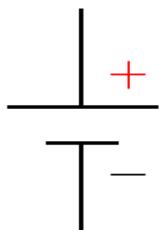




Der Kondensator

1 Versuch

Zeichnen Sie den Schaltplan des Aufbaus ihrer Lehrkraft:





Der Kondensator

Geben Sie die Schaltung in folgendes Online-Tool ein:

<https://www.falstad.com/circuit>

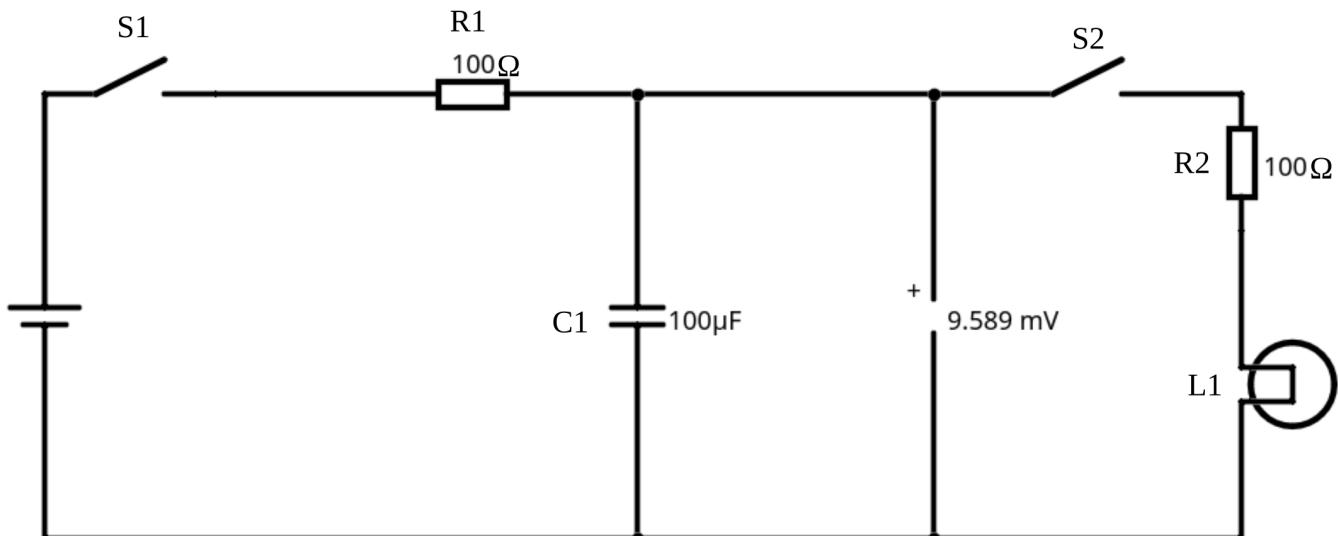
Speichern Sie die Schaltung auf Ihrem IPAD/PC lokal ab!

Werte:

$$R1 = 100\Omega$$

$$R1 = 100\Omega$$

$$C1 = 100\mu F \text{ (für den Kondensator)}$$





Der Kondensator

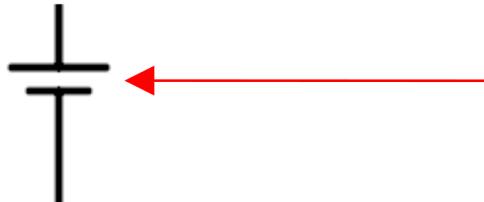
Beschreiben Sie das Verhalten der Schaltung:



Der Kondensator

Spannungsquelle

U=9V



Bauteil bearbeiten

Spannung	9
Signalform	DC
Gleichspannungsanteil (V)	0

Anwenden OK Abbrechen

Lampe

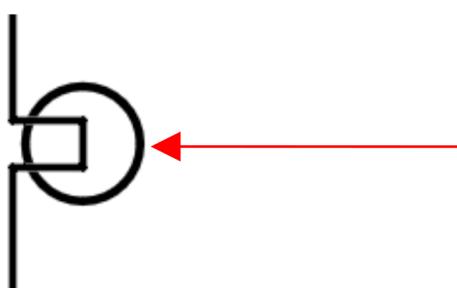
Zeichnen Oszis Einstellungen Schaltur

- Verbindung einfügen (wire) w
- Widerstand einfügen r
- Passive Bauteile >
- Eingänge und Quellen >
- Ausgänge, Messgeräte, Text > **Lampe einfügen** l
- Aktive Bauteile >
- Aktive Funktionsbausteine >
- Logikgatter, logische Ein-/Ausgänge >
- Digitale Chips >
- Analoge und hybride Chips >
- Subcircuits >
- Ziehen >

✓ Auswahl/Auswahl ziehen (Leer, Shift+Ziehen)

Analogen Ausgang einfügen

- LED einfügen t
- Text einfügen
- Box einfügen
- Add Line
- Voltmeter/Oszl-Spannungskanal einfügen
- Add Ohmmeter
- Benannten Knoten einfügen
- Testpunkt einfügen
- Ampermeter einfügen
- Add Decimal Display
- Datenexport einfügen
- Audio-Ausgang einfügen
- Add LED Array
- Add Stop Trigger
- Add DC Motor
- Add Wattmeter



Bauteil bearbeiten

Nennleistung	400m
Nennspannung	8
Aufwärmzeit (s)	4m
Abkühlzeit (s)	4m

Anwenden OK Abbrechen



Der Kondensator

Voltmeter / Oszilloskop

Zeichnen Oszis Einstellungen Schaltungen

- Verbindung einfügen (wire) w
- Widerstand einfügen r
- Passive Bauteile
- Eingänge und Quellen
- Ausgänge, Messgeräte, Text
- Aktive Bauteile
- Aktive Funktionsbausteine
- Logikgatter, logische Ein-/Ausgänge
- Digitale Chips
- Analoge und hybride Chips
- Subcircuits
- Ziehen
- ✓ Auswahl/Auswahl ziehen (Leer, Shift+Ziehen)

Analogen Ausgang einfügen i

LED einfügen

Lampe einfügen

Text einfügen t

Box einfügen

Add Line

Voltmeter/Oszi-Spannungskanal einfügen

Add Ohmmeter

Benannten Knoten einfügen

Testpunkt einfügen

Amperemeter einfügen

Add Decimal Display

Datenexport einfügen

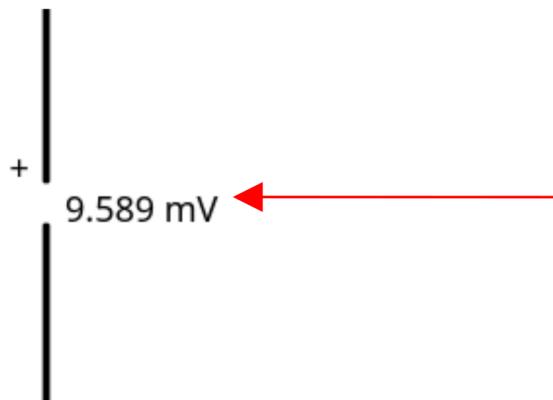
Audio-Ausgang einfügen

Add LED Array

Add Stop Trigger

Add DC Motor

Add Wattmeter



Bearbeiten...

View in New Scope

View in New Undocked Scope

Add to Existing Scope

Ausschneiden

Kopieren

Löschen

Duplizieren

Anschlüsse tauschen

Split Wire

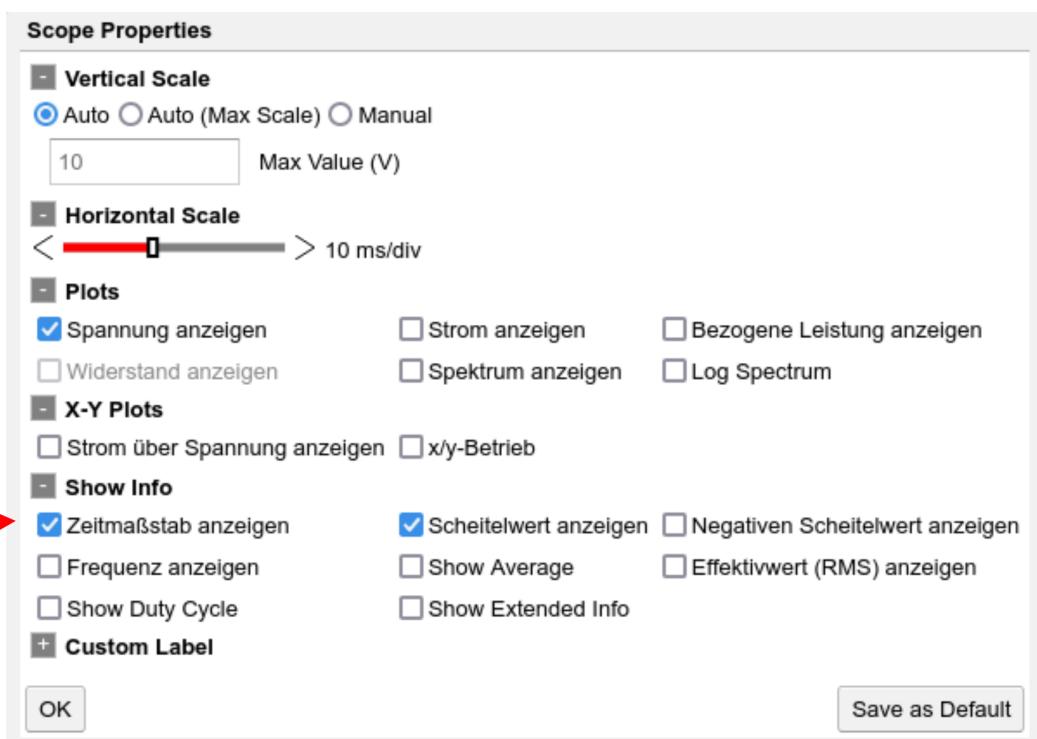
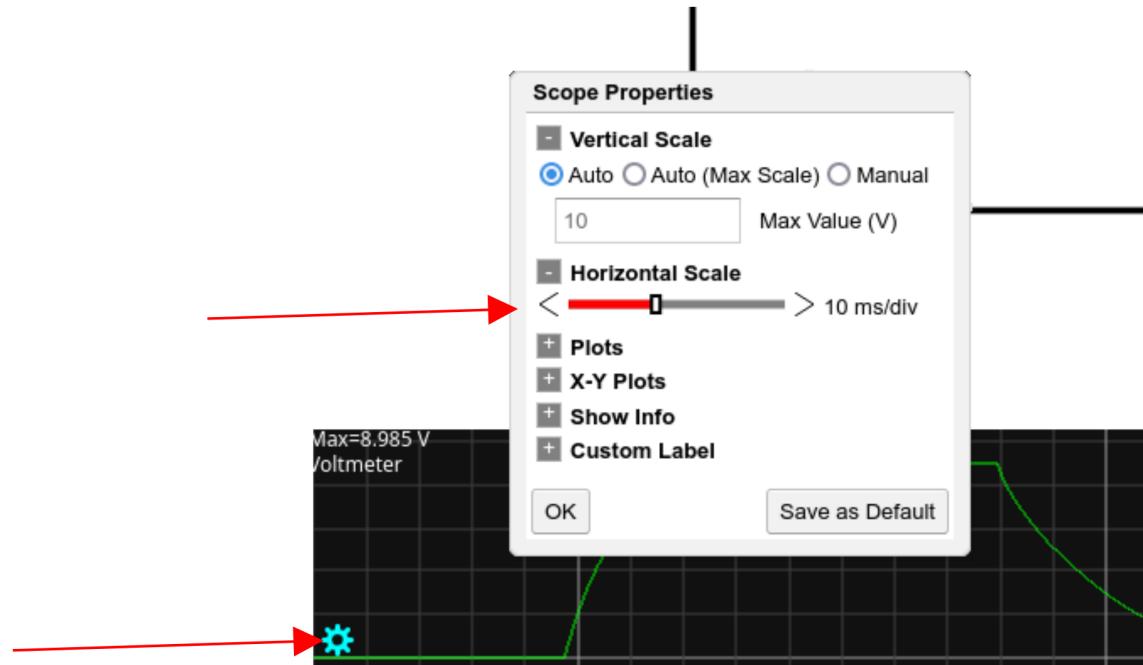
Sliders... Ctrl-click



Der Kondensator

Oszilloskop-Anzeige

Links unten Zahnrad anklicken.





Der Kondensator

- Schalten Sie S1 **aus** S2 **ein**. Beschreiben Sie den Vorgang in der Schaltung, beachten Sie dabei den Spannungsverlauf. In welchem Bereich der Schaltung fließt Strom?

Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen.



Der Kondensator

Aufgaben:

- Schalten Sie S1 **ein** S2 **aus**. Beschreiben Sie den Vorgang in der Schaltung, beachten Sie dabei den Spannungsverlauf. In welchem Bereich der Schaltung fließt Strom?

Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen.



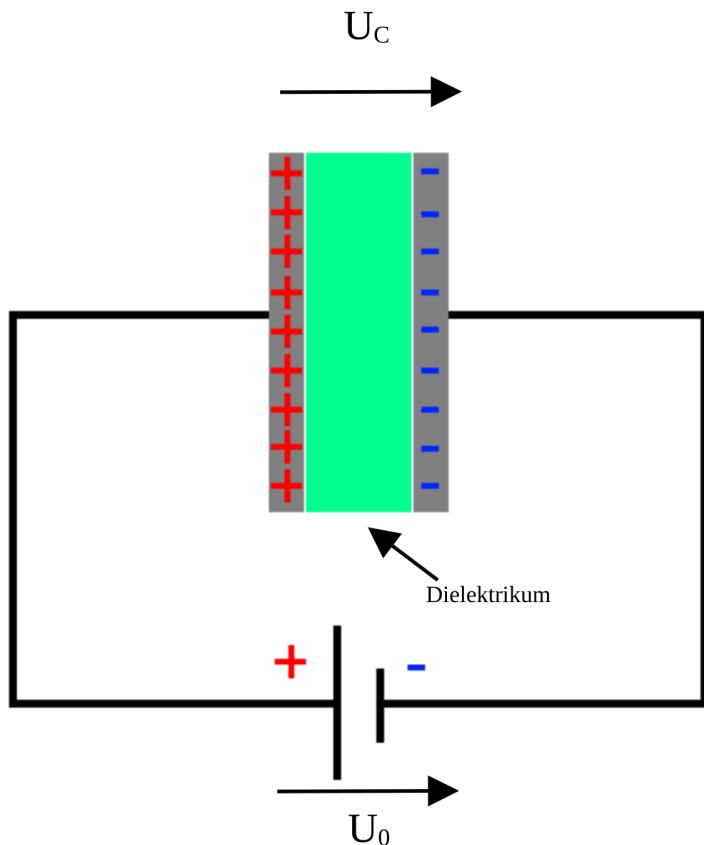
Der Kondensator

- Schalten Sie S1 **ein** S2 **ein**. Beschreiben Sie den Vorgang in der Schaltung.
- Welche Bedeutung hat die Angabe 10ms/div in der Oszilloskopdarstellung?



Der Kondensator

3 Laden des Kondensators



1. Beim Laden fließt zu beginn ein hoher Ladestrom, der mit der Zeit kleiner wird.
2. Am Ende des Ladevorganges wird der Ladestrom null.

Der Kondensator sperrt nach dem Aufladen den Gleichstrom.

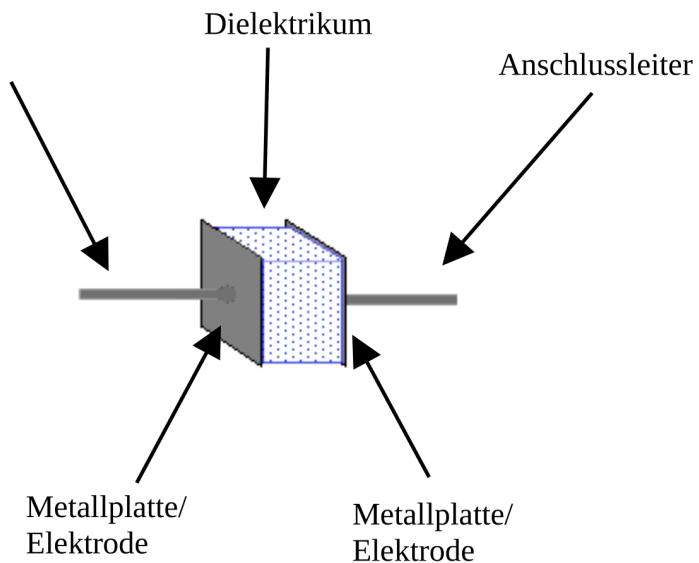
Ein Kondensator kann elektrische Ladung speichern.

- Beim Laden werden vom Pluspol der Spannungsquelle Elektronen von der Platte abgezogen und der anderen Platte zugeführt.
- Es entsteht zwischen den Platten eine Spannung.
- Ist die Spannung am Kondensator gleich groß wie die Spannung der Spannungsquelle, dann ist der Ladevorgang beendet.



Der Kondensator

2 Prinzipieller Aufbau des Kondensators



Ein Kondensator ist ein Sandwich aus zwei Metallplatten/Elektroden, die von einem Isolator, Dielektrikum genannt, getrennt sind. An jeder Metallplatte/Elektrode befindet sich ein Anschlussleiter.

Das Schaltsymbol des Kondensators:



Der Kondensator

4 Kapazität eines Kondensators

Wird ein Kondensator mit einer Spannung geladen, so wird eine Anzahl Ladungsträger von der einen zur andere Platte transportiert.

Wird der selbe Kondensator mit der doppelten Spannung geladen so wird die doppelte Anzahl Ladungsträger von der einen zur andere Platte transportiert.

Das Verhältnis $\frac{\text{Ladung}}{\text{Spannung}}$ ist beim Kondensator konstant und wird Kapazität (Fassungsvermögen) genannt.

Das Einheit der Kapazität ist Farad (Einheitszeichen F).

Das Formelzeichen der Kapazität ist C.

C Kapazität (F)

Q Ladung (As)

U Spannung (V)

$$C = \frac{Q}{U} \quad [C] = \frac{As}{V} = F$$

In der Praxis übliche Einheitenvorsätze der Kapazität:

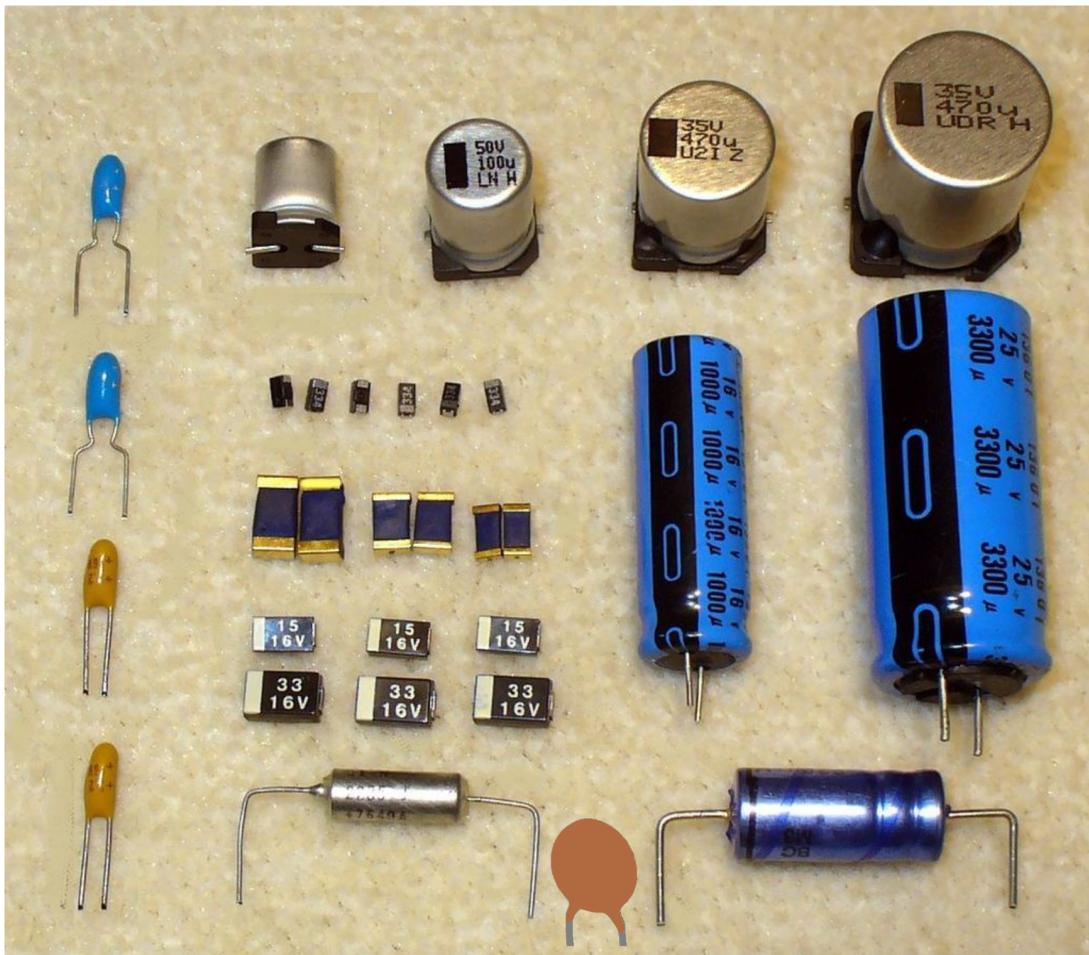
1 Millifarad	=	1mF
1 Mikrofarad	=	1µF
1 Nanofarad	=	1nF
1 Pikofarad	=	1pF



Der Kondensator

5 Bauformen

(Quelle: Author
Elcap, Jens Both



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wiki-Ta-und-Al-Elkos-P1090329-1.jpg> Licence: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en>. 12.04.2021)



Der Kondensator

Aufgaben

1) Geben Sie die Kapazität des Kondensators in nF und pF an.

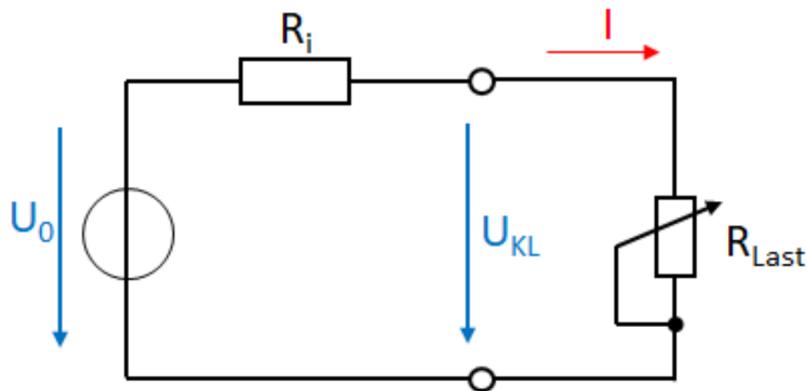


2) Wie groß ist die Ladung des Kondensators an einer Gleichspannung von $U_0=10V$.

Gemischte Schaltungen:

Alles in der Arbeit sind eigentlich nur gemischte Schaltungen. Man muss halt genau schauen beim Zusammenfassen wo die Widerstände sind.

Vorwiderstand:



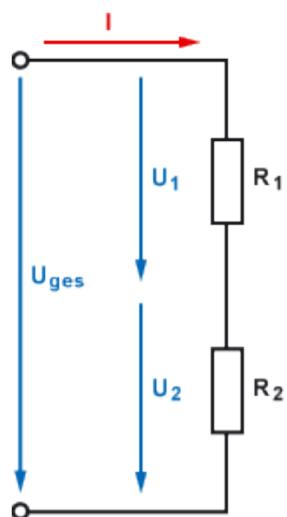
$$U = R * I$$

$$U_0 - U_{KL}$$

$$R_i = \frac{U_0 - U_{KL}}{I}$$

I

Unbelasteter Spannungsteiler:



Beim unbelasteten Spannungsteiler wird kein Strom entnommen. Nur an R2.

Für Diese Leerlaufspannung gilt:

$$\begin{array}{ccccccc} R_2 & & U_2 & & U_2 & & R_2 \\ -- & = & -- & & --- & = & ----- \\ R_G & & U & & U_1 & & R_1 + R_2 \\ & & R_2 & & & & U_2 \\ U_2 = & ----- * U_1 (U_g) & R_2 = & ----- * R_g (R_1 + R_2) \\ & R_1 + R_2 & & U_1 + U_2 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{ccc} U_1 & & R_1 \\ R_1 = & -- * R_2 & U_1 = & -- * U_2 \\ U_2 & & R_2 \end{array}$$

Reihenschaltung:

$$R_g = R_1 + R_2$$

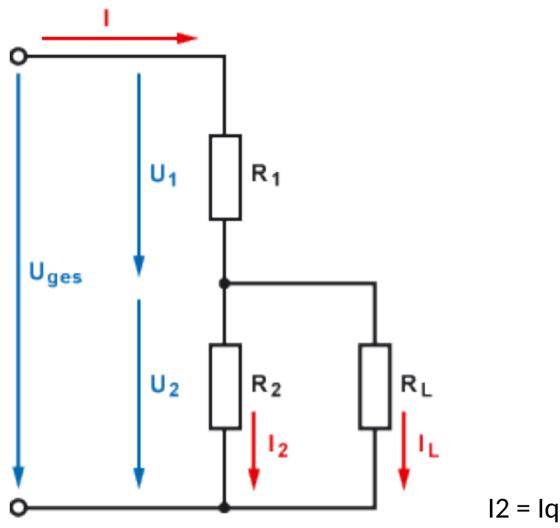
$$I = I_1 = I_2$$

$$U_g = U_1 + U_2$$

Parallelschaltung:

$$U_g = U_1 = U_2$$

$$I_g = I_1 + I_2$$



Ein belasteter Spannungsteiler hat einen angeschlossenen Verbraucher R_L und der einen Strom I_L entnimmt.

$$I = I_q + I_L$$

Der Widerstand aus R_2 und R_L zusammengefasst rechnet man so aus:

$$(R_2 * R_L)$$

$$R_{2L} = \frac{(R_2 * R_L)}{(R_2 + R_L)}$$

$$(R_2 + R_L)$$

Wie man darauf kommt:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{2L}} &= \frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_2} \quad | \cdot R_{2L} \\ 1 &= \frac{R_{2L}}{R_L} + \frac{R_{2L}}{R_2} \quad | \cdot R_L \cdot R_2 \\ R_2 \cdot R_L &= R_{2L} \cdot R_2 + R_{2L} \cdot R_L = R_{2L} (R_2 + R_L) \quad | : R_2 + R_L \\ R_{2L} &= \frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L} \end{aligned}$$

$$R_{2L}$$

$$R_2 * R_L$$

$$U_2 = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2} * U \quad R_{2L} = \frac{R_2 * R_L}{R_2 + R_L} * U$$

$$R_1 + R_2$$

$$R_2 + R_L$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{R_{2L}}{R_1 + R_{2L}}$$

$$\frac{U_1 - U_2}{U_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_{2L}}$$

Querstromverhältniss

$$q = \frac{I_q}{I_L} = \frac{R_L}{R_2}$$

$$q = \frac{U_2}{U}$$

$$R_2 | = \frac{U_2}{U} * R_1 + R_2$$

RL muss viel größer sein damit die Ausgangsspannung stabil ist.

Nachteil bei Spannungsteiler:

Es fließt immer Strom

Beliebiger Verbraucher geht nicht weil Widerstand unterschiedlich groß

Ein Hochohmiger Verbraucher beeinflusst U2 an R2 fast Nicht !!!

$$q = \frac{I_q}{I_L} = \frac{\frac{U_2}{R_q}}{\frac{U_2}{R_L}} = \frac{R_L}{R_q}$$

Elle. 23.08.

