

AB1 – Elektrostatik und Elektrodynamik

Tabelle 1: Physikalische Größen der E-Lehre SEK I

Physikalische Größe	Symbol	Einheit	Vorstellungshilfe
Spannung	U	Volt (V)	Maß für die Stärke des Antriebs der elektrischen Ladungsträger und Ursache des elektrischen Stroms.
Elektrischer Widerstand	R	Ohm ($\Omega = V/A$)	Maß für die erforderliche Spannung U, um einen bestimmte Stromstärke I fließen zu lassen.
Elektrische Stromstärke	I	Ampere ($A = C/s$)	Maß für die Anzahl der Ladungsträger Q, die in einer bestimmten Zeit durch den Querschnitt eines Leiters fließen.
Elektrische Ladung	Q	Coulomb ($C = As$)	Maß für die Anzahl der Ladungsträger (z.B. Elektronen) auf einem Objekt, welches dann positiv, negativ oder neutral geladen sein kann.
Elektrische Energie	E	Joule ($J = Nm = Ws$)	Maß für das Verrichten der Arbeit, um eine Ladung Q bei einer Spannung U zu verschieben. (Im Alltag das, was man unter „Energieverbrauch“ versteht: Abhängig von Spannung, Stromstärke und Betriebszeit eines Gerätes.)
Elektrische Leistung	P	Watt ($W = J/s$)	Maß für die Energie pro Zeit, die bei einer Spannung U und der Stromstärke I benötigt wird.

Drei Arten der Aufladung - Elektrostatik

1. Aufladung durch Reibung:

Durch Reibung werden Gegenstände geladen z. B. mit einem Plastik- oder einem Glasstab, der an einem Tierfell gerieben werden.

Generell sind Körper, trotz ihrer vielen elektrischen Ladungen, nach außen elektrisch neutral geladen. Wenn nun Elektronen ab- oder zugeführt werden, kann ein Körper positiv (\rightarrow Elektronenmangel) oder negativ (\rightarrow Elektronenüberfluss) geladen sein.

Beim Reiben entstehen stets gleichgroße, entgegengesetzte Ladungen. Elektrizität wird nicht erzeugt, sondern nur getrennt und in ihrer Wirkung zum Vorschein gebracht!

2. Aufladung durch elektrische Leitung:

Bringt man einen geladenen Körper in Kontakt mit einem Leiter, so wird dieser ebenfalls geladen. Dabei verteilt sich die elektrische Ladung auf dem Leiter. Um diesen Elektronentransfer indirekt zu beobachten, kann man ein Elektroskop nutzen: Durch die Ladungsverteilung stößt sich der bewegliche Zeiger vom Rest des Elektroskops ab (siehe Abb. 1).

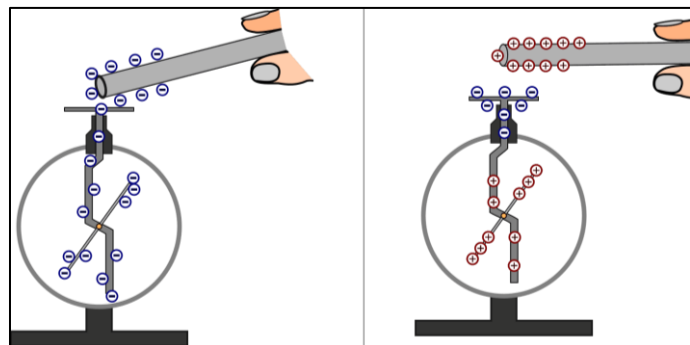


Abbildung 1: Links: Prinzip der elektrischen Leitung. Rechts: Prinzip der Influenz am Elektroskop. Quelle: https://www.grundwissen.de/physik/_images/elektroskop-funktionsweise.png. Stand: 19.08.2018

Ein einfaches Elektroskop ist auf Abbildung 2 zu erkennen: Eine Metalldose und ein daran befestigter Krepppapierstreifen.

