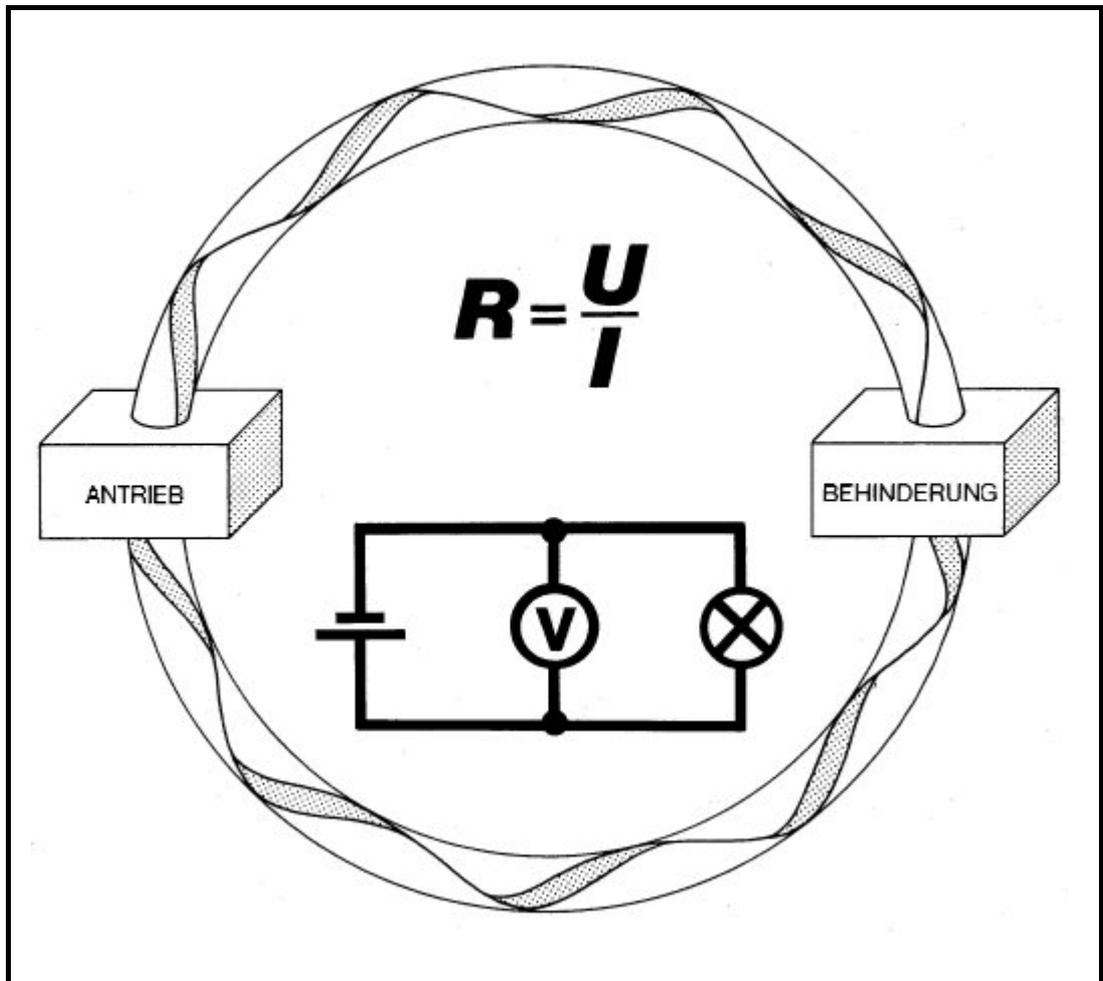


IPN Curriculum Physik

Unterrichtseinheit für das 7. und 8. Schuljahr



Der elektrische Stromkreis als System

Schülerheft Nr. 2

IPN Curriculum Physik
Der elektrische Stromkreis als System
Schülerheft 2
A Elektrische Spannung
B Das Ohmsche Gesetz

Herausgeber: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN).

Die vorliegende Unterrichtseinheit ist Teil des überarbeiteten IPN-Curriculum Physik und umfaßt den Inhalt der drei Erprobungsfassungen:

- 6.4. Der elektrische Strom
- 7.4. Stromstärke und Widerstände
- 8.1. Die elektrische Spannung

Verantwortlich für die vorliegende Fassung:

Hermann Härtel

haertel@astrophysik.uni-kiel.de

Inhaltsverzeichnis

A Die elektrische Spannung

Teil 1 Arbeitsblätter

Die elektrische Spannung	5
Wie wird ein Spannungsmeßgerät abgelesen?	6
Welche Spannungen treten bei einer Reihenschaltung auf?	7
Welche Ähnlichkeit besteht zwischen der elektrischen Spannung und dem Druckunterschied bei einem Wasserkreis?	8
Wie ist der Druckverlauf in einem Wasserkreis mit einem einzelnen Widerstand?	10
Wie ist der Druckverlauf in einem Wasserlauf mit zwei Widerständen?	11
Vergleich Wasserkreis - Stromkreis	12
Welche Spannungen treten bei einer Parallelschaltung auf?	13
Druckunterschied bei parallelen Wasserrohren	14
Wie kann man einzelne Batterien zusammenschalten?	15
Übungsaufgaben zur Spannungsmessung	17

Teil 2 Information

Die elektrische Spannung	18
Teilspannungen in einer Reihenschaltung	19
Teilspannungen an einer Parallelschaltung	20

B Das Ohmsche Gesetz

Teil 1 Arbeitsblätter

Die Beziehung zwischen Antrieb, Materiefluß und Behinderung	21
Wie hängt der Strom von der Spannung ab? Bleibt R konstant?	23
Wie groß ist der Widerstand einer Glühlampe?	24
Berechnung von Teilspannungen in einer Reihenschaltung	25
Berechnung des Gesamtwiderstandes einer Schaltung	26
Zusammensetzung von Widerständen	27
Teilströme in einer Parallelschaltung	27
Der spezifische Widerstand	28
Wie hängt der Widerstand vom Querschnitt eines Drahtes ab?	29
Wie hängt der Widerstand von der Länge eines Drahtes ab?	30
Gefahren des elektrischen Stromkreises	31

Teil 2 Information

Das Ohmsche Gesetz	33
Der spezifische Widerstand	34
Die Gefahr des elektrischen Stromes	35

Die elektrische Spannung

In diesem Schülerheft findet ihr Aufgaben, deren Lösung euch hilft, den Begriff elektrische Spannung (Abkürzung U) besser zu verstehen.

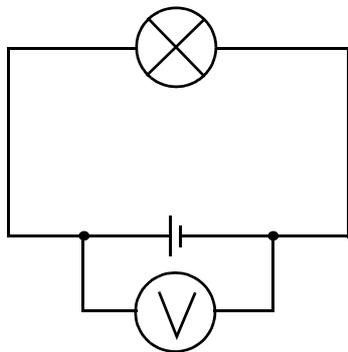
Die elektrische Spannung ist verantwortlich für das Fließen des elektrischen Stromes. Sie ist etwas ganz anderes als der Strom. Auch die Regeln für das Auftreten einer Spannung in einer Reihen- oder Parallelschaltung sind ganz verschieden von denen des elektrischen Stromes.

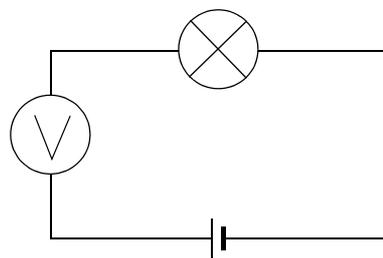
Für euch ist es wichtig, diese Unterschiede genau kennen zu lernen. Sonst ist es euch z. B. unmöglich, elektronische Schaltungen richtig aufzubauen und damit zu arbeiten. Außerdem wäre es euch sonst nicht möglich zu entscheiden, wie und wann man mit Spannungsquellen gefahrlos umgehen kann und wann Lebensgefahr besteht.

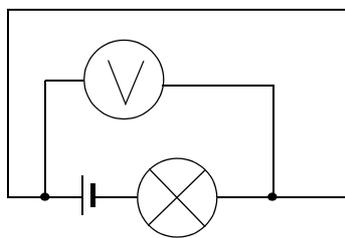
Von eurem Lehrer habt ihr erfahren, mit welchem Instrument man die Spannung messen kann und wie man ein solches Gerät zur Messung in einen Stromkreis schaltet.

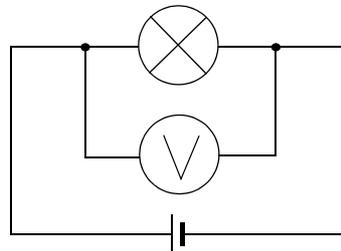
Bei den folgenden Aufgaben könnt ihr überprüfen, ob ihr mit einem solchen Gerät schon richtig umgehen könnt.

In den folgenden Schaltskizzen soll jeweils die Spannung an den Ausgängen der Energiequelle gemessen werden. Kreuzt diejenigen Schaltungen an, in denen das Meßgerät falsch geschaltet ist.



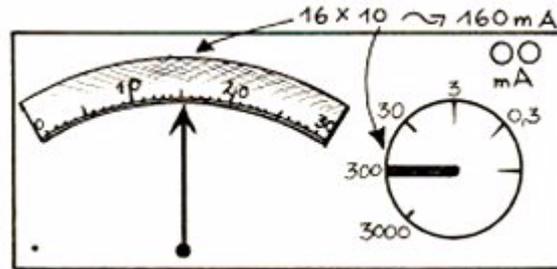






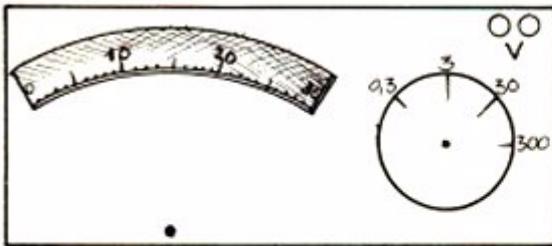
Wie wird ein Spannungsmeßgerät abgelesen?

Zur Messung mit einem Vielfachmeßinstrument muß der abgelesene Meßwert (in Skalenteilen) noch umgerechnet werden.

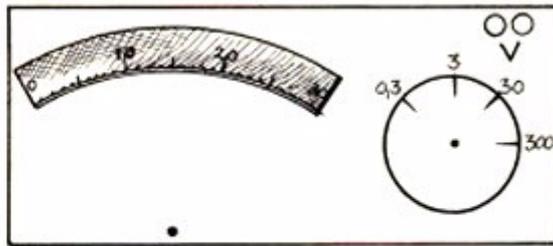


Zeichnet bei den abgebildeten Meßinstrumenten ein, wie der Zeiger und der Wahlbereichschalter stehen müssen, um den angegebenen Wert zu messen.

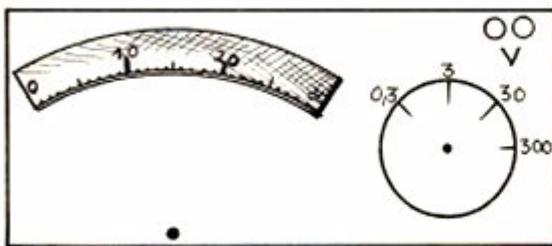
Die Spannung U wird in Volt gemessen.



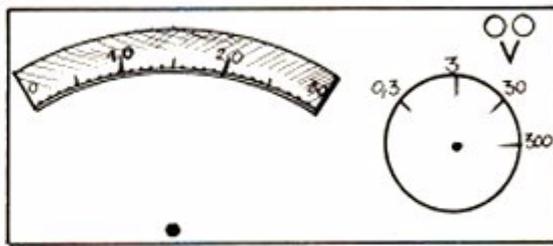
$$U = 1,5 \text{ V}$$



$$U = 0,12 \text{ V}$$



$$U = 0,08 \text{ V}$$

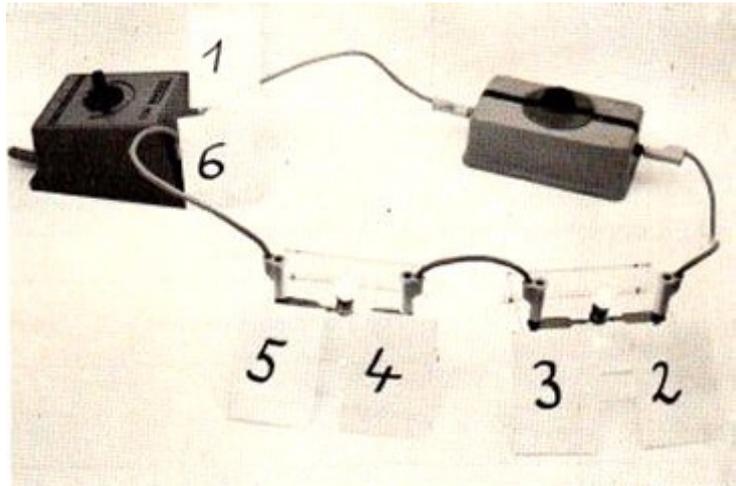
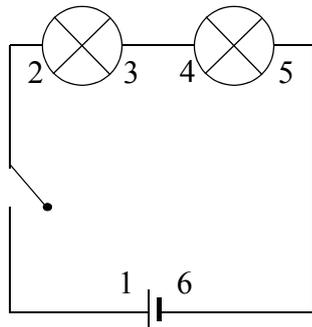


$$U = 270 \text{ V}$$

Welche Spannungen treten bei einer Reihenschaltung auf?