Gemischte Schaltungen:

Reihc	Parallel
$U = +$	$U = =$
$R = +$	$R = 1 : \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \right)$
$I = =$	$I = +$

$$U_G = 10V$$

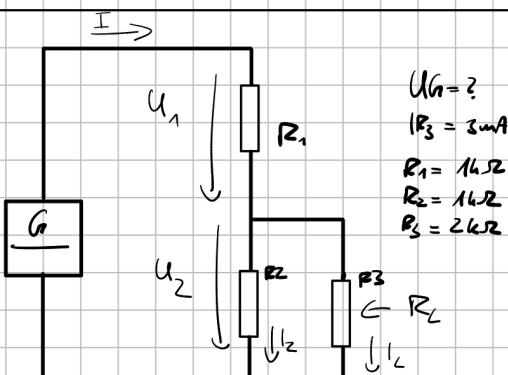
$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5$$

$$U_G = ?$$

$$\begin{aligned} 1. \quad & 3k\Omega + 5k\Omega = 10k\Omega \\ 2. \quad & 1 : \left(\frac{1}{10k\Omega} + \frac{1}{10k\Omega} \right) = \frac{10,000}{3} \Omega \\ 3. \quad & \frac{10,000}{3} \parallel 5k\Omega = \frac{25,000}{3} \Omega \\ 4. \quad & 1 : \left(\frac{1}{25,000} + \frac{1}{5,000} \right) = 3,125 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_G &= 3,125 \Omega \\ I_G &= \frac{100}{3,125 \Omega} \end{aligned}$$

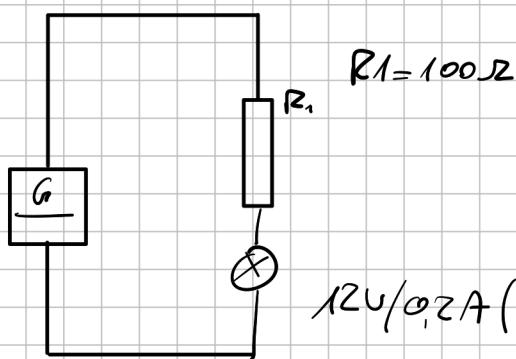
$$I_G = 0,032A = 32mA$$



Spannungsteiler:

$$\begin{aligned} R_{2,3} &= 1 : \left(\frac{1}{1000} + \frac{1}{1000} \right) = 500 \Omega \\ R_G &= 1k\Omega + 500\Omega = 1500\Omega \\ I_3 &= 3mA, \text{ da Parallel } 3mA + 3mA = 6mA \\ \hookrightarrow I_1 &= 6mA = 1G = 6mA \\ U_G &= 0,006A \cdot 1500\Omega = 9V \checkmark \end{aligned}$$

Vorwiderstand



$$R_1 = 100\Omega$$

$$100\Omega = \frac{U_G - 12V}{0,2A} \quad | \cdot 0,2A$$

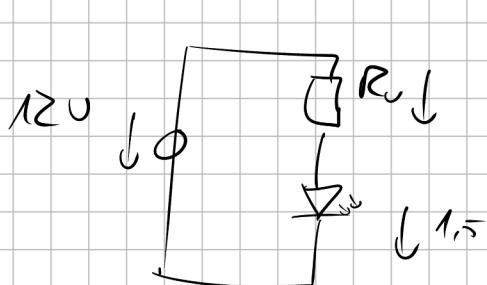
$$20 = U_G - 12V \quad | + 12V$$

$$\underline{32V = U_G}$$

$12V / 0,2A$ (Nennspannung)

A: Die Spannung darf max. 32V betragen.

$$\frac{U_G - U_{\text{Verbraucher}}}{I_{\text{Verbraucher}}}$$

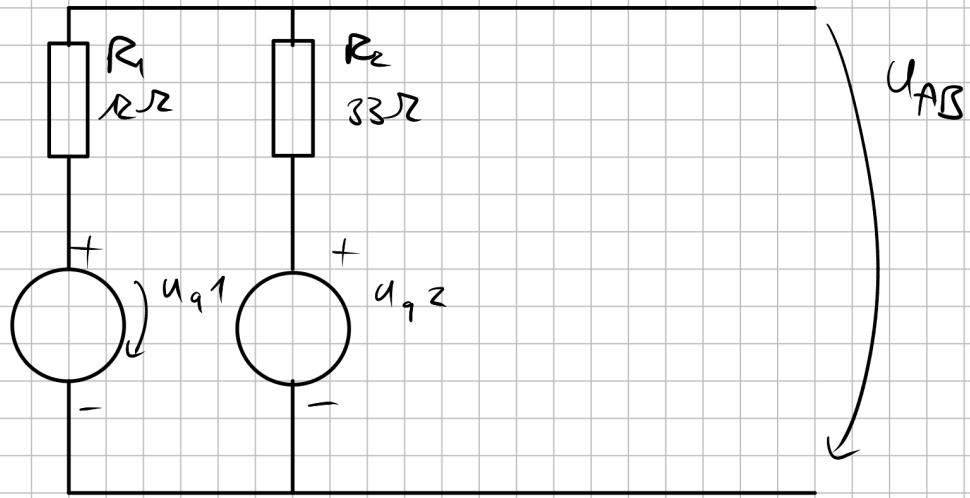


$$\frac{U}{I} = \frac{1,5V}{0,03A} = 50\Omega$$

$$\frac{12V - 1,5}{0,03} = \frac{10,5V}{0,03A} = 350\Omega$$

$$\underline{R_U = 350\Omega}$$

Spannungsquellen

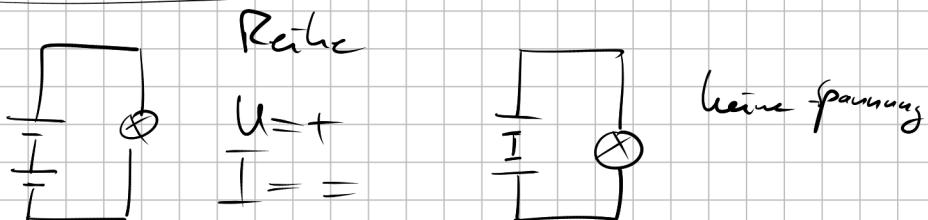
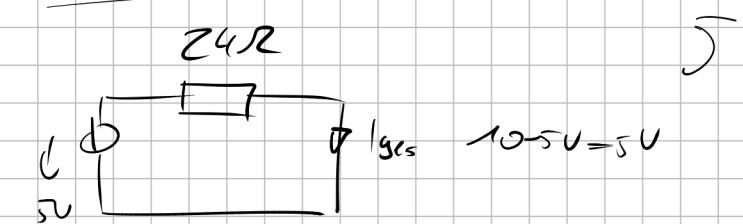
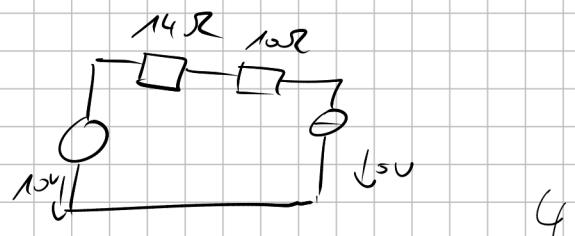
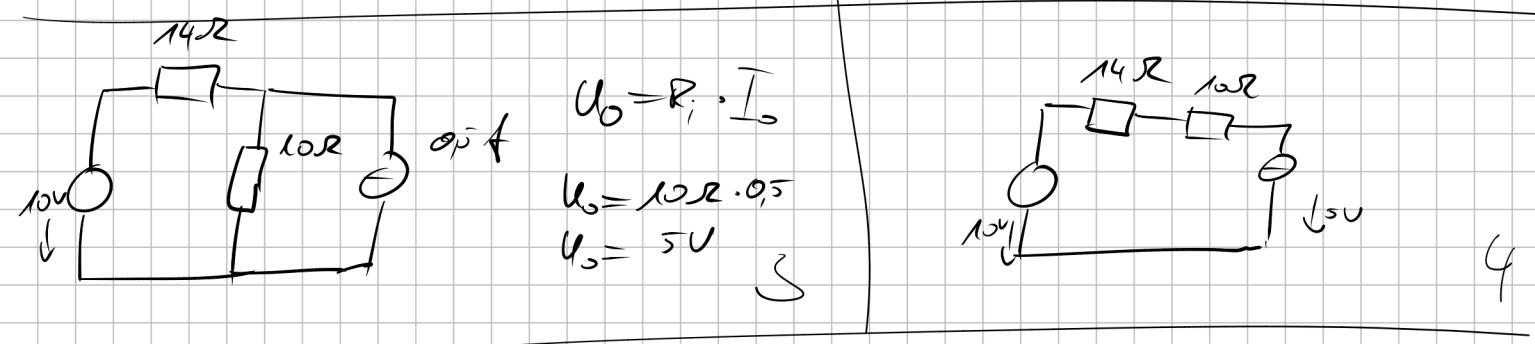
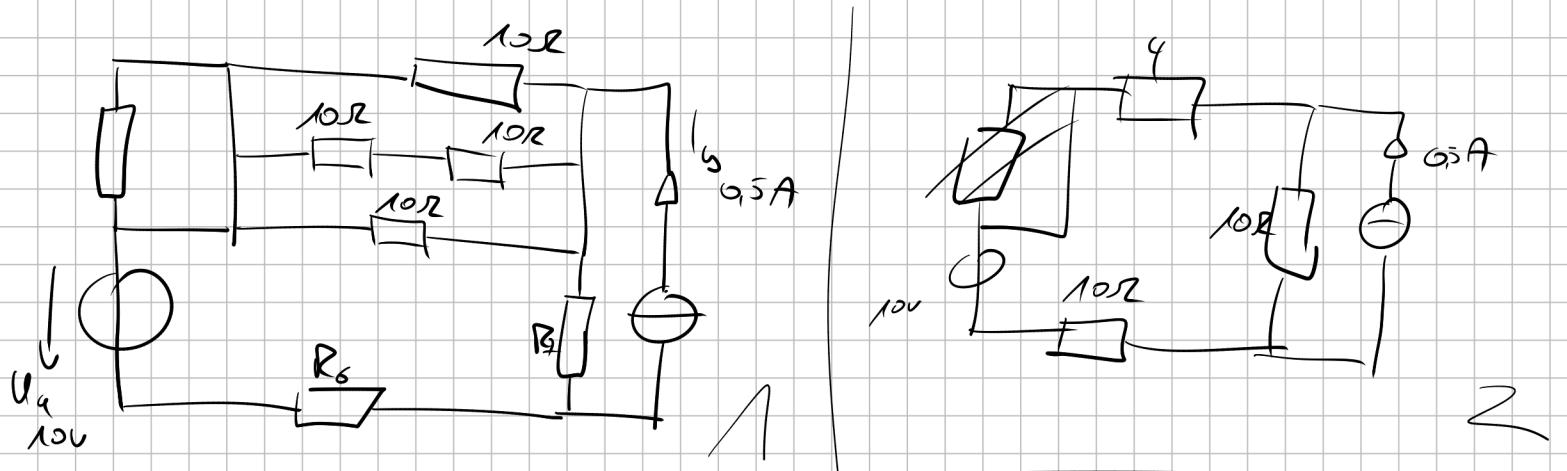


1. Ersatzwiderstand:

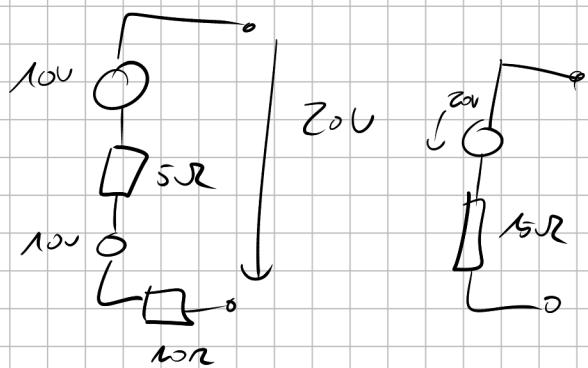
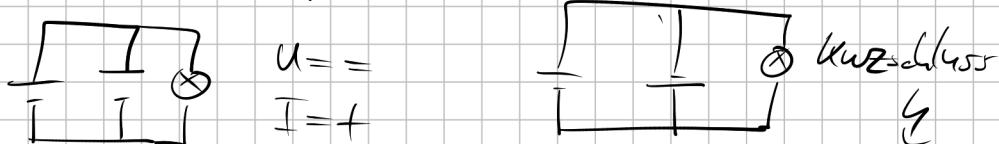
$$R_G = 1 : \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{33} \right) = 6,8 \Omega$$

2. Ersatzspannungsquelle:

$$U_G = \frac{u_{q1} \cdot R_2 + u_{q2} \cdot R_1}{R_1 + R_2}$$



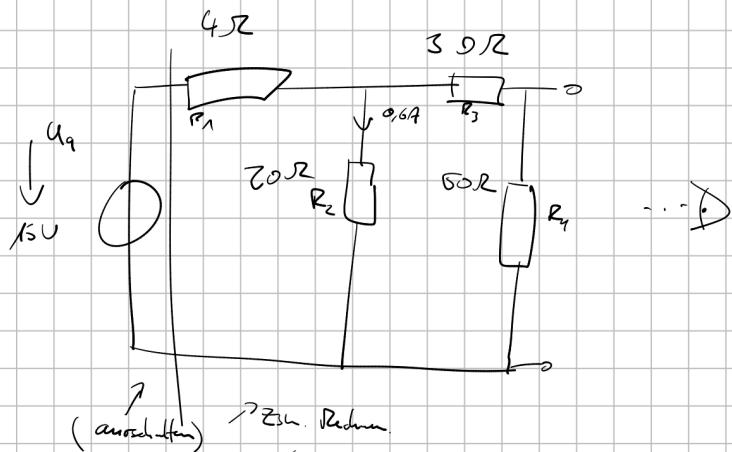
Parallel



Innenwiderstand

Jedes elektrische Messgerät und jede Spannungsquelle besitzt einen Innenwiderstand R_i , der symbolisch alle inneren Verluste zusammenfasst.

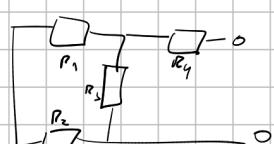
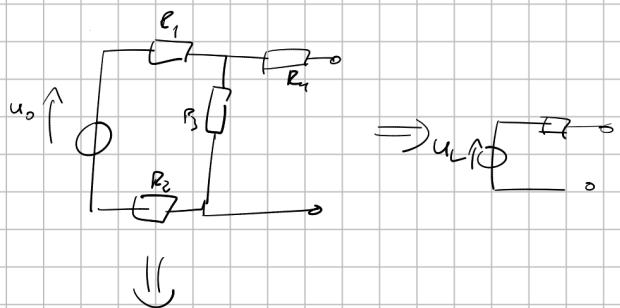
Bsp:



Bsp:

$$\text{Kweschler} = RA$$

$$12V \quad \boxed{I} \quad \boxed{U} \quad R_i = \frac{12V}{RA} = 1 \Omega$$



$$1 \cdot \left(\frac{1}{R_1+R_2} + \frac{1}{R_3} \right) + R_L = R_i$$

1. Innenwiderstand

Eine Spannungsquelle liefert im unbelasteten Zustand 12V, bei einem Kurzschluß fließen 12A.

- Wie groß ist der Innenwiderstand? $R_i = 12V/12A = 1\text{ Ohm}$
- Eine 12V 48W Lampe wird an diese Spannungsquelle angeschlossen, wie groß ist die Spannung und die Leistung an der Lampe?
 $R_L = U^2/P = 144V^2/48W = 3\text{ Ohm}$; $R_{ges} = 4\text{ Ohm}$; $U_L = 3/4 \cdot 12V = 9V$; $I_L = 12V/4\text{ Ohm} = 3A$; $P_L = 9V \cdot 3A = 27W$

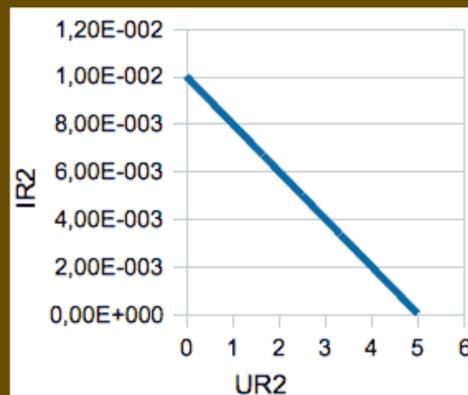
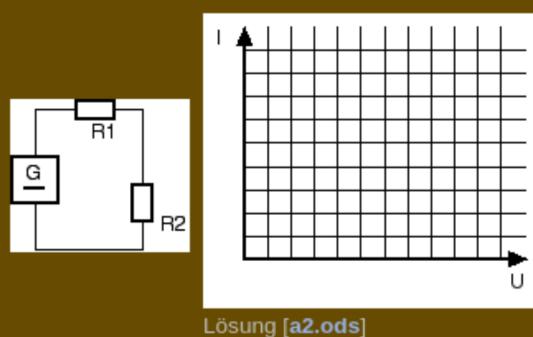
2. Belastete Spannungsquelle mit Innenwiderstand

Zeichnen Sie die Kennlinie einer realen Spannungsquelle $U_G = 5V$

mit Innenwiderstand $R_1 = 500\Omega$.

Ermitteln Sie dazu den Strom I_{R2} und die Spannung U_{R2} für folgende Werte von R_2 :

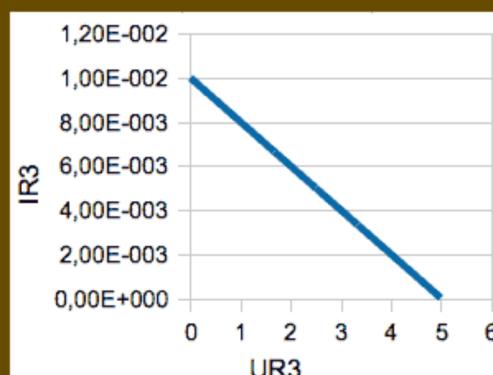
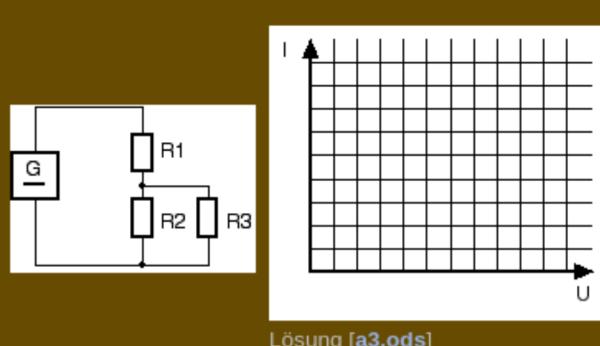
$0\Omega; 250\Omega; 500\Omega; 1k\Omega; \infty\Omega$. Erstellen Sie den Graphen für I_{R2} und U_{R2} .



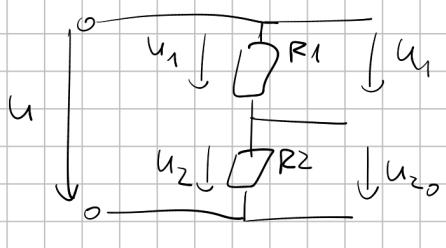
3. Belasteter Spannungsteiler

Zeichnen Sie den U_{R3}/I_{R3} Graphen für den veränderbaren R_3 . $U_G = 10V$, $R_1 = R_2 = 1k\Omega$.

R_3 habe folgende Werte: $0\Omega; 250\Omega; 500\Omega; 1k\Omega; \infty\Omega$



Spannungsteiler Unbelastet:



Dem unbelasteten Spannungsteiler wird kein Strom entnommen.
→ (leerlauf)

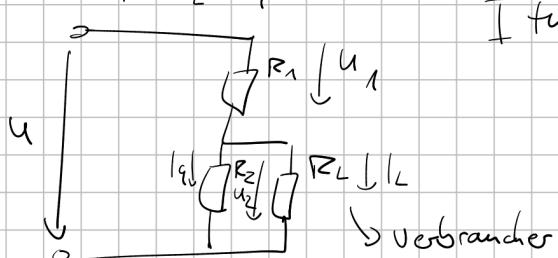
$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{U_{z0}}{U} \quad | \cdot U$$

$$U_{z0} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U$$

Desto größer die Spannung desto größer der Widerstand.

Belasteter Spannungsteiler

$$I = I_L + I_q$$



I teilt sich auf

Ein belasteter Spannungsteiler hat einen angeschlossenen Verbraucher R_L der einen Strom I_L entnimmt.

$$R_{ZL} = \frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L} \quad (\cdot U)$$

R_L Lastwiderstand

R_1, R_2 Spannungsteiler-Wider.

R_{ZL} Ersatzw. aus $R_2 + R_L$

I_L Laststrom

I_q Querstrom

$$U_z = U \frac{R_{ZL}}{R_1 + R_2}$$

$$q = \frac{I_q}{I_L} = \frac{R_2}{R_2 + R_L}$$

	Thema Kostengünstiges Bremslicht	E1ME Grundlagen	
---	--	---------------------------	---

Der belastete Spannungsteiler, Merksätze:

Je größer das Querstromverhältnis q ist, desto stabiler die Ausgangsspannung des Spannungsteilers.

D.h. je größer der Querstrom I_q gegenüber dem Laststrom I_L desto stabiler ist die Ausgangsspannung des Spannungsteilers.

Ein großer Querstrom I_q bedeutet, dass $R_2 \ll R_L$.

Nachteil des Spannungsteilers:

Unabhängig ob (oder ob nicht) eine Last R_L am Spannungsteiler angeschlossen ist, es fließt immer ein Strom!

↳ nicht mehr so umweltfreundlich

Aufgabe:

Eine Messbrücke hat die Widerstände:

$$R_3 = 100 \Omega$$

$$R_4 = 200 \Omega$$

Berechnen sie den Widerstand R_x für R_n

R_n

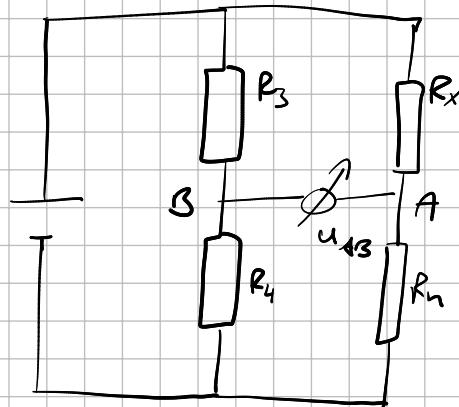
a) $= 14 \Omega$

b) $= 250 \Omega$

c) $= 1400 \Omega (1,4 k\Omega)$

$$R_x = \frac{R_3}{R_4} \cdot R_n$$

Abgeglichene Brückenschaltung $= U_{AB} = 0V$



a) $\frac{R_3}{R_4} = \frac{R_x}{R_n}$

b) $R_x = 0,5 \cdot 250$
 $R_x = 125 \Omega$

$$\frac{100}{200} = \frac{R_x}{14} \quad | \cdot 14$$

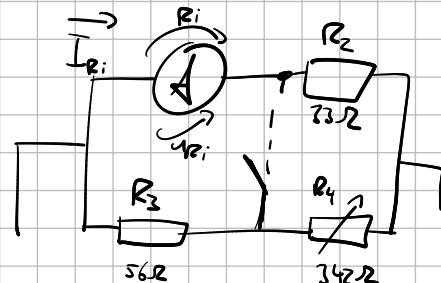
$7 \Omega = R_x$

c) $R_x = 0,5 \cdot 1,4 k\Omega$
 $R_x = 0,7 k\Omega$

$$\frac{100}{200} = \frac{7}{14}$$

Aufgabe 2

$$R_i / I_{Ri} / U_{Ri}$$



$$\frac{R_i}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

$$\frac{R_i}{56} = \frac{33}{242} \quad | \cdot 56$$

$$R_i = \frac{308}{57} \Omega$$

$$I_{Ri} = \frac{150}{\frac{308}{57} + 33} \Omega$$

$$I_{Ri} = 0,330 A$$

$$U = 15 V$$

$$U_{Ri} = \frac{308}{57} \cdot 0,330$$

$$U_{Ri} = 2,11 V$$

$\frac{R}{R_2}$	f	P
1	+	+

① a)

$$U_{AB} = U_A - U_B$$

$$\frac{U_B}{12V} = \frac{350\Omega}{220\Omega + 350\Omega} \quad | \cdot 12V$$

$$U_B = \frac{350\Omega}{220\Omega + 350\Omega} \cdot 12V$$

$$U_B = 7,67 V$$

$$-1V = U_A - (7,67) \quad | + 7,67$$

$$\underline{6,67V = U_A}$$

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6,67V}{12V} = \frac{U_A}{U_h}$$

$$\frac{R_2}{100 + R_2} = 0,55 \quad | \cdot 100 + R_2$$

$$R_2 = 55,6 \Omega + 0,55R_2 \quad | - 0,55R_2$$

$$0,45R_2 = 55,6 \quad | : 0,45$$

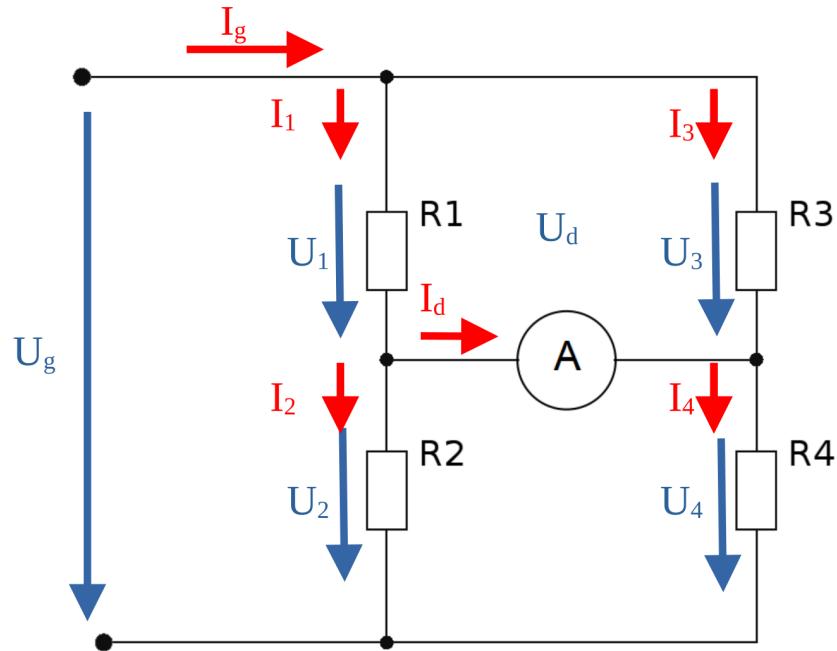
$$\underline{\underline{R_2 = 123,2 \Omega}}$$



Brückenschaltung

Übungsaufgaben

Abgeglichene Brückenschaltung



Aufgabe 1

- a) $R_1 = 418 \Omega$ $R_2 = 460 \Omega$ $R_3 = 320 \Omega$ $R_4 =$
- b) $R_1 = 426 \Omega$ $R_2 = 370 \Omega$ $R_3 = 650 \Omega$ $R_4 =$
- c) $R_1 = 297 \Omega$ $R_2 = 310 \Omega$ $R_3 = 130 \Omega$ $R_4 =$
- d) $R_1 = 139 \Omega$ $R_2 = 100 \Omega$ $R_3 = 160 \Omega$ $R_4 =$



Brückenschaltung

Übungsaufgaben

Aufgabe 2

$R_1 = 1\text{k}\Omega$, $R_2 = 2\text{k}\Omega$, $R_3 = 3\text{k}\Omega$, $U_g = 10\text{V}$, $U_{AB} = 2\text{V}$

Berechnen Sie R_4 .

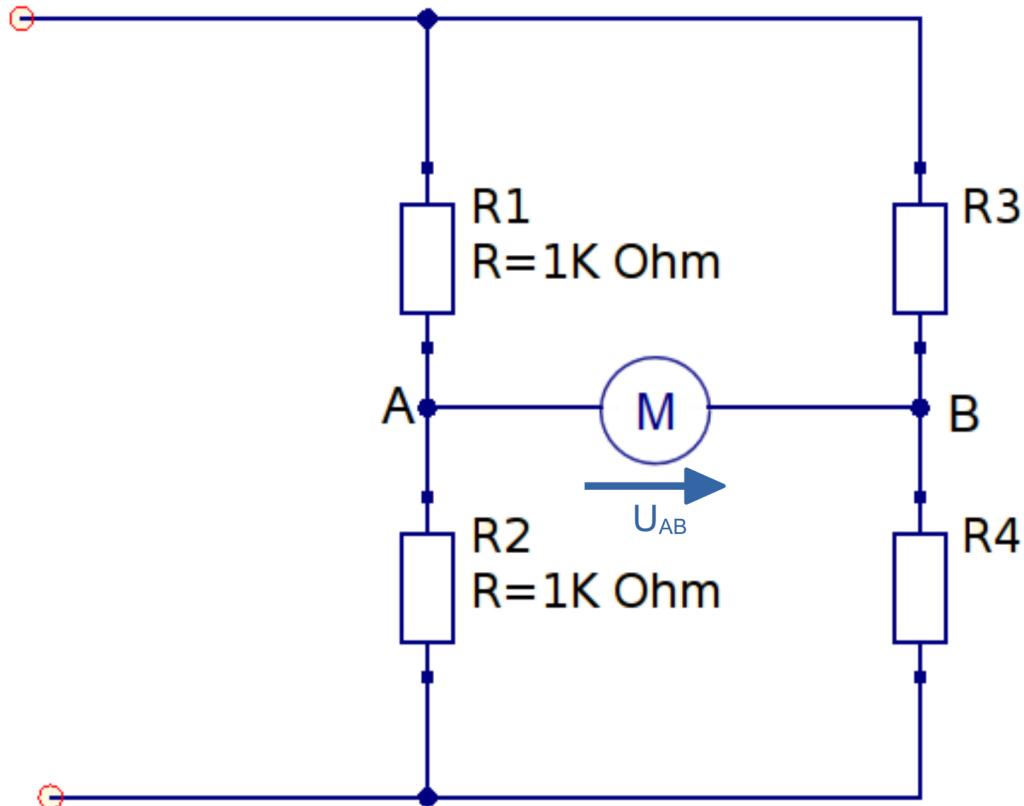


Brückenschaltung

Übungsaufgaben

Aufgabe 3

Ein Elektromotor soll sich in beide Richtungen drehen können. Die Richtung wird über ein Potentiometer eingestellt. (<https://www.youtube.com/watch?v=Dxtcjs-yggM>)



a) Ihr Kollege schlägt vor, für R4 ein Potentiometer zu verwenden. Dieses kann von $0-1\text{K}\Omega$ eingestellt werden. Berechnen sie die maximale Spannung und die minimale Spannung U_{AB} . Funktioniert damit der Rechts-Links-Lauf?

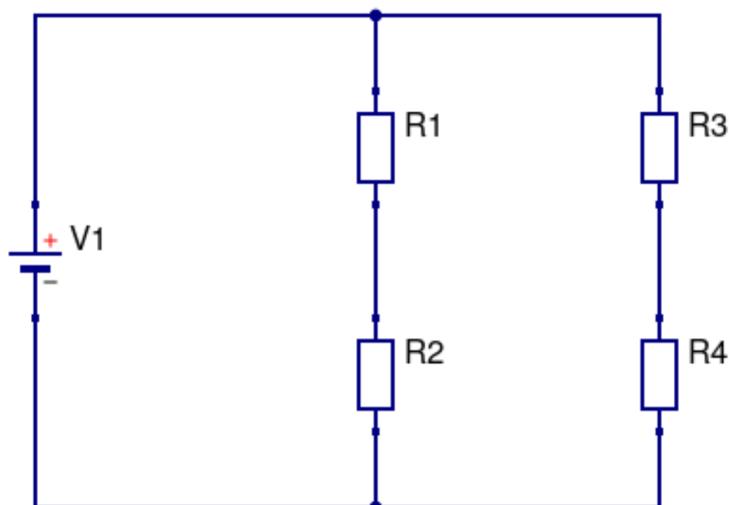
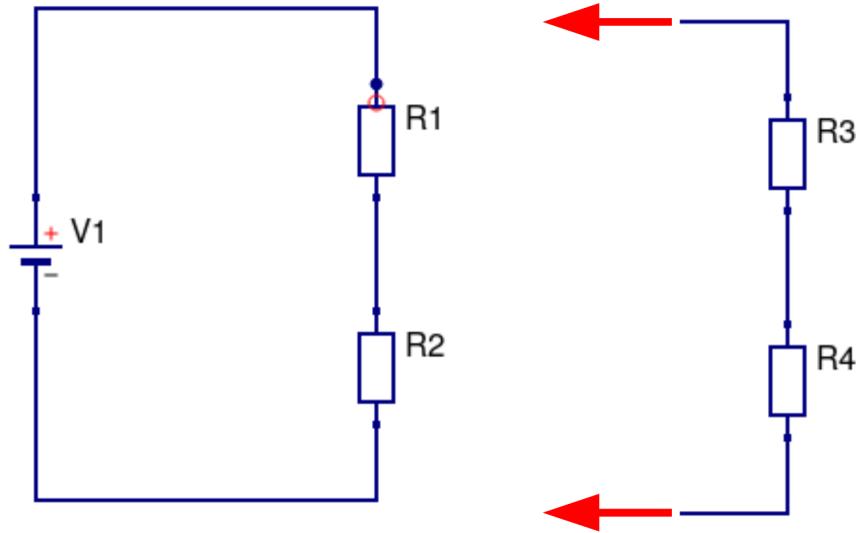
b) Welche Widerstandsbereich müsste das Potentiometer abdecken, damit U_{AB} zwischen -1V und 1V eingestellt werden kann.



