

Sachinformationen für die Lehrkraft Teil 1

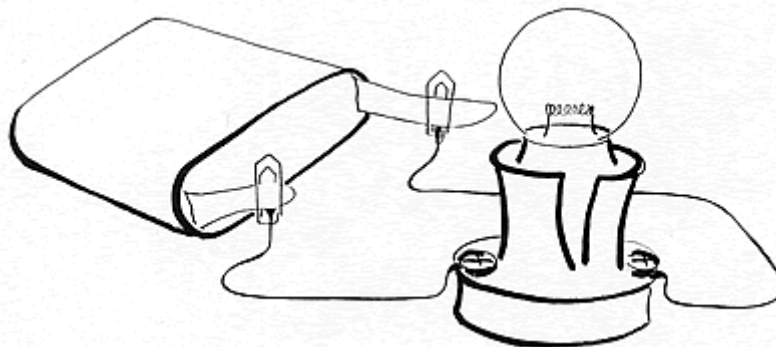
1 Einführung	S. 1
2 Symbole für elektrische Geräte	S. 2
3 Elektrische Stromstärke	S. 3
4 Wirkungen des elektrischen Stroms	S. 3
5 Die Stromkreisvorstellung	S. 6
6 Regeln für die elektrische Stromstärke	S. 7
7 Die elektrische Spannung	S. 8

1 Einführung

Schließt man mit Metalldrähten ein Lämpchen (oder einen Motor) an eine Batterie an, dann leuchtet das Lämpchen (der Motor dreht sich). Das Anschließen löst eine Aktivität, einen Vorgang in den Geräten aus: die Temperatur in der Glühwendel des Lämpchens steigt (der Motor dreht sich). Eine sehr überzeugende Vorstellung dazu ist nun, dass etwas Substanzartiges von der Batterie zum Lämpchen geflossen ist und dort den beobachteten Vorgang auslöst. Man benutzt die Sprechweise „im Lämpchen haben wir elektrischen Strom“ und meint damit, dass im Lämpchen etwas strömt (fließt). Dieses Etwas bezeichnet man als Elektrizität oder elektrische Ladung. Auch die Formulierung „im Lämpchen fließt elektrischer Strom“ wird oft benutzt, ist aber inkonsequent und bezüglich der kategorialen Einordnung auch problematisch. Denn elektrischer Strom wird damit als ein Ding eingeordnet, und er wäre dann eigentlich das, was dem Begriff Ladung entsprechen würde. Elektrischer Strom sollte aber in die allgemeine Kategorie Vorgang oder Prozess eingeordnet werden.

Damit das Lämpchen leuchtet, muss es richtig an die Batterie angeschlossen werden, und zwar in folgender Weise: Ein Anschluss (auch Batteriepol genannt) wird mit einem Draht mit dem einen Anschluss des Lämpchens verbunden, der zweite Anschluss entsprechend mit dem zweiten Batterieanschluss. Mit dieser Bedingung lässt sich leicht überprüfen, ob eine wichtige Voraussetzung für das gewünschte Funktionieren eines elektrischen Gerätes erfüllt ist.




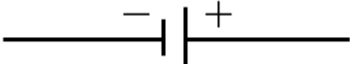







Eine Anordnung, die diesen Bedingungen genügt, bezeichnet man auch als einfachen geschlossenen Stromkreis.



*Abb.1:
Richtiger Anschluss eines Lämpchens an eine Batterie
(einfacher geschlossener Stromkreis)*

2 Symbole für elektrische Geräte

Um elektrische Geräte und daraus zusammengefügte Schaltungen übersichtlich zeichnen zu können, hat man eine Reihe von Symbolen eingeführt, von denen die für den Unterricht wichtigsten in der folgenden Tabelle aufgeführt sind.

Elektrisches Gerät	Symbol
Draht	
Elektrische leitende Verbindung zweier Drähte	
sich überkreuzende Drähte, die voneinander isoliert sind	
Batterie(element)	
Batterie, bestehend aus mehreren Elementen	
Lämpchen	
Motor	
Schalter offen	
Schalter geschlossen	
Spule	
Elektromagnet	

3 Elektrische Stromstärke

Die Intensität des Vorgangs im Elektrogerät nach Anschluss an eine Batterie kann unterschiedlich sein: Das Lämpchen kann schwach oder sehr hell leuchten und der Motor sich langsam oder schnell drehen. Dann wird die Stärke des elektrischen Stroms entsprechend unterschiedlich sein: Der elektrische Strom im hell leuchtenden Lämpchen ist stärker, d.h. es fließt mehr Elektrizität (oder Ladung) im Lämpchen. Die Maßeinheit für die Stromstärke (Symbol I) ist das Ampere (Abkürzung A). In einer 100-Watt-Deckenglühlampe fließt z.B. ein Strom von etwa 0,4 A. Genauer gesprochen bedeutet eine höhere Stromstärke im Gerät, dass mehr Elektrizität pro Sekunde durch das Gerät fließt.