Im vorherigen Unterricht habt ihr die Reihenschaltung behandelt und gelernt, daß der elektrische Strom in einer solchen Schaltung überall gleich groß ist. Ihr werdet sehen, daß die Regel bezüglich der elektrischen Spannung nicht ganz so einfach ist.

Um diese Gesetzmäßigkeit herauszufinden, könnt ihr den hier dargestellten Stromkreis aufbauen.



Es ist vorteilhaft, vor Beginn der Messungen die einzelnen Meßpunkte genau zu kennzeichnen, dann könnt ihr sie nicht verwechseln.

Die Meßergebnisse werden in diese Tabelle eingetragen.

Meßpunkte	Spannung (in Volt)
1-2	
2-3	
3-4	
4-5	
5-6	
6-1	

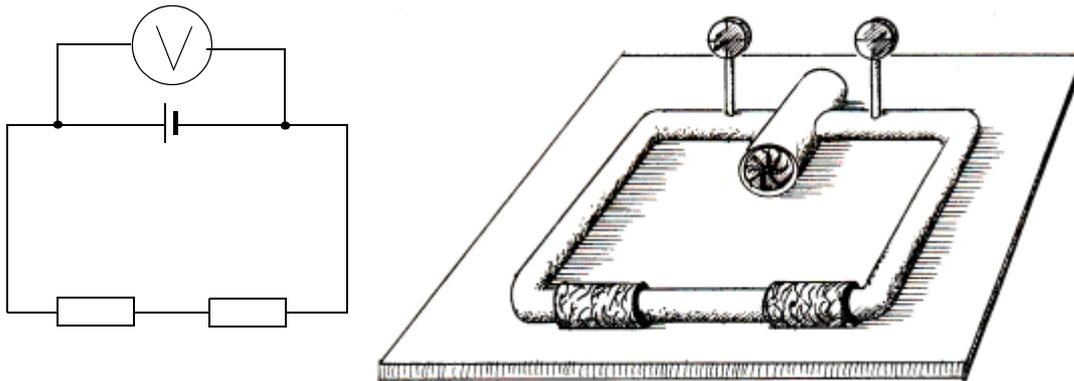
Können ihr eine Gesetzmäßigkeit zwischen diesen Meßergebnissen erkennen?

Ergebnis: _____

Welche Ähnlichkeit besteht zwischen der elektrischen Spannung und dem Druckunterschied bei einem Wasserkreis?

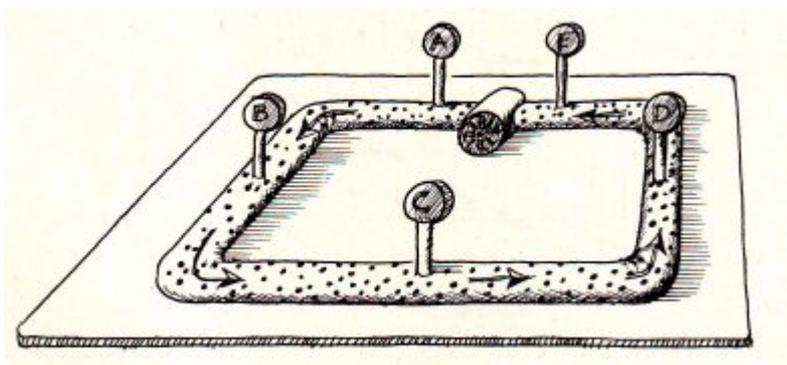
Die Ähnlichkeit zwischen einem Stromkreis und einem Wasserkreis habt ihr schon früher im Unterricht ausgenutzt, um den elektrischen Strom und den elektrischen Widerstand besser zu verstehen.

Auch bei der Untersuchung der elektrischen Größe "Spannung" ist ein Vergleich mit dem Wasserkreis hilfreich.



Im elektrischen Stromkreis ist die Spannung die Ursache für das Fließen des elektrischen Stromes (der Antrieb). Im Wasserkreis ist der Druckunterschied vor und hinter der Pumpe für das Fließen des Wassers verantwortlich.

Im folgenden wird an einem Wasserkreis der Druckverlauf und dann vor allem das Auftreten von Druckunterschieden näher untersucht. Dadurch könnt ihr dann etwas besser die vorher durchgeführten Spannungsmessungen verstehen.

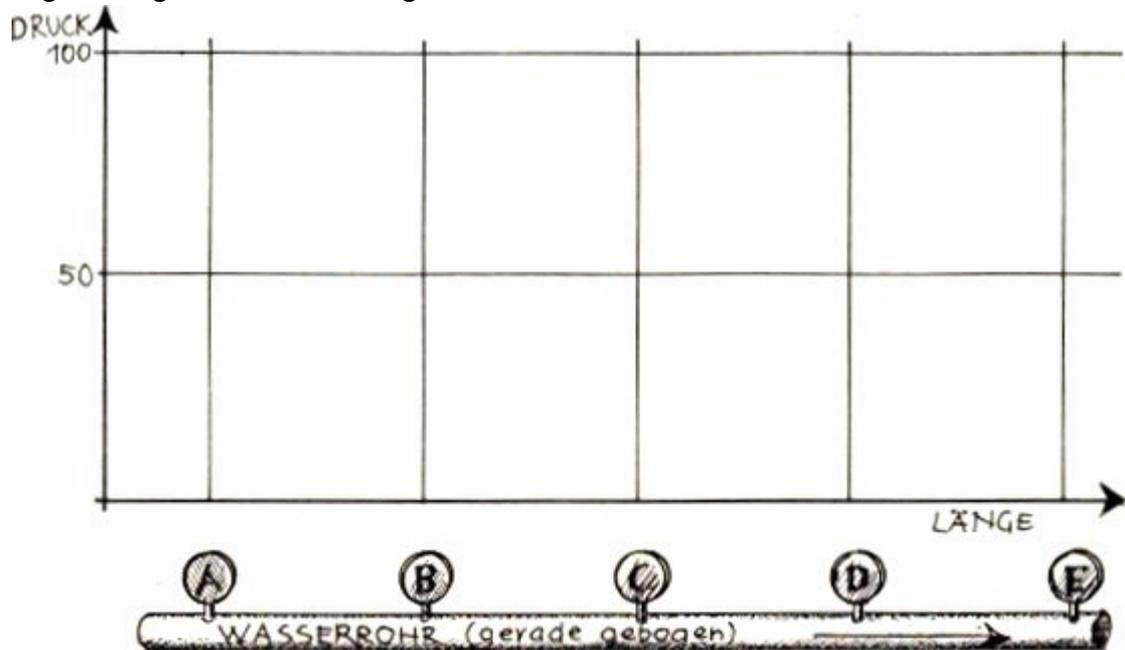


Die obere Abbildung zeigt einen geschlossenen Wasserkreis, der gleichmäßig mit einem Stoff gefüllt ist. Dieser Stoff läßt das Wasser zwar durch, behindert aber das Fließen sehr stark.

Längs des Rohres sind einige Druckmesser angebracht. Welchen Druck werden diese Meßgeräte anzeigen, wenn das Wasser gleichmäßig im Kreis herumfließt?

Es wird angenommen, daß am Ausgang der Pumpe ein Druck von 100 Einheiten und am Eingang ein Druck von 50 Einheiten herrscht.

Tragt die Ergebnisse in das Diagramm ein.



Wenn euch diese Art der Darstellung unverständlich erscheint, helfen euch vielleicht die folgenden Bilder.

Im Bild 1 ist die Größe des Druckes jeweils als Pfeil längs des Wasserrohres aufgetragen. Diese Darstellung wird dann losgelöst und "geradegebogen" (Bild 2).

Bild 1:

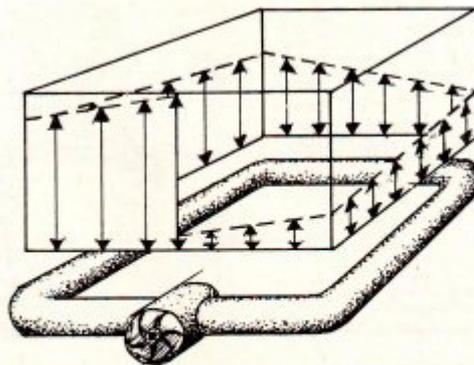
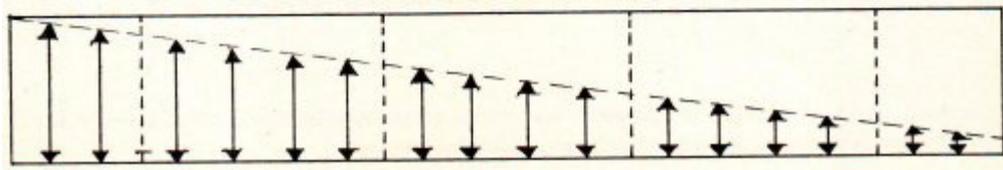
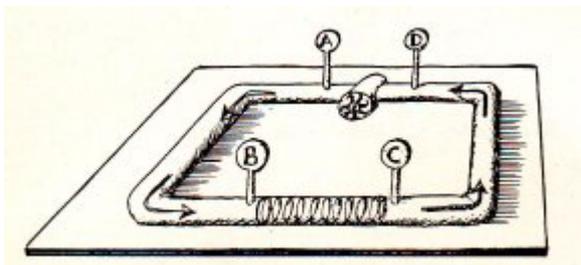


Bild 2:



Wie ist der Druckverlauf in einem Wasserkreis mit einem einzelnen Widerstand?

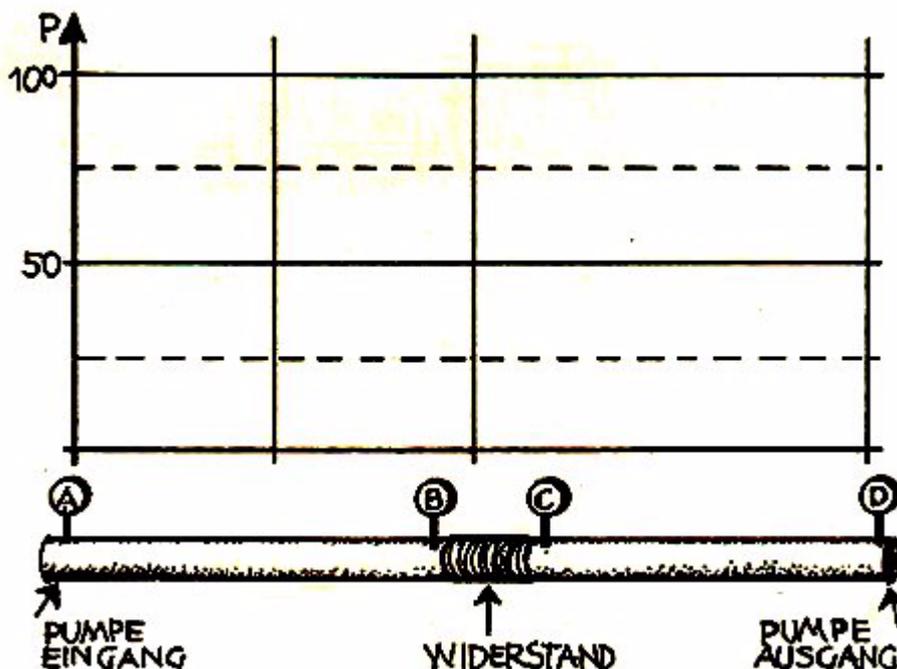
Die Abbildung stellt einen Wasserkreis dar, der nur noch an einer Stelle einen Strömungswiderstand (Schwamm) enthält. Das Fließen des Wassers wird in den übrigen Rohrleitungen nur sehr wenig behindert.



Der Ausgangsdruck an der Pumpe sei wiederum 100 Einheiten, der Eingangsdruck 50 Einheiten. Wie groß ist der Druck an den anderen Meßstellen?

Als Hilfe zur Beantwortung dieser Frage kann der in der rechten Abbildung dargestellte Versuch mit einer Wasserströmung in einem elastischen Schlauch dienen. Den Druck erkennt man daran, wie stark der Schlauch sich ausdehnt.