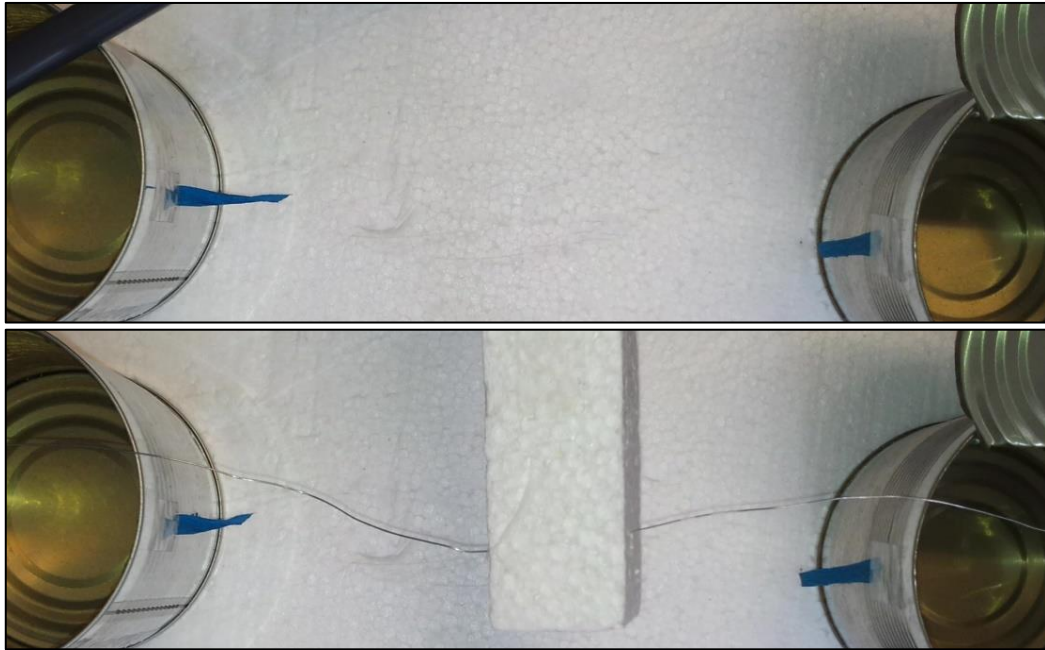


Abbildung 2: Oben: Die linke Dose ist aufgeladen, nachdem der Plastikstab an dieser gerieben wurde. Unten: Verbindung beider Dosen über Draht führt zu fließender Ladung (--> Strom), woraufhin sich beide Krepppapiere auf der gleichen Höhe befinden, ergo gleich geladen sind.

3. Aufladung durch Influenz: Wird ein geladener Körper in die Nähe eines anderen gebracht, so verteilen sich die Ladungen auf dem anderen Körper, sodass er auf der einen Seite eine andere Ladung besitzt als auf der anderen Seite. Lässt man nun über die Erde, die immer neutral geladen ist, einen Teil der räumlich getrennten Ladung abfließen, so bleibt der Körper geladen, auch wenn der zu Beginn herangeführte geladene Körper entfernt wird (siehe Abb. 3).

