>i</sub> = 0,2Ω.

- 12.7.6 Kann der auf der Batterie aufgedruckte Kurzschlussstrom von 80A erreicht werden?**

Der Kurzschlussstrom wird durch R<sub>i</sub> begrenzt. →  $I_k = \frac{U_0}{R_i} = \frac{13V}{0,2\Omega} = 65A$

Der aufgedruckte Kurzschlussstrom kann nicht mehr erreicht werden.

- 12.7.7 Berechnen Sie die Größe des fließenden Stromes und die Größe der Klemmenspannung, wenn der Anlassermotor (Nennwerten 12V/650W) eingeschaltet ist.**

**Anleitung: Berechnen Sie zunächst den Widerstand des Anlassermotors und nehmen Sie an, dass dieser konstant ist.**

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} \rightarrow R_{Last} = \frac{U^2}{P} = \frac{(12V)^2}{650W} = 0,2215\Omega$$

$$I = \frac{U_0}{R_{ges}} = \frac{U_0}{(R_i + R_{Last})} = \frac{13V}{(0,2\Omega + 0,2215\Omega)} = 30,84A$$

$$U_{Klemme} = R_{Last} \cdot I = 0,2215\Omega \cdot 30,84A = 6,83V$$