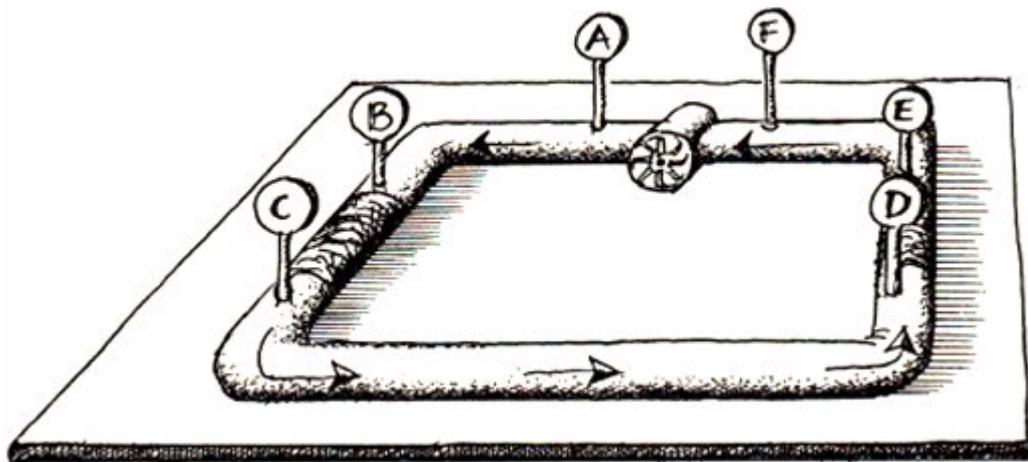
Übertrage die Ergebnisse in das folgende Diagramm:



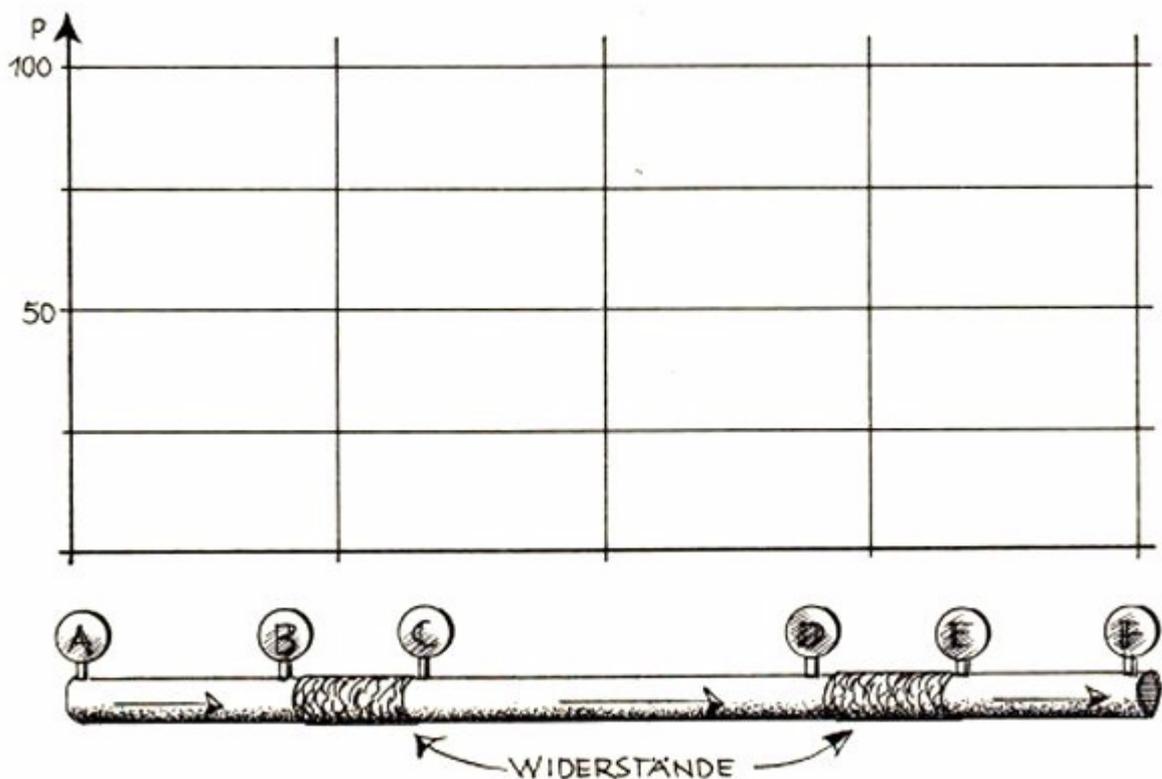
Wie ist der Druckverlauf in einem Wasserlauf mit zwei Widerständen?

An der folgenden Aufgabe könnt ihr überprüfen, ob ihr die Frage nach dem Druckverlauf längs einer Flüssigkeitsströmung schon verstanden habt.

Es sind jetzt - wie auf der Abbildung zu sehen - zwei Strömungswiderstände vorhanden und wieder ist die Frage nach dem Druckverlauf gestellt.

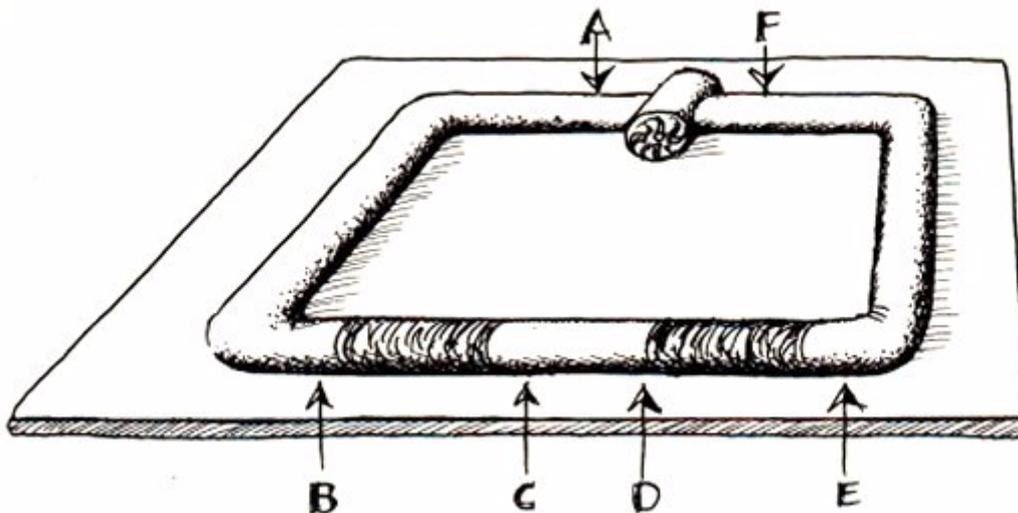
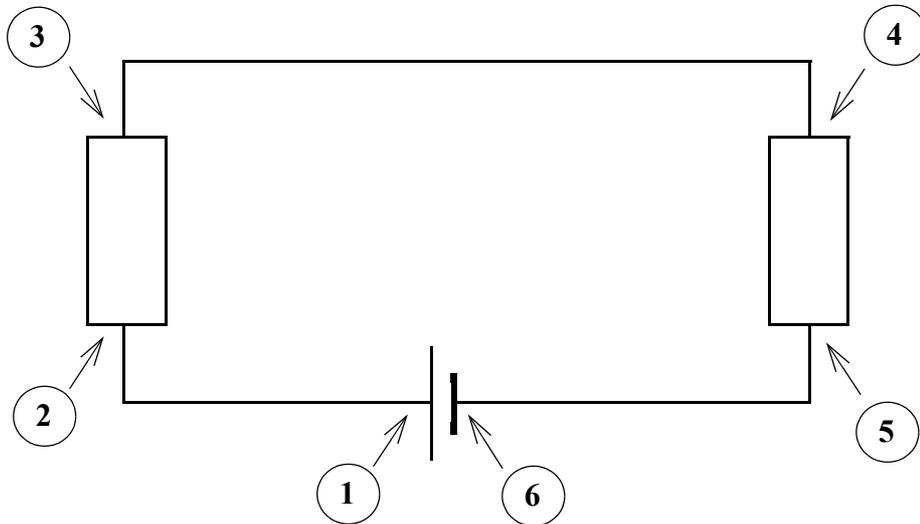


Übertrage die Ergebnisse in das folgende Diagramm:



Vergleich Wasserkreis - Stromkreis

In diesen Abbildungen sind ein Wasserkreis und ein Stromkreis mit je zwei Widerständen übereinander angeordnet.



Welcher Druckunterschied im Wasserkreis entspricht welcher Spannung im Stromkreis?

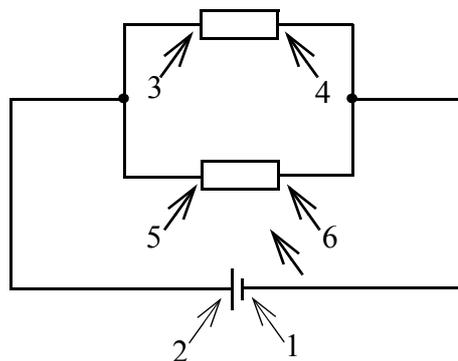
Druckunterschied zwischen den Punkten	entspricht	Spannung zwischen den Punkten
A/B		
B/C		
C/D		
D/E		
E/F		
F/A		

Welche Spannungen treten bei einer Parallelschaltung auf?

Bisher wurde die Spannung nur an Widerständen gemessen, die hintereinander geschaltet waren. Dabei ergab sich, daß die Summe der Teilspannung gleich der Gesamtspannung der Energiequelle ist.

Dies gilt jedoch nur bei einer Reihenschaltung. Bei einer Parallelschaltung liegen andere Verhältnisse vor.

Diese lassen sich feststellen durch eine Messung der Spannungen zwischen den Meßpunkten: 1-2 3-4 5-6



Tragt die Ergebnisse in die folgende Tabelle ein:

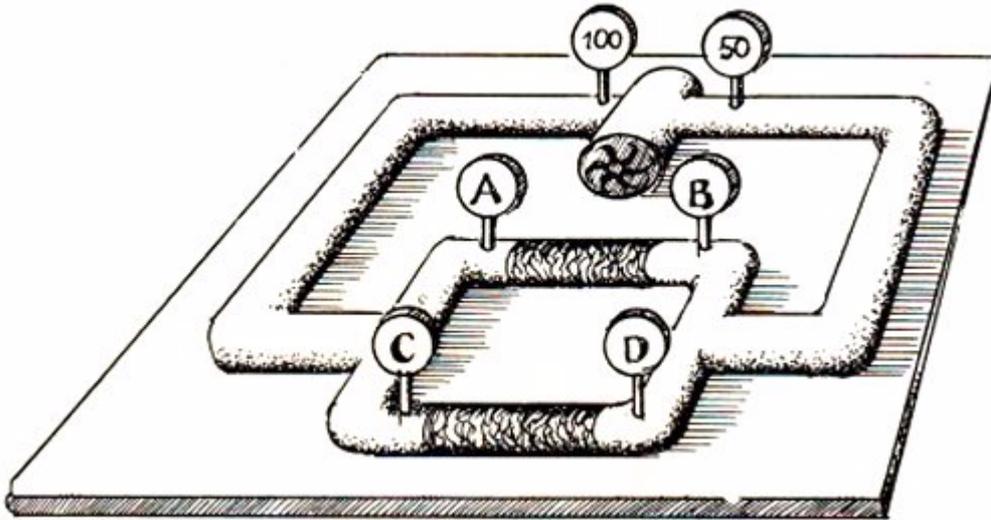
Meßpunkte	Spannung (V)
1-2	
3-4	
5-6	

Welche Ergebnisse erhaltet ihr, wenn die beiden Widerstände verschieden groß sind (z. B. $R_1 = 200 \Omega$; $R_2 = 1000 \Omega$)?

Auf der nächsten Seite wird dieses Versuchsergebnis am Modell des Wasserkreislaufs erläutert.