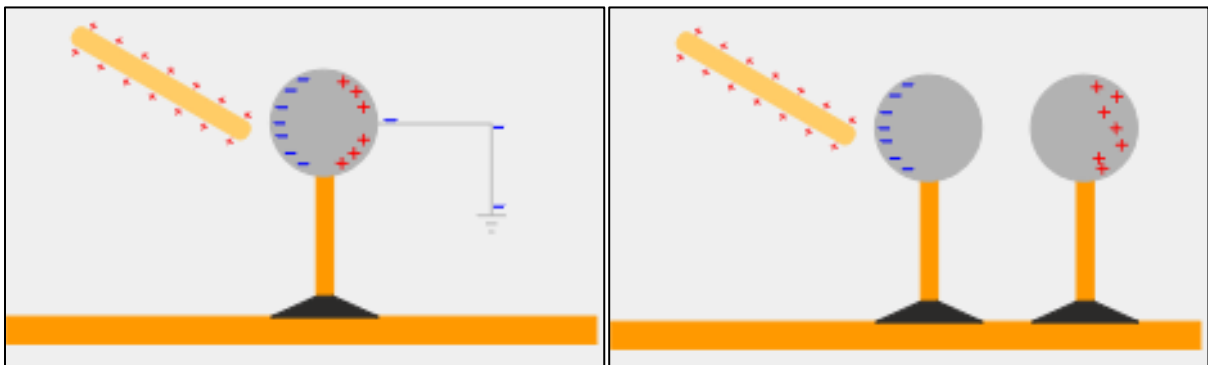


Abbildung 3: Links: Negatives Aufladen einer ungeladenen Kugel durch Influenz, Erdung und Entfernen der Erdung. Rechts: Negatives und positives Aufladen zweier ungeladener Kugeln durch Influenz, Elektronentransfer und räumlicher Trennung. Quelle: <https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/ladungen-felder-mittelstufe/aufgabe/aufladung-durch-influenz>. Stand: 19.08.2018

Übergang zur Elektrodynamik



Abbildung 4: Elektronentransfer auf die Glimmlampe.

Wird, wie in Abbildung 4 zu sehen, eine **Glimmlampe** an die aufgeladene Dose gehalten, leuchtet diese kurz auf und das Krepppapier geht in seine Ausgangsposition zurück. Dort, wo sie orangefarben aufleuchtet, befindet sich negative Ladung. Dies passt, da die Dose mit dem negativ geladenen Plastikstab aufgeladen wurde. Rechts ist der Aufbau einer Glimmlampe zu sehen.

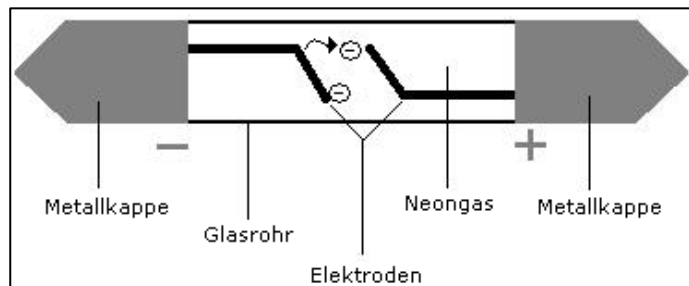


Abbildung 5: Quelle:
<http://www.chemgapedia.de/vsengine/media/vsc/de/ph/14/ep/einfuehrung/efeld/kapitel1/bilder/glimmlampe.png>

Die Ursache des Stromflusses ist der Ladungsunterschied auf beiden Dosen, der zum sogenannten **Potentialunterschied $\Delta\phi$** führt.

Den Potentialunterschied der beiden Dosen kann man sich mit einer *Analogie zur potentiellen Energie* vorstellen:

Eine elektrisch neutral geladene Dose wird als Boden angesehen, eine elektrisch anders geladene Dose als ein Tisch oder eine Grube, je nach Ladungsart.

- A) Bei zwei neutral geladenen Dosen, die mit einem Metalldraht verbunden sind, kann kein Ladungstransfer indirekt beobachtet werden.
 Auf dem Boden liegt eine Rampe, auf der sich ein Ball befindet. Dieser rollt nicht, da kein Höhenunterschied vorhanden ist – er besitzt keine potentielle Energie, die er in Bewegungsenergie umwandeln könnte.
- B) Ist eine der beiden Dosen anders geladen als die andere und der Metalldraht wird daraufgelegt, ist der Ladungstransfer über die sich bewegenden Krepppapiere indirekt zu beobachten.