4 Wirkungen des elektrischen Stroms

a) Wärmewirkung

Haben wir in einem Draht elektrischen Strom, dann erwärmt er sich. Dieser Effekt wird besonders augenfällig in den elektrischen Glühlampen ausgenutzt: Der dünne Draht in der Wendel erwärmt sich so stark, dass er hellglühend wird und damit hell leuchtet (ausführlicher dazu: Aufbau und Funktion der Glühlampe). Tauchsieder, Herdplatten, Bügeleisen und elektrische Heizöfen sind weitere Beispiele, in denen die Wärmewirkung technisch genutzt wird. Fasst man das Zuleitungskabel für eine Waschmaschine an, wenn diese schon eine Weile gelaufen ist, ist es deutlich wärmer geworden. Eine Möglichkeit, den Erwärmungseffekt in Zuleitungen möglichst klein zu halten (ansonsten besteht durch Überhitzung Brandgefahr), ist die Verwendung dickerer Zuleitungsdrähte.

b) Magnetische Wirkung

Um einen Draht herum, in dem Elektrizität fließt, kann eine magnetische Wirkung festgestellt werden: Eine in die Nähe dieses Drahtes gebrachte Magnethöhle wird abgelenkt.

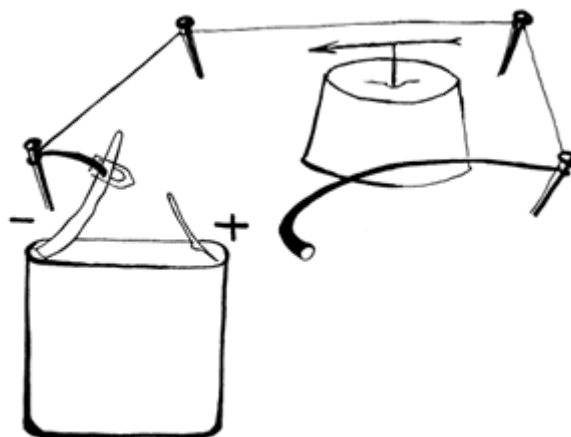


Abb. 2a:

*Die Magnethöhle wird so unter den Draht gestellt,
dass sie parallel zum Draht gerichtet ist
(eines der Drahtenden ist noch nicht an die Batterie angeschlossen)*

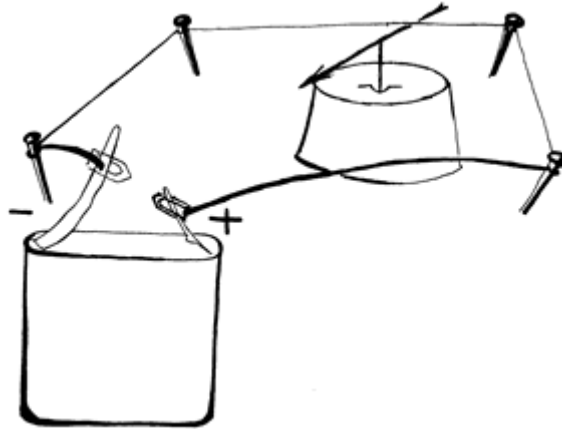


Abb. 2b:
*In den Drähten ist elektrischer Strom:
 Die Kompassnadel wird ausgelenkt.*

Das Drehen eines Elektromotors beruht ebenfalls auf der magnetischen Wirkung (siehe die Erklärung der Funktionsweise später im Text).

Wie sieht das magnetische Feld um einen Draht aus, in dem Elektrizität fließt? Zur Beantwortung dieser Frage benutzen wir, dass eine Magnetnadel in Richtung der Feldlinien gedreht wird (ausführlicher dazu in der Sachinformation zum Magnetismus). Genauer muss dabei beachtet werden, dass auch das Magnetfeld der Erde auf die Magnetnadel wirkt. Das Erdmagnetfeld allein dreht die Magnetnadel so, dass ihr Nordpol nach Norden zeigt. Das zusätzliche Magnetfeld um den Draht (die Nadel ist zunächst parallel zum Draht orientiert, wenn kein Strom vorhanden ist) würde die Nadel senkrecht zum Draht ablenken. Je nachdem, ob das Feld der Erde oder das um den Draht stärker ist, wird die Nadel mehr oder weniger stark abgelenkt.