Druckunterschied bei parallelen Wasserrohren

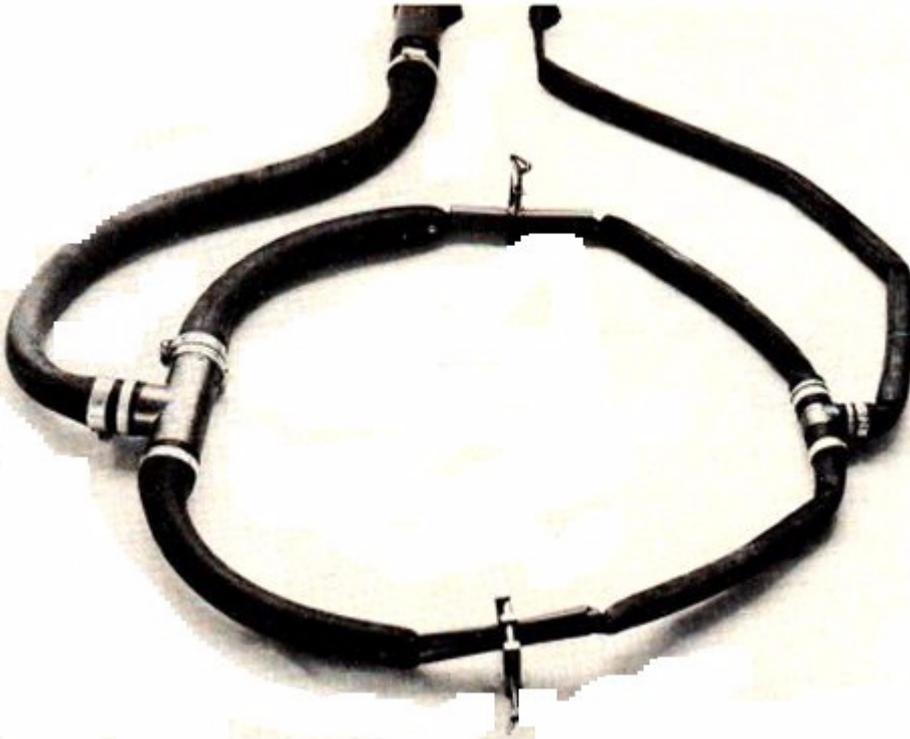
In der folgenden Abbildung ist ein Wasserkreis mit zwei Strömungswiderständen gezeichnet, die aber in parallel verlaufenden Rohren liegen.



Wie groß ist der Druck an den verschiedenen Meßstellen?

Wie groß ist der Druckunterschied zwischen den Meßstellen A/B und C/D?

Als Hilfe kann die folgende Abbildung dienen, an der wieder am Umfang der Schläuche der jeweils vorhandene Druck abgelesen werden kann.

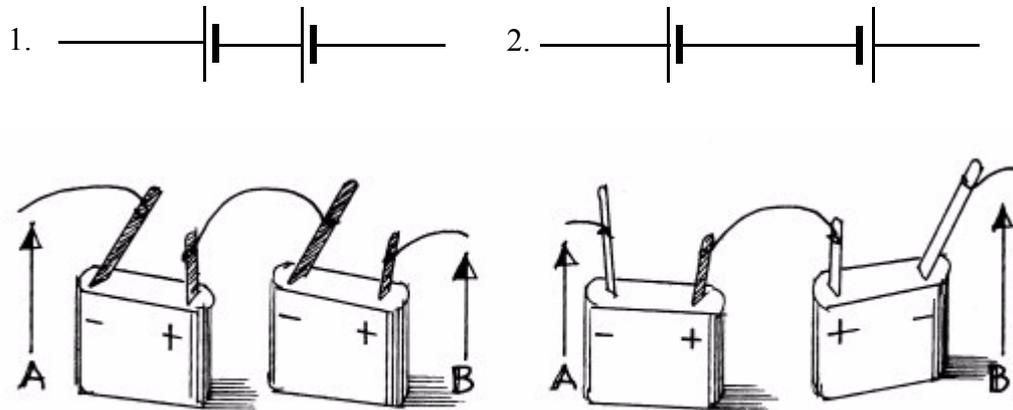


Vergleicht dieses Ergebnis mit den elektrischen Messungen aus der vorherigen Aufgabe.

Wie kann man einzelne Batterien zusammenschalten?

1. Reihenschaltung

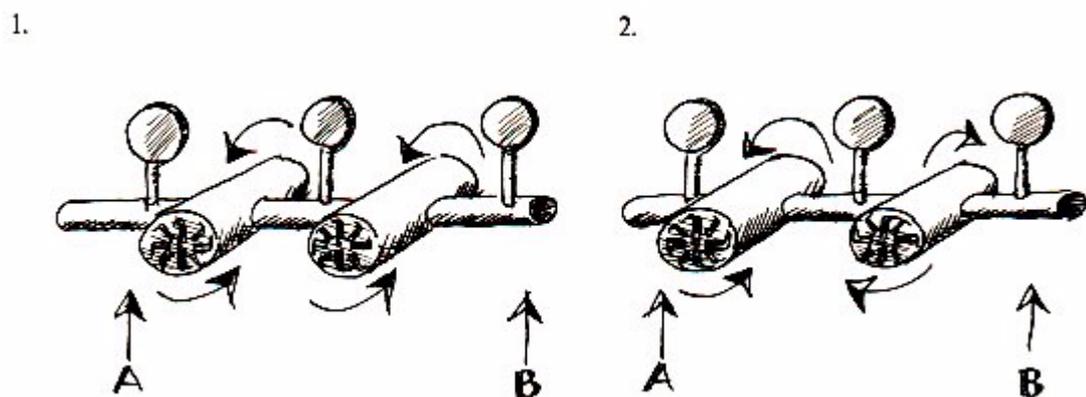
Wenn man zwei Batterien hintereinanderschaltet, so gibt es zwei Möglichkeiten:



Probiert beide Möglichkeiten aus und misst jedesmal die Spannung zwischen den Ausgängen A und B.

Ergebnis: 1. _____ 2. _____

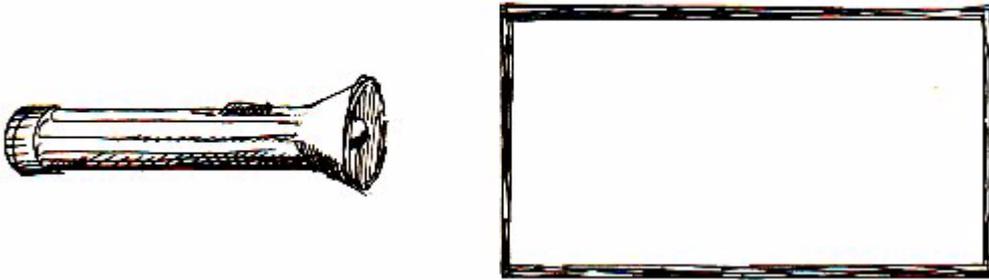
Wie sehen die entsprechenden Überlegungen bei Wasserpumpen aus, die stets einen bestimmten Druckunterschied zwischen Eingang und Ausgang herstellen?



Wie groß ist der Druckunterschied zwischen A und B, wenn jede Pumpe einen Druckunterschied von 5 Einheiten bewirkt?

Ergebnis: 1. _____ 2. _____

Zeichnet das Schaltbild einer Taschenlampe mit drei Monozellen.



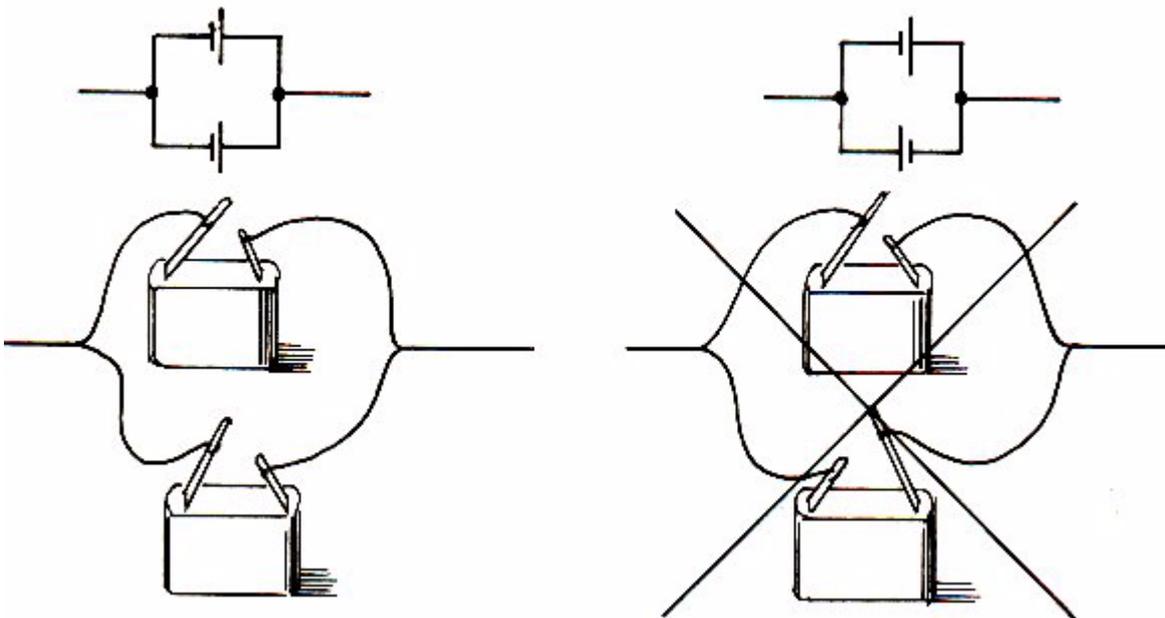
Welche Spannung liegt zwischen den Anschlüssen der Glühlampe?

(Eine Monozelle liefert eine Spannung von 1,5 V)

Antwort: _____

2. Parallelschaltung

Wenn man zwei Batterien als Parallelschaltung zusammensetzt, so gibt es dafür auch zwei Möglichkeiten.



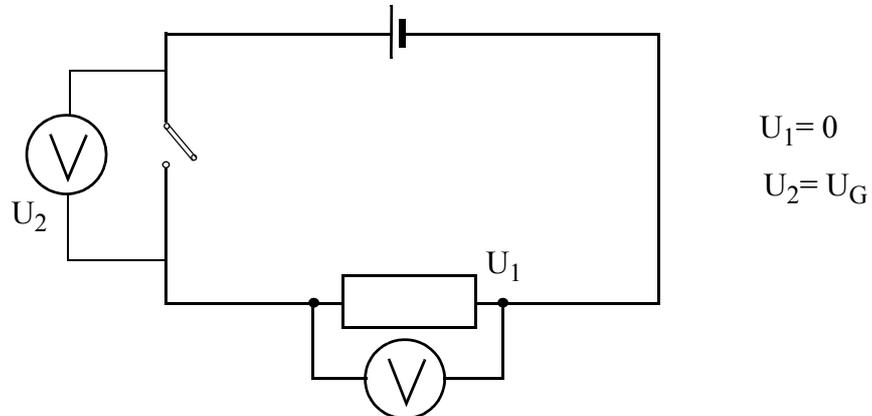
Wir können euch aber nicht empfehlen, beide Formen auszuprobieren, um die auftretenden Unterschiede festzustellen. Bei einer der beiden Schaltungen würden die Batterien sehr schnell zerstört werden.

Könnt ihr herausfinden, welche der beiden Schaltungen gefährlich für die Energiequelle ist und wie groß die Spannung bei der anderen Schaltung ist?

Vergleicht das Ergebnis mit zwei parallel zusammengeschalteten Wasserpumpen.

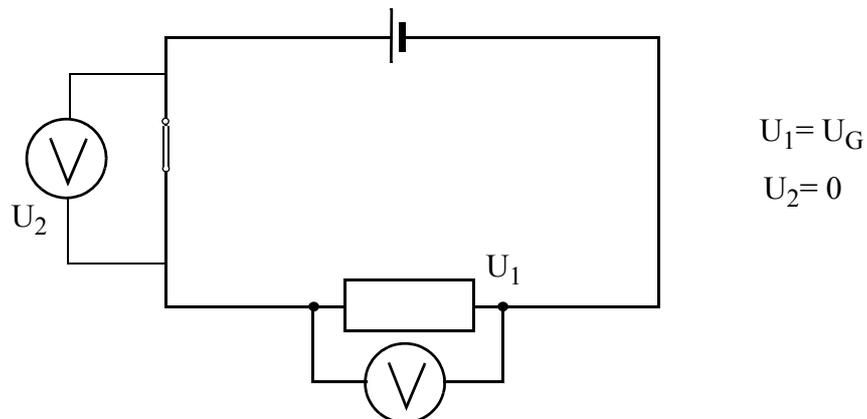
Übungsaufgaben zur Spannungsmessung

In einer Schaltung mit einem Widerstand und einem Schalter liegt die Spannung der Batterie (U_G) an den Enden des geöffneten Schalters. Zwischen den Enden des Widerstandes tritt keine Spannung auf.



Baut entsprechend dieser Skizze den Stromkreis auf und überprüft die Angaben.

Wenn nun der Schalter geschlossen wird, verändern sich die Spannungswerte.



Überprüft diese Aussagen.

Können Sie dieses Verhalten erklären?