Im **Höhenenergie-Modell** haben wir nun einen Tisch oder eine Grube, der/die mit einer Rampe mit dem Boden verbunden ist. Eine auf der Rampe befindliche Kugel rollt immer in Richtung der geringeren Höhe.

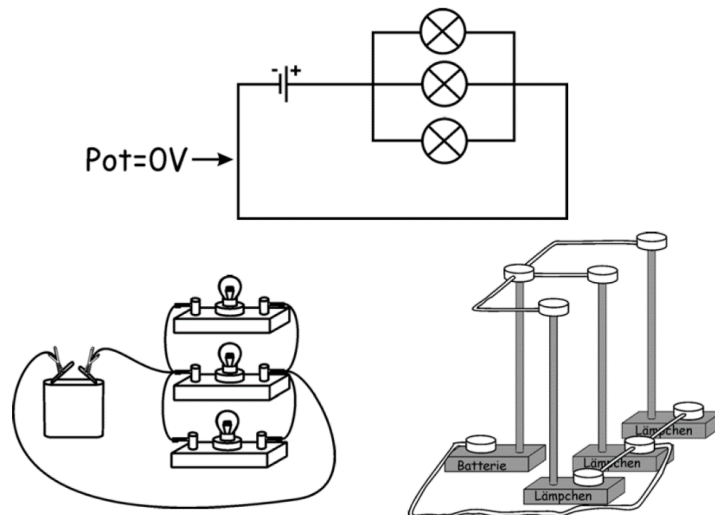


Abbildung 6: Visualisierung des Potentialunterschieds an einer Parallelschaltung: Über allen Lämpchen fällt die gleiche Spannung – entsprechend der Quellspannung der Batterie – ab. Das heißt, die Spannung beträgt dann 0 V.

Den Potentialunterschied $\Delta\varphi$, also die **Differenz aus einem höherem Potential φ_A und einem niedrigeren Potential φ_B** , nennt man in der Physik **Spannung U** . Je größer der Ladungsunterschied, desto größer ist der Potentialunterschied und desto größer ist die Spannung.

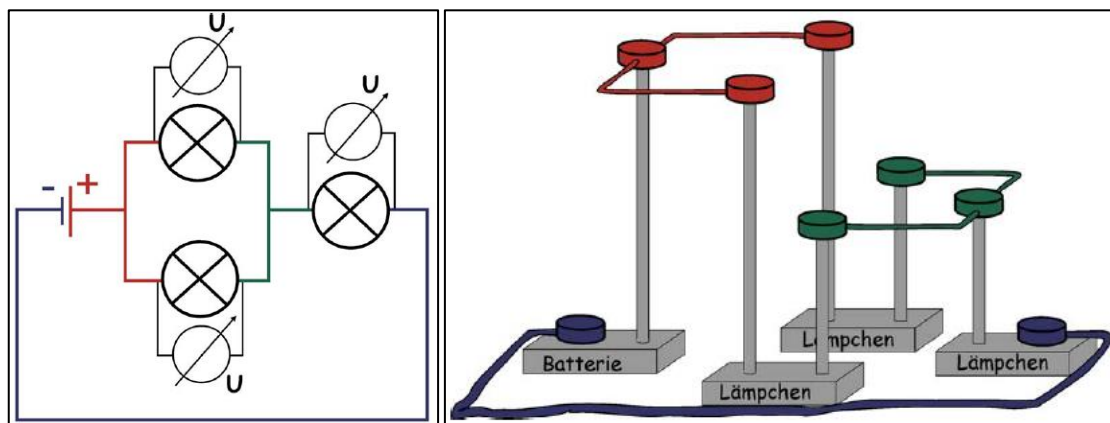


Abbildung 7: Visualisierung des Potentialunterschieds an einer gemischten Schaltung.