Brückenschaltung

Zwei Spannungsteiler in Reihe

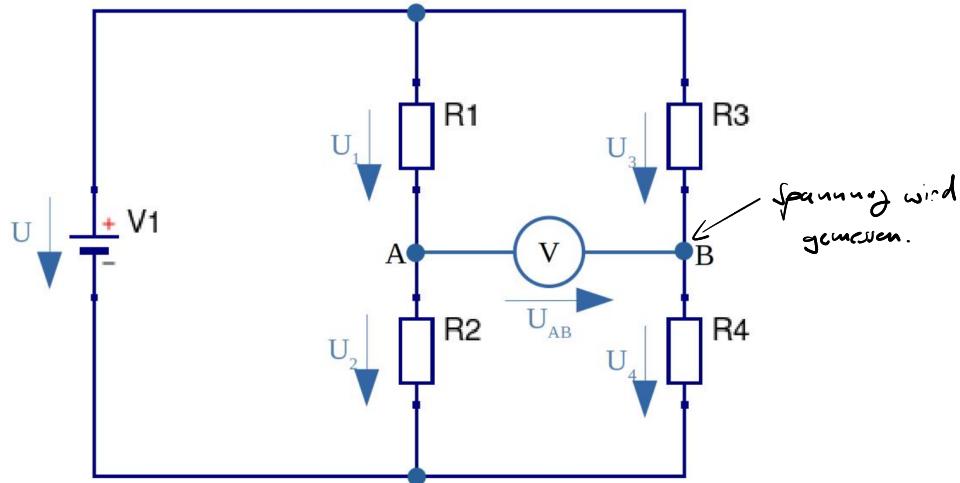
Wir erweitern einen Spannungsteiler um einen weiteren Spannungsteiler.





Brückenschaltung

Die Brückenschaltung



a) Die abgeglichene Brückenschaltung

Die Brückenschaltung ist abgeglichen wenn:

$$U_{AB} = 0 \text{ V}$$

Wie hoch müssen die Spannungsabfälle an den Widerständen U2 und U4 sein?

$$\begin{aligned} U_2 &= U_4 \rightarrow U_A = U_B \\ U_1 &= U_3 \end{aligned}$$

weil Parallel

$$\begin{array}{l} \text{R1} \\ \text{R2} \\ \text{R3} \\ \text{R4} \end{array} \left| \begin{array}{l} \text{Par} \\ \text{Par} \\ \text{Par} \\ \text{Par} \end{array} \right| \left| \begin{array}{l} \text{Par} \\ \text{Par} \\ \text{Par} \\ \text{Par} \end{array} \right| \left| \begin{array}{l} \text{Par} \\ \text{Par} \\ \text{Par} \\ \text{Par} \end{array} \right| \left| \begin{array}{l} \text{Par} \\ \text{Par} \\ \text{Par} \\ \text{Par} \end{array} \right|$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{U_3}{U_4} \quad \left\{ \text{Relation} \right.$$

Wie müssen R1, R2 und R3, R4 ausgelegt werden, dass dies der Fall ist?

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

Spannungen verteilen sich wie Widerstände



Brückenschaltung

Aufgabe:

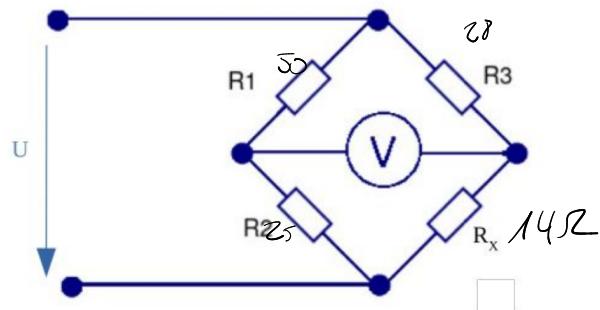
Gegeben ist folgende Schaltung, berechnen Sie R_x , so dass die Messbrücke (Brückenschaltung) abgeglichen ist.

$$R_1 = 50\Omega$$

$$R_2 = 25\Omega$$

$$R_3 = 28\Omega$$

$$R_x = ?????$$



$$\frac{50}{25} = \frac{28}{x} \quad | \cdot x$$

$$2x = 28 \quad | : (2)$$

$$\underline{\underline{x = 14 \Omega}}$$

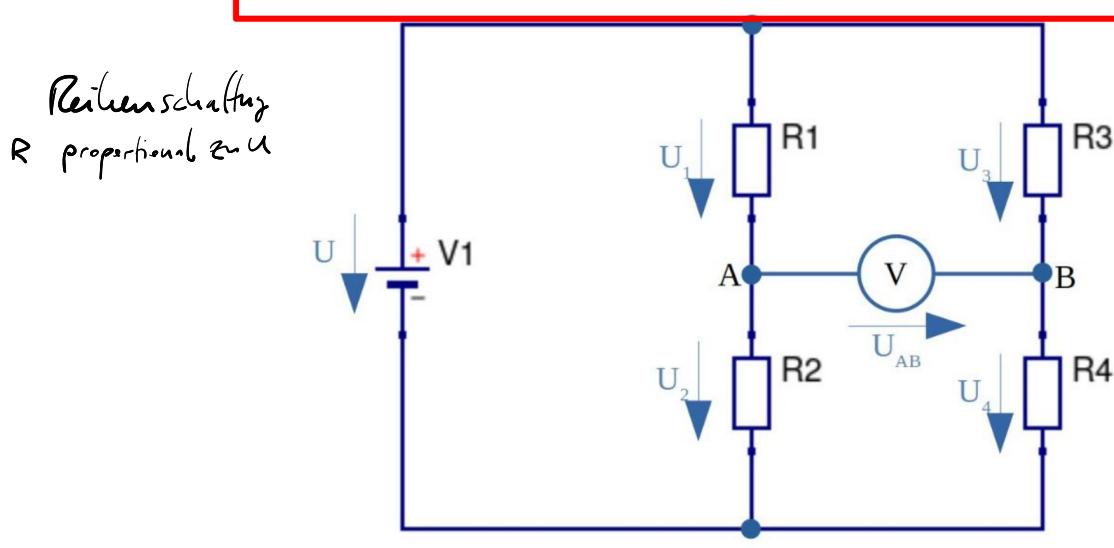


Brückenschaltung

Die nicht abgeglichene Brückenschaltung

Bei einer nicht abgeglichenen Brückenschaltung ist $U_{AB} \neq 0$.

$$\frac{R_1}{R_2} \neq \frac{R_3}{R_4}$$



Um U_{AB} berechnen zu können müssen wir die Spannungen der Spannungsteiler am Punkt A (U_2) und am Punkt B (U_4) berechnen. Die Differenz $U_{AB} = U_2 - U_4$ ergibt die gesuchte Spannung.

Dazu verwenden wir die Formeln des Spannungsteilers von Seite 1 b):

$$\frac{U}{U_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

$$U_2 = \frac{U * R_2}{R_1 + R_2} = U_A$$

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

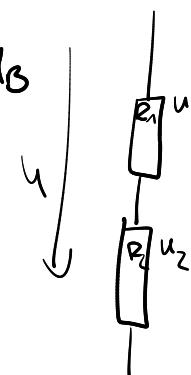
Ebenso für R_4 :

$$U_4 = \frac{U * R_4}{R_3 + R_4} = U_B$$

Die Spannung beträgt dann:

$$U_{AB} = U_2 - U_4$$

Während die Quelle gleich groß ist als U_4 , Differenzrechnung



$$\frac{U}{U_2} = \frac{1}{7} / U_2$$

$$\frac{1}{7} U_2 / \frac{1}{7} = U_2$$

$$\frac{1}{7} = U_2$$



Brückenschaltung

Aufgabe:

Berechnen Sie die Spannung U_{AB} .

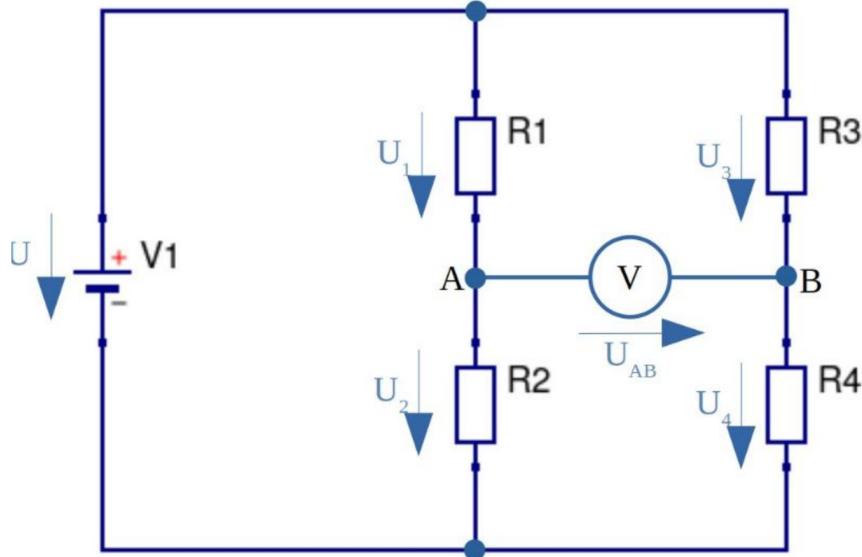
$$U = 12V$$

$$R_1 = 100\Omega$$

$$R_2 = 100\Omega$$

$$R_3 = 100\Omega$$

$$R_4 = 50\Omega$$



$$U_{1,2} = 12 \cdot \frac{1}{2} = 6V$$

$$I_R = \frac{12V}{200\Omega} = 0,06A$$

$$\frac{R}{R+R} + \frac{U}{R} = I$$

$$U_2 = 0,06A \cdot 100\Omega$$

$$\underline{U_2 = 6V}$$

$$I_{3,4} = \frac{12V}{150\Omega} = 0,08A$$
$$U_4 = 0,08A \cdot 50\Omega = 4V$$

$$U_{AB} = U_2 - U_4$$

$$U_{AB} = 6V - 4V$$

$$\underline{\underline{U_{AB} = 2V}}$$

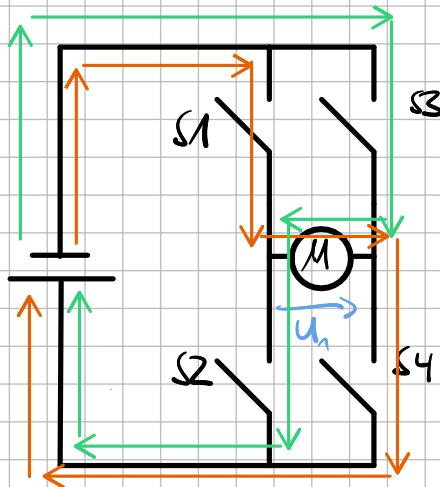
Motor soll in beide Richtungen drehen

1x Motor (M)

1x Spannungsquelle $\frac{U}{T}$

4x Schalter $\neg \neg$

H-Brücke / Brückenschaltung



Kurzschluss G

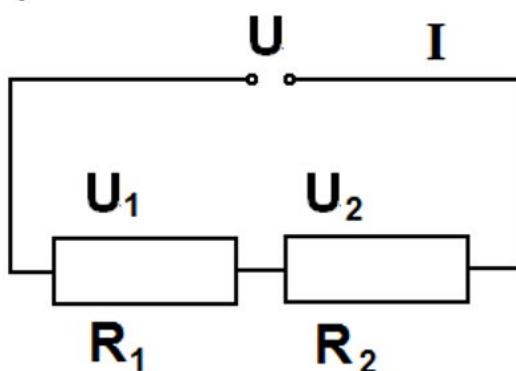
$S_1 = S_4 = ON$	$S_3 = S_2 = OFF$
$U_1 = 10V$	
$S_1 = S_2 = S_3 = S_4 = ON$	
$S_1 = S_2 = S_3 = S_4 = OFF$	
$U_1 = -10V$	

Reih.
U +
R +
I =

Berechne die fehlenden Werte.

Nutze das Ohm'sche Gesetz und einen Taschenrechner.

1)



$$U = 800V + 160V = 960V$$

$$I = 2A$$

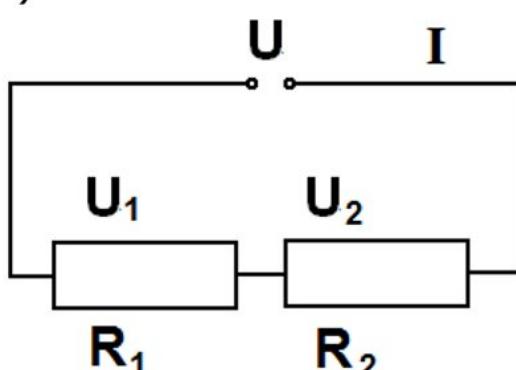
$$U_1 = 400\Omega \cdot 2A = 800V$$

$$U_2 = 80\Omega \cdot 2A = 160V$$

$$R_1 = 400 \Omega$$

$$R_2 = 80 \Omega$$

2)



$$U = 300V + 600V = 900V$$

$$I = 3A$$

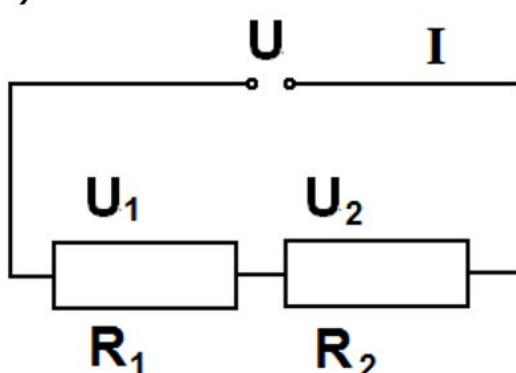
$$U_1 = 100\Omega \cdot 3A = 300V$$

$$U_2 = 200\Omega \cdot 3A = 600V$$

$$R_1 = 100 \Omega$$

$$R_2 = 200 \Omega$$

3)



$$U = 240 V$$

$$I = 0,5A$$

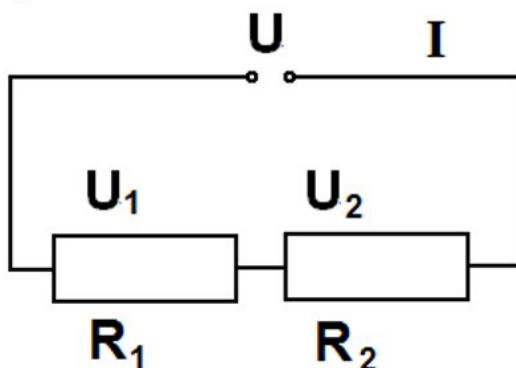
$$U_1 = 240V - 50V = 190V$$

$$U_2 = 100\Omega \cdot 0,5A = 50V$$

$$R_1 = \frac{190V}{0,5A} = 380\Omega$$

$$R_2 = 100 \Omega$$

4)



$$U = 20V + 40V = 60V$$

$$I = 0,2A$$

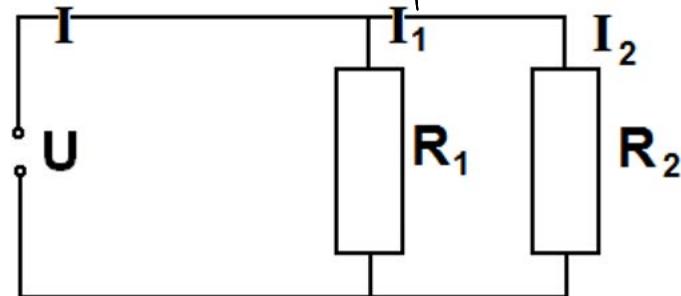
$$U_1 = 100\Omega \cdot 0,2A = 20V$$

$$U_2 = 200\Omega \cdot 0,2A = 40V$$

$$R_1 = 100 \Omega$$

$$R_2 = 200 \Omega$$

5)



$$\frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} =$$

Reziprok

$$U = 1 : \left(\frac{1}{100\Omega} + \frac{1}{50\Omega} \right) \cdot 6A = 200V$$

$$I = \underline{2A + 4A = 6A}$$

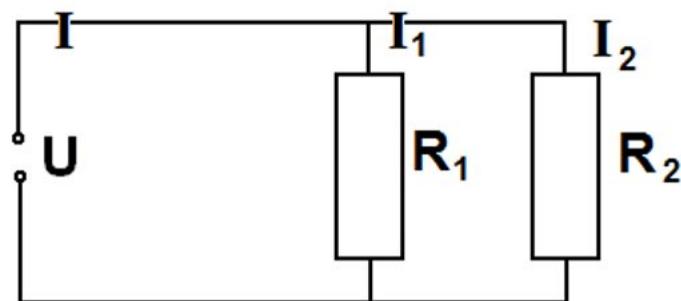
$$I_1 = 2A$$

$$I_2 = 4A$$

$$R_1 = 100\Omega$$

$$R_2 = 50\Omega$$

6)



$$U = 1 : \left(\frac{1}{400\Omega} + \frac{1}{200\Omega} \right) \cdot 1,5A = 200V$$

$$I = 1,5A$$

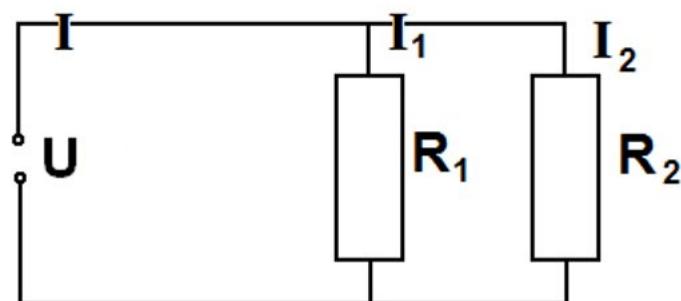
$$I_1 = 0,5A$$

$$I_2 = \underline{1,5A - 0,5A = 1A}$$

$$R_1 = 400\Omega$$

$$R_2 = 200\Omega$$

7)



$$U = \underline{300\Omega \cdot 4A = 1200V}$$

$$I = \underline{4A + 3A = 7A}$$

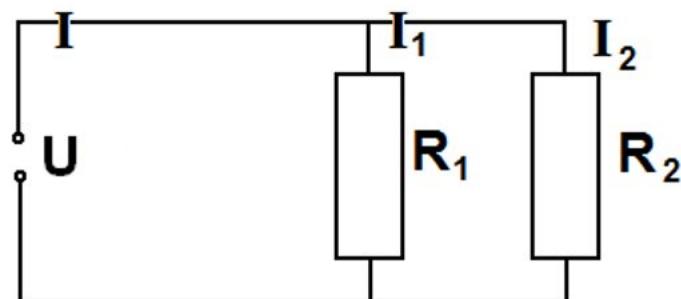
$$I_1 = 4A$$

$$I_2 = \underline{\frac{1200V}{400\Omega} = 3A}$$

$$R_1 = 300\Omega$$

$$R_2 = 400\Omega$$

8)



$$U = \underline{80\Omega \cdot 1A = 80V}$$

$$I = \underline{12A}$$

$$I_1 = \underline{\frac{80V}{400\Omega} = 0,2A}$$

$$I_2 = 1A$$

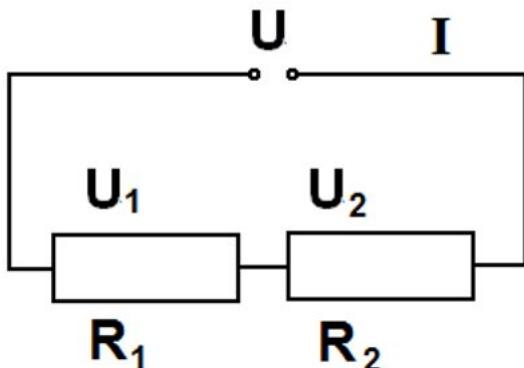
$$R_1 = 400\Omega$$

$$R_2 = 80\Omega$$

$$RG = 1 : \left(\frac{1}{400\Omega} + \frac{1}{80\Omega} \right) = \underline{\frac{200}{3}}$$

Lösung.

1)



$$U = \underline{\hspace{2cm}} \textcolor{red}{960 \text{ V}}$$

$$I = 2 \text{ A}$$

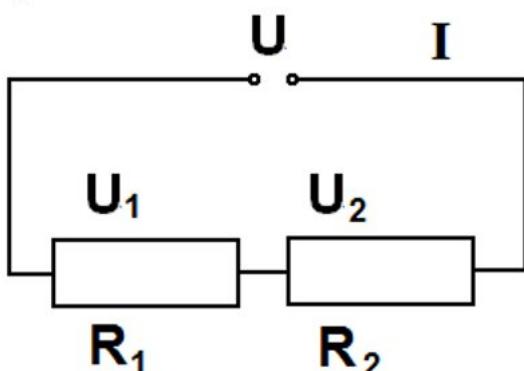
$$U_1 = \underline{\hspace{2cm}} \textcolor{red}{800 \text{ V}}$$

$$U_2 = \underline{\hspace{2cm}} \textcolor{red}{160 \text{ V}}$$

$$R_1 = 400 \Omega$$

$$R_2 = 80 \Omega$$

2)



$$U = \underline{\hspace{2cm}} \textcolor{red}{900 \text{ V}}$$

$$I = 3 \text{ A}$$

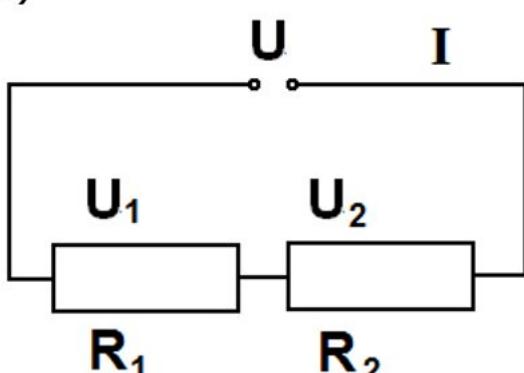
$$U_1 = \underline{\hspace{2cm}} \textcolor{red}{300 \text{ V}}$$

$$U_2 = \underline{\hspace{2cm}} \textcolor{red}{600 \text{ V}}$$

$$R_1 = 100 \Omega$$

$$R_2 = 200 \Omega$$

3)



$$U = 240 \text{ V}$$

$$I = 0,5 \text{ A}$$

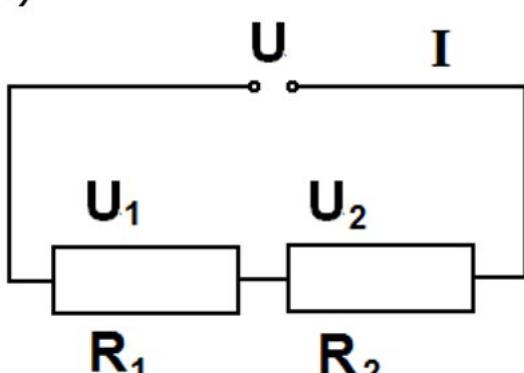
$$U_1 = \underline{\hspace{2cm}} \textcolor{red}{190 \text{ V}}$$

$$U_2 = \underline{\hspace{2cm}} \textcolor{red}{50 \text{ V}}$$

$$R_1 = \underline{\hspace{2cm}} \textcolor{red}{380 \Omega}$$

$$R_2 = 100 \Omega$$

4)



$$U = \underline{\hspace{2cm}} \textcolor{red}{60 \text{ V}}$$

$$I = 0,2 \text{ A}$$

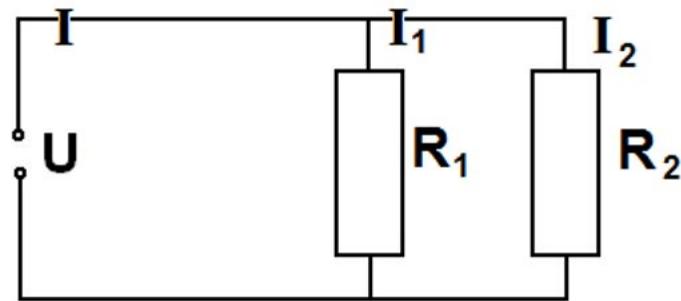
$$U_1 = \underline{\hspace{2cm}} \textcolor{red}{20 \text{ V}}$$

$$U_2 = \underline{\hspace{2cm}} \textcolor{red}{40 \text{ V}}$$

$$R_1 = 100 \Omega$$

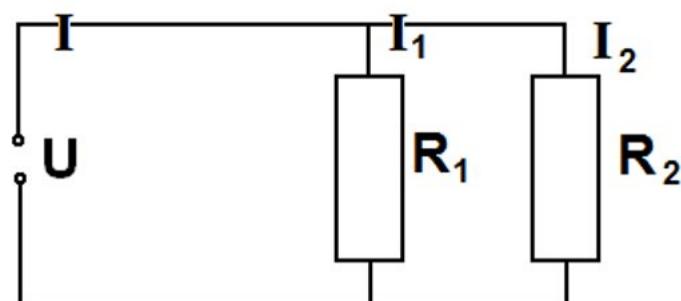
$$R_2 = 200 \Omega$$

5)



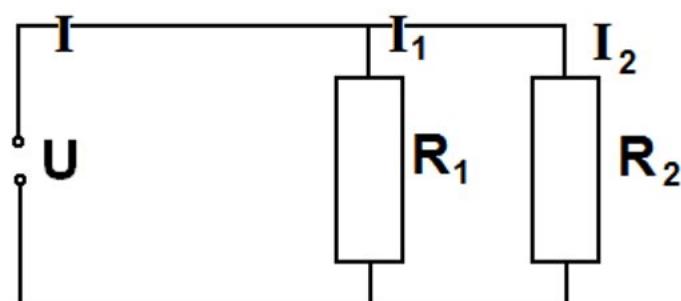
$$\begin{aligned}U &= \underline{\hspace{2cm}} \text{200 V} \\I &= \underline{\hspace{2cm}} \text{6 A} \\I_1 &= 2 \text{ A} \\I_2 &= 4 \text{ A} \\R_1 &= 100 \Omega \\R_2 &= 50 \Omega\end{aligned}$$

6)



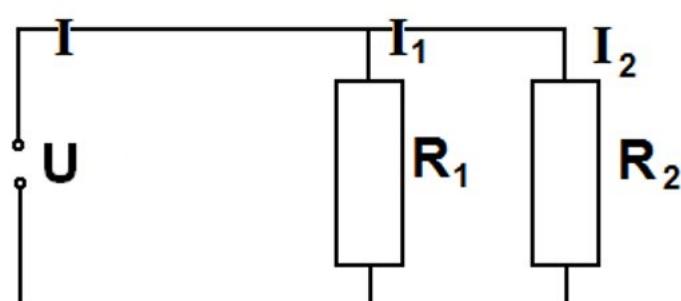
$$\begin{aligned}U &= \underline{\hspace{2cm}} \text{200 V} \\I &= 1,5 \text{ A} \\I_1 &= 0,5 \text{ A} \\I_2 &= \underline{\hspace{2cm}} \text{1 A} \\R_1 &= 400 \Omega \\R_2 &= 200 \Omega\end{aligned}$$

7)



$$\begin{aligned}U &= \underline{\hspace{2cm}} \text{1200 V} \\I &= \underline{\hspace{2cm}} \text{7 A} \\I_1 &= 4 \text{ A} \\I_2 &= \underline{\hspace{2cm}} \text{3 A} \\R_1 &= 300 \Omega \\R_2 &= 400 \Omega\end{aligned}$$

8)



$$\begin{aligned}U &= \underline{\hspace{2cm}} \text{80 V} \\I &= \underline{\hspace{2cm}} \text{1,2 A} \\I_1 &= \underline{\hspace{2cm}} \text{0,2 A} \\I_2 &= 1 \text{ A} \\R_1 &= 400 \Omega \\R_2 &= 80 \Omega\end{aligned}$$



Thema

Kostengünstiges
Bremslicht

E1ME

Grundlagen



()



Wie viele Bremsleuchten haben Automobile?

→ 3

**Thema**

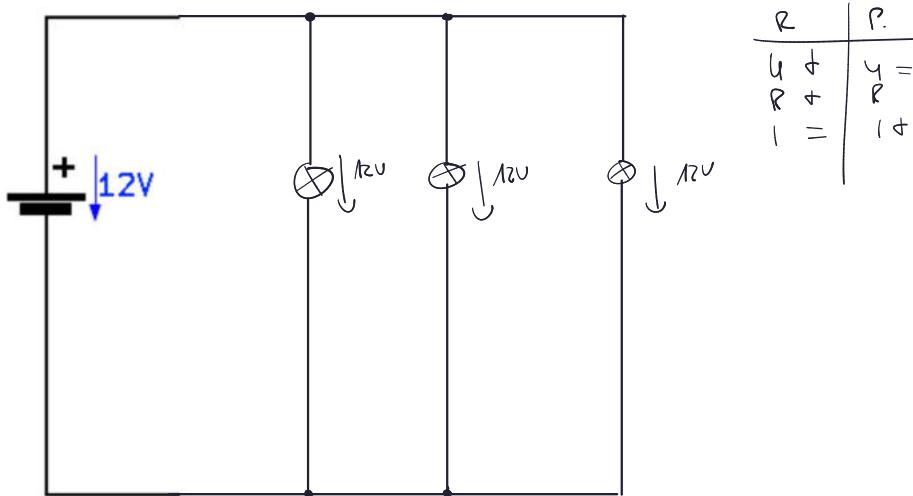
Kostengünstiges Bremslicht

E1ME

Grundlagen

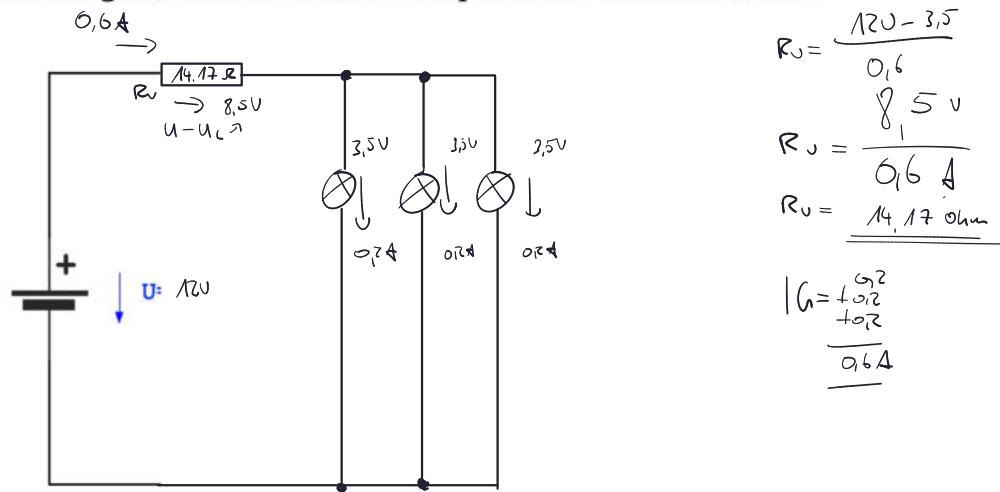


Zeichnen sie die Schaltung der Bremsleuchten. Verwenden Sie eine 12V Batterie und drei 12V Lampen.



Ihre Einkaufsabteilung kann 3,5V / 200mA Lampen super preiswert einkaufen. Deshalb sollen in Zukunft nur noch diese Lampen verwendet werden.