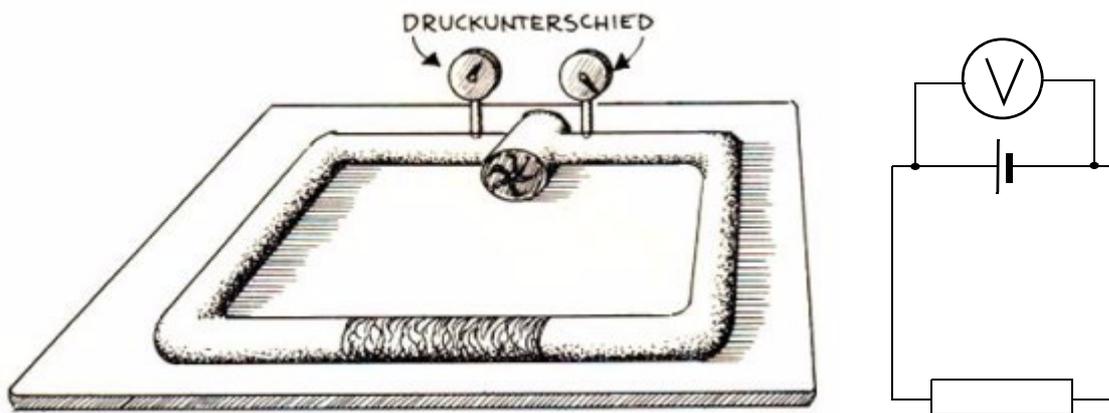
Wie sehen die entsprechenden Verhältnisse beim Wasserkreis aus?

Die elektrische Spannung

Die Spannung einer Energiequelle (U) ist die Voraussetzung für das Fließen eines elektrischen Stromes.

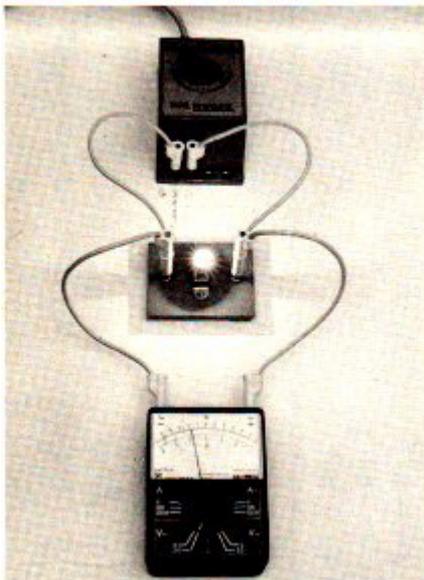
Die Einheit der Spannung ist das Volt (V).

Die Spannung kann man vergleichen mit dem Druckunterschied in einem Wasserkreis, der von einer Pumpe erzeugt wird und der für das Fließen des Wassers verantwortlich ist.

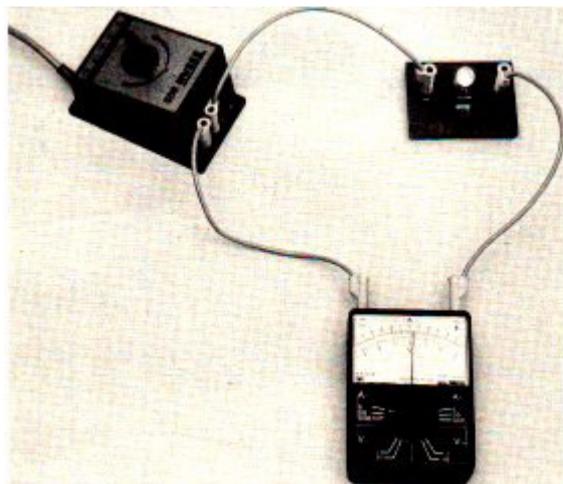


In einem elektrischen Stromkreis (oder an einer Energiequelle) tritt eine Spannung immer nur zwischen zwei Punkten auf.

Die Spannung zwischen zwei Punkten wird gemessen, indem die beiden Punkte mit den beiden Eingängen eines Voltmeters leitend verbunden werden.



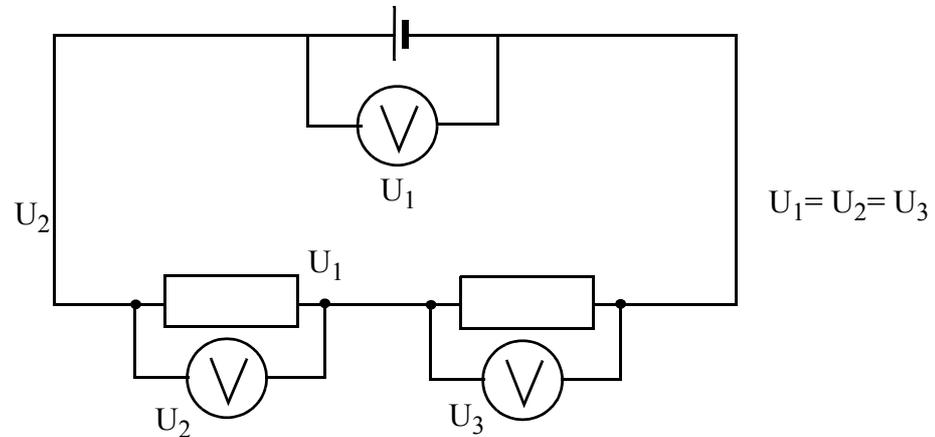
Das Voltmeter wird parallel zum Stromkreis geschaltet



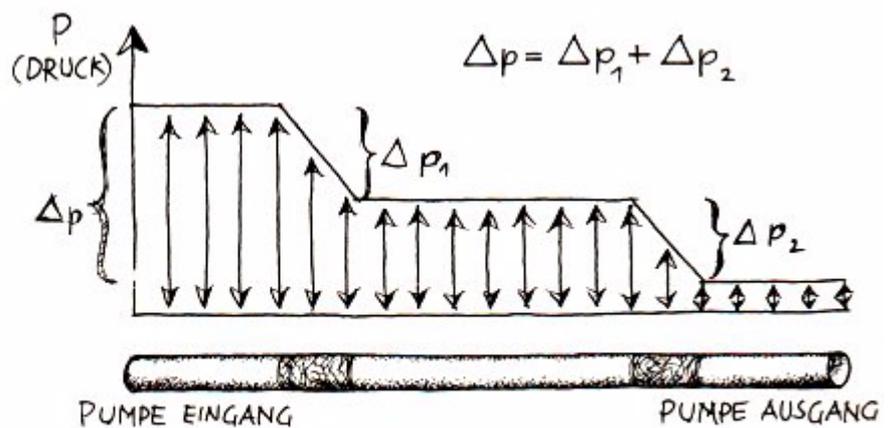
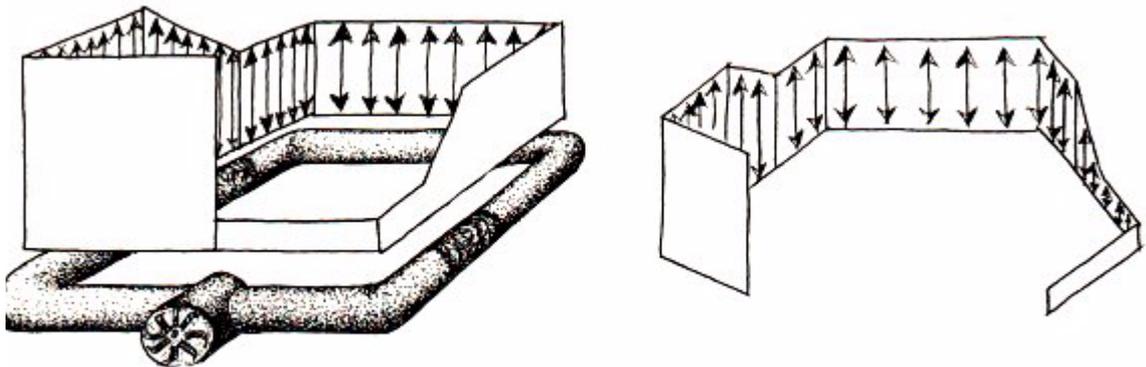
Das Amperemeter wird in den Stromkreis geschaltet

Teilspannungen in einer Reihenschaltung

An den Enden eines stromdurchflossenen Widerstandes tritt eine Spannung auf. Sind mehrere Widerstände in Reihe geschaltet, so ist die Summe der einzelnen Teilspannungen an den einzelnen Widerständen gleich der Spannung an der Energiequelle.

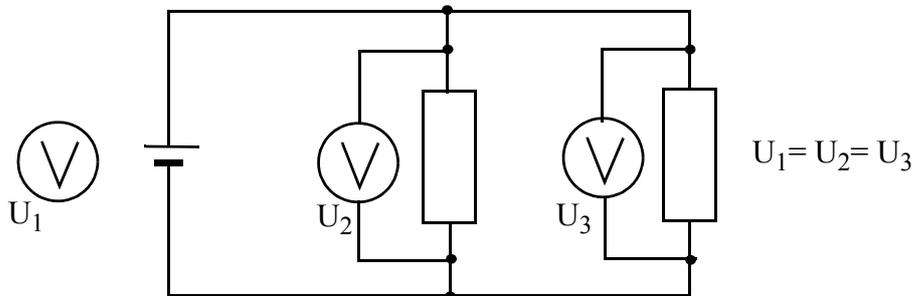


Dieser Zusammenhang gilt in gleicher Form für den Druckunterschied in einem Wasserkreis mit mehreren in Reihe geschalteten Widerständen. Auch hier ist die Summe der einzelnen Druckunterschiede gleich dem gesamten von der Pumpe erzeugten Druckunterschied.

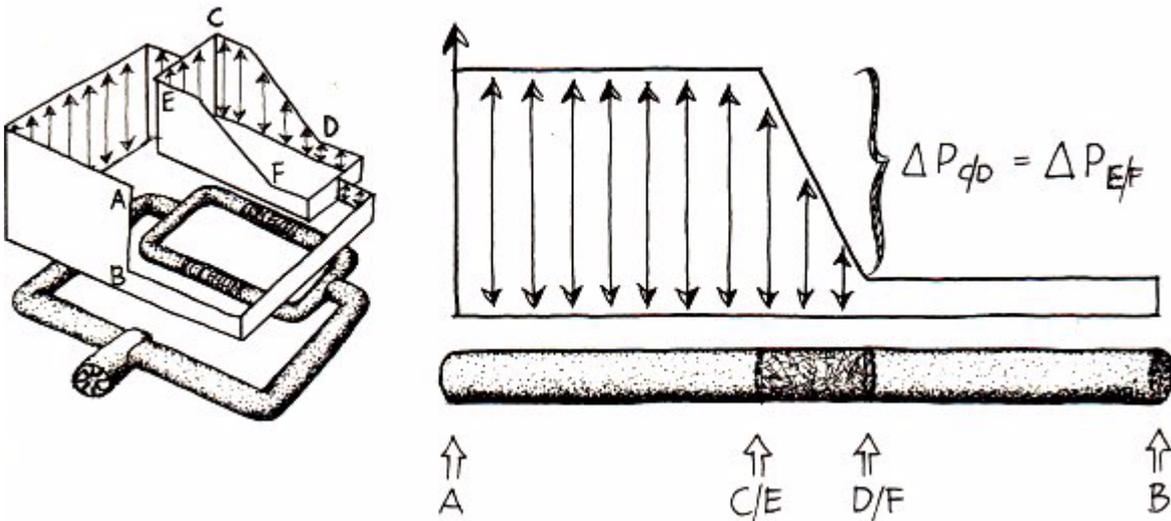


Teilspannungen an einer Parallelschaltung

Im Gegensatz zur Reihenschaltung sind bei einer Parallelschaltung die Teilspannungen an den Widerständen einander gleich. Jede Teilspannung ist genau so groß wie die Spannung an der Energiequelle.



Dieses Regel gilt in gleicher Form für den Druckunterschied in einem entsprechenden Wasserkreis.