Stromkreise

Der einfache Stromkreis besteht aus einer Spannungsquelle und einem Verbraucher, die über einen Leiter miteinander verbunden sind. Widerstände, Messgeräte und Verbraucher können in einer Reihe hintereinander oder parallel nebeneinander geschaltet werden.

Tabelle 2: Wasserrohrmodell ← Analogie zum Stromkreis

Elektrischer Stromkreis	Wasserrohrmodell
Batterie	Wasserpumpe
Kabel	Innere des Rohrs
Isolierung eines Kabels (kann auch Luft sein!)	Rohrwand
Lämpchen, Motor, Ventilator, ... (Verbraucher)	Wasserrad / Turbine
elektrische Stromstärke [Ladung pro Minute]	Wasserdurchfluss [Liter pro Minute]
elektrische Spannung	Druckdifferenz

Reihen- und Parallelschaltung:

Für **Reihenschaltungen** gelten folgende Formeln:

$$U_{ges} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

$$I_{ges} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$$

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Daher werden Amperemeter in Reihe zum stromführenden Kabel geschaltet, um den fließenden Strom zu messen.

Für **Parallelschaltungen** gelten folgende Formeln:

$$U_{ges} = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$$

$$I_{ges} = I_1 + I_2 + I_3 \dots$$

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Daher werden Voltmeter parallel zum Verbraucher geschaltet, um die dort auftretenden Spannungsabfall zu messen.

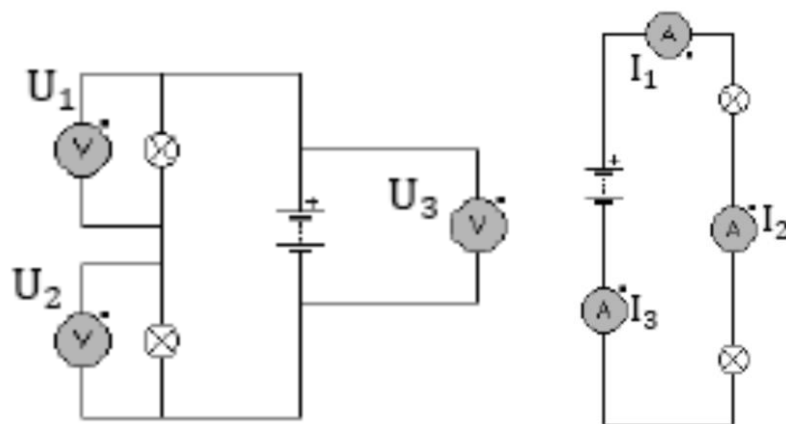


Abbildung 8: Zwei Beispiele einer Reihenschaltung mit den jeweiligen angeschlossenen Messgeräten.

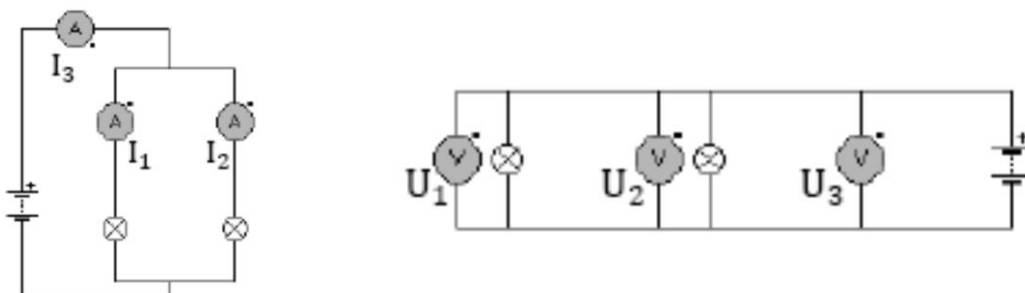


Abbildung 9: Zwei Parallelschaltungen mit angeschlossenen Messgeräten. Dabei wurden zwei mögliche Schaltskizzen verwendet.