Ändern sie die Schaltung ab, so dass die 3,5V Lampen zum Einsatz kommen!



Berechnen Sie R_v.

$$R_v = 14.17 \Omega$$

Suchen Sie einen geeigneten Widerstand in der E24 Reihe.

$$\rightarrow \text{Nennwert} = 1.5 \cdot 10 = 15 \Omega$$

**Thema**

Kostengünstiges
Bremslicht

E1ME

Grundlagen



Prima! Die Schaltung geht in Serie!



Es kommen Reklamationen! Alle Lämpchen gehen grundsätzlich gleichzeitig kaputt.

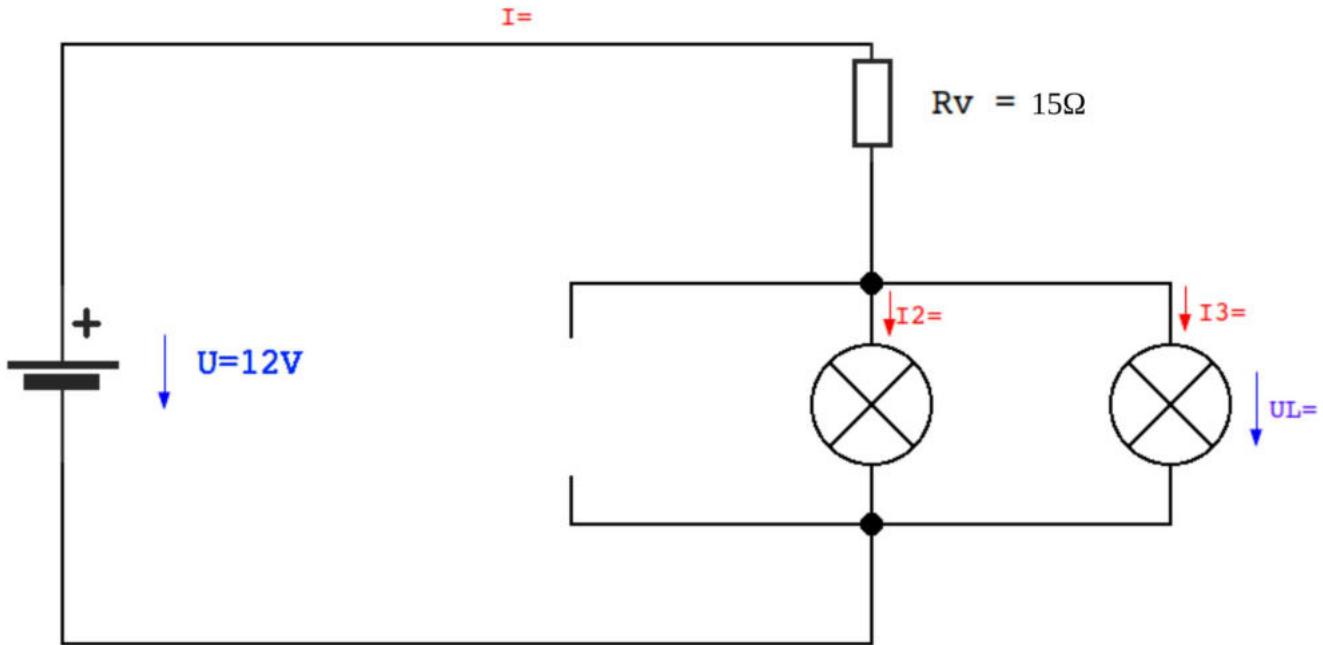


**Thema**Kostengünstiges
Bremslicht**E1ME**

Grundlagen

**Woran liegt das? (eine Lampe defekt)**

$$R_{\text{Lampe}} = 3,5V / 200mA = 17,5\Omega$$



$$R_g = 1 : \left(\frac{1}{17,5} + \frac{1}{17,5} \right) = 8,75 + 15 = \underline{\underline{23,75\Omega}}$$

$$I = \frac{12V}{23,75\Omega} = 509,3mA$$

$$I = I_1 + I_2$$

Da beide Lampen den gleichen Widerstand haben.

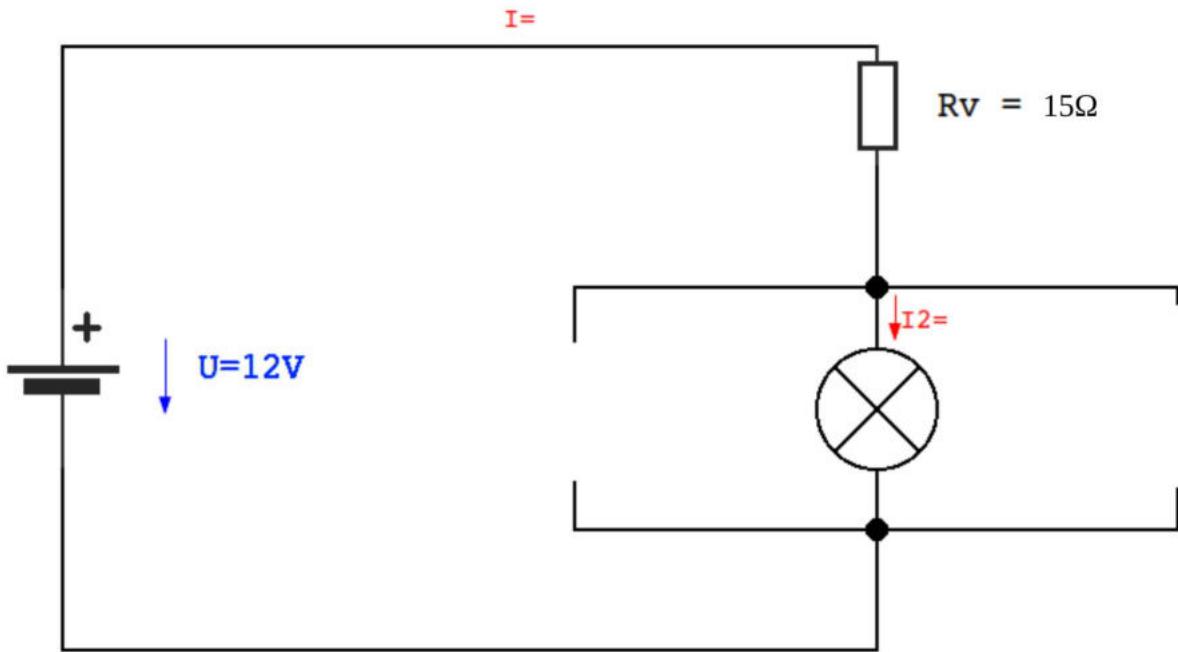
$$I_1 = I_2 = 252,6mA \quad P_{\text{Pr}} \text{ Lampe}$$

$$U_L = R \cdot I_1 = 17,5\Omega \cdot 256,2mA = \underline{\underline{4,4V}}$$

↓
Überlastung

**Thema**Kostengünstiges
Bremslicht**E1ME**

Grundlagen

**Woran liegt das (zwei Lampen defekt)?**

$$R = \frac{U}{I} = \frac{12V}{0,02A} = 600\Omega$$

$$I = \frac{12V}{600\Omega} = 0,02A$$

$$U_L = R \cdot I_2 = 15\Omega \cdot 0,02A = 0,3V \rightarrow \text{Überspannung}$$

Warum gehen alle drei Lampen kaputt?

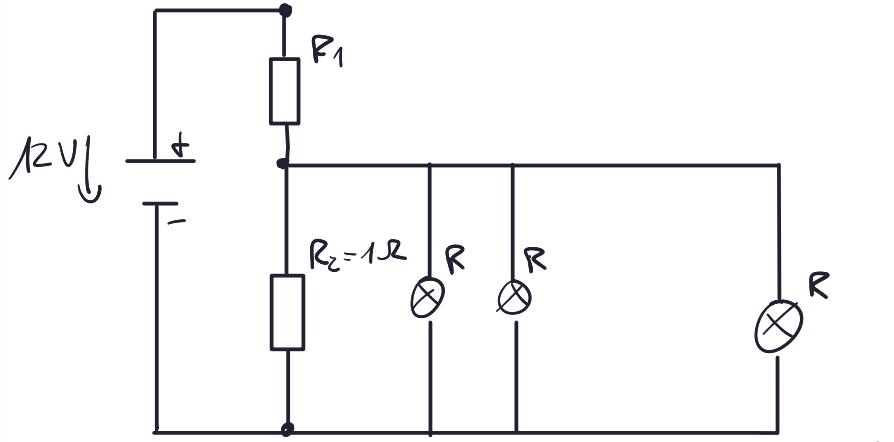
Die Lampen sind für einen Strom von 200mA ausgelegt. Bei Strömen > 200mA wird die Glühwendel sehr heiß und brennt nach kurzer Zeit durch.

**Thema**

Kostengünstiges Bremslicht

E1ME

Grundlagen

**Was können wir dagegen tun?**

$$\frac{1}{R_{2L}} = \frac{1}{1\Omega} + \frac{3}{17.5\Omega} \rightarrow 3 \text{ Lampen}$$

$R_{2L} = 0.9\Omega$

$U_L = 3.5V$

$$\frac{R_1}{R_{2L}} = \frac{12V - U_L}{U_L} = \frac{8.5V}{3.5V}$$

$R_1 = 0.9\Omega * 8.5V / 3.5V$

$R_1 = 2.19\Omega$

Eine Lampe Defekt:

$$\frac{1}{R_{2L}}: \frac{1}{1\Omega} + \frac{2}{17.5\Omega} = 0.9\Omega$$

2 Lampen

$$U_L = 12V \cdot \frac{R_{2L}}{R_1 + R_{2L}} = 12V \cdot \frac{0.9\Omega}{2.19\Omega + 0.9\Omega} = 3.5V$$

$U_L =$

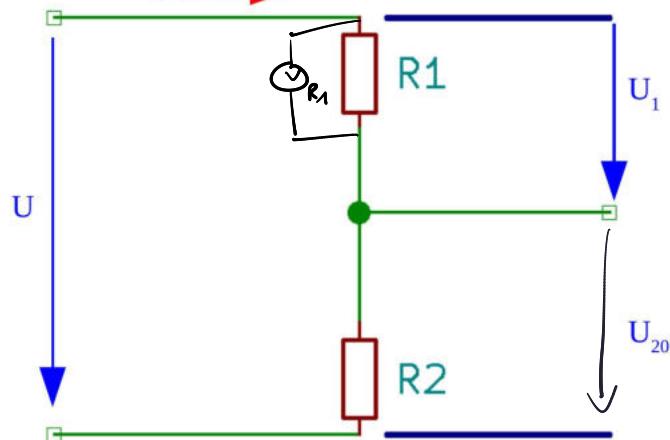
$$I_1 = I_2 = \frac{U}{R} = \frac{3.5V}{17.5\Omega} = 200mA$$

Die Ströme I_1 und I_2 sind unter 200mA und unkritisch.

	Thema Kostengünstiges Bremslicht	E1ME Grundlagen	 MES Max-Eyth-Schule
Zwei Lampen Defekt:			
$\frac{1}{R_{2L}} = \frac{1}{1\Omega} + \frac{1}{17,5\Omega} = 0,95\Omega$ $R_{2L} = \underline{\underline{1\Omega}}$			
$\frac{R_1}{R_{2L}} = \frac{12V - U_L}{U_L} = \frac{8,5V}{3,5V}$ $U_L = 1\Omega \cdot \frac{0,95\Omega}{2,13\Omega + 0,95} = 3,6V$ $U_L = \underline{\underline{3,6V}}$			
$I_1 = \frac{3,6V}{17,5\Omega} = 207mA$			
Der Strom I_1 ist ein wenig zu hoch, jedoch nahe an der Spezifikation von 200mA. Die Lampe wird sehr lange so betrieben werden können.			

**Der unbelastete Spannungsteiler:**

Desto größer die Spannung desto größer der Widerstand.



$$\frac{U_1}{U_{20}} = \frac{R_1}{R_2}$$

↑
Verhältnis muss
gleich bleiben.

Dem unbelasteten Spannungsteiler wird kein Strom entnommen.
Diesen Fall nennt man Lehrlauf. Stromentnahme an R2.

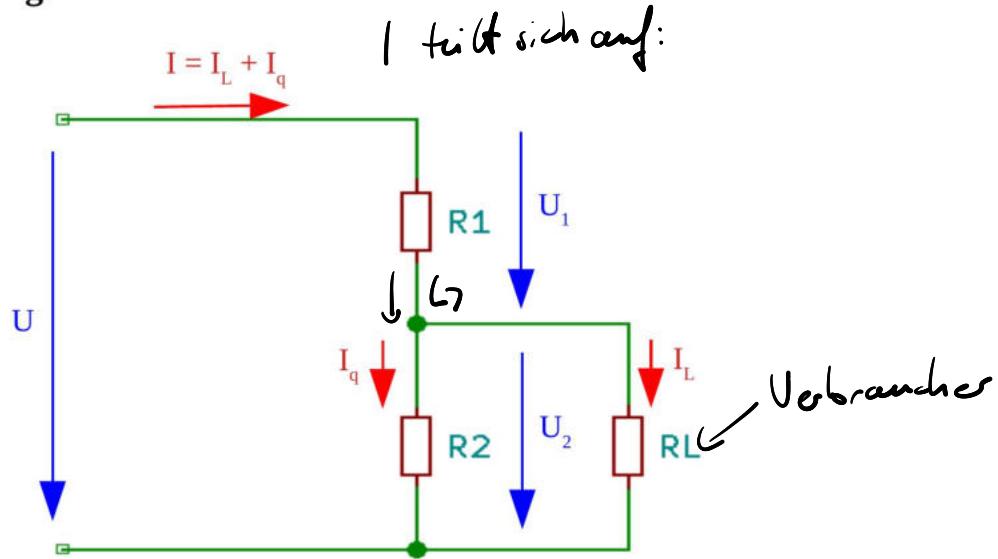
Für die Leerlaufspannung U_{20} gilt:

$$\frac{R_2}{R_g} = \frac{U_{20}}{U} \quad | \cdot U$$

$$U_{20} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * U$$

**Thema**Kostengünstiges
Bremslicht**E1ME**

Grundlagen

**Der belastete Spannungsteiler:**

Eine **belasteter Spannungsteiler** hat einen angeschlossenen Verbraucher R_L der einen Strom I_L entnimmt.

Legende:

R_L	Lastwiderstand
R_1, R_2	Spannungsteiler Widerstände
R_{2L}	Ersatzwiderstand aus R_2 und R_L
I_L	Laststrom
I_q	Querstrom

Durch R_1 fließt der Strom $I = I_L + I_q$. Dieser teilte sich in I_q , der durch R_2 fließt und in I_L , der durch R_L fließt auf.

$$R_{2L} = (R_2 * R_L) / (R_2 + R_L) \quad (\text{Parallelschaltung})$$

Sofern eine Last an einen Spannungsteiler angeschlossen wird, wird der Strom I größer, weil der Ersatzwiderstand R_{2L} aus der Parallelschaltung kleiner ist als R_2 .

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{2L}} &= \frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_2} \mid \cdot R_{2L} \\ 1 &= \frac{R_{2L}}{R_L} + \frac{R_{2L}}{R_2} \mid \cdot R_L \cdot R_2 \\ R_2 \cdot R_L &= R_{2L} \cdot R_2 + R_{2L} \cdot R_L = R_{2L} (R_2 + R_L) \mid : R_2 + R_L \\ R_{2L} &= \frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L} \end{aligned}$$



Thema

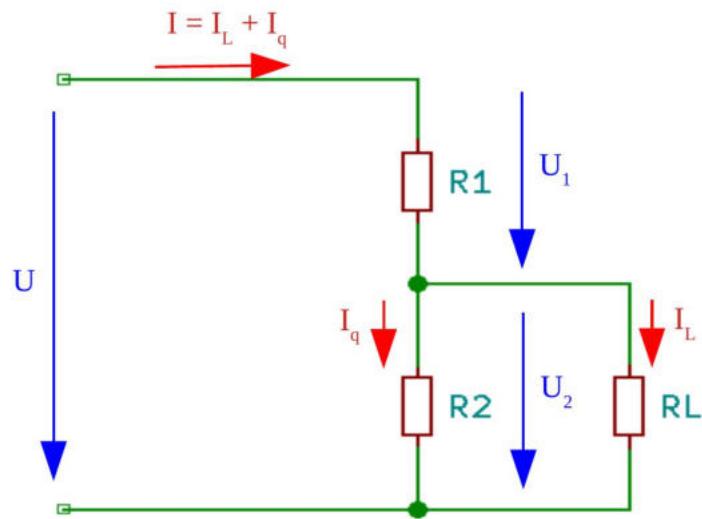
Kostengünstiges
Bremslicht

E1ME

Grundlagen



Der belastete Spannungsteiler:



Querstromverhältnis:

$$R_q = R_2$$

$$q = \frac{I_q}{I_L} = \frac{\frac{U_2}{R_q}}{\frac{U_2}{R_L}} = \frac{R_L}{R_q}$$

($\sim 1\text{A}$)

In der Praxis übliche Querstromverhältnisse liegen bei 2 bis 10.

Formeln belasteter Spannungsteiler:

$$U_2 = U \frac{R_{2L}}{R_1 + R_2}$$

$$R_{2L} = U \frac{R_2 * R_L}{R_2 + R_L}$$

$$q = \frac{I_q}{I_L} = \frac{R_L}{R_2}$$

**Thema**

Kostengünstiges
Bremslicht

E1ME

Grundlagen

**Der belastete Spannungsteiler, Merksätze:**

Je größer das Querstromverhältnis q ist, desto stabiler die Ausgangsspannung des Spannungsteilers.

D.h. je größer der Querstrom I_q gegenüber dem Laststrom I_L desto stabiler ist die Ausgangsspannung des Spannungsteilers.

Ein großer Querstrom I_q bedeutet, dass $R_2 \ll R_L$.

Nachteil des Spannungsteilers:

Unabhängig ob (oder ob nicht) eine Last R_L am Spannungsteiler angeschlossen ist, es fließt immer ein Strom!

↳ nicht mehr so umweltfreundlich



Thema

Kostengünstiges
Bremslicht

E1ME

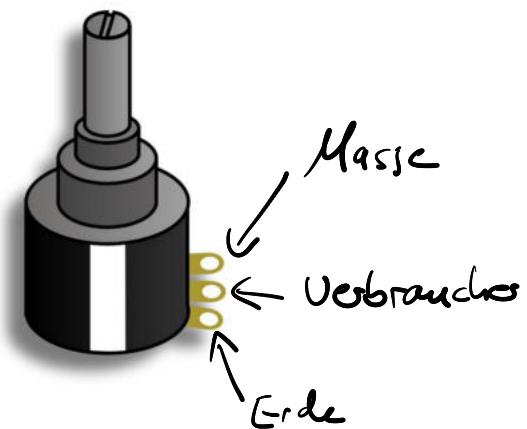
Grundlagen



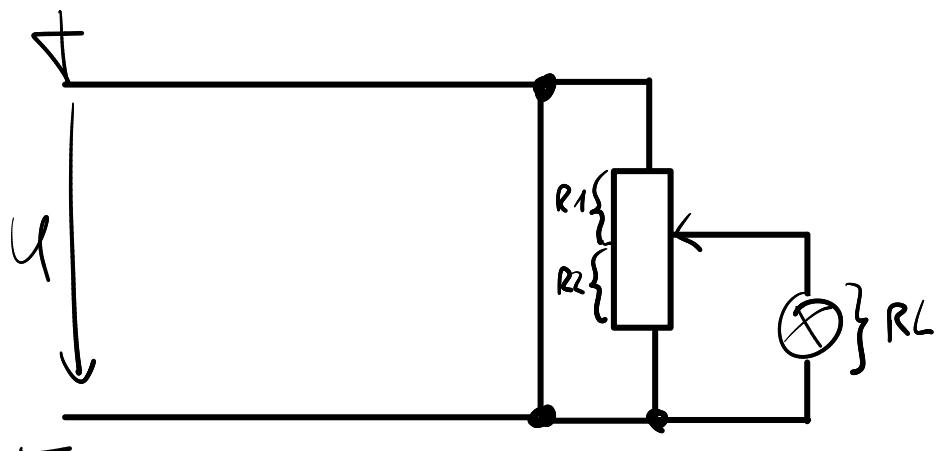
Aufgaben:

Fachkunde Elektrotechnik Seite 41 Abschnitt „Mechanisch veränderbare Widerstände“ durchlesen.

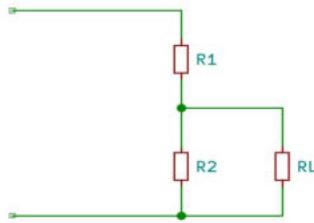
Erklären Sie die Funktionsweise eines Potentiometers.



Rechenbuch S 55 Afg 1 und Afg 2



Reflektion



- Beschreiben Sie das Verhältnis von U_1 und U_2 am unbelasteten Spannungsteiler.

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

- Wie muss R_2 gegenüber RL ausgelegt sein, damit der Spannungsteiler eine stabile Ausgangsspannung bereit stellt.

RL muss sehr viel größer sein. R_2 muss kleiner sein.

- Welchen Nachteil hat ein Spannungsteiler?

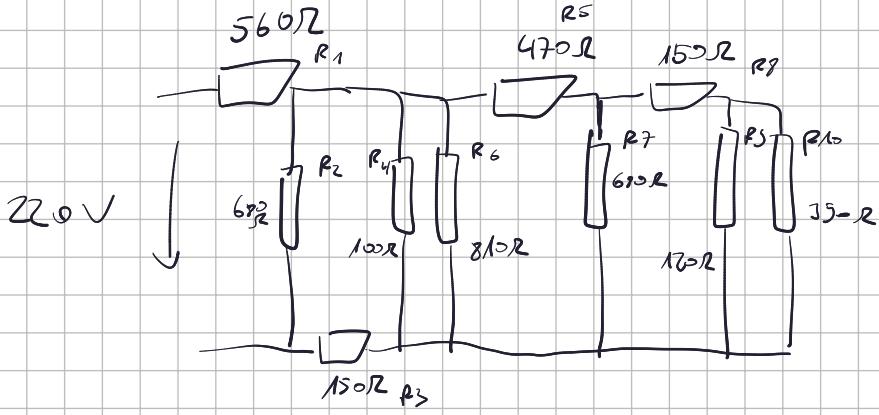
Es fließt immer Strom.

- Kann man einen Spannungsteiler so auslegen, dass man einen beliebigen Verbraucher anschließen kann? (Spannung z.B. 5V)

Nein: Widerstand unterschiedlich groß

- Wie beeinflusst ein sehr hochohmiger Verbraucher an einem Spannungsteiler die Spannung U_2 an R_2 ?

Fast nicht!



$$\begin{array}{c|c} \text{Gleich} & \text{Par} \\ \hline Y & Y \\ R & R \\ 1 & 1 \end{array}$$

$$R_{10,5} = 1 \cdot \left(\frac{1}{330} + \frac{1}{120} \right)$$

$$R_{10,8,7} = \frac{1560}{17} + 150$$

$$R_{10,5,8,7} = 1 \cdot \left(\frac{1}{150} + \frac{1}{690} \right) = 179,35$$

$$R_{10,5,8,7,5} = 179,35 + 470 = 649,35$$

$$R_{10,5,8,7,6,4} = 1 \cdot \left(\frac{1}{170} + \frac{1}{810} + \frac{1}{100} \right) = 78,26$$

$$R_{10,5,8,7,6,4,3} = 78,26 + 150 = 228,26$$

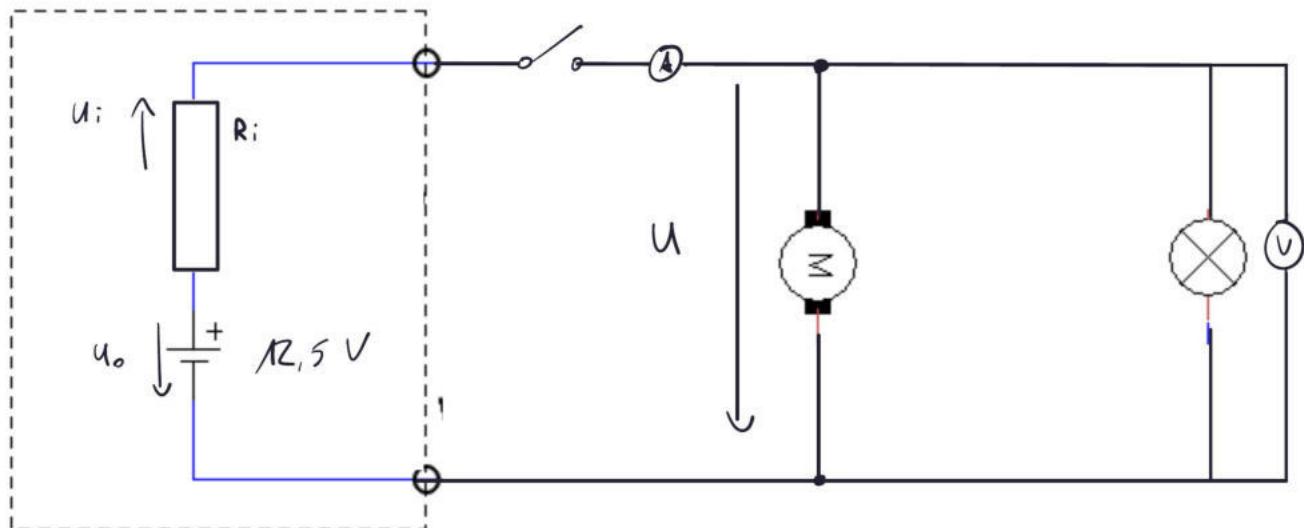
$$R_{10,5,8,7,6,4,3,2} = 1 \cdot \left(\frac{1}{170} + \frac{1}{680} \right) = 170,83$$

$$R_6 = \underline{\underline{730,83 \Omega}}$$



Anlasser Schaltung eines Automobils

(Innenwiderstand von Spannungsquellen)



U_0 : Quellenspannung (Spannung, an der Batterie, ohne R_L , ohne Last)

Jede reell existierende Spannungsquelle hat einen Widerstand R_i (Innenwiderstand)
Dies gilt für: Batterien, Moleküle, Solarzellen, Windkraftwerke, Kraftwerke, usw.

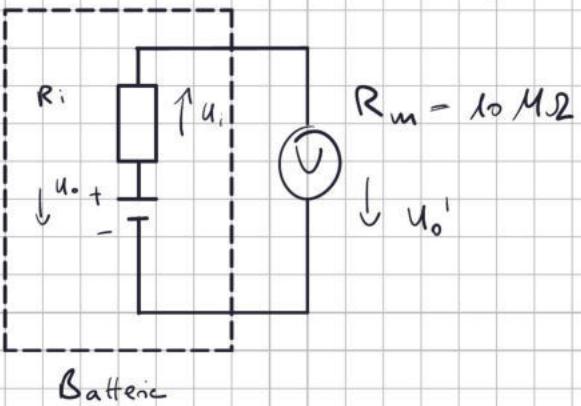
R_i : Innenwiderstand

R_L : Lastwiderstand

$$U_0 = 12.5 \text{ V} \quad U = 11 \text{ V} \quad (\text{Spannung bei geschlossenem Schalter})$$

$$U_i = U_0 - U$$

Messung U_0



$$\left| \begin{array}{l} U_0 + \\ R + \\ I = \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{l} U = \\ R \\ I + \end{array} \right|$$

R_i führt zu einem Messfehler von U_0' .

Beobachtung war:

Strom ging während der Messung von 51 A auf 50 A.

Was ist passiert?

$$R_i = \frac{U_0 - U}{I} = \frac{12,59 \text{ V} - 11 \text{ V}}{50 \text{ A}}$$

$$R_i = 30 \text{ m}\Omega$$

Vorher war $R_i = 27,4 \text{ m}\Omega$

Batterie hat sich entladen.

⇒ Wird eine Batterie entladen, steigt ihr Innenwiderstand.

**Thema**Anlasser
Schaltung**E1ME**

Grundbegriffe Elektrotechnik



Formeln

Spannung an R_i

$$U_i = U_0 - u$$

Ohmsches Gesetz

$$R = \frac{u}{I}$$

Gewissen: $I = 58 A$

Innenwiderstand

$$R_i = \frac{U_i}{I} \quad R_i = \frac{U_0 - u}{I} = \frac{1,55 V}{58 A}$$

Berechnung

$$R_i = 0,027 \Omega = 27,4 m\Omega \quad I = \frac{U_0}{R_i}$$

Die Klemmenspannung u ist bei einer realen Spannungsquelle um den Spannungsabfall an ihrem Innenwiderstand kleiner als die Quellspannung U_0 .

**Thema**Anlasser
Schaltung**E1ME**

Grundbegriffe Elektrotechnik



Übungsaufgabe

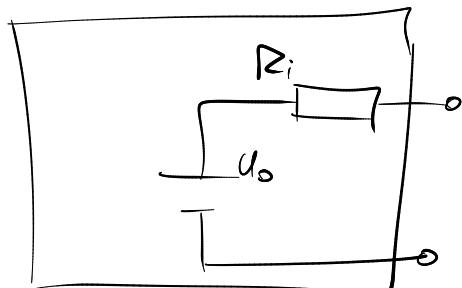
Eine Spannungsquelle hat einen Innenwiderstand von $18\text{m}\Omega$. Ihre Leerlaufspannung wird mit einem Spannungsmesser gemessen. Die Leerlaufspannung beträgt 12V. Der Spannungsmesser hat einen Widerstand von $1\text{M}\Omega$.

$$R_i = 18\text{m}\Omega$$

$$U_0 = 12\text{V}$$

$$R_L = 1\text{M}\Omega$$

a) Zeichnen Sie die Schaltung.



b) Welche Spannung fällt an dem Innenwiderstand ab?

Elh - Kf 2

✓

Farbcodes; Widerstände ✓

Leistung $\checkmark P$ (Formeln z.B. $P = R \cdot I^2$ Herleitung) ✓

↳ Berechnen ✓

Reihen-, Parallelschaltung von Widerständen u. Spannungsquellen.

gemischte Schaltungen → Mannchen

↳ Zusammenfassen / Zeichnen

$$\begin{array}{c|c} U & U = \\ \hline R & R \\ \hline I & I \end{array}$$

Elektrische Arbeit:

Maß, bei dem die Leistung an einem Verbraucher für ein best. Zeit festgelegt wird.