Zunächst gilt, daß der Druck in einem dicken Wasserrohr praktisch überall gleich groß ist.

$$P(A) = P(C) = P(E)$$

$$P(B) = P(D) = P(F)$$

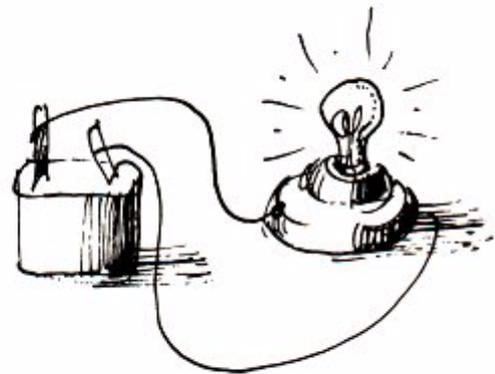
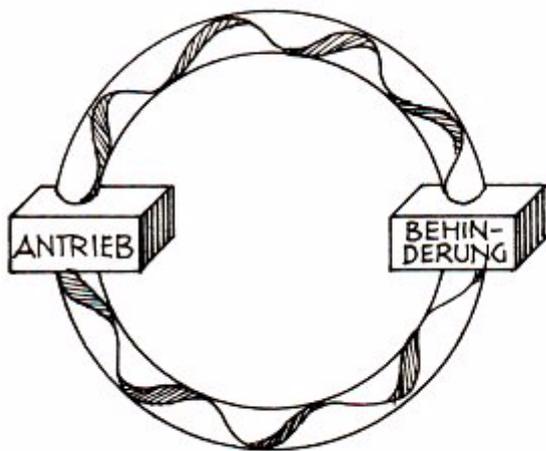
Daraus folgt dann, daß der Druckunterschied zwischen den Punkten A/B, C/D und E/F jeweils gleich groß sein muß.

$$\Delta P_{A/B} = \Delta P_{C/D} - \Delta P_{E/F}$$

Die Beziehung zwischen Antrieb, Materiefluß und Behinderung

Der elektrische Stromkreis ist ein energieübertragendes System, bei dem nur Energie und keine energiereiche Materie übertragen wird. Das System besteht, ähnlich wie bei einem Wasserkreislauf aus drei wesentlichen Elementen:

1. Ein Antrieb für den Materiefluß
2. Ein in sich geschlossener Materiefluß
3. Eine Behinderung des Materieflusses



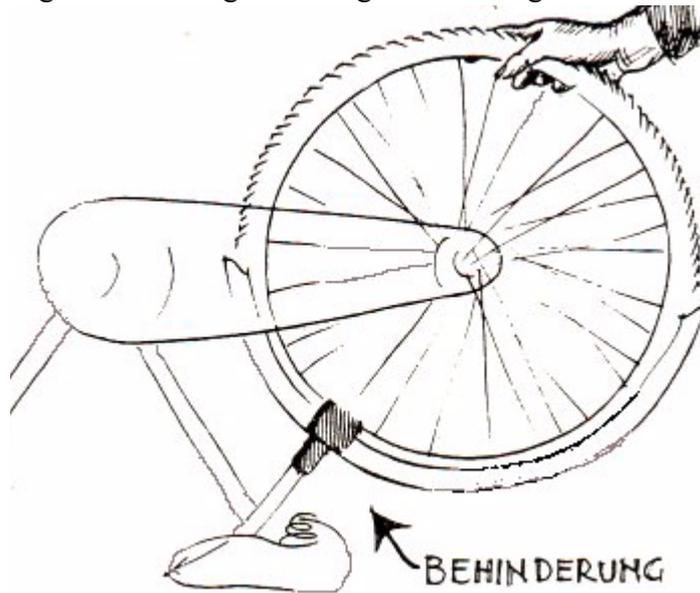
Für den elektrischen Stromkreis gelten die folgenden Beziehungen:

Antrieb	<-->	Spannung
in sich geschlossener Materiefluß	<-->	elektrischer Strom
Behinderung	<-->	elektrischer Widerstand

Im folgenden geht es darum, eine Meßvorschrift für den elektrischen Widerstand zu finden und die Beziehung zwischen den drei elektrischen Größen mathematisch darzustellen.

Hierzu ist hilfreich, sich den gleichmäßig sich bewegenden Materiestrom als Fließgleichgewicht zwischen Antrieb und Behinderung vorzustellen.

Ein solches Gleichgewicht liegt z. B. vor, wenn das Hinterrad eines Fahrrades mit einer bestimmten Kraft angetrieben und gleichzeitig von der Felgenbremse abgebremst wird.



Die Folge dieses Gleichgewichtes zwischen Antrieb und Behinderung ist eine bestimmte gleichmäßige Drehbewegung.

Übertragen auf den elektrischen Stromkreis bedeutet diese Vorstellung: der gleichmäßig fließende elektrische Strom entsteht als ein Fließgleichgewicht zwischen der Spannungsquelle, die den Strom antreibt und dem Widerstand, der den Stromfluß behindert.

Könnt ihr euch jetzt denken, was passiert, wenn bei der oben dargestellten Bewegung eine dieser drei Größen geändert wird?

Versucht, die folgenden Sätze zu vervollständigen:

Je größer - bei konstantem Antrieb - die Behinderung wird, desto _____ wird die Drehgeschwindigkeit.

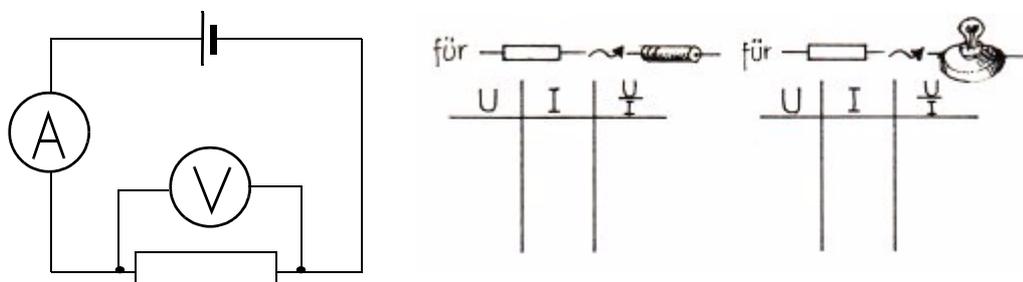
Je größer - bei konstanter Behinderung - der Antrieb wird, desto _____ wird die Drehgeschwindigkeit.

Je größer - bei konstanter Drehgeschwindigkeit - der Antrieb wird, desto _____ muß die Behinderung sein.

Die gleichen Überlegungen gelten auch für Beziehungen zwischen den elektrischen Größen Spannung, Stromstärke und Widerstand.

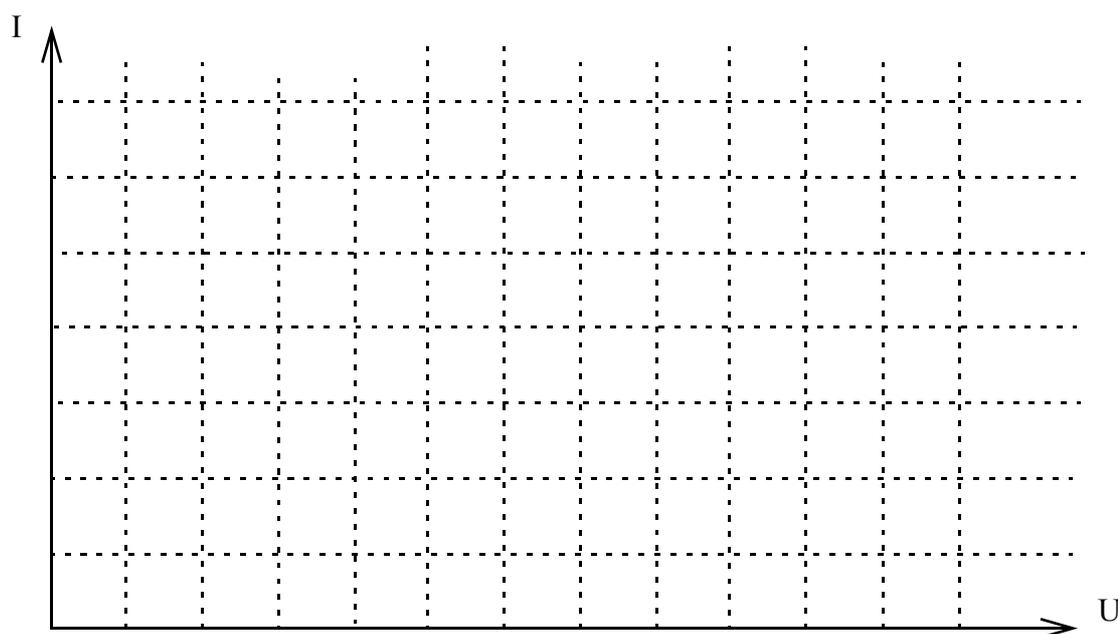
Wie hängt der Strom von der Spannung ab? Bleibt R konstant?

Diese Fragen lassen sich durch ein Experiment beantworten. Dabei wird vorausgesetzt, daß ein Widerstand dann konstant bleibt, wenn bei einer Verdopplung der Spannung genau der doppelte Strom fließt (in der Physik sagt man: wenn U und I zueinander proportional sind.).



Wenn möglich, solltet ihr dieses Experiment sowohl mit einem elektronischen Widerstand als auch mit einer Glühlampe durchführen. Ihr werdet dann einen deutlichen Unterschied zwischen diesen beiden Verbrauchern feststellen. Diskutiert den Unterschied mit eurem Lehrer!

Tragt die Meßwerte in ein Diagramm ein.



Für die meisten Festkörper - vor allem für die Metalle - ist experimentell festgestellt worden, daß für konstante Temperatur die Größen U und I zueinander proportional sind. Diese Proportionalität wurde vor 150 Jahren von dem Physiker Georg Simon Ohm entdeckt. Ihm zu Ehren nennt man die Beziehung

$$U/I = \text{konstant}$$

das OHMSche Gesetz.

Wie groß ist der Widerstand einer Glühlampe?

Wenn man einen Widerstand messen will, muß man zunächst wissen, daß die Einheit des Widerstandes (genannt 1 Ohm) folgendermaßen festgelegt wurde:

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

Für die Bestimmung eines Widerstandes gilt dann allgemein:

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

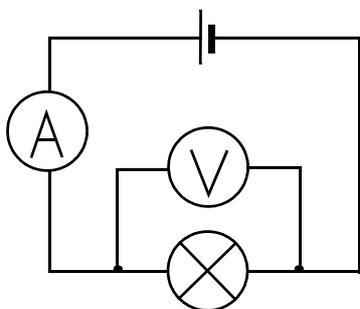
Diese Beziehung zwischen U , I und R kann man noch auf zwei andere Arten schreiben.

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

Dies sind jedoch drei verschiedene Schreibweisen desselben physikalischen Gesetzes.

Diese Gleichungen erlauben es nun, eine der drei Größen zu berechnen, wenn die anderen beiden bekannt sind.

Baut den unten dargestellten Stromkreis auf, bestimmt U und I und berechnet den Widerstand. (Ihr könnt auch die Meßwerte des letzten Versuches übernehmen).

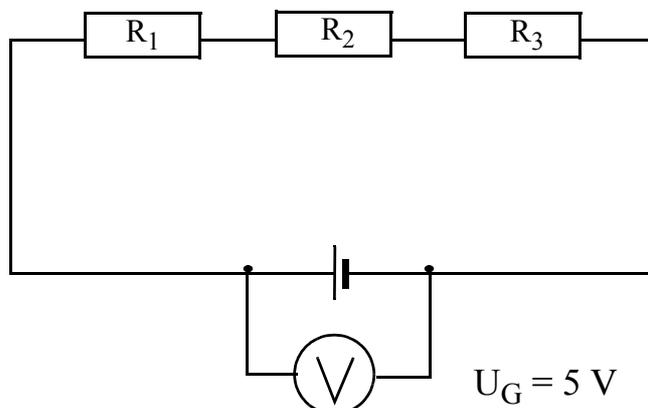


U	I	R = U/I

Berechnung von Teilspannungen in einer Reihenschaltung

In dieser Schaltung sind drei Widerstände von $R_1 = 50 \text{ Ohm}$, $R_2 = 150 \text{ Ohm}$ und $R_3 = 300 \text{ Ohm}$ in Reihe geschaltet.

Die Energiequelle liefert eine Spannung von 5 V .



Mit diesen Angaben könnt ihr sowohl den gesamten Strom als auch die Teilspannungen berechnen, die an den einzelnen Widerständen auftreten.

Um den Strom zu berechnen, muß man wissen, daß sich der gesamte Widerstand bei einer Reihenschaltung als Summe der Einzelwiderstände ergibt.