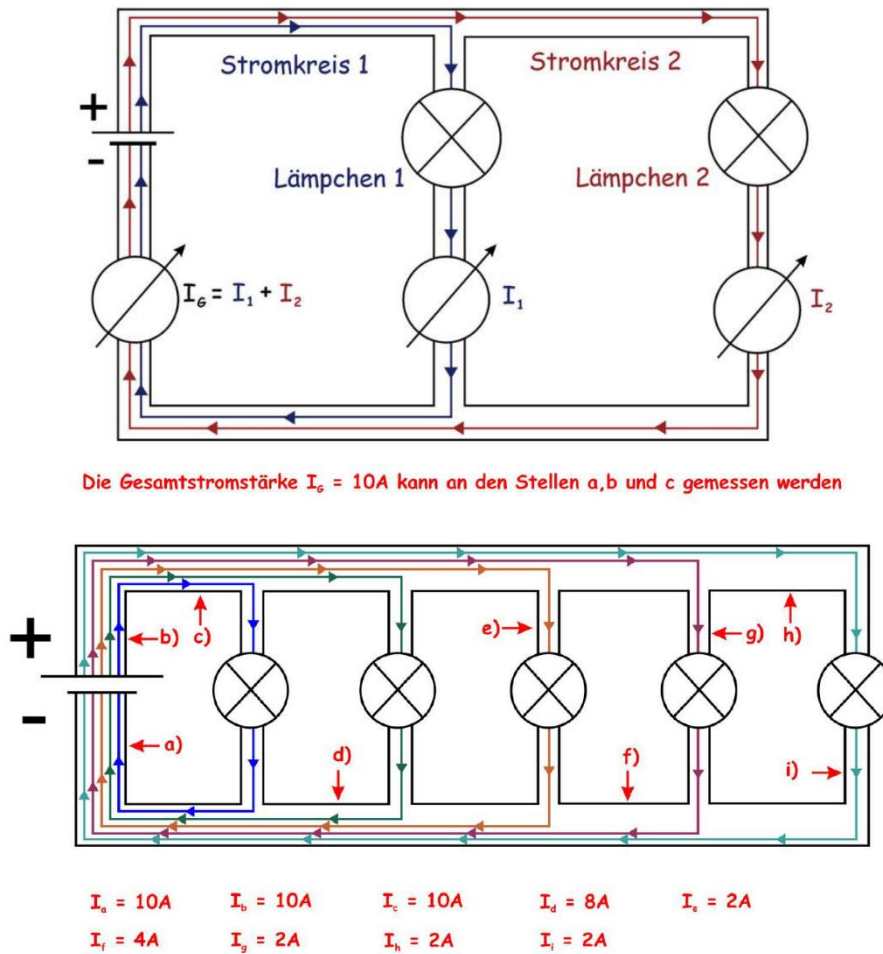


Abbildung 10: Oben: Anschauliche Aufteilung des Stromflusses bei einer Parallelschaltung (Halbierung aufgrund der baugleichen Lampe) und anschließende Wiedervereinigung. Unten: Aufteilung bei fünf Lampen und gemessene Stromstärken an den Messpunkten a) – i).

Bei den beiden Bildern oben ist die *technische Stromrichtung* angezeigt: Stromfluss von der Anode („+“ Pol) zur Kathode („-“ Pol). Diese wurde willkürlich festgelegt. Die *physikalische Stromrichtung* hingegen entspricht der Bewegung der Elektronen von der Kathode zur Anode.