Leistung

$$P = U \cdot I$$

$$U = R \cdot I$$

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

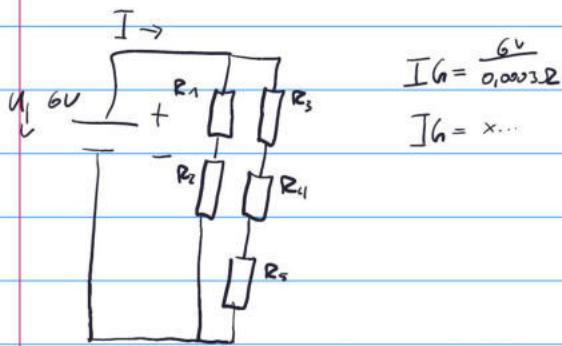
Einheit Watt

Einheitzeichen: W

4: Kohlenschichtwiderstand

5: Metallschichtwiderstand

komische Schaltungen



$$I_G = \frac{6V}{0,00032}$$

$$I_H = x \dots$$

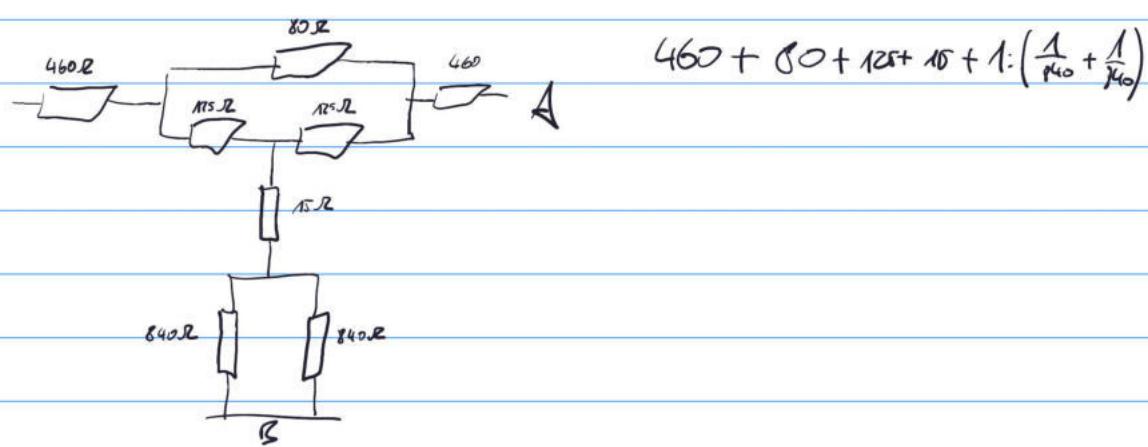
$$R_1 = 100\Omega \quad R_G = 1 \cdot \left(\frac{1}{100+50} + \frac{1}{100+25+200} \right)$$

$$R_2 = 50\Omega$$

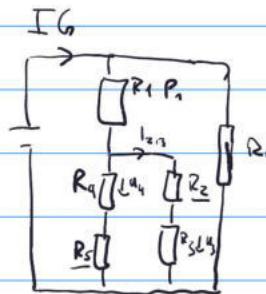
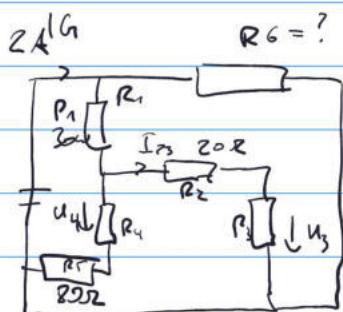
$$R_3 = 16\Omega$$

$$R_4 = 25\Omega$$

$$R_5 = 2\Omega$$



$$460 + 80 + 175 + 15 + 1 \cdot \left(\frac{1}{140} + \frac{1}{140} \right)$$



$$U_2 = 20\Omega \cdot 0.5A$$

$$U_2 = 10V$$

$$U_{2,3} = 10V + 8V$$

$$U_{2,3} = 18V$$

$$U_{2,8} = U_{4,8}$$

$$U_4 = 5V$$

$$5V - 5V = 0V$$

$$U_5 = 0V$$

Paralleler

$$I_1 + I_2$$

$$U_1 = U_2$$

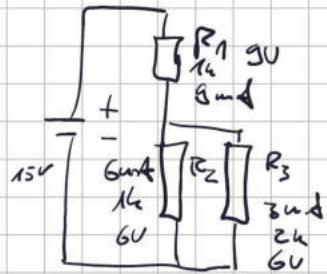
$$1 \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Reihen =

$$I_1 = I_2$$

$$U_1 + U_2$$

$$R_1 + R_2$$



$$R_G = 1000 + 1 : \left(\frac{1}{1000} + \frac{1}{2000} \right)$$

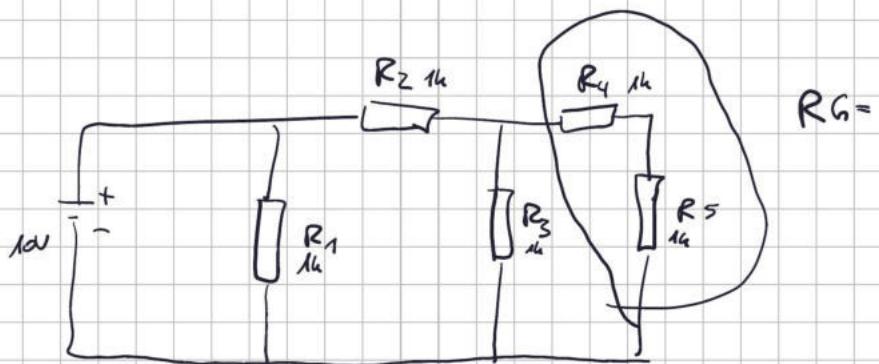
$$U_3 = 2000 - 0,003$$

$$U_3 = 60 = U_2$$

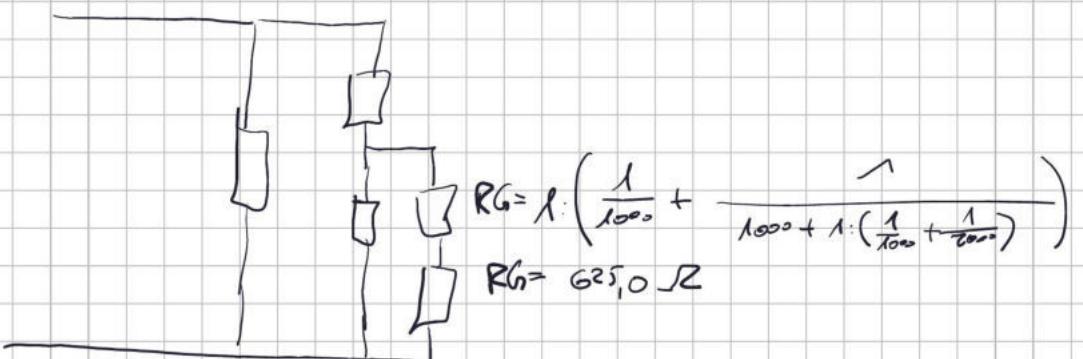
$$U_1 = 1000 \cdot \varphi_{005}$$

$$U_1 = gU$$

$$\begin{array}{r} Y \\ R \\ I \end{array} + \begin{array}{r} Y \\ R \\ I \end{array} = \begin{array}{r} Y \\ R \\ I \end{array} +$$

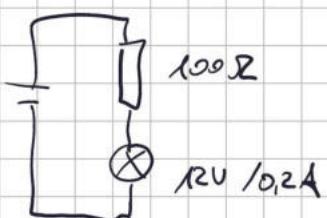


$R_G =$



$$RG = 1 \cdot \left(\frac{1}{1000} + \frac{1}{1000 + 1 \cdot \left(\frac{1}{1000} + \frac{1}{2000} \right)} \right)$$

$$R_6 = 625,0 \text{ m}$$

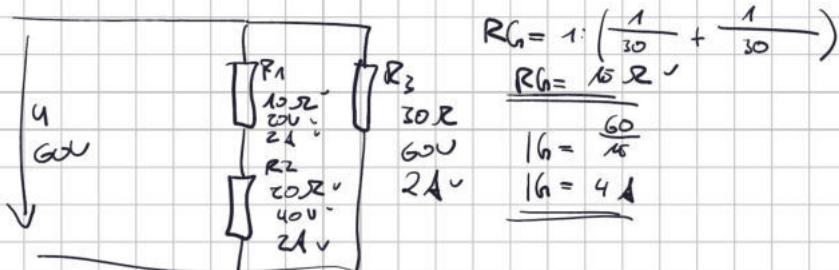
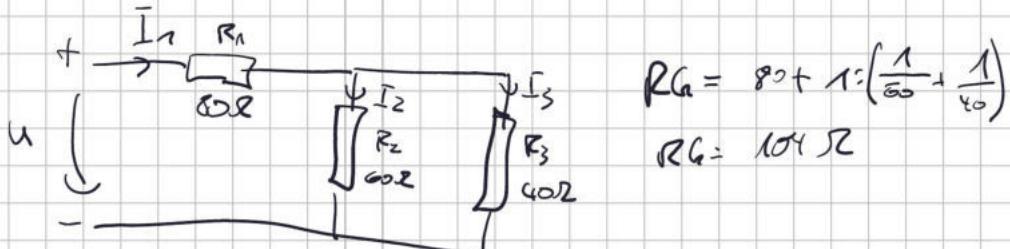


$$100 = \frac{U_{G_0} - 12}{0,2} \quad | \cdot 2$$

$$z_0 = u_{6-12} + i v_{6-12}$$

$$\underline{320=16}$$

$$\begin{array}{r} 32 - 12 \\ \hline 0,2 \end{array}$$



$$P_1 = 0 \cdot 2$$

$$\underline{P_1 = 40W}$$

$$P_2 = 40 \cdot 2$$

$$\underline{P_2 = 80W}$$

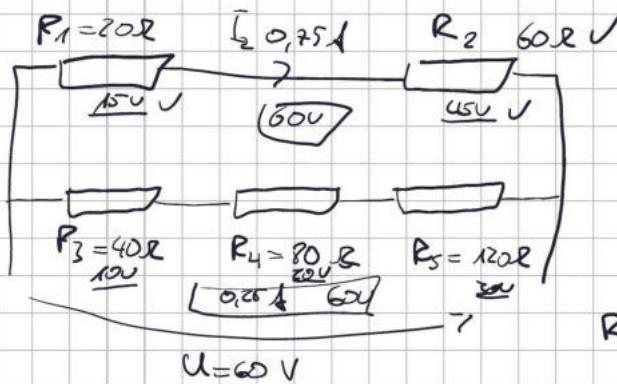
$$P_3 = 60 \cdot 2$$

$$\underline{P_3 = 120W}$$

$$P_G = 60 \cdot 4$$

$$P_G = 240W$$

Rechen
| Punkt/W
U + | U =
R + | R =
I = | I =



R2:

$$U_1 = 20\Omega \cdot 0,75$$

$$U_1 = 15V$$

$$U_2 = 45V$$

$$R_2 = \frac{45}{0,75}$$

$$R_2 = 60\Omega$$

$$R_{3,4,5} = 240\Omega$$

$$I_{3,4,5} = \frac{60V}{240\Omega}$$

$$\underline{0,25A}$$

$$U_3 = 40 \cdot 0,25$$

$$U_3 = 10V$$

$$R_G = 1 \cdot \left(\frac{1}{80\Omega} + \frac{1}{240\Omega} \right)$$

$$\underline{R_G = 60\Omega \checkmark}$$

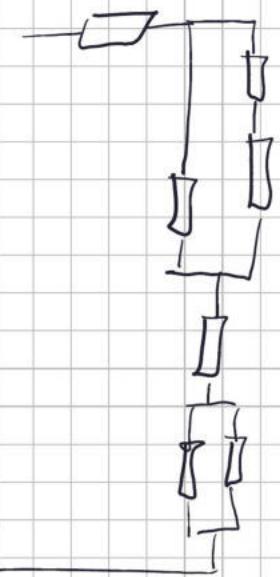
$$P_G = 60 \cdot 1A$$

$$\underline{P_G = 60W \checkmark}$$

$$P = U \cdot I$$

$$P_G = 60V \cdot 1A$$

$$\underline{P_G = 60W}$$

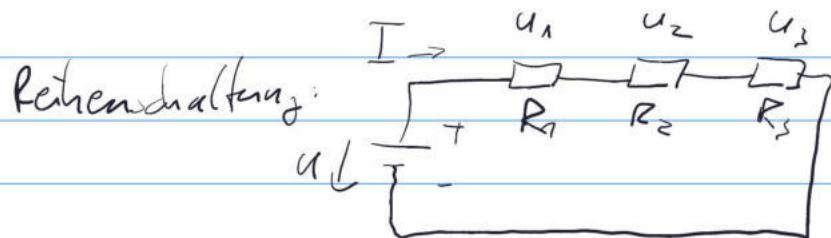


$$R_G = 460 + \left(1 : \left(\frac{1}{116} + \frac{1}{295} \right) \right) + 15 + \left(1 : \left(\frac{1}{840} + \frac{1}{840} \right) \right)$$

$$R_G = 572,6515152 \text{ } \Omega$$

Schaltungen

Mit Widerständen



$$U_h = U_1 + U_2 + U_3$$

$$R_h = R_1 + R_2 + R_3$$

$$I_h = I_1 = I_2 = I_3$$

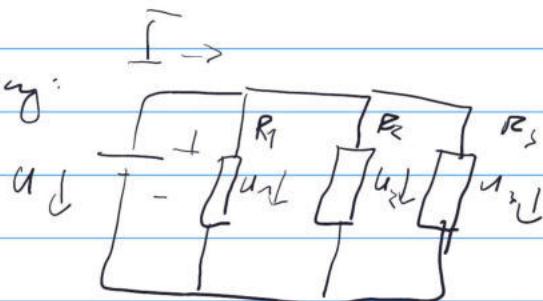
Reih

$$\frac{U}{R} + \frac{U}{R} = \frac{U}{I}$$

Par

$$U = R \cdot I : \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

Parallelschaltung:



$$U_h = U_1 = U_2 = U_3$$

$$I_h = I_1 + I_2 + I_3$$

$$R_h = 1 : \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

Mit Spannquelle

Das gleiche, nur dass U_{o1} und I_{o1} geschrieben wird.

Widerstand

Farbcodierung

4, 5, 6 Farbringe

4, 5 oder 6 Farbringe insgesamt

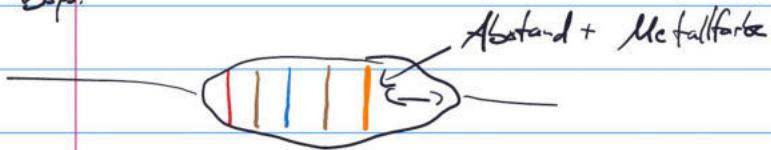
4: Kohlenschicht Widerstand

5: Metallschicht Widerstand

Erkennung:

- letzter Ring oft Metallfarbe + größerer Abstand zu den anderen + größerer Abstand zum Ende.

bsp:



- 5 Farbringe

Rot, Braun, Blau, Braun, Orange

2 1 6 x10 -

$$= 2160 \Omega$$

$$= 2,16 \text{ k}\Omega$$

Wozu?

→ Damit man ihren Widerstand ablesen und zuordnen kann.

Wie viele Farbschicht Tabellen gibt es?

→ 2, einmal für 4 Farbstreifen und eine für 5 und 6 Farbstreifen

Warum nochmal nach dem Messen die Tabelle anschauen?

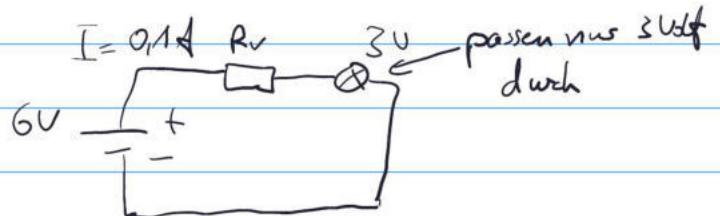
→ Um die Toleranz rauszufinden.

Anderer Bauteile mit Farbcode?

→ Nein, nicht dass ich weiß.

Widerstand berechnen

$$R_V = \frac{U - U_Z}{I}$$



$$R_V = \underline{\underline{\frac{6V - 3V}{0,1A}}}$$

$$\underline{\underline{R_V = 30\Omega}}$$

Leistung

Formelzeichen: P

Einheit: Watt

Einheitenzeichen: W

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

$$P = U \cdot I$$

Umformungen

$$R = \frac{U}{I} / \cdot I$$

$$P = U \cdot I$$

$$U = R \cdot I$$

$$P = (R \cdot I) \cdot I$$

$$P = R \cdot I^2$$

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

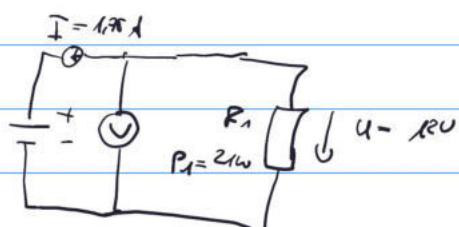
$$P = U \cdot I$$

$$P = U \cdot \frac{U}{R}$$

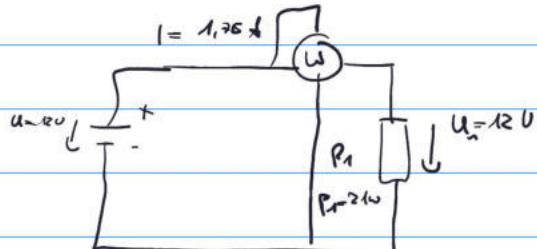
$$P = \frac{U^2}{R}$$

Messungen der Leistung:

Indirekte Leistungsmessung:



Dirkt Leistungsmessung:



Rechnung:

$$P = U \cdot I$$

$$P = 12 \cdot 1,75$$

$$\underline{\underline{P = 21 \text{ W}}}$$

Rechnung:

$$P_i = U_i \cdot I$$

$$P_i = 2 \cdot 1,75$$

$$\underline{\underline{P_i = 21 \text{ W}}}$$

Elektrische Arbeit

Formelzeichen: w

$$w = U \cdot I \cdot t \text{ (insek)}$$

Einheitenname: Wattsekunde

Einheitenzeichen: Ws

Formel:

$t = \text{Zeit in Sekunden}$

$$w = U \cdot I \cdot t$$

Die elektrische Arbeit ist ein Maß für die Leistung, die an einem Verbraucher für eine bestimmte Zeit umgesetzt wird.

$$U = R \cdot I$$

$$1 \text{ V} = 3600$$

$$w = U \cdot I \cdot t$$

$$1 \text{ kWh}$$

$$1000 \cdot 3600 = 3.600.000 \text{ Ws} = 1 \text{ kWh}$$

$$w = R \cdot I^2 \cdot t$$

$$w = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

$$1 \text{ kWh}$$

$$60 \text{ sek.} \cdot 60 \text{ sek.} = 3600 \text{ s} = 1 \text{ Stunde}$$

$$1 \cdot 1000 \text{ W} \cdot 60 \cdot 60$$

$$1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3.600.000 \text{ Ws} = 1 \text{ kWh}$$



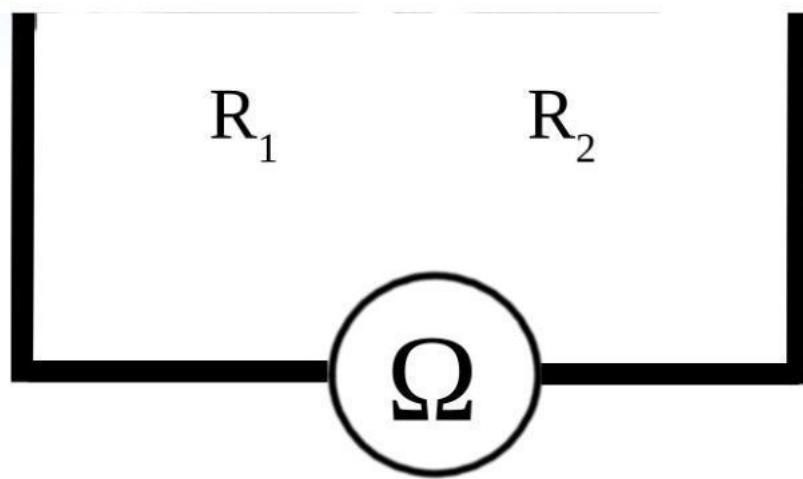
Wir zeichnen Widerstände

Wir zeichnen eine Reihenschaltung

Zutaten:

- 1x Blatt Papier
- 1x weicher Bleistift mit runder Spitze
- 1x Widerstandsmessgerät

Zeichnen Sie die beiden Widerstände in Reihenschaltung = Spannungsteiler.
Schließen sie ein Widerstandsmessgerät an.



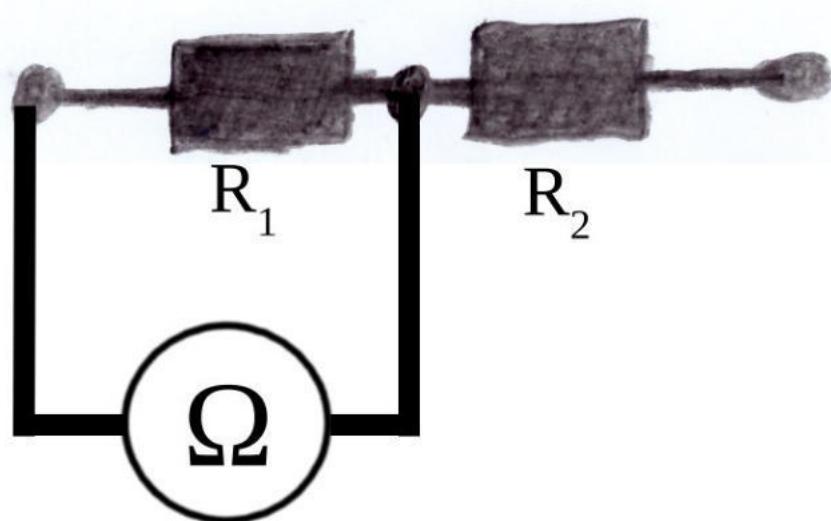
Messen Sie den Gesamtwiderstand R_G :

$$R_g =$$



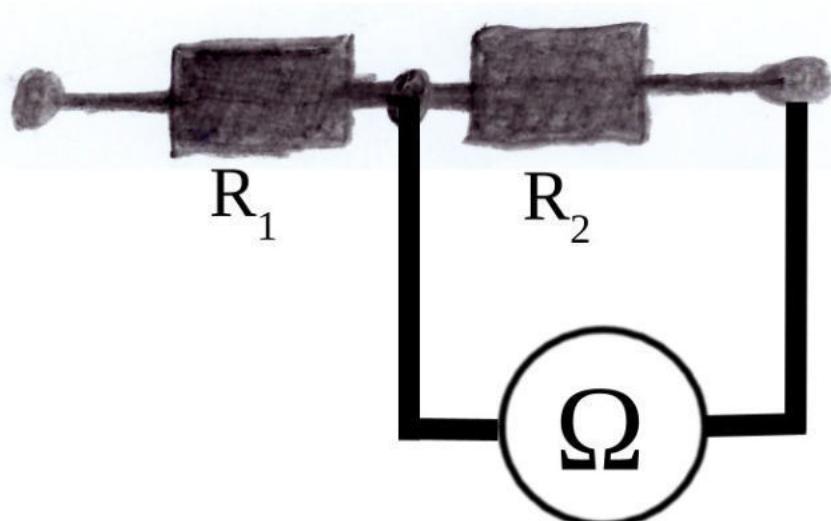
Wir zeichnen Widerstände

Messen Sie R_1 :



$$R_1 =$$

Messen Sie R_2 :



$$R_2 =$$

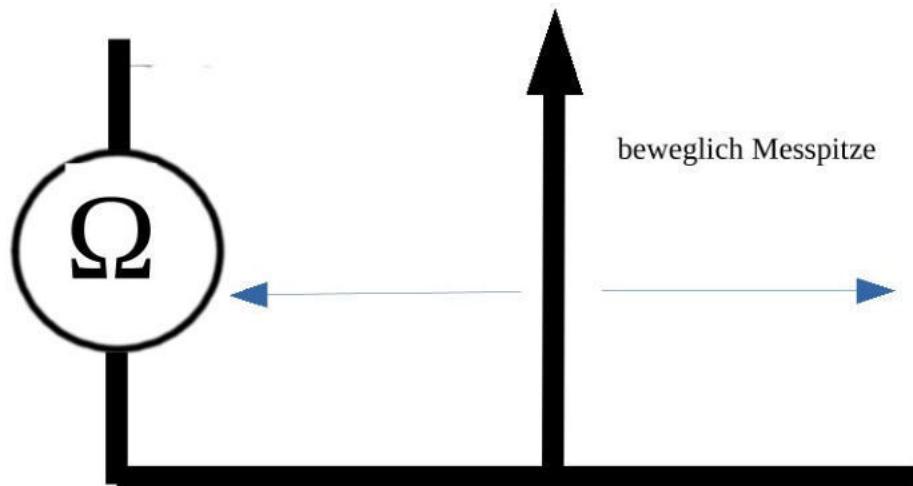


Wir zeichnen Widerstände

Die Werte sind vom Zahlenwert nicht gleich. Woran könnte das liegen?

Wie verändert sich der Widerstand wenn man die eine Messspitze, z.B. die rechte auf die andere (linke) Messspitze zu bewegt?

Dann könnte man doch auf die Widerstände in der Zeichnung verzichten:

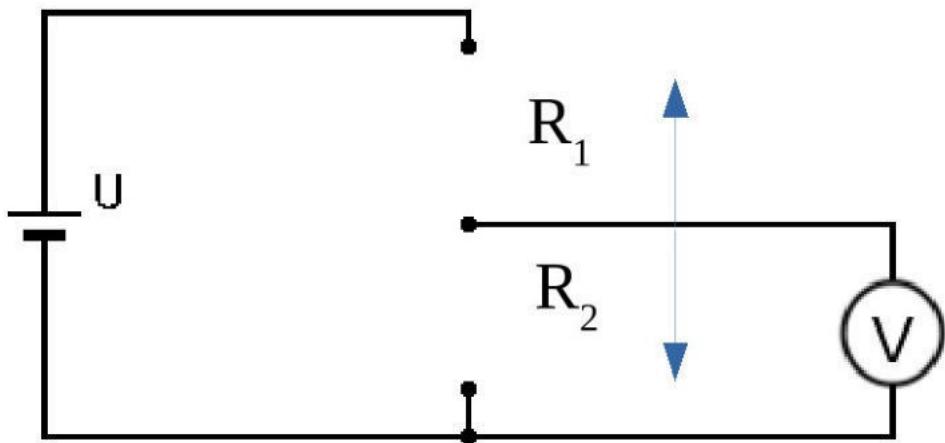


Wie verändert sich der Widerstand wenn die Spitze nach links oder nach rechts bewegt wird?



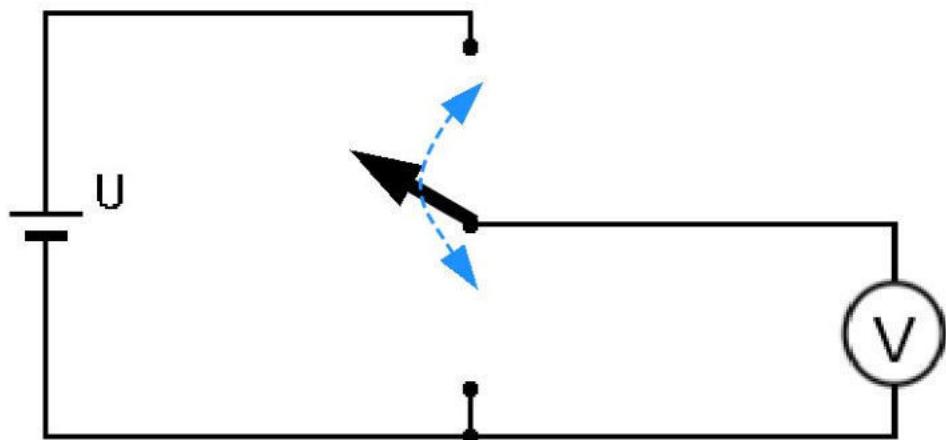
Wir zeichnen Widerstände

Kann man daraus eine Potentiometer bauen?



Je nach eingestellter „Höhe“ des Abgriffs wird R_2 größer und R_1 kleiner oder umgekehrt.