Somit beträgt der Gesamtwiderstand der obige Schaltung:

$$R_G = R_1 + R_2 + R_3 = 500 \text{ } \Omega$$

$$\text{Dann gilt } I_G = \frac{U_G}{R_G} = \frac{5 \text{ V}}{500 \Omega} = 0,01 \text{ A}$$

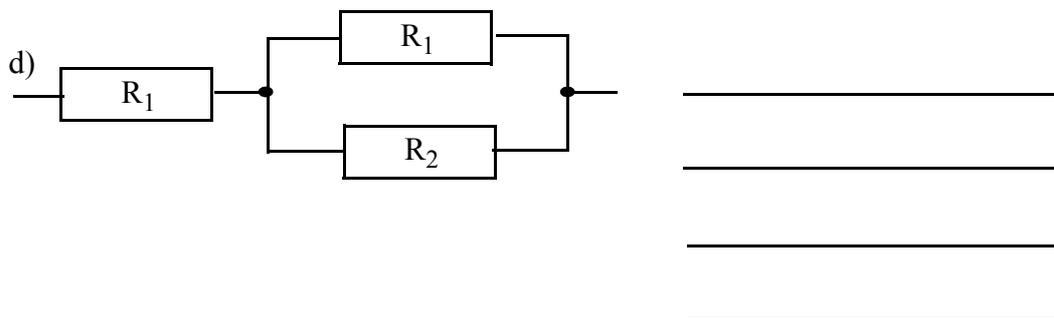
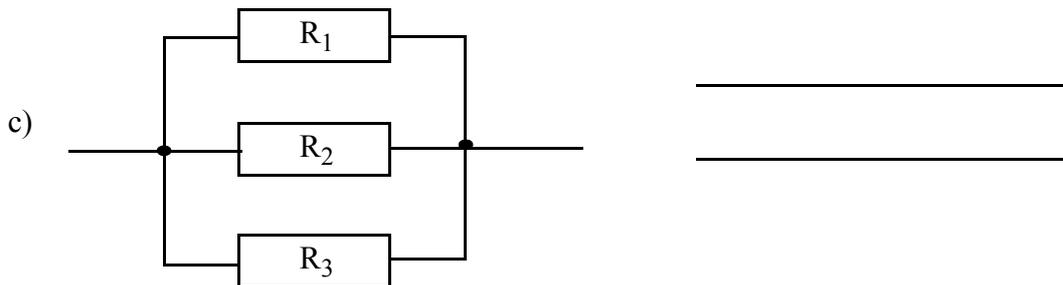
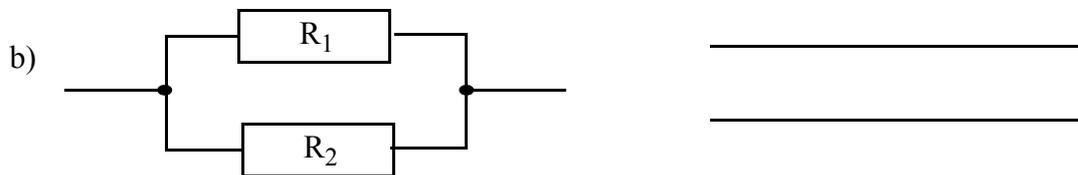
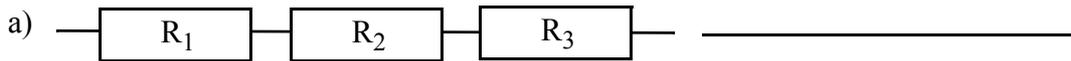
Für die Teilspannung U_1 am Widerstand R_1 folgt: $U_1 = I_G \cdot R_1 = 0,01 \text{ A} \cdot 50 \Omega = 0,5 \text{ V}$

Berechnet in entsprechender Weise die Teilspannungen U_2 und U_3 und überprüft die Ergebnisse durch eine Messung.

Berechnung des Gesamtwiderstandes einer Schaltung

In der nächsten Aufgabe wird jeweils für die einzelnen Schaltungen ein Gesamtwiderstand gesucht, der bei gleicher Spannung den gleichen Stromfluß bewirkt.

$$R_1 = 10 \, \Omega \quad R_2 = 20 \, \Omega \quad R_3 = 40 \, \Omega$$



Hinweis: Bei der Teilaufgabe (d) muß man zuerst den Gesamtwiderstand der beiden Parallelwiderstände und danach den Gesamtwiderstand der Reihenschaltung berechnen.

Zusammensetzung von Widerständen

Für eine elektrische Schaltung benötigt man die folgenden Widerstände:

$R=200\ \Omega$; $R=300\ \Omega$; $R=50\ \Omega$; $R=33\ \Omega$; $R=150\ \Omega$.

Es stehen aber nur $100\ \Omega$ Widerstände zur Verfügung. Wie müssen diese $100\ \Omega$ Widerstände geschaltet werden, um die obigen Widerstandswerte zu erhalten?

$R_G = 200\ \text{Ohm}$

$R_G = 300\ \text{Ohm}$

$R_G = 50\ \text{Ohm}$

$R_G = 33\ \text{Ohm}$

$R_G = 150\ \text{Ohm}$

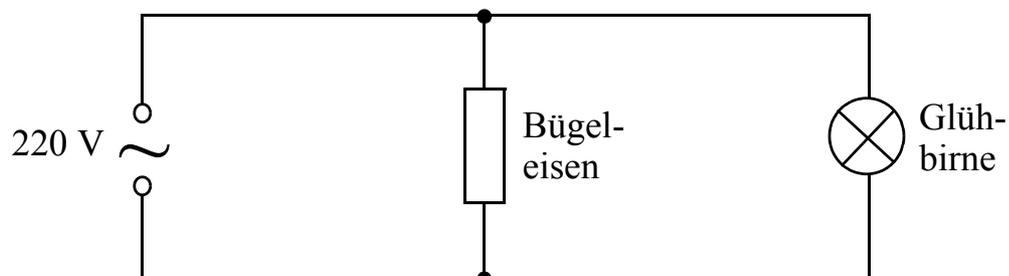
Zeichnet die zu jedem Gesamtwiderstand zugehörige Schaltskizze!

Teilströme in einer Parallelschaltung

In einem Haushalt werden gleichzeitig eine Glühlampe ($R = 110\ \text{Ohm}$) und ein Bügeleisen ($R = 22\ \text{Ohm}$) eingeschaltet.

Wie groß sind die beiden Teilströme?

Wie groß ist der Gesamtstrom?



Der spezifische Widerstand

Ihr wißt, daß verschiedene Materialien den elektrischen Strom unterschiedlich gut leiten. Dies liegt daran, daß Stoffe verschiedenartig aufgebaut sind und deshalb die Bewegung der Elektronen unterschiedlich stark behindern.

Um den Widerstand verschiedener Materialien vergleichen zu können, muß man daraus Drähte mit gleichen äußeren Abmessungen haben.

In der folgenden Tabelle ist der Widerstand von Leitern aus unterschiedlichem Material angegeben.

Diese Leiter haben jeweils eine Länge von $l = 1 \text{ m}$ und einen Querschnitt von $q = 1 \text{ mm}^2$.

Material $l = 1 \text{ m}$ $q = 1 \text{ mm}^2$	Widerstand Ohm
Silber	0,0198
Kupfer	0,0209
Gold	0,0296
Stahl	0,984
Zinn	0,140
Messing	0,085

Aufgabe:

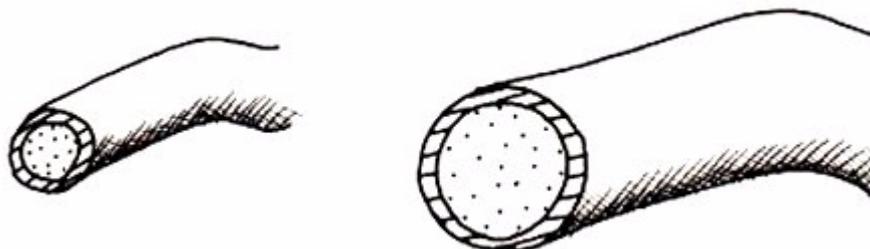
Durch einen Draht ($l = 1 \text{ m}$; $q = 1 \text{ mm}^2$) fließt beim Anlegen einer Spannung von $U = 0,1 \text{ V}$ ein Strom von $I = 100 \text{ mA}$. Aus welchem Material besteht dieser Draht?

Wie hängt der Widerstand vom Querschnitt eines Drahtes ab?

Daß ein dicker Draht einen kleineren Widerstand hat als ein dünner, leuchtet euch sicher ein. Könnt ihr aber angeben, in welcher Weise der Widerstand von der Dicke des Leiters abhängt?

Zwei Möglichkeiten sind denkbar:

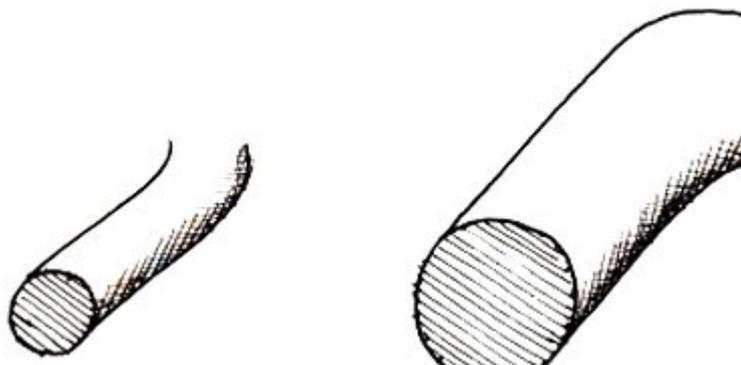
1. Der Strom fließt nur entlang der Oberfläche eines Drahtes.



Wie ändert sich die Oberfläche in Abhängigkeit vom Durchmesser?

Wie würde sich für diesen Fall der Widerstand verändern, wenn der Durchmesser verdoppelt wird?

2. Der Strom fließt gleichmäßig durch den ganzen Querschnitt.



Wie ändert sich die Querschnittsfläche in Abhängigkeit vom Durchmesser?

Wie würde sich für diesen Fall der Widerstand verändern, wenn der Durchmesser verdoppelt wird?

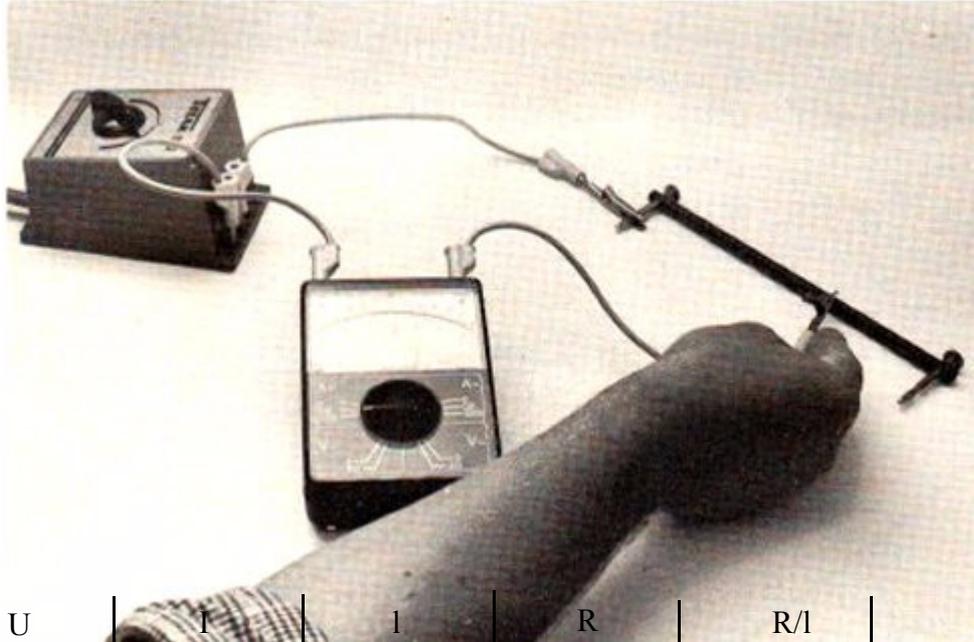
Überprüft durch das Experiment, welche der beiden Möglichkeiten zutrifft.

Mit Drähten von unterschiedlichem Querschnitt ist der Aufbau des Experimentes sehr einfach.

Wie hängt der Widerstand von der Länge eines Drahtes ab?

Auch ein langer Draht hat einen größeren Widerstand als ein kurzer. Wird aber bei einer Verdopplung der Länge eines Drahtes auch der Widerstand verdoppelt?

Berechnung von Widerständen



U	I	l	R	R/l

Kennt man von einem Material den Widerstand eines Drahtes von der Länge $l = 1 \text{ m}$ und den Querschnitt $q = 1 \text{ mm}^2$, so kann der Widerstand eines Drahtes mit beliebigen Abmessungen berechnet werden.