U-I-Kennlinie und Ohmsches Gesetz:

Elektrischer Widerstand
& Ohm'sches Gesetz

Definition des eL. Widerstandes

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

Widerstand Spannung Stromstärke

$$[R] = 1 \frac{V}{A} = 1 \Omega$$

1 Ohm

Versuch:

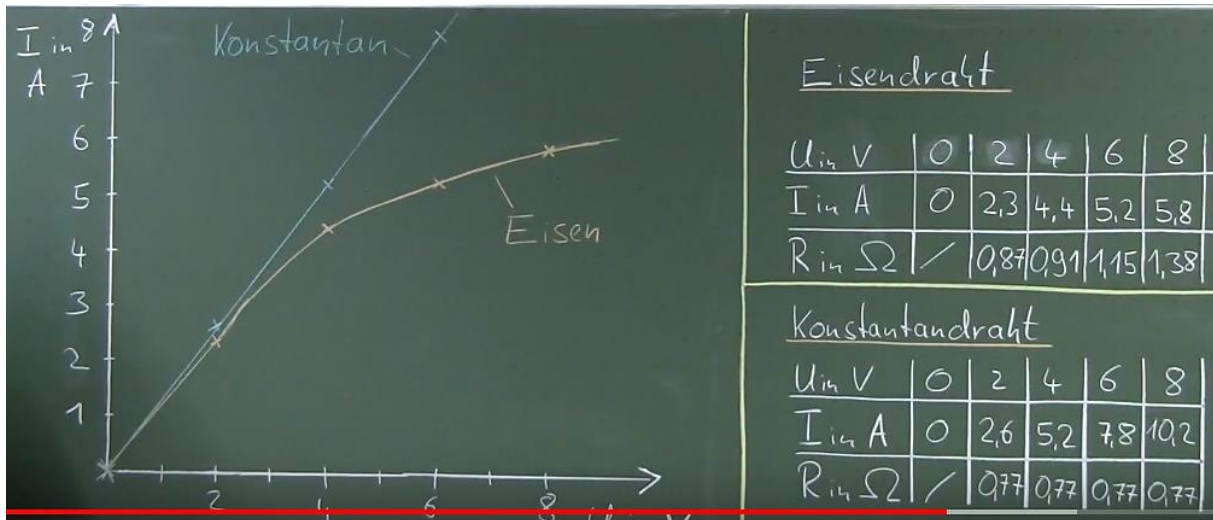
Testleiter

Eisendraht

$U_{in} V$				
$I_{in} A$				
$R_{in} \Omega$				

Konstantandraht

$U_{in} V$				
$I_{in} A$				
$R_{in} \Omega$				



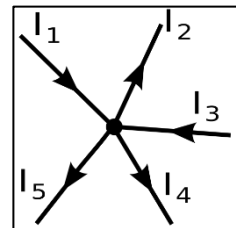
Ohm'sches Gesetz
 $U \sim I$ bzw. $R = \frac{U}{I} = \text{konst.}$

Kirchhoffsche Gesetze

Knotenregel:

In einem Knotenpunkt eines elektrischen Netzwerkes ist die Summe der zufließenden Ströme gleich der Summe der abfließenden Ströme:

$$\sum_i I_{\text{rein}} = \sum_i I_{\text{raus}}$$

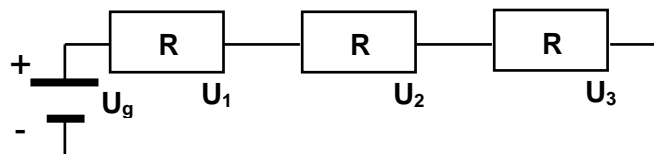


Dies entspricht der oben genannten Formel zum Stromfluss in Parallelschaltungen!

Maschenregel:

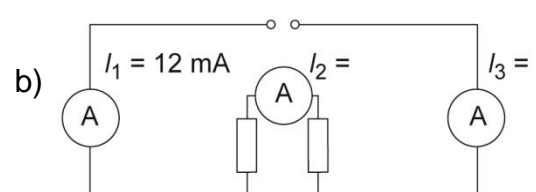
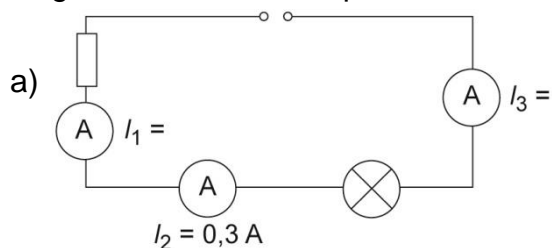
In einem Stromkreis ist die Spannung aus der Quelle (auch Quellen!) genauso groß wie die Spannung, die an den Verbrauchern (z. B.