Gebogene Bauform:



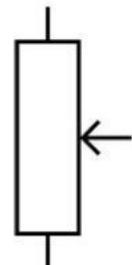


Wir zeichnen Widerstände

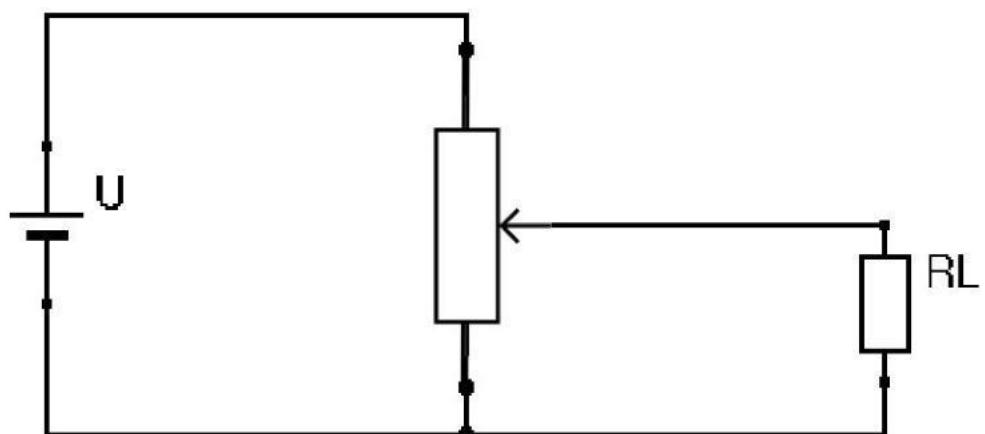
Das Potentiometer



Schaltsymbol



In der vorangegangenen Schaltung:





Zitronenbatterie
(Reihen- und Parallelschaltung von Spannungsquellen)

Wir bauen eine Batterie

Zutaten:





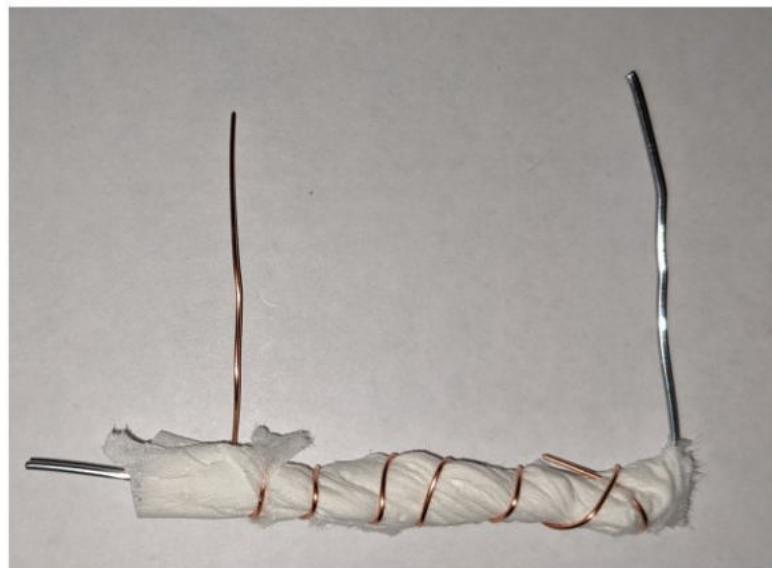
1. Schritt



2. Schritt

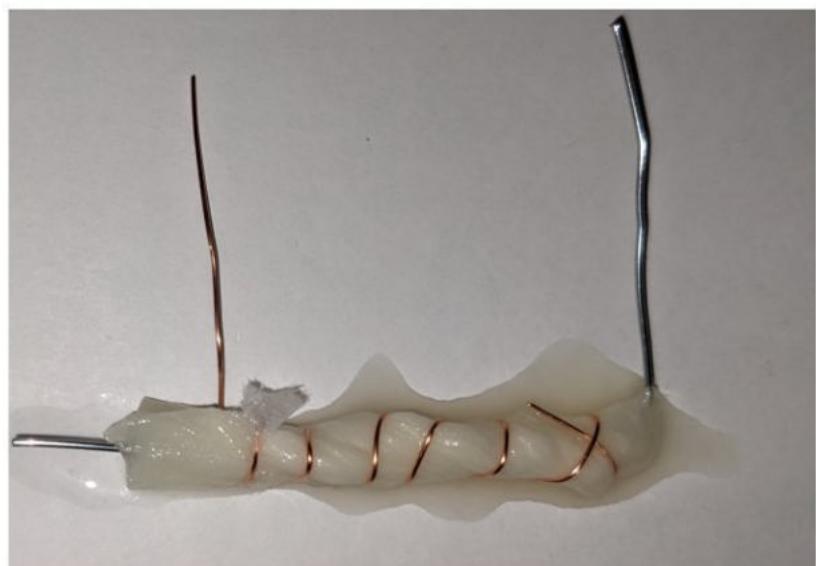


3. Schritt



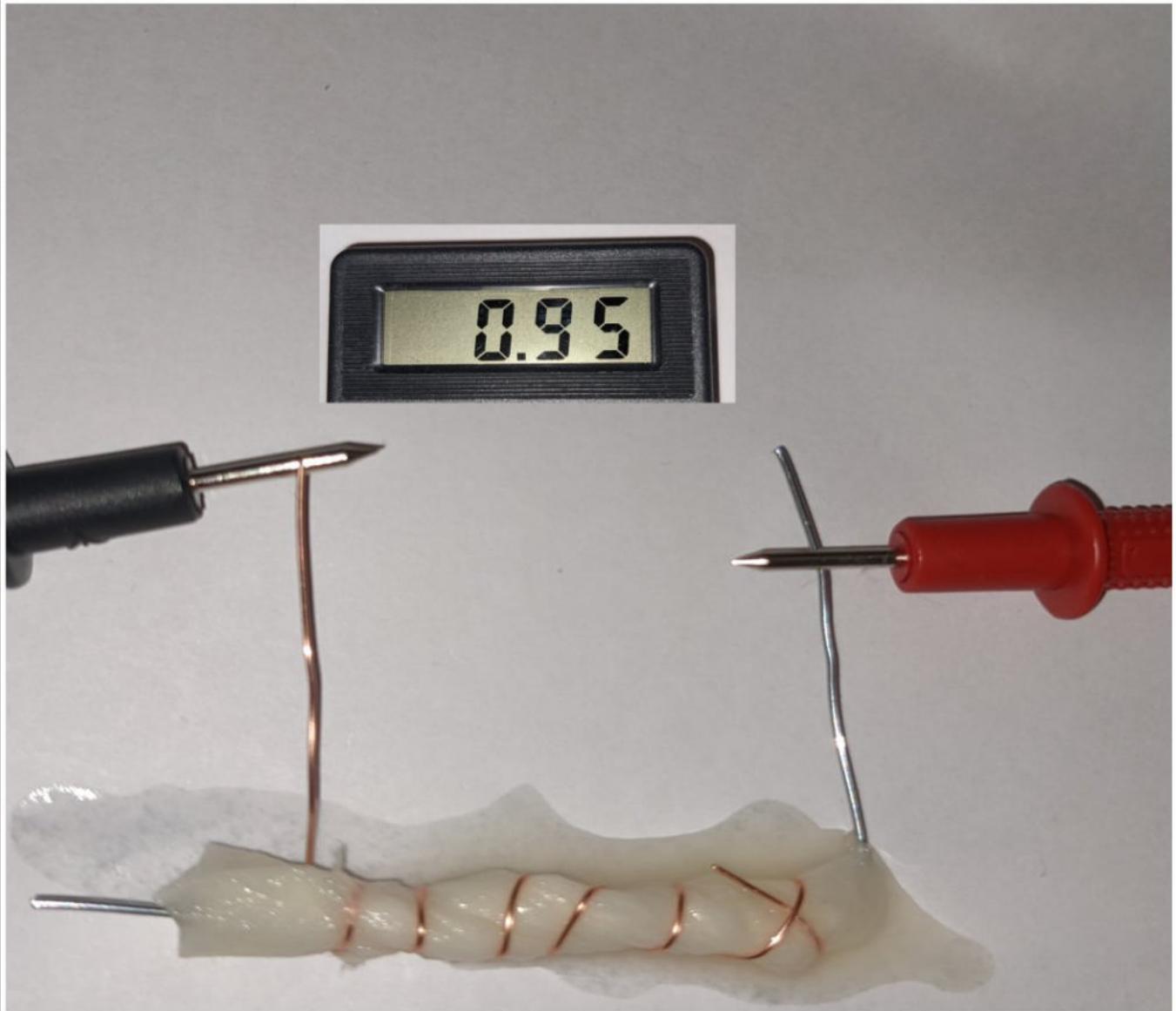


4. Schritt





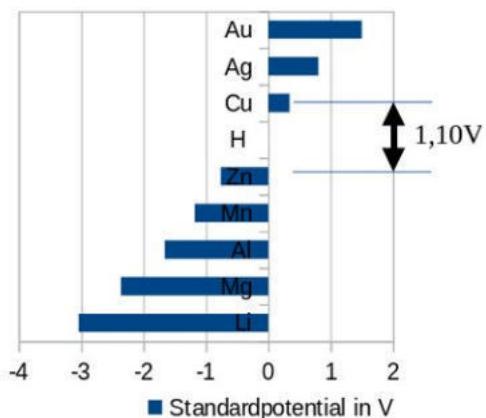
Messen der Spannung





Elektrochemische Spannungsreihe

Element Name	Element Symbol	Standardpotential in V
Gold	Au	1,5
Silber	Ag	0,8
Kupfer	Cu	0,34
Wasserstoff	H	0
Zink	Zn	-0,76
Mangan	Mn	-1,18
Aluminium	Al	-1,66
Magnesium	Mg	-2,36
Lithium	Li	-3,04



Unsere Batterie ist ein galvanisches Element. Sie gewinnt elektrische Energie aus chemischer Energie.

Der Spannungsunterschied an den Polen (Anschlüssen) kann über die Elektrochemische Spannungsreihe ermittelt werden.

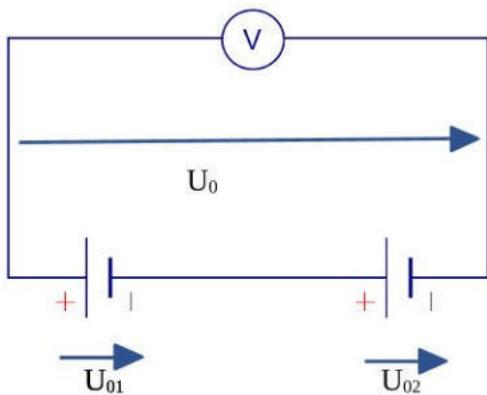
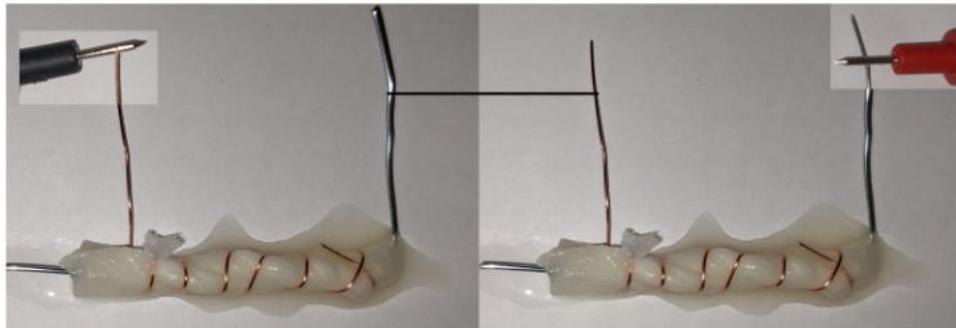
$$U_0 = E^0_{\text{Cu}} - E^0_{\text{Zn}} = +0,34\text{V} - (-0,76\text{V}) = 1,1\text{V}$$

Wo befindet sich der Plus-Pol unserer Batterie?

Wo der Minus-Pol?



Schalten Sie 2 oder mehrere Batterien in Reihe (Spannungsquellen in Reihe)

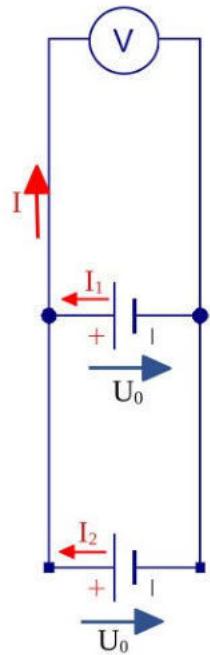


Wie verhält sich die Spannung?

Wie verhält der Strom?



Schalten Sie 2 oder mehrere Batterien (Spannungsquellen in Reihe)



Wie verhält sich die Spannung?

Wie verhält sich der Strom?



Die unbekannten Bauteile

Aufgabe für den „Lehrling“:



Ihr Kollege:

„Ich habe ein Paket erhalten. Könnten Sie die Bauteile im Labor einsortieren?“

Sie:

„Ja, sehr gerne.“

Nehmen das Paket entgegen und wollen gerade ein Frage stellen....

Ihr Kollege:

„Sie würden mir damit sehr helfen. Ich muss jetzt sofort in eine sehr wichtige Besprechung, kriegen sie das hin“
Er verlässt eilig den Raum ..

Sie:

Schauen in das Paket.





Die unbekannten Bauteile

In der Kiste:



Was sind das für Bauteile?

Benutzen Sie ggf. eine Suchmaschine im Internet.

Welche Worte geben Sie in der Suchmaschine ein?

Welchen Namen hat das Bauteil?

Welche Bedeutung haben die Farbstreifen?

Welchen Namen haben die Farbstreifen Farbstreifen?

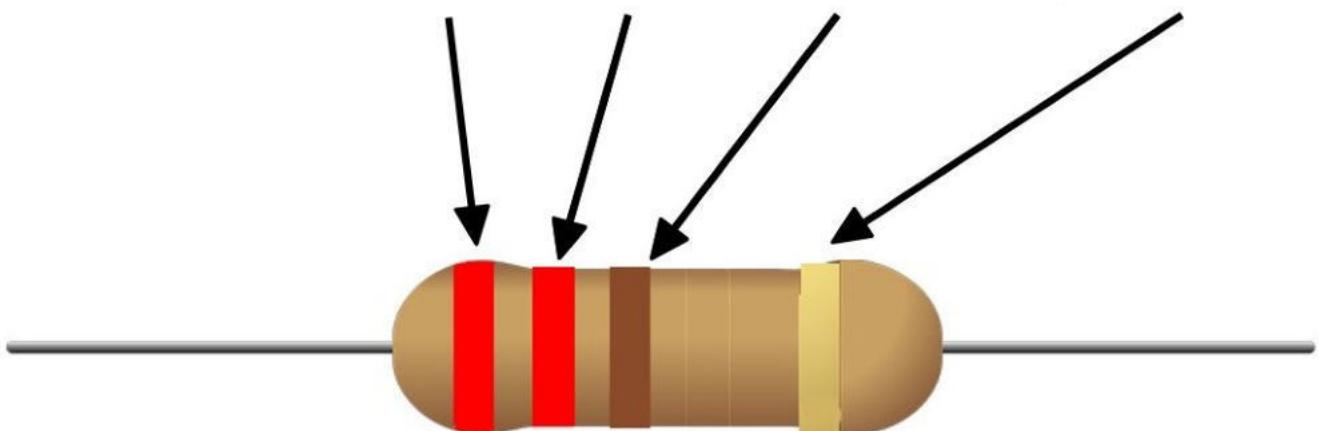


Die unbekannten Bauteile

Widerstandfarbcodes-Tabelle:

Für Widerstände mit 4 Farbringern:

Farbe	1. Ring (1. Ziffer)	2. Ring (2. Ziffer)	3. Ring (Multiplikator)	4. Ring (Toleranz)
schwarz	0	0	x 1	-
braun	1	1	x 10	±1%
rot	2	2	x 100	±2%
orange	3	3	x 1.000	-
gelb	4	4	x 10.000	-
grün	5	5	x 100.000	±0,50%
blau	6	6	x 1.000.000	±0,25%
violett	7	7	x 10.000.000	±0,10%
grau	8	8	x 100.000.000	-
weiß	9	9	x 1.000.000.000	-
gold	-	-	x 0,1	±5%
silber	-	-	x 0,01	±10%
keine	-	-	-	±20%





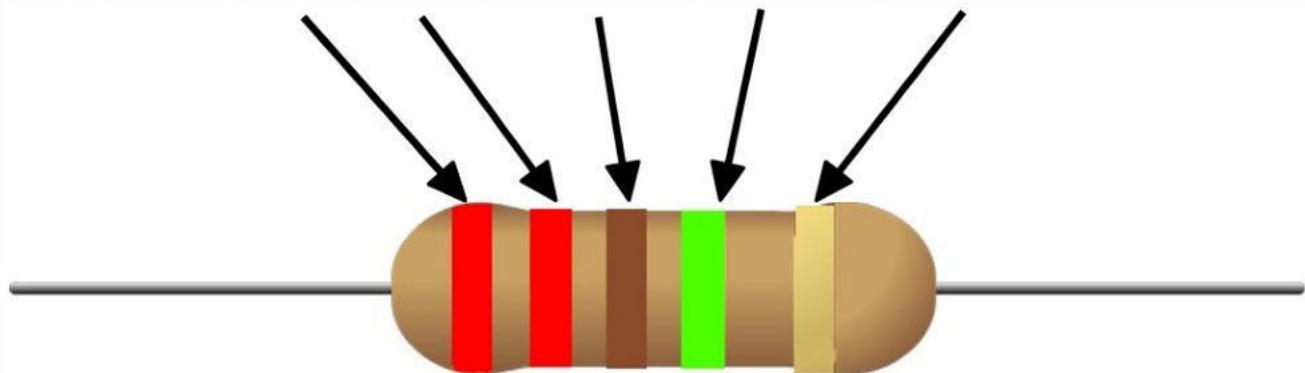
Die unbekannten Bauteile

Widerstandfarbcodes-Tabelle:

Für Widerstände mit 5 -6 Farbringern:

optional


Farbe	1. Ring (1. Ziffer)	2. Ring (2. Ziffer)	3. Ring (3. Ziffer)	4. Ring (Multiplikator)	5. Ring (Toleranz)	6. Ring (Temperaturkoeffizient)
schwarz	-	0	0	x 1	-	$200 \times 10^{-6}/K$
braun	1	1	1	x 10	$\pm 1\%$	$100 \times 10^{-6}/K$
rot	2	2	2	x 100	$\pm 2\%$	$50 \times 10^{-6}/K$
orange	3	3	3	x 1000	-	$15 \times 10^{-6}/K$
gelb	4	4	4	x10000	-	$25 \times 10^{-6}/K$
grün	5	5	5	x 100000	$\pm 0,50\%$	$20 \times 10^{-6}/K$
blau	6	6	6	x 1000000	$\pm 0,25\%$	$10 \times 10^{-6}/K$
violett	7	7	7	x 10000000	$\pm 0,10\%$	$5 \times 10^{-6}/K$
grau	8	8	8	-	-	$1 \times 10^{-6}/K$
weiß	9	9	9	-	-	-
gold	-	-	-	x 0,1	$\pm 5\%$	-
silber	-	-	-	x 0,01	$\pm 10\%$	-
keine	-	-	-	-	$\pm 20\%$	-





Die unbekannten Bauteile

Wie gehen wir vor?

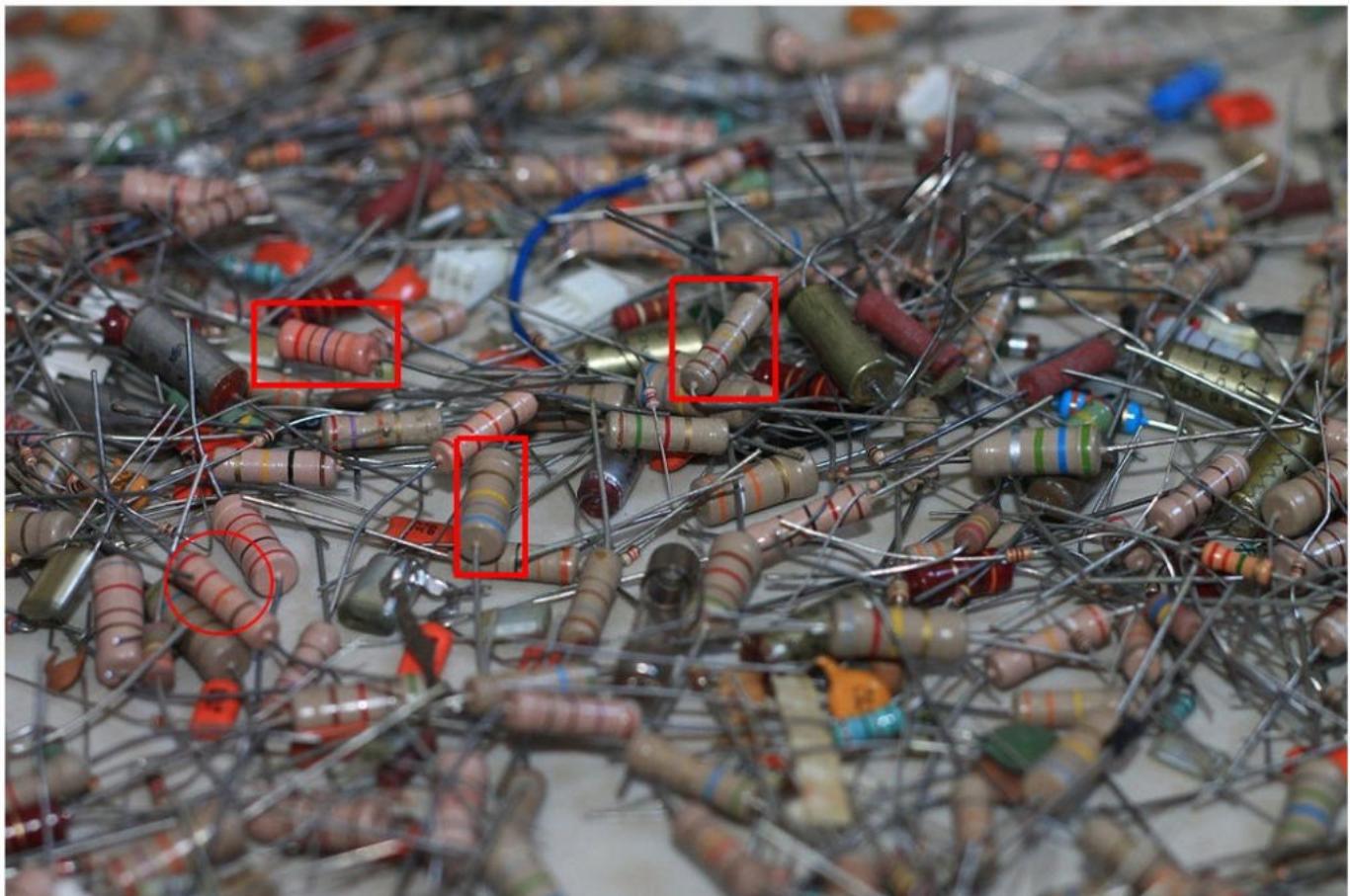
1. Handelt es sich wirklich um einen Widerstand?
2. Abzählen der Farbringe.
→ 4-Farbringe = Kohleschichtwiderstand (üblicherweise)
→ 5-Farbringe = Metallschichtwiderstand (üblicherweise)
3. Auswählen der Widerstandfarbcode-Tabelle.
4. Welcher Ring ist der erste? Welcher der letzte?
→ Der letzte Ring hat oft eine Metallfarbe.
→ Der letzte Ring hat oft einen größeren Abstand zu den anderen.
→ Der letzte Ring hat oft einen größeren Abstand zum Bauteilende.
→ Messen z.B. mit Widerstandsmessgerät.
5. Beim ersten Ring beginnen und gemäß der Tabelle den Wert und die Toleranz des Widerstandes ermitteln.



Die unbekannten Bauteile

Aufgabe 1:

Bestimmen Sie die Widerstände.

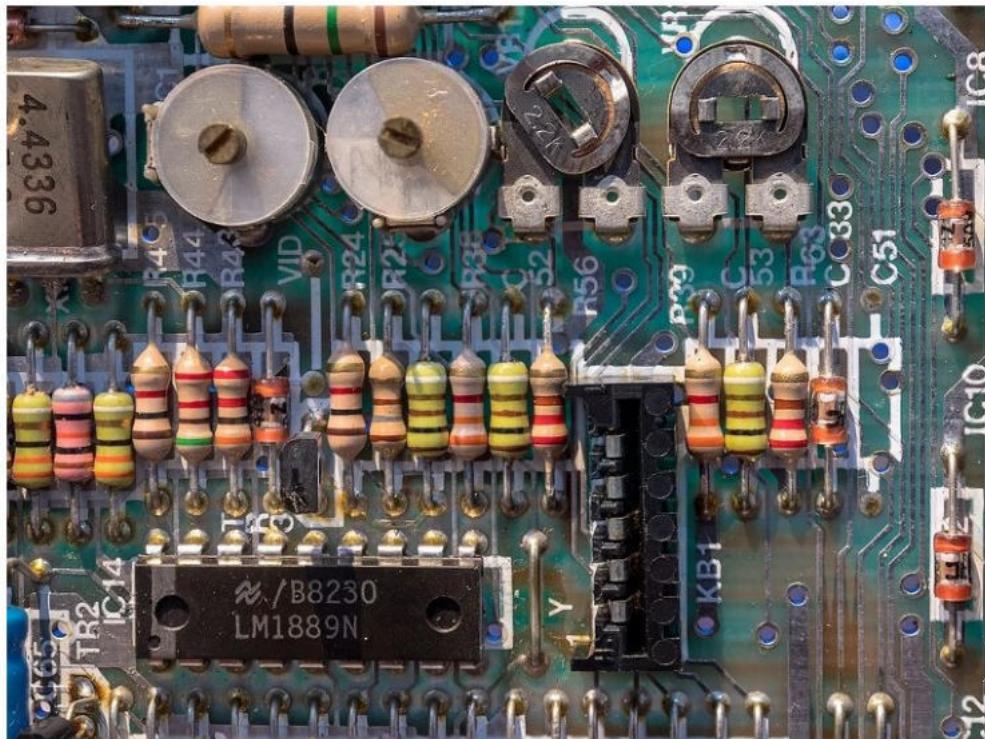




Die unbekannten Bauteile

Aufgabe 2:

Bestimmen Sie die Widerstände.

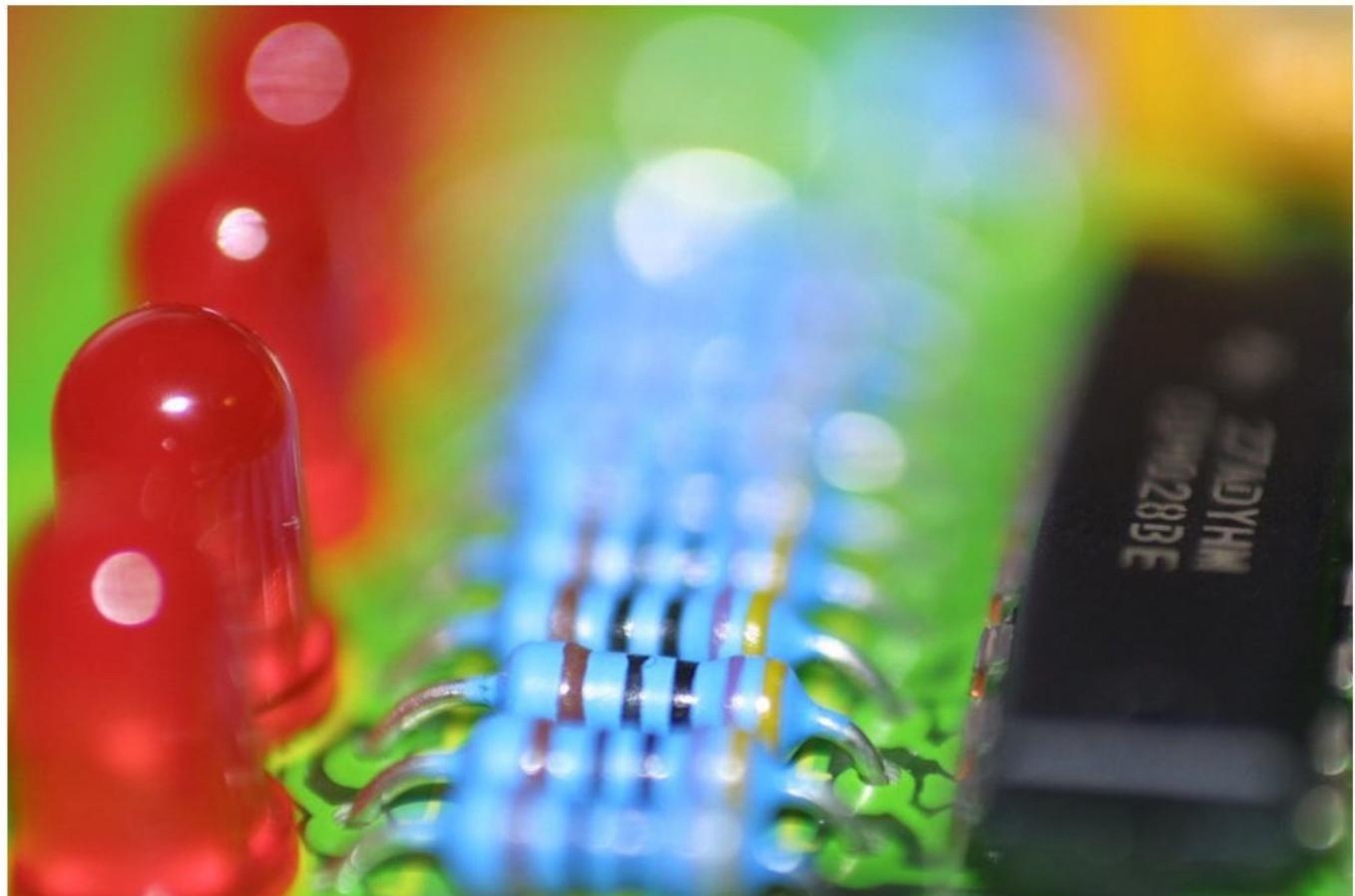




Die unbekannten Bauteile

Aufgabe 3:

Bestimmen Sie die Widerstände.





Die unbekannten Bauteile

Reflektion:

Warum haben Widerstände Farbringe?

Wie viele Farocode Tabellen gibt es für Widerstände?

Kann man die Widerstandfarbcode-Tabelle für Widerstände mit 5 Ringen auch für Widerstände mit 4 Ringen verwenden?

Sie können den ersten Ring bzw. den letzten Ring eines Widerstandes nicht bestimmen. Sie messen dann den Widerstand mit einem Messgerät. Aus welchem Grund ermitteln sie dessen Widerstand über die Farbcode-Tabelle?

Gibt es andere Bauteile die auch mit Farbringen bedruckt sind?

Die elektrische Leistung, Teil II



Elektrische Leistung

Formelzeichen: P

Einheitenname: Watt

Einheitenzeichen: W

$$P = U \cdot I$$

Kombination mit dem Ohmschen Gesetz

→ Wir können die elektrische Leistung mit dem Ohmschen Gesetz kombinieren.

$$R = \frac{U}{I} \quad P = U \cdot I$$

Ersetzen Sie U

Kombination mit dem Ohmschen Gesetz

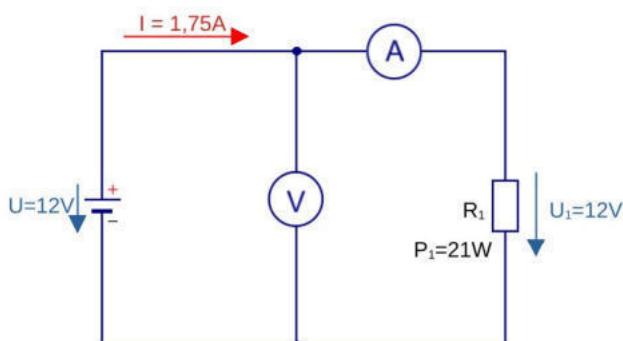
→ Wir können die elektrische Leistung mit dem Ohmschen Gesetz kombinieren.

$$R = \frac{U}{I} \quad P = U \cdot I$$

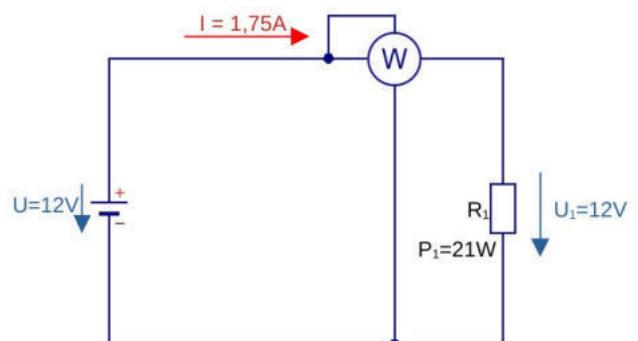
Ersetzen Sie I

Messung der elektrischen Leistung

Fachkunde Elektrotechnik Seite 45.



Indirekte Leistungsmessung



Direkte Leistungsmessung mit einem Leistungsmesser.