Für $l = 1 \text{ m}$ und $q = 1 \text{ mm}^2$ sei $R = 0,5 \Omega$
dann gilt:

für $l = A \text{ m}$ und $q = 1 \text{ mm}^2$: $R = 0,5 \cdot A \Omega$

für $l = A \text{ m}$ und $q = Q \text{ mm}^2$: $R = 0,5 \cdot \frac{A}{Q} \Omega$

Aufgabe :

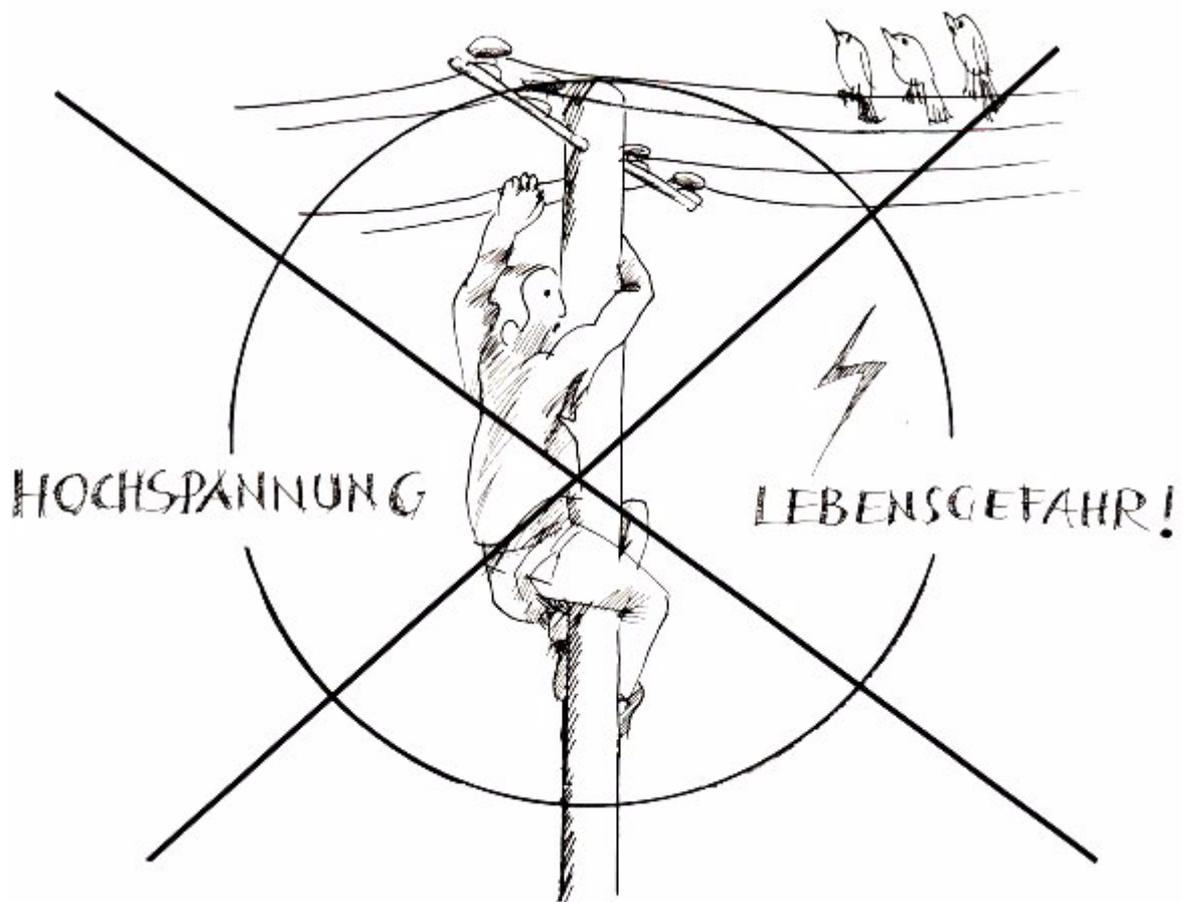
Wie groß ist der Widerstand eines Hochspannungskabels ($l = 1 \text{ km}$), Querschnitt 8 cm^2), wenn ein Draht aus gleichem Material von der Länge $l = 1 \text{ m}$ und dem Querschnitt $q = 1 \text{ mm}^2$ einen Widerstand von $0,02 \Omega$ hat?

Gefahren des elektrischen Stromkreises

Aus eurer bisherigen Erfahrung wißt ihr, daß der elektrische Strom sehr gefährlich, ja oft sogar lebens gefährlich sein kann.

Aus diesem Grund fassen viele Menschen überhaupt keine elektrischen Geräte an, wenn sie in irgendeiner Weise beschädigt sind. Sie werden dadurch recht hilflos und abhängig von Experten (Elektrikern). Seltener ist der Fall, daß Menschen die Gefahren des elektrischen Stromkreises unterschätzen und völlig gedankenlos mit schadhafte[n] elektrischen Geräten umgehen.

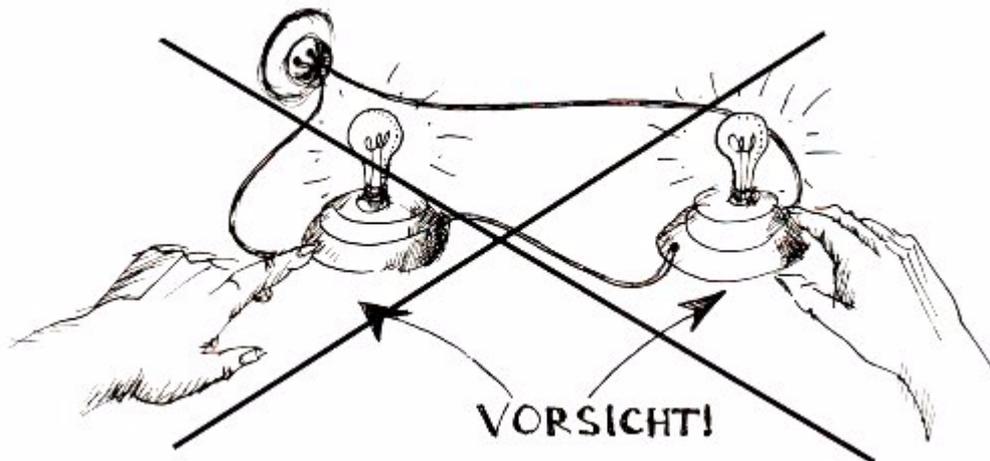
Die folgenden Aufgaben sollen euch dazu verhelfen, Bedingungen für das Auftreten von Gefahren durch den elektrischen Strom kennen zu lernen, um daraufhin angemessen handeln zu können.



Frage: Warum sind die Vögel nicht gefährdet, auch wenn durch den Leiter ein Strom fließt?

Warum ist der Mensch gefährdet?

Ein Mensch berührt in einer Schaltung wie angedeutet zwei nicht isolierte Stellen.



Der Übergangswiderstand an den beiden Kontaktstellen (Hand/Metall) beträgt jeweils $3\text{ k}\Omega$. Der Widerstand durch den Körper beträgt $1,5\text{ k}\Omega$.

Wie groß ist der Strom, der durch den Körper fließt?

Welche Auswirkungen hat dieser Strom? (Fragt euren Lehrer.)

Aufgabe:

Ein Mann steht auf einer Leiter und berührt aus Versehen eine unter Spannung (220 V) stehende Leitung.

Der Übergangswiderstand zur Hand und von den Schuhen zur Leiter beträgt jeweils $5\text{ k}\Omega$

Der Widerstand durch Leiter, Teppich, Fußboden und Haus bis zur Erde beträgt $15\text{ k}\Omega$.

Wie groß ist der Strom, der durch den Menschen fließt?

Welche Wirkungen treten dabei auf bzw. können dabei auftreten? (Bei den Wirkungen sind auch schreckhafte unkontrollierte Bewegungen mit einzubeziehen)

Das Ohmsche Gesetz

Faßt man den Stromfluß in einem Stromkreis auf als Fließgleichgewicht zwischen dem Antrieb (der Spannungsquelle) und der Behinderung (dem Widerstand), so lassen sich die folgenden Beziehungen vorhersagen:

je größer U - bei konstantem R - desto größer I

je größer R - bei konstantem U - desto kleiner I

je größer U - bei konstantem I - desto größer R

Zwei Widerstände sind dann gleich, wenn bei gleicher Spannung der gleiche Strom hindurchfließt.

Ein Widerstand bleibt dann konstant, wenn U und I zueinander proportional sind.

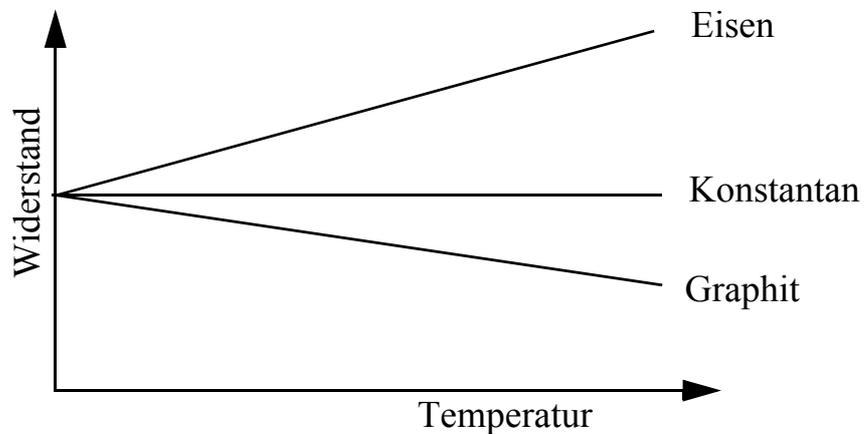
Es läßt sich experimentell überprüfen, daß für viele Stoffe das folgende Gesetz gilt:

$I = \text{konstant für } T = \text{konstant}$

Dies nennt man das Ohmsche Gesetz.

Steigt die Temperatur eines Drahtes, so steigt in aller Regel sein Widerstand.

Bei einigen Materialien wie z. B. Graphit, nimmt der Widerstand mit steigender Temperatur jedoch ab.



Die Einheit des Widerstandes wird 1 Ohm genannt (Abkürzung Ω).

Diese Einheit wird wie folgt festgelegt:

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

Für die Bestimmung eines Widerstandes R gilt allgemein:

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

Der spezifische Widerstand

Der Widerstand von Leitern aus verschiedenen Materialien ist i.a. verschieden, auch wenn diese Leiter die gleichen äußeren Abmessungen haben. Dieser unterschiedliche Widerstand kann z.B. durch die unterschiedliche Anordnung der Moleküle im Draht hervorgerufen werden.

Vergleicht man den Widerstand zweier Leiter aus gleichem Material, aber mit unterschiedlicher Länge und mit unterschiedlichem Querschnitt, so stellt man folgende Abhängigkeiten fest:

R ist proportional zur Länge.

R ist umgekehrt proportional zum Querschnitt.

Aus dem zweiten Befund kann man schließen, daß der Strom nicht nur längs der Oberfläche fließt, sondern den ganzen Leiterquerschnitt einnimmt.

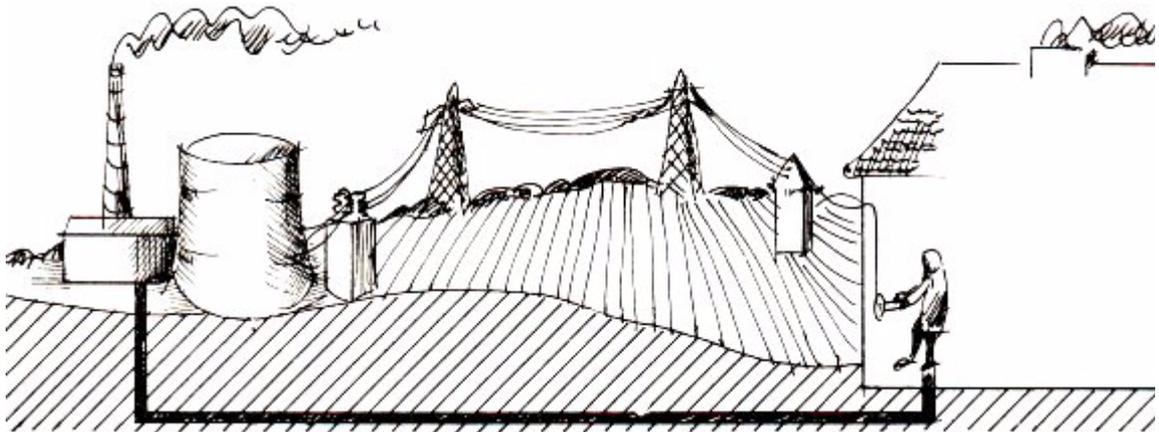
Kennt man den Widerstand R' eines Leiters von der Länge $l = 1 \text{ m}$ und dem Querschnitt $q = 1 \text{ mm}^2$, so läßt sich der Widerstand eines Leiters mit der Länge $l = A \text{ m}$ und dem Querschnitt $q = B \text{ mm}^2$ wie folgt berechnen:

$$R = R' \cdot \frac{A}{B}$$

Die Gefahr des elektrischen Stromes

Fließt ein Strom durch den menschlichen Körper, so treten oberhalb von ≈ 25 mA Verkrampfungen, Herzunregelmäßigkeiten und Verbrennungen auf. Bei längerer Einwirkung oder bei größeren Strömen besteht Lebensgefahr.

Da Kraftwerke mit einem Pol geerdet sind, bildet die Verbindung zur Erde und die spannungsführende Leitung immer schon fast einen geschlossenen Stromkreis. Es genügt die Berührung an einer nicht isolierten Stelle, um diesen Kreis zu schließen.



Der Übergangswiderstand zum menschlichen Körper und zur Erde ist besonders klein, wenn feuchte Kontakte vorhanden sind. Außerdem stellt das Berühren von Wasser- oder Gasleitungen einen unmittelbaren Kontakt zur Erde her. Deshalb sind offene Kontakte in Badezimmern besonders gefährlich.