Dominiert das Magnetfeld durch den elektrischen Strom (dazu muss dieser nur ausreichend stark sein), dann zeigt das Abtasten mit kleinen Magnetnadeln dass es ringförmig um den Draht herum verläuft (Abb. 3).

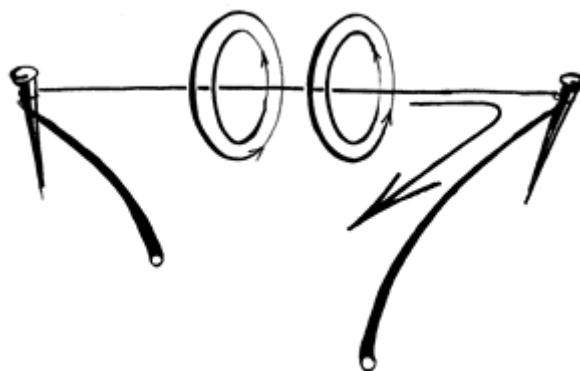


Abb. 3a:
Um den stromdurchflossenen Draht ist ein ringförmiges Magnetfeld entstanden.

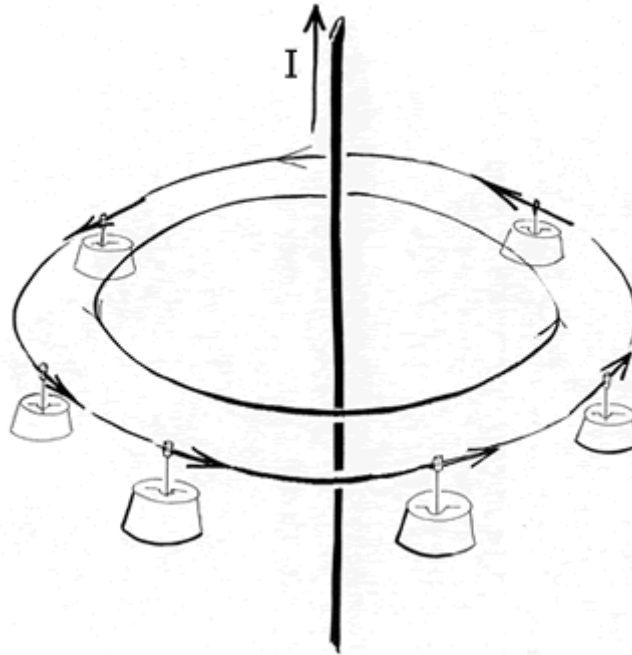


Abb. 3b:

Um den stromdurchflossenen Draht aufgestellte Magnetnadeln zeigen durch ihre Orientierung, dass das Magnetfeld ringförmig um den Draht verläuft..

Die magnetische Wirkung des elektrischen Stroms hat im Vergleich zur Wärmewirkung eine Besonderheit: Sie ändert sich, wenn die Batterieanschlüsse vertauscht werden. Ein angeschlossener Motor dreht sich dann anders herum und eine Magnetnadel wird jetzt in die andere Richtung ausgelenkt.

Aber: Die Größe des Ablenkwinkels der Magnetnadel ändert sich nicht, und ein Motor dreht sich zwar anders herum, aber gleich schnell wie vorher.