Der Punsch ()



1

Formelzeichen:

Einheitenname:

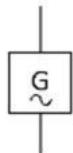
Einheitenzeichen:

Maximalleistung der Herdplatte

P =

2

der Kochplatte



3

Berechnung der

Hohe Stufe:

Niedrige Stufe:

4

KOCHTAFELN

Made in Germany

im attraktiven Softline Design



Formschönes Design und zuverlässige Technik aus deutscher Fertigung - die Kochtafeln dieser Serie bestechen durch gutes Aussehen, hohen Gebrauchswert und Langlebigkeit. In das weiß feuervermaillierte Gehäuse sind hochwertige Gussheizplatten integriert. Die Temperaturregelung erfolgt leistungsgesteuert über 7-Takt Schalter. Jede Schalterstellung arbeitet mit einer bestimmten Leistung, so dass die Temperatur sehr konstant bleibt und das Gerät unabhängig von der Beschaffenheit des Topfes immer gleichbleibend heizt. Kontrolllampen und rutschsichere Füßchen sorgen zudem für Sicherheit beim Gebrauch. Optimal als Zusatzgerät in der Küche, ideal für Büro oder Ferienwohnung, für Keller oder Laube.



Technische Daten:

- Gehäuse weiß feuervermailliert
- Softline Design
- langlebige Gussheizplatten
- leistungsgesteuerte Regelung über 7 Takt Schalter für eine sehr konstante Heizleistung
- Kontrolllampen



Type: **THS 1090** Einzelkochtafel
230 V~ 1000 W, 145 mm Ø
Abmessungen: 24,5 x 27,5 x 8 cm
EAN: 4001797161000

Type: **THS 1590** Einzelkochtafel
230 V~ 1500 W, 180 mm Ø
Überhitzungsschutz
Abmessungen: 28,5 x 31,5 x 8 cm
EAN: 40 01797 162007

Type: **THS 2590** Doppelkochtafel
230 V~ 2500 W
145 mm Ø 1000 W, 180 mm Ø 1500 W
Überhitzungsschutz
Abmessungen: 50 x 29 x 8 cm
EAN: 40 01797 163004

Auch erhältlich als Sondermodelle mit 15 Min.
Zeitschaltuhr: Einzelkochtafel THS 815 und
Doppelkochtafel THS 2015.
Perfekt für den Einsatz an Orten mit erhöhtem
Sicherheitsbedarf.

Innenraumbeleuchtung mit einer 6V Lampe für ein Automobil



Auftrag ihrer Einkaufsabteilung

- Einleitung:

simpleshow
video maker



<https://videos.simpleshow.com/t7QUp3n6bx>

Auftrag ihrer Einkaufsabteilung

- Es konnte für die Innenraumbeleuchtung unserer PKW-Fertigung eine kostengünstige 6V Glühbirne eingekauft werden.
- Die Bordnetzspannung beträgt 12V. (Unbelastet bis zu 13V)
- Passen Sie die Schaltung so an, dass wir mit wenigen Änderungen die neue Glühbirne verwenden können.



$$U_L = 12V$$

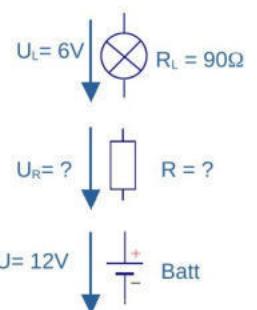


$$U_L = 6V$$

Ziel

3

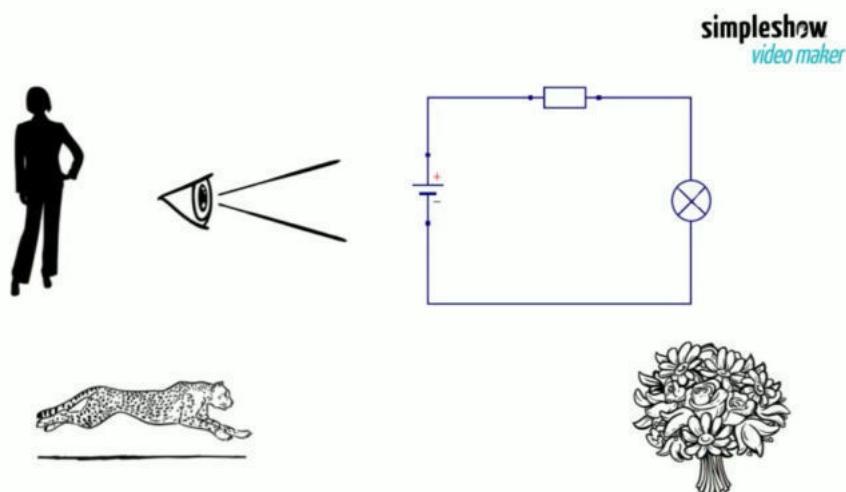
Entwerfen Sie die Schaltung



Berechnungen

Ergänzung ihrer Einkaufsabteilung

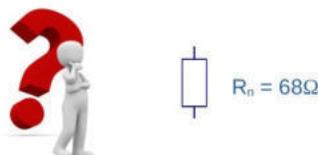
- Hierzu ein Video:



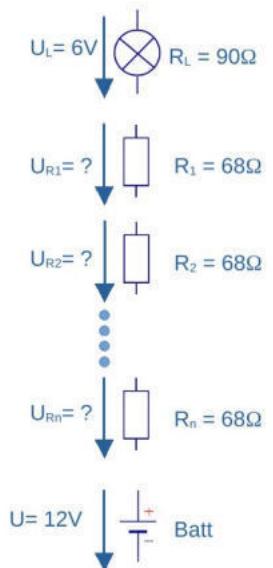
<https://videos.simpleshow.com/kW9zplUJbm>

Ergänzung ihrer Einkaufsabteilung

- Ihre neue Schaltung ist gut. Leider können wir diese nicht realisieren.
- Der von Ihnen gewählte Widerstand ist zu teuer.
- Wir konnten super preiswert 68Ω Widerstände einkaufen. Diese sind um den Faktor Zehn günstiger als die 68Ω Widerstände.
- Konstruieren Sie Ihre Schaltung so, dass nur 68Ω Widerstände verwendet werden.



Entwerfen Sie die Schaltung



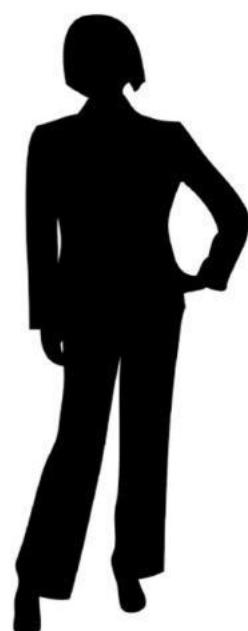
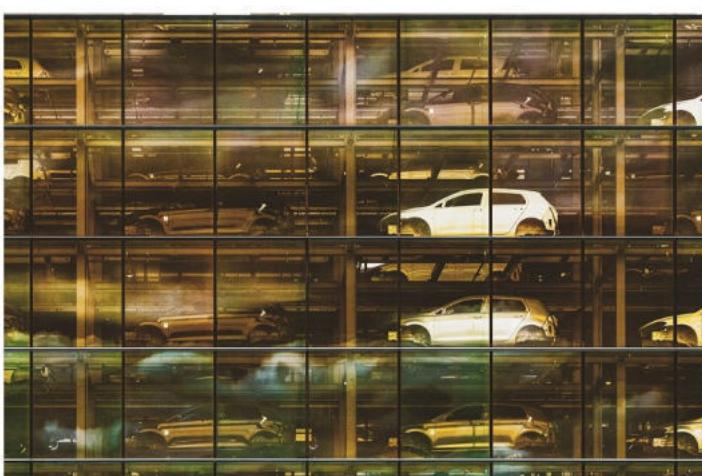
Berechnen Sie:



- Die Spannungen an allen Widerständen.
- Die Ströme an allen Widerständen.

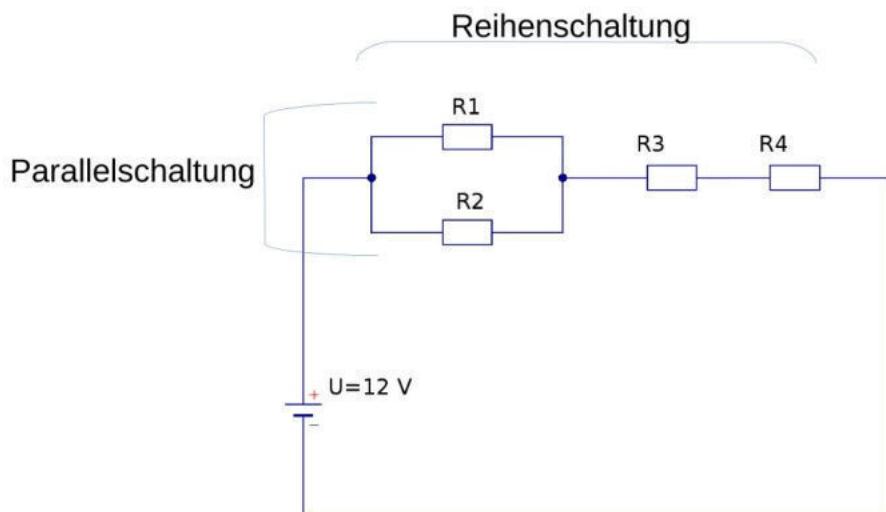
Ein großes Lob

- Sie haben eine super günstige Schaltung entwickelt!
- Das Produkt geht so in Serie!



Gemischte Schaltung

Die erweiterte Reihenschaltung



Berechnung Gesamtwiderstand

- $R_1=68\Omega$, $R_2=68\Omega$, $R_3=68\Omega$, $R_4=90\Omega$,
- R_{12} berechnen.
- Dann $R_g=R_{12} + R_3 + R_4$.

Reflektion

www.Kahoot.it

Kahoot!



Ziel

13

Thema

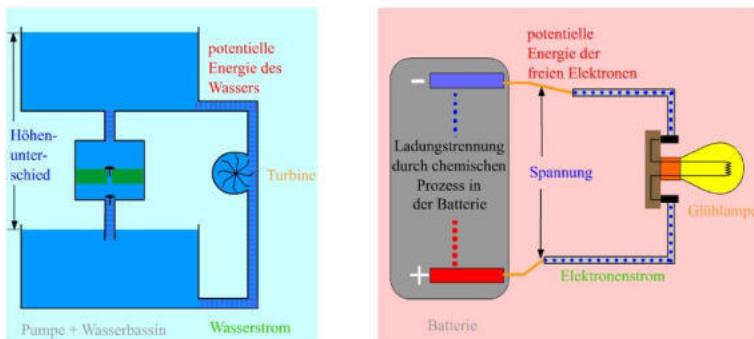
E1ME

Elektrischer Stromkreis

„Modell“ des elektrischen Stromkreises

E1ME

- Der elektrische Stromkreis lässt sich in begrenztem Umfang mit einem Wasserkreislauf vergleichen.
- Beide besitzen Antriebsquellen, die dafür sorgen, dass Wasser bzw. Ladungen in einem ständigen Kreislauf transportiert werden können.



Vergleich Wasserkreis / Stromkreis

E1ME

Wasserkreis	Stromkreis
Quelle: Pumpe + Wasserbassin	
potentielle Energie des Wassers im oberen Becken	
Höhenunterschied · Ortsbeschleunigung	
Wasserstrom	
"Verbraucher": Turbine	

Elektrische Ladung

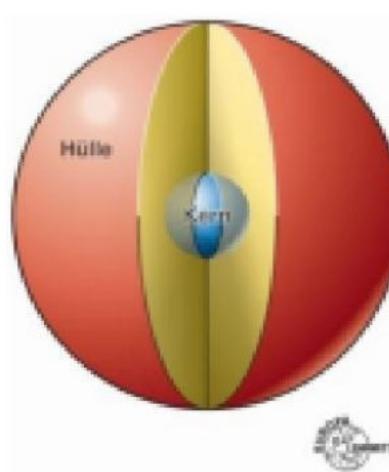
E1ME

- Es gibt zwei Arten von Ladungen.

Ladungsart	Elementarladung	Ladungsträger	vorhanden in

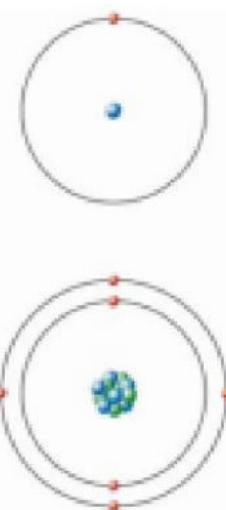
Atom

E1ME



Wasserstoff:
1 Proton
1 Elektron

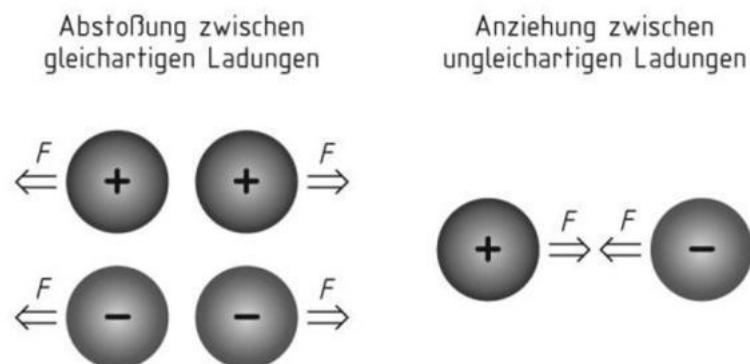
Kohlenstoff:
6 Protonen
6 Neutronen
6 Elektronen



Ladungsträger, Kräfte

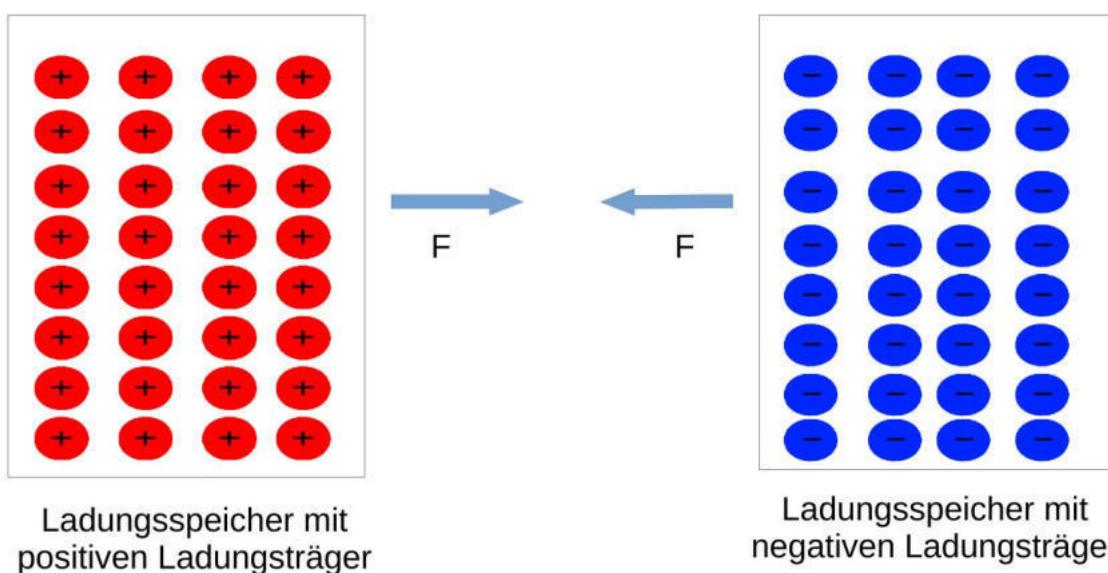
E1ME

- Zwischen den Ladungen herrschen Kräfte, deren Richtung von der Polarität (+ oder -) der Ladungen abhängen.



Elektrische Spannung

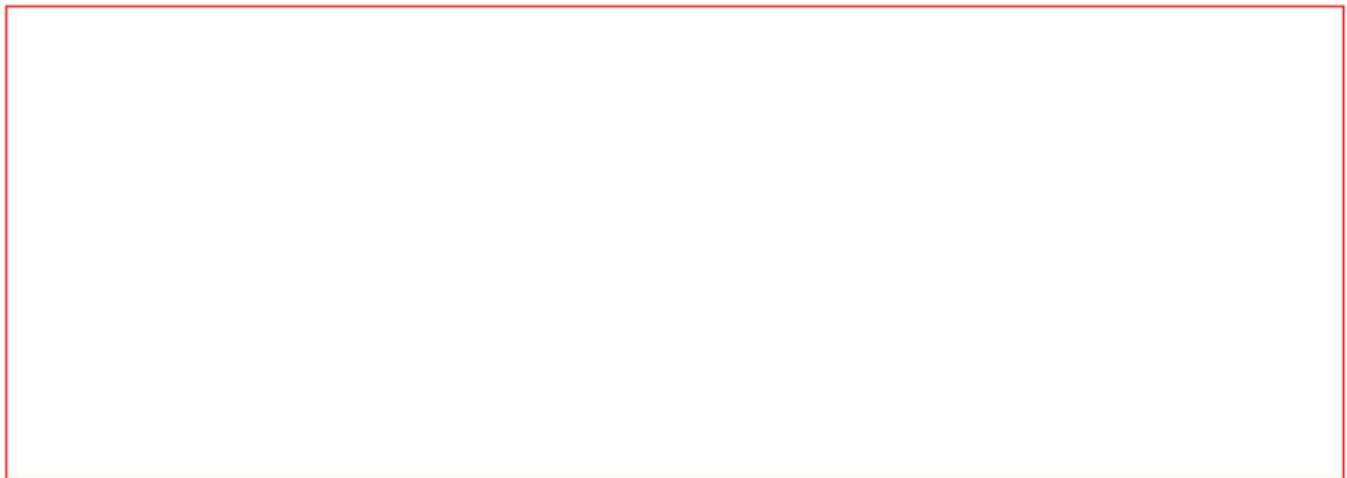
E1ME



Getrennte, unterschiedliche Ladungen, ziehen sich mit einer Kraft F an. Man sagt es entsteht zwischen den Ladungsträgern eine Spannung.

Elektrische Spannung

E1ME



Spannung:

Formelzeichen: U
Einheitenname: Volt
Einheitenzeichen: V

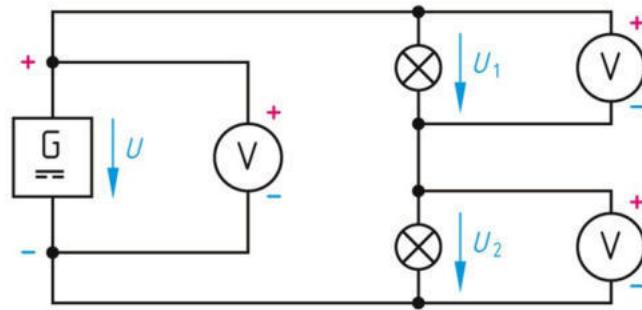
Beispiele:

$$1\text{mV} = 0,001\text{V}$$
$$1\text{kV} = 1000\text{V}$$

Typische Spannungsquellen

E1ME

Typische Spannungsquellen:	Spannungserzeugung durch:



Elektrischer Strom

E1ME

Der elektrische Strom in einem sogenannten Leiter ist die gerichtete Bewegung von freien Ladungsträgern.
Die Stromstärke I [A] gibt an, welche Menge an Ladung Q pro Zeit t durch einen Ladungsschnitt bewegt wird.

Formel:

Die Ladungsmenge Q ist immer ein Vielfaches N der Elementarladung e.

Strom:

Strom:

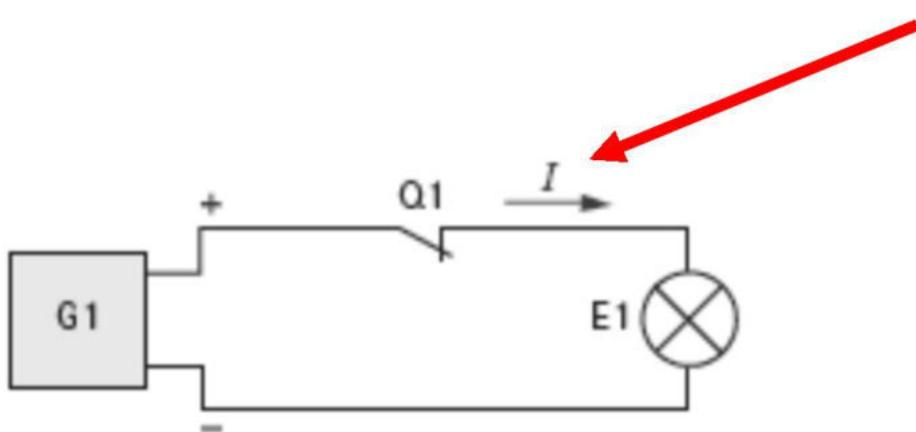
Formelzeichen: I
Einheitenname: Ampere
Einheitenzeichen: A

Beispiele:

1mA = 0,001A
1kA = 1000A

Stromrichtung

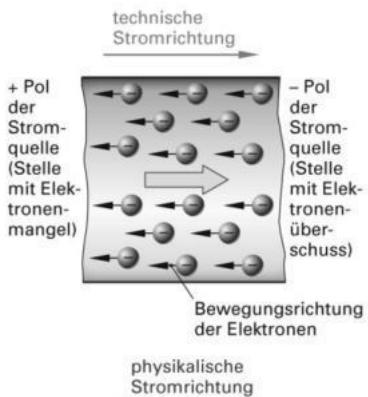
- Die Stromrichtung wird durch einen Pfeil angegeben. Dieser befindet sich oberhalb der Leitung oder über dem jeweiligen Objekt.



Technische Stromrichtung

E1ME

- Die technische Richtung von Strömen und Spannungen wird grundsätzlich vom höheren zum niederen Potential, also vom Pluspol (+) zum Minuspol (-) angegeben.
- Dies würde physikalisch bedeuten, dass positive Ladungsträger vom Pluspol (+) zum Minuspol (-) fließen würden.



- Tatsächlich fließen jedoch Elektronen (negative Ladungsträger) vom Minuspol(-) zum Pluspol (+). (Die technische Stromrichtung ist historisch bedingt.)

Wirkung des elektrischen Stroms

E1ME

Wirkung	Typische Anwendung

Messen der Stromstärke

E1ME



Stromarten

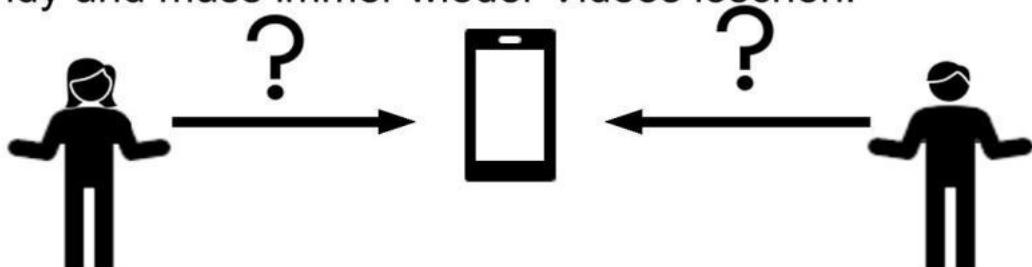
E1ME

Stromart	Merkmale	Zeit-Strom-Diagramm

Einheitenvorsätze

Der Kauf eines Smartphones

- Paul und Linda wollen sich jeweils ein Smartphone kaufen.
- Paul ist ein Gamer, er spielt gerne aufwändige 3D Spiele, die viel **Arbeitsspeicher** erfordern. Für Videos benutzt er sein Smartphone nur gelegentlich.
- Linda nimmt Videos mit dem Smartphone auf und stellt diese auf YouTube. Sie hat oft zu wenig **Flash-Speicher** auf ihrem Handy und muss immer wieder Videos löschen.



Die Angebote im Handy-Laden

E1ME1

- Es stehen 3 Modelle zur Auswahl.



	G99	K3000	S2000
Foto			
Arbeitsspeicher	4294967296 B	4294967296 B	6442450944 B
Flash-Speicher	137438953472 B	274877906944 B	68719476736 B
Preis	139 €	215 €	199 €



- Welches würden sie Linda, welches Paul empfehlen?

Die Angebote im Handy-Laden

E1ME1

Angebote mit Einheitenvorsätzen.



	G99	K3000	S2000
Foto			
Arbeitsspeicher	4GiB	4GiB	6GiB
Flash-Speicher	128GiB	256GiB	64GiB
Preis (€)	139 €	215 €	199 €



- Welches würden sie Linda, welches Paul empfehlen?

Binärpräfixe nach IEC

E1ME1

Die International Electrotechnical Commission (Internationale Elektrotechnische Kommission) hat Binärpräfixe (Binäre Einheitenvorsätze) genormt.

Name	Symbol	Wert
kibi	Ki	$2^{10} = 1024^1 = 1024$
mebi	Mi	$2^{20} = 1024^2 = 1.048.576$
gibi	Gi	$2^{30} = 1024^3 = 1.073.741.824$
tebi	Ti	$2^{40} = 1024^4 = 1.099.511.627.776$
pebi	Pi	$2^{50} = 1024^5 = 1.125.899.906.842.624$
exbi	Ei	$2^{60} = 1024^6 = 1.152.921.504.606.846.976$
zebi	Zi	$2^{70} = 1024^7 = 1.180.591.620.717.411.303.424$
yobi	Yi	$2^{80} = 1024^8 = 1.208.925.819.614.629.174.706.176$



256 MiB (Mebibyte) = $256 \cdot 2^{20}$ Byte = 268.435.456 Byte \approx 268MB (Megabyte).

Einkauf von Äpfeln

E1ME1

- Paul will einen Apfelkuchen Backen. Er benötigt dafür 1500g Äpfel.
- Linda will Apfelkompott auf Vorrat machen und einfrieren. Sie benötigt dafür 3000g Äpfel.



Einkauf v. Äpfeln mit Einheitenvorsätzen E1ME1

- Paul will einen Apfelkuchen Backen. Er benötigt dafür **1,5kg** Äpfel.
- Linda will Apfelkompott auf Vorrat machen machen und einfrieren. Sie benötigt dafür **3kg** Äpfel.



Vorsätze für Maßeinheiten

E1ME1

- Nach dem Internationalen Einheitensystem, SI-Einheiten, genormt.

Name	Symbol		Wert
Yotta	Y	10^{24}	1.000.000.000.000.000.000.000.000
Zetta	Z	10^{21}	1.000.000.000.000.000.000.000.000
Exa	E	10^{18}	1.000.000.000.000.000.000.000.000
Peta	P	10^{15}	1.000.000.000.000.000.000
Tera	T	10^{12}	1.000.000.000.000
Giga	G	10^9	1.000.000.000
Mega	M	10^6	1.000.000
Kilo	k	10^3	1.000
Hekto	h	10^2	100
Deka	da	10^1	10
—	—	10^0	1
Dezi	d	10^{-1}	0,1
Zenti	c	10^{-2}	0,01
Milli	m	10^{-3}	0,001
Mikro	μ	10^{-6}	0,000.001
Nano	n	10^{-9}	0,000.000.001
Piko	p	10^{-12}	0,000.000.000.001
Femto	f	10^{-15}	0,000.000.000.000.001
Atto	a	10^{-18}	0,000.000.000.000.000.001
Zepto	z	10^{-21}	0,000.000.000.000.000.000.001
Yoko	y	10^{-24}	0,000.000.000.000.000.000.000.001

Seite „Vorsätze für Maßeinheiten“. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 19. Oktober 2020, 06:30 UTC. URL: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Vors%C3%A4tze_f%C3%BCr_Ma%C3%9Feinheiten&oldid=204680990 (Abgerufen: 29. Oktober 2020, 21:10 UTC)

Rechnen mit Einheitsvorsätzen

E1ME1

3Kg =

3mg =

- Einheitenvorsätze sind eine andere Schreibweise für Zehner- bzw. im Binären für Zweier-Potenzen. Sie werden anstelle von Faktoren verwendet.



Beispiele

E1ME1

Wandeln sie folgende Werte um:

5,05 kV in V

0,008 A in mA



Beispiele

E1ME1

Stellen sie in geeigneter Form dar:

0,000 000 012 m

0,003 A



Rechnen mit Einheitenvorsätzen

11

Reflektion

E1ME1

Warum verwenden wir Einheitenvorsätze?

Welche Unterschied gibt es zwischen Binären- und SI-Einheitenvorsätzen.

Welche Bedeutung haben Symbole wie z.B. Kilo oder z.B. Mikro in Gleichungen?

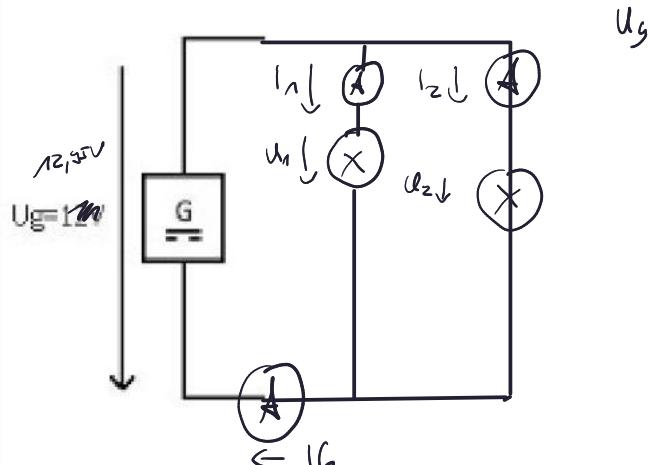


Rechnen mit Einheitenvorsätzen

12



KFZ-Licht



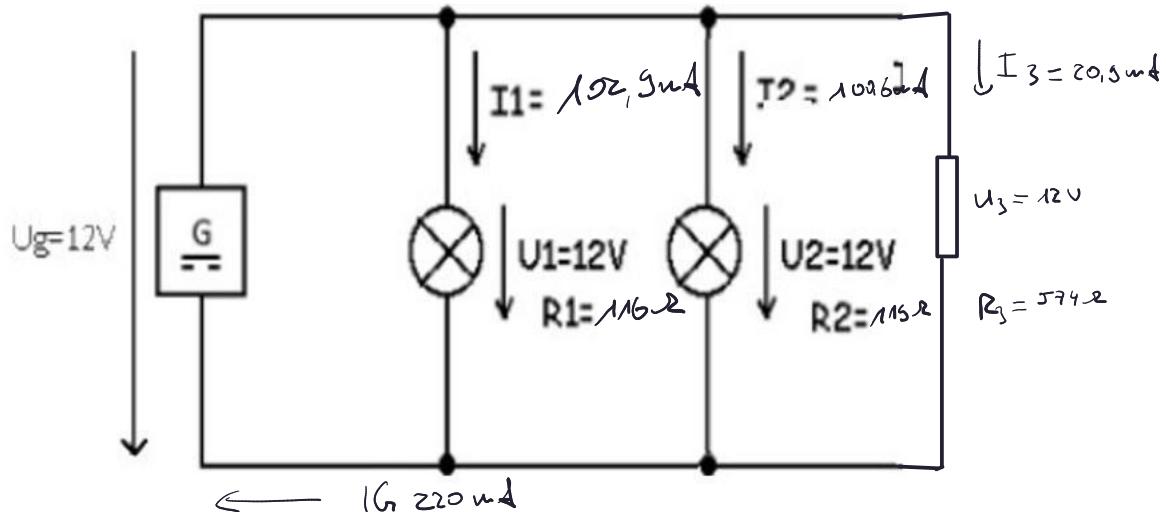
$$U_1 = U_2 = U_Z = U_S$$

Gesamtstrom

$$I_g =$$



Parallelschaltung von Widerständen



$$I_G = I_1 + I_2 + I_3 \quad R_G = \frac{U_G}{I_G} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$\frac{1}{R_G} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$1: \left(\frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)$$

Parallelschaltung

Durch den niedrigsten Widerstand fließt der größte Strom.