Widerständen) abfällt: $\sum_i U_{\text{quell}} = \sum_i U_{\text{abfall}}$



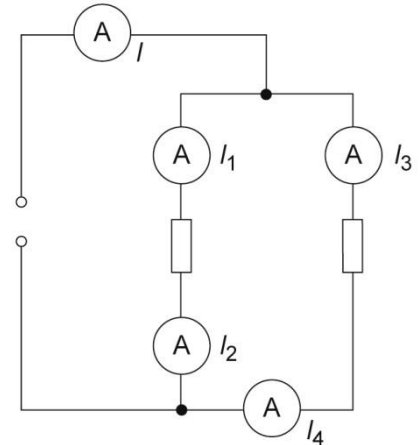
Aufgaben - Stromstärke und Spannung in einfachen Stromkreisen

1) Ergänze an den Schaltplänen die fehlenden Stromstärken!



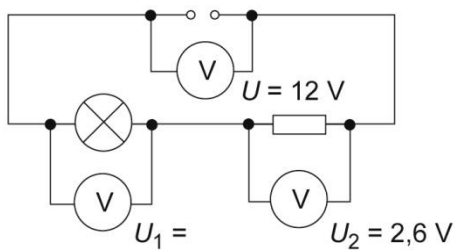
- 2) In einem verzweigten Stromkreis befinden sich zwei Widerstände. Für verschiedene Spannungen wurden die jeweiligen Stromstärken gemessen. Ergänze die Tabelle!

I	I_1	I_2	I_3	I_4
0,5 A		0,2 A		
	0,3 A		0,15 A	
		250 mA	450 mA	
0,8 A				175 mA
	250 mA		0,3 A	

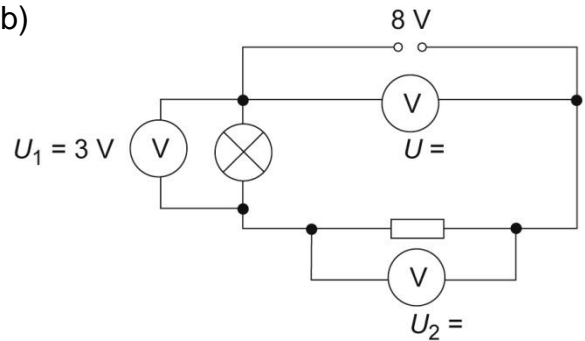


- 3) Ergänze an den Schaltplänen die fehlenden Spannungen!

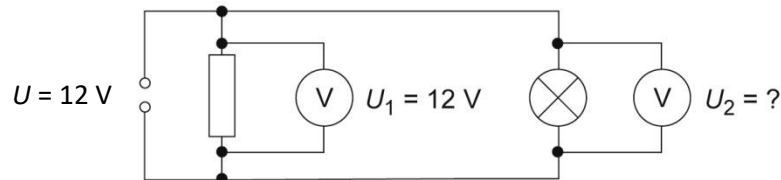
b)



b)



- 4) Ergänze am Schaltplan die fehlende Spannung!



- 5) Sind die Aussagen wahr oder falsch? Kreuze an!
(Anmerkung: Drei der dargestellten „Verbraucher“ sind Baugleich, der „Verbraucher bei U_2 “ unterscheidet sich von den anderen)

	wahr	falsch
$U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$		
$U = U_1 + U_3 + U_4$		
$U = U_1 + U_2 + U_4$		
$U_2 = U_3$		
$U_1 = U_4$		
$U_4 = U_2 + U_3$		