In der Parallelschaltung ist der Gesamtwiderstand immer kleiner als die Einz尔widerstand.

$$R_1 = \frac{U_G}{I_1} = \frac{12V}{102,9\text{ mA}} = 116\Omega \quad \frac{U_G}{R_1} = I_1 \quad \frac{U_G}{R_2} = I_2 \quad \frac{U_G}{R_3} = I_3$$

$$R_2 = \frac{U_G}{I_2} = \frac{12V}{102,6\text{ mA}} = 115\Omega \quad \frac{12}{R_G} = \frac{12}{116} + \frac{12}{115} + \frac{12}{574}$$

$$R_3 = \frac{U_G}{I_3} = \frac{12V}{20,5\text{ mA}} = 574\Omega$$

$$U_G = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R_G \Rightarrow \frac{1}{R_G} = \frac{1}{116\Omega} + \frac{1}{115\Omega} + \frac{1}{574\Omega}$$

$$\frac{1}{R_G} = 0,018 \frac{1}{\Omega} \Rightarrow \underline{\underline{R_G = 53,28\Omega}}$$



Thema

KFZ-Licht

E1ME

Grundbegriffe Elektrotechnik



Berechnung des Gesamtwiderstandes in der Parallelschaltung

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

$$\frac{Ug}{Ig} =$$

Gesamtwiderstand /Ersatzwiderstand

Leitwert

$$G = \frac{1}{R}$$

Ersatzleitwert

$$Gg = G_1 + G_2 + \dots + G_n$$



Thema

KFZ-Licht

E1ME

Grundbegriffe Elektrotechnik



Aufgabe, berechnen Sie den Gesamtwiderstand

Berechnen Sie für eine Parallelschaltung aus
4 Widerständen den Gesamtwiderstand / Ersatzwiderstand.

$$R_1 = 200\text{Ohm}$$

$$R_2 = 300\text{Ohm}$$

$$R_3 = 400\text{Ohm}$$

$$R_4 = 500\text{Ohm}$$



2BKI1

Aufgaben zur Parallelschaltung

5. Die Widerstände $R_1 = 5,6 \Omega$, $R_2 = 15 \Omega$, $R_4 = 39 \Omega$ und ein unbekannter Widerstand R_3 sind parallel geschaltet. Der Ersatzwiderstand beträgt 1Ω . Wie groß ist R_3 ?
6. Auf einer Leiterplatte sind die Widerstände $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2,2 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 5,6 \text{ k}\Omega$ und $R_4 = 2,7 \text{ k}\Omega$ parallelgeschaltet. Durch den Widerstand R_4 fließt ein Strom von 2 mA . Berechnen Sie a) die restlichen Teilströme, b) den Gesamtstrom, c) die Spannung an der Schaltung, d) den Ersatzwiderstand.
7. Die Widerstände R_1 und R_2 (**Bild 1**) liegen parallel an 220 V . Berechnen Sie a) I_1 und I_2 , b) R_2 und c) R .
8. Zwei Widerstände sind nach **Bild 2** geschaltet. Berechnen Sie den Ersatzwiderstand.
9. Drei Widerstände R_1 , R_2 und R_3 sind parallel geschaltet und liegen an $U = 100 \text{ V}$. Der Gesamtstrom beträgt $I = 3,5 \text{ A}$. Berechnen Sie mit $R_2 = 150 \Omega$ und $R_3 = 200 \Omega$ alle Teilströme.
10. Die Widerstände R_1 , R_2 und R_3 (**Bild 4**) sind parallel geschaltet. Berechnen Sie den Ersatzwiderstand.
11. In einer Wohnzimmerleuchte sind 6 gleiche Lampen mit je 60 W parallel an 230 V angeschlossen. Der Widerstand einer Lampe beträgt dabei 882Ω . Berechnen Sie a) die Stromstärke in einer Lampe, b) die Gesamtstromstärke, c) den Ersatzwiderstand an 230 V .
12. Ein Drehspulinstrument (**Bild 3**) hat einen Messwerkwiderstand $R_m = 2,4 \Omega$. Bei Vollausschlag fließt ein Messwerkstrom $I_m = 25 \text{ mA}$. Der Messbereich I soll erweitert werden auf a) 50 mA , b) $1,5 \text{ A}$. Berechnen Sie die erforderlichen Nebenwiderstände R_p .
13. Ein 3-kW-Wärmespeicher hat 4 gleiche Heizwiderstände und einen Nennstrom von $13,0 \text{ A}$ (**Bild 5**). Die Schalter Q1 bis Q3 (Stufe 1 bis 3) werden nacheinander geschlossen. Berechnen Sie a) einen Einzelwiderstand, b) die Ersatzwiderstände der Schaltstufen 1 bis 3, c) die Gesamtströme der Schaltstufen 1 bis 3.
14. Eine Festbeleuchtung besteht aus 4 Strängen mit je 24 parallel geschalteten 25-W-Glühlampen. Jede Lampe hat an 230 V einen Widerstand von 2116Ω . Berechnen Sie den Ersatzwiderstand a) eines Stranges, b) aller Stränge und c) den Gesamtstrom.
15. In einem elektrischen Heizerät sind 6 gleiche Widerstände wahlweise parallel schaltbar. Der Ersatzwiderstand ändert sich beim Zurückschalten von 6 auf 4 Widerstände um 5Ω . Berechnen Sie a) einen Einzelwiderstand, b) den Ersatzwiderstand bei 6 Widerständen und c) bei 4 Widerständen.
16. Die Widerstände R_1 bis R_4 sind nach **Bild 6** geschaltet. In die Schaltung fließt ein Strom I von $15,0 \text{ mA}$. Wird ein 5. Widerstand parallel zugeschaltet, verändert sich der Ersatzwiderstand um 40Ω . Berechnen Sie den Teilstrom I_3 , die Spannung U , die Teilwiderstände R_1 , R_2 und R_4 , sowie den Widerstandswert von R_5 .
17. Vier parallele Widerstände liegen an 9 V . Ihre Widerstandswerte verhalten sich wie $1 : 2 : 3 : 4$. Wird ein 5. Widerstand dazu parallel geschaltet, dann verändert sich der Ersatzwiderstand um $4,2 \Omega$ und der Gesamtstrom um 18 mA . Berechnen Sie die Widerstände R_1 bis R_4 , die Teilströme I_1 bis I_5 , den Gesamtstrom und den Widerstand R_5 .

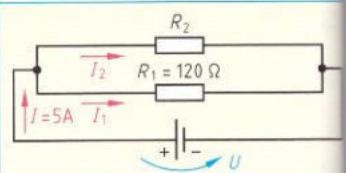


Bild 1: Stromverzweigung

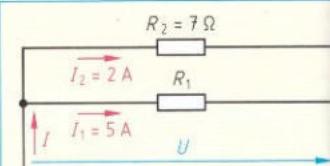


Bild 2: Stromverzweigung

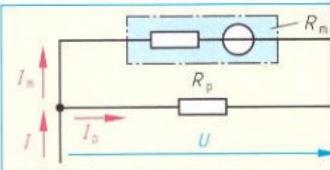


Bild 3: Drehspulinstrument

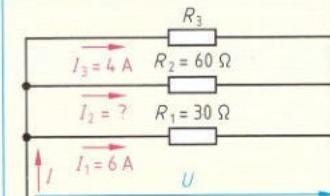


Bild 4: Parallelschaltung

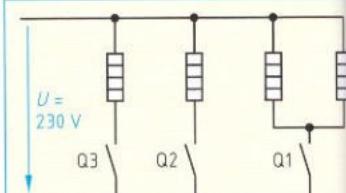


Bild 5: Heizwiderstände

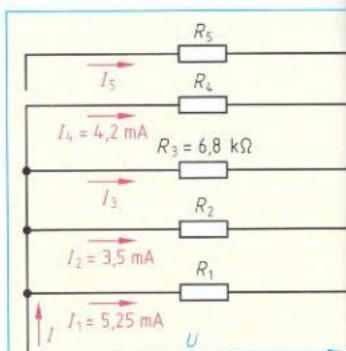


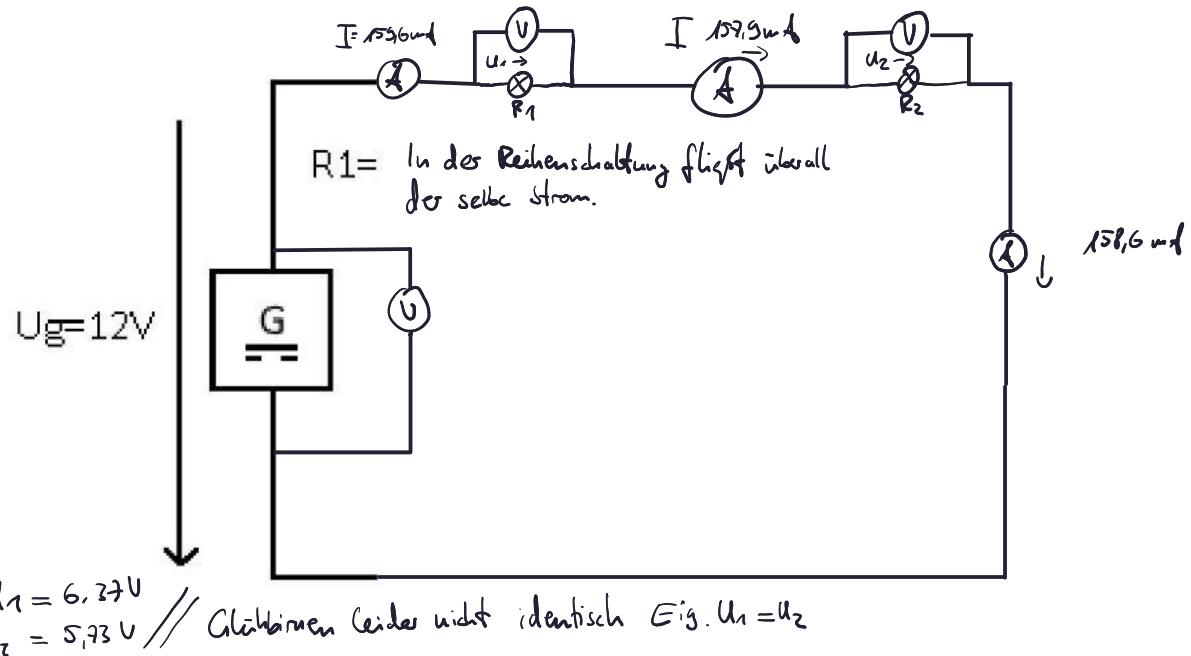
Bild 6: Versuchsschaltung

**Thema**

Halloween Schaltung

E1ME

Grundbegriffe Elektrotechnik

**Schaltplan (****)**

$$UG = U_1 + U_2 = 6,37 + 5,73 V = 11,1 V$$

$$I = 158 \text{ mA}$$

$$RG = \frac{12,0}{0,158} = 77,8 \Omega$$

$$R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{6,37V}{158 \text{ mA}} = 40,3 \Omega$$

$$+ \frac{40,3}{76,6} \Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{5,73V}{158 \text{ mA}} = 36,3 \Omega$$

In der Reihenschaltung ist der Gesamtwiderstand gleich der Summe der Einz尔widerrstände.

$$R_g = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$RG = R_1 + R_2 = 40,3 \Omega + 36,3 \Omega = \underline{\underline{76,6 \Omega}}$$

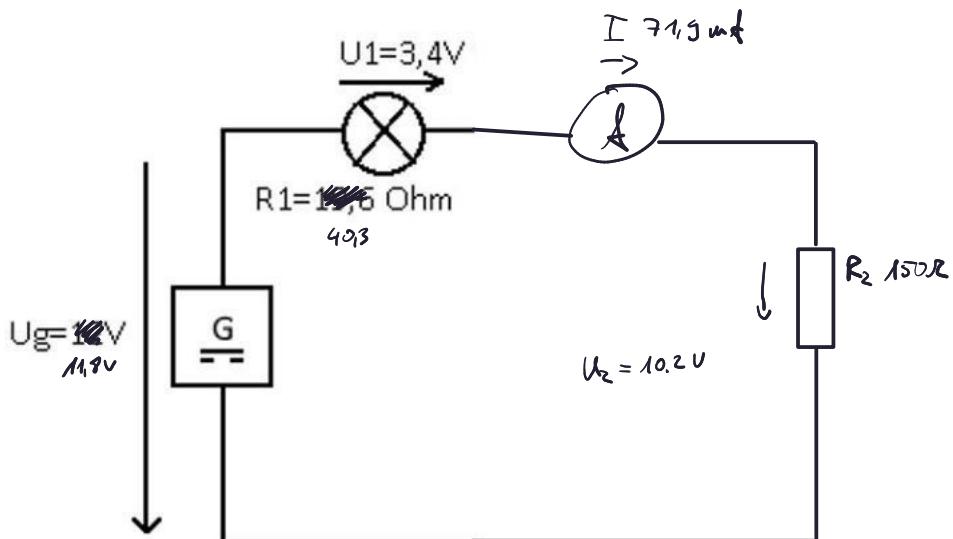
R1 = *siehe oben*

R2 = *siehe oben*

$$\frac{U_g}{I} = RG$$



Schaltplan mit 50Ω Widerstand



In der Reihenschaltung liest an dem größten Widerstand die höchste Spannung an.

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_g}{R_h} = I$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad \text{Die Spannungen verhalten sich wie die Größe der Widerstände!}$$

$$\frac{U_1}{U_g} = \frac{R_1}{R_h}$$

$$\frac{U_2}{U_g} = \frac{R_2}{R_h}$$

Aufgabe zur Reihenschaltung

(1)

$$R_1 = 25 \Omega$$

$$a) R_G = ?$$

$$R_2 = 35 \Omega$$

$$R_G = 25 \Omega + 35 \Omega$$

$$b) I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{220 \text{ V}}{60 \Omega}$$

$$R_G = \underline{\underline{60 \Omega}}$$

$$I = 3,6 \text{ A} \quad \left(\frac{11}{3}\right)$$

c)

$$U_1 = R_1 \cdot I$$

$$\underline{\underline{U_1 = 25 \Omega \cdot 3,6 \text{ V}}} \\ U_1 = 91,6 \text{ V} \quad \left(\frac{275}{3}\right)$$

$$U_2 = R_2 \cdot I$$

$$U_2 = 35 \cdot 3,6$$

$$U_2 = 126,3 \text{ V} \quad \left(\frac{385}{3}\right)$$

$$U_G = 91,6 + 126,3 = 220 \text{ V}$$

(2)

$$R_1 = 1,5 \text{ k}\Omega$$

a)

$$R_G = \underline{\underline{1,5}} \\ + 2,2 \\ + 6,8 \\ \hline 10,5 \text{ k}\Omega$$

$$b) U = R \cdot I$$

$$\frac{9 \text{ V}}{10500 \Omega} = \underline{\underline{0,000857 \text{ A}}} \\ 0,85 \text{ mA}$$

$$c) U_1 = 1500 \Omega \cdot 0,000857 \text{ A}$$

$$\underline{\underline{U_1 = 1,285 \text{ V}}}$$

$$U_2 = 2200 \Omega \cdot 0,000857 \text{ A}$$

$$\underline{\underline{U_2 = 1,885 \text{ V}}}$$

$$U_3 = 6800 \Omega \cdot 0,000857 \text{ A}$$

$$\underline{\underline{U_3 = 5,828 \text{ V}}}$$

$$U_G = U_1 + U_2 + U_3 = 9 \text{ V}$$

(3)

$$R_1 = 50 \Omega$$

$$a) I = \frac{75 \text{ V}}{150 \Omega}$$

$$R_2 = 150 \Omega$$

$$\underline{\underline{I = 0,5 \text{ A}}}$$

$$R_3 = 200 \Omega$$

b)

$$U_3 = 200 \cdot 0,5$$

$$\underline{\underline{U_3 = 100 \text{ V}}}$$

$$U_2 = 50 \cdot 0,5$$

$$\underline{\underline{U_2 = 25 \text{ V}}}$$

c)

$$U = 25$$

$$+ 75$$

$$+ 100$$

$$\underline{\underline{200 \text{ V}}}$$

d) $R_G = \underline{\underline{50}}$

$$+ 150$$

$$+ 200$$

$$\underline{\underline{400 \Omega}}$$

(4)

$$U = 6 \text{ V} \quad | \quad I = 0,5 \text{ A} \quad | \quad R = \frac{U}{I} = \frac{6 \text{ V}}{0,5 \text{ A}} = 12 \Omega$$

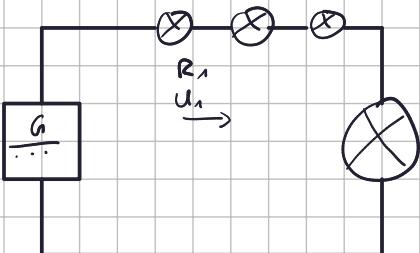
$$200 \text{ V} = 400 \Omega \cdot 0,5 \text{ A} \quad \checkmark$$

$$\frac{24 \text{ V} - 6 \text{ V}}{0,35} = 51,42 \Omega$$

$$R_m = 51,42 \Omega$$

$$U = 51,4 \cdot 0,35$$

$$U = 6 \text{ V}$$





Ersatzwiderstand = Gesamtwiderstand

1. Die Widerstände $R_1 = 25 \Omega$ und $R_2 = 35 \Omega$ liegen in Reihe an 220 V. Ermitteln Sie a) den Ersatzwiderstand, b) die Stromstärke, c) die Teilspannungen.
2. Die Widerstände $R_1 = 1,5 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2,2 \text{ k}\Omega$ und $R_3 = 6,8 \text{ k}\Omega$ sind in Reihe geschaltet und liegen an 9 V. Berechnen Sie a) den Ersatzwiderstand, b) die Stromstärke, c) die Teilspannungen.
3. Die Widerstände R_1 , R_2 und R_3 sind nach Bild 3 geschaltet. Berechnen Sie a) die Stromstärke, b) die Teilspannungen U_1 und U_2 , c) die Gesamtspannung U und d) den Ersatzwiderstand R .

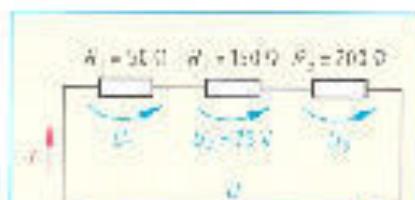


Bild 3: Reihenschaltung

5. Drei Widerstände sind nach Bild 1 geschaltet. Berechnen Sie die fehlenden Teilspannungen und Widerstände.

8. Eine Fahrradlampe mit der Nennspannung $U = 6 \text{ V}$ hat den Nennstrom $I = 0,35 \text{ A}$. Die Lampe soll an 24 V angeschlossen werden. Wie groß ist der erforderliche Vorwiderstand?

9. Eine Lampenkette aus 8 in Reihe geschalteten Lampen gleicher Leistungsaufnahme liegt an einer Spannung von 48 V. Für 2 durchgebrannte Lampen werden Drahtbrücken eingelegt. a) Welche Spannung liegt dann an jeder Lampe? b) Um wieviel % hat sich dadurch die Spannung an jeder Lampe erhöht?

10. Ein 30-W-Lötkolben hat einen Widerstand von 1763Ω . Während des Löten liegt der Lötkolben an 230 V. In den Lötpausen wird die Spannung durch einen Vorwiderstand auf 126 V herabgesetzt. Berechnen Sie den erforderlichen Vorwiderstand. (Widerstandsänderung durch Erwärmung wird vernachlässigt.)

11. In einer Messschaltung sind vier Widerstände nach Bild 2 geschaltet. Werden die Schalter S1 bis S3 nacheinander geschlossen, so erhöht sich der Strom jeweils um 20%. Sind alle 3 Schalter geschlossen, liefern 100 mA. Berechnen Sie a) die Widerstände R_1 bis R_4 , b) die Ströme, wenn jeweils 2 Schalter gleichzeitig geschlossen sind.

12. In einer Schaltung sind 4 Widerstände von $1,2 \text{ k}\Omega$, $2,2 \text{ k}\Omega$, $3,9 \text{ k}\Omega$ und $4,7 \text{ k}\Omega$ in Reihe geschaltet und an 24 V angeschlossen. Skizzieren Sie die Schaltung, tragen Sie die 10 möglichen messbaren Teilspannungen ein und berechnen Sie diese.

13. Ein Drehspulinstrument (Bild 3) mit einem Messbereich von 100 mV hat einen Messwerkwiderstand $R_m = 100 \Omega$. Der Spannungsmessbereich soll auf a) 150 mV , b) 3 V , c) 600 V erweitert werden. Berechnen Sie die Vorwiderstände R_v .

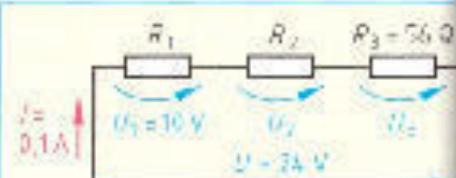


Bild 1: Reihenschaltung

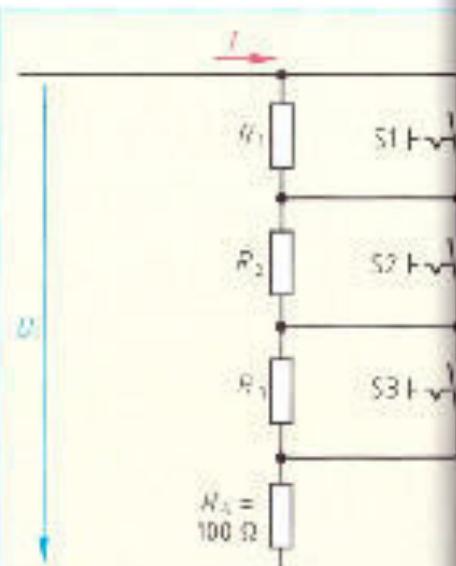


Bild 2: Messschaltung

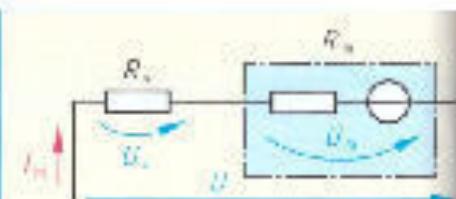


Bild 3: Drehspulinstrument

Zusammenhang zwischen Spannung U, Strom I und Widerstand R

→ Ohm'sches Gesetz

Wir wollen mittels eines Versuches ermitteln, welcher Zusammenhang zwischen den drei physikalischen Größen SPANNUNG [voltage], STROM [current] und WIDERSTAND [resistance] existiert.

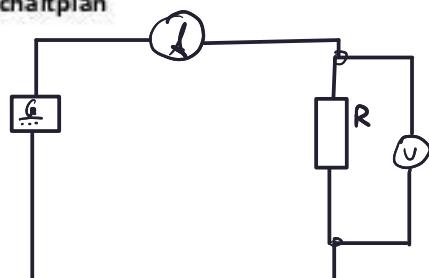
Versuch

Wir legen an einen konstanten Widerstand R eine Spannung U an und messen den Strom I , der dabei durch den Widerstand fließt. Danach erhöhen wir die Spannung und wiederholen die Messung. Diese Messungen machen wir nacheinander mit zwei Widerständen R_1 und R_2 .

Messergebnistabelle

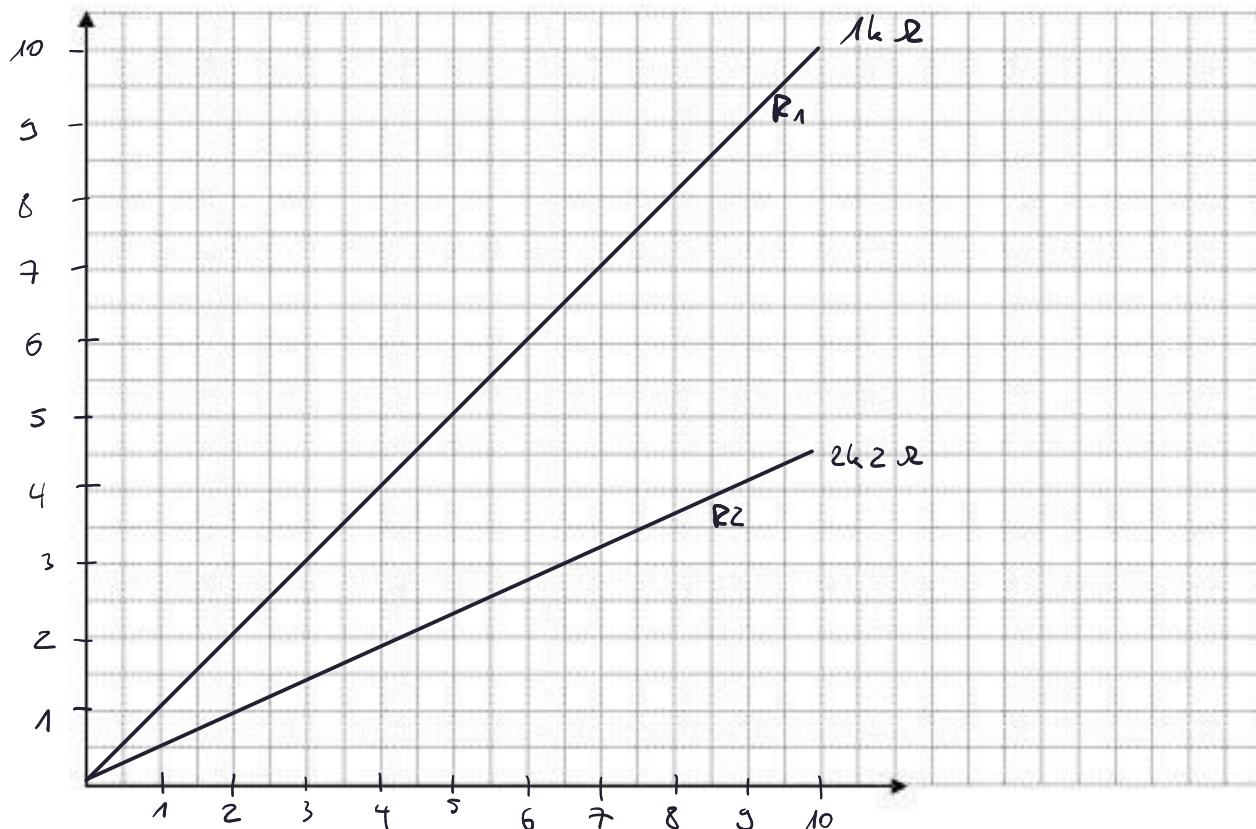
$R_1 = 1\text{k}\Omega \text{ Ohm} = \text{konstant}$			$R_2 = 2\text{k}\Omega \text{ Ohm} = \text{konstant}$		
U in V	R_1 in Ω	I in mA	U in V	R_2 in Ω	I in mA
0		0	0		0
2		2	2		1
4		4	4		2
6		6	6		3
8		8	8		4
10		10	10		5

Schaltplan



Grafische Darstellung der Messergebnistabelle

DC = Gleichstrom (direct-current)
 AC = Wechselstrom



Auswertung der Messung und Schlussfolgerungen:

$U \sim I$ der Strom ist proportional zur Spannung

- Je größer die Spannung, desto größer der Strom
- Bei gleicher Spannung gilt: durch den größeren Widerstand fließt der kleinere Strom
- Die Kennlinie ist eine gerade 'Widerstandskennlinie', die linear ist.
- Die Steilheit der Widerstandskennlinie ist ein Maß für die Größe des Widerstandes.
Je steiler desto kleiner der Widerstand.

$$U = \frac{I}{R} \dots$$

$$R_1 = \frac{10V}{10mA}$$

$$R_1 = 1000\Omega = 1k\Omega$$

$$R_2 = \frac{10V}{4,5mA} : 0,0045\Omega$$

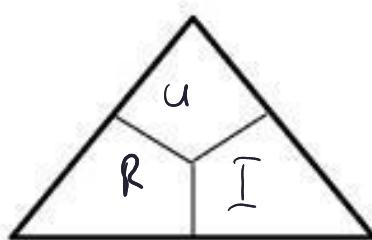
$$R_2 = 2200\Omega = 2,2k\Omega$$

$$4,5mA = 0,0045A$$

Fassen wir die Auswertung zusammen, so erhalten wir das

Ohm'sche Gesetz

$U = R \cdot I$	$[R] = \frac{[U]}{[I]} = \frac{V}{A} = \Omega$
$I = \frac{U}{R}$	
$R = \frac{U}{I}$	



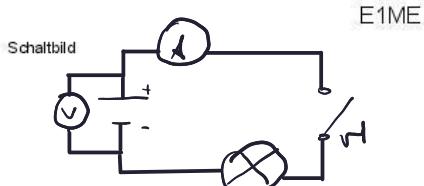
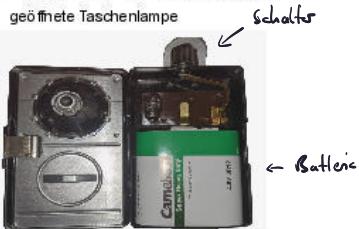
Die Einheit Ohm wurde zu Ehren des deutschen Physikers Georg Simon Ohm (1789-1854) eingeführt.

Fehlersuche in einer Taschenlampe (Elektrotechnische Grundgrößen)

Messgerät



Fehlersuche



Vorgehensweise

1. Batterie prüfen mit Messgerät → Gleichspannung → 4,2 Volt = ok
2. Schalter prüfen → Widerstände messen → R zu 0 Ω R auf 12 Ω
3. Glühlampe prüfen → Widerstand messen → R = 0,2 Ω
4. Schaltplan prüfen → optisch → Kontakt verdeckt → reinigen ok
5. Strom kontrollieren → I = 0,25 A ok

Typische Spannungen

E1ME

Quelle	Spannung geschätzt	Lösung
Nervenimpuls	0,5 V - 1V	100 µV
Überlandleitung	1000 V	110 kV - 380 kV
Stromnetz (Steckdose)	230 V	230 V
Autobatterie	25 V	12 V
Modelleisenbahn (Märklin)	5 - 10 V	16 V - 26 V
Blitz	1000.000 V	unzählige Millionen Volt
Straßenbahn	200 V	500 V - 750 V

Reflektion

E1ME

- Wie lautet das Formelzeichen für den Widerstand? Ω
- Welche Einheit hat der Strom? Ampere
- Welcher elektrischen Größe ist das U zugeordnet? Die Spannung
- Wie sieht das Schaltzeichen für eine Lampe aus? $\ominus\odot$
- Welchen Widerstand hat ein geöffneter Schalter? ∞