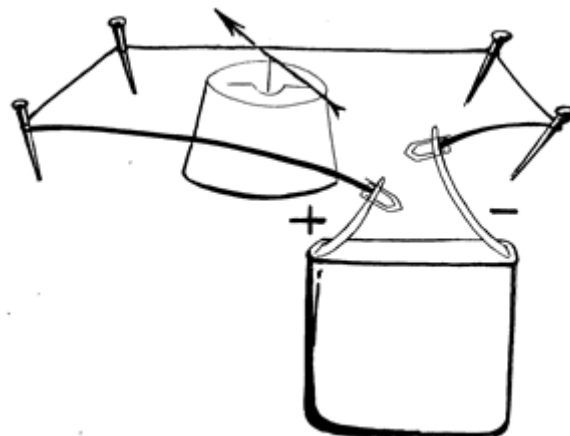


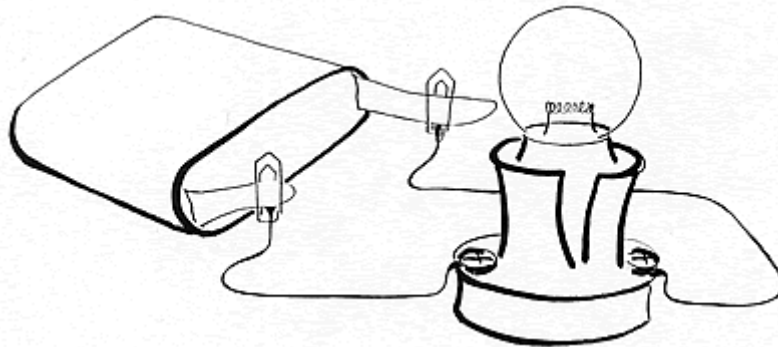
Abb. 4:

Werden die Batterieanschlüsse in der Anordnung von Abb. 2 vertauscht, dreht sich jetzt der Nordpol der Magnetnadel nach hinten: Die Feldlinien verlaufen jetzt um den Draht anders herum.

Die Wärmewirkung ist dagegen unabhängig von der Wahl der Batterieanschlüsse: Vertauscht man die Anschlüsse eines Lämpchens an der Batterie, ändert sich die Helligkeit des Lämpchens nicht.

Man kann die Wirkungen des elektrischen Stromes etwas differenzierter unterscheiden: Als **primäre magnetische Wirkung** kann man z.B. das um einen stromdurchflossenen Leiter entstandene Magnetfeld ansehen. Die Bewegung eines Elektromotors kann dagegen als **sekundäre magnetische Wirkung** angesehen werden. In ähnlicher Weise kann die Erwärmung eines stromdurchflossenen Leiters als **primäre Wärmewirkung** bezeichnet werden. Die Lichtwirkung bei einem Glühlämpchen ist dann als **sekundäre Wärmewirkung** anzusehen.

5 Die Stromkreisvorstellung



Betrachten wir die Anordnung aus Abb. 1, in der das Lämpchen leuchtet und fragen, wie die Elektrizität in dieser Anordnung fließt. Für Grundschulkinder ist die überzeugendste Erklärung, dass aus beiden Batterielaschen die Elektrizität zum Lämpchen fließt und dieses zum Leuchten bringt (so genannte **Zweizuführungsvorstellung**, siehe die Ausführungen zu den Schülervorstellungen). Denn dass die Verbindung mit einem Draht nicht funktioniert, liegt ihrer Meinung nach meist daran, dass durch einen Draht nicht genügend Elektrizität zum Lämpchen kommt, durch zwei Zuführungsdrähte kommt hingegen ausreichend Elektrizität zum Lämpchen

Die magnetische Wirkung liefert die überzeugendsten Argumente für die **Stromkreisvorstellung**: Die Elektrizität fließt von dem einen Batterieanschluss durch den Draht zum Lämpchen, durch das Lämpchen hindurch, durch den zweiten Draht zum zweiten Anschluss der Batterie, wobei vor und hinter dem Lämpchen der Strom gleich stark ist, also im Lämpchen kein Strom verbraucht wird.

Was spricht gegen die oben angeführte, durchaus einleuchtende Vorstellung der Kinder?

Zum einen die Asymmetrie bezüglich der Batterieanschlüsse: Wenn in beiden Zuleitungen die Elektrizität von der Batterie zum Gerät fließen würde, dann dürfte ein Vertauschen der Anschlüsse keine Auswirkung auf die magnetische Wirkung haben. Aber ein Motor verändert seine Drehrichtung!

Als nächstes schauen wir uns die Drähte unmittelbar vor und nach dem Lämpchen an:

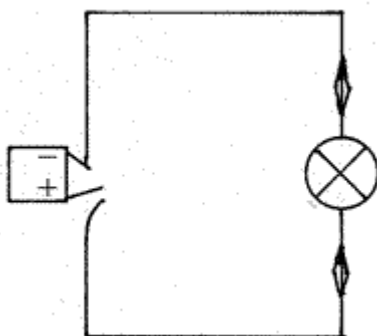


Abb. 5a

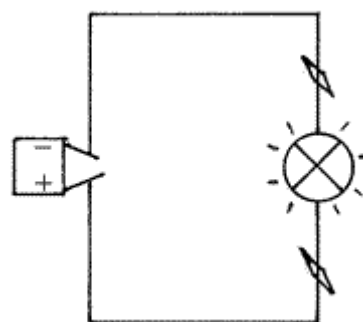


Abb. 5b

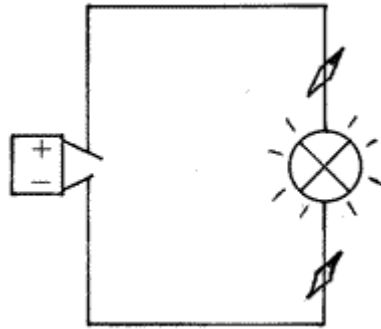


Abb.6

In Abb. 5a fließt noch kein Strom, die Kompassnadeln sind parallel zum Draht ausgerichtet und zeigen in Nord-Süd-Richtung. In Abb. 5b ist der Stromkreis geschlossen. Beide Nadeln (sie stehen in den Abbildungen 5a, 5b und 6 **unter** dem Draht) schlagen gleich weit und in die gleiche Richtung aus. Der Vorgang in den beiden Drähten ist demnach gleich, die Elektrizität fließt z.B. an beiden Stellen von hinten nach vorne und die Stromstärke ist an beiden Stellen gleich groß. Diese Vorstellung passt auch zu dem in Abb. 6 dargestellten Verhalten. Wenn die Batterieanschlüsse vertauscht werden, schlagen die beiden Nadeln gleich weit in die andere Richtung aus: Die Elektrizität fließt nun auch von vorne nach hinten.

Damit ergibt sich die Stromkreisvorstellung: Die Elektrizität fließt „im Kreis“, also von der Batterie durch den Draht zum Lämpchen, durch das Lämpchen und durch den zweiten Draht zurück zur Batterie und sogar durch die Batterie hindurch wieder zum Lämpchen. Die Batterie hat die Aufgabe, den Stromfluss aufrecht zu halten. Diese Vorstellung legt die oft verwendete Bezeichnung „geschlossener Stromkreis“ nahe.

Der folgende Versuch mit einer tatsächlich kreisförmigen Anordnung belegt diese Vorstellung noch einmal:



Abb.7: Stromkreis

Der Arm mit der Magnetnadel wird nicht bewegt, dadurch ändert sich die Wirkung des Erdmagnetfeldes auf die Nadel nicht. Zunächst ist die Magnetnadel tangential zum Draht orientiert. Nach Einlegen der Batterie schlägt die Magnetnadel aus. Dreht man jetzt den Stromkreis unter der feststehenden Magnetnadel hindurch, bleibt der Ausschlag der Nadel überall gleich. Das spricht dafür, dass an jeder Stelle, ob Draht, Lämpchen, Batterie gleich viel Elektrizität in die gleiche Richtung fließt.

Viele Schüler (und Erwachsene) sind davon überzeugt, dass das Lämpchen „Strom verbraucht“, dass also vor und hinter dem Lämpchen unterschiedliche Stromstärken vorhanden sind. Diese Vorstellung ist nach den eben durchgeführten Beobachtungen und der darauf fußenden Stromkreisvorstellung falsch! Wenn etwas in gewissem Sinne verbraucht wird, ist es die Fähigkeit der Batterie den Elektrizitätsfluss aufrecht zu halten (die chemischen Prozesse in der Batterie zerstören nach und nach diese Fähigkeit).

6 Regeln für die elektrische Stromstärke

a) „ $I = \text{konstant}$ “: In einem Stromkreis ohne Verzweigungen ist an allen Stellen die Stromstärke gleich groß.

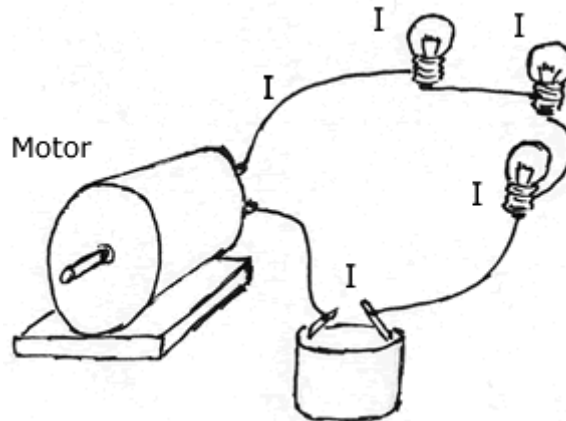


Abb. 8: An allen Stellen im Stromkreis (in den Drähten, den Lämpchen, dem Motor, der Batterie) hat die Stromstärke den gleichen Wert, d.h. pro Sekunde fließt dort die gleiche Menge an Elektrizität hindurch

b) An Verzweigungsstellen ist die Summe der zufließenden Ströme gleich der Summe der abfließenden Ströme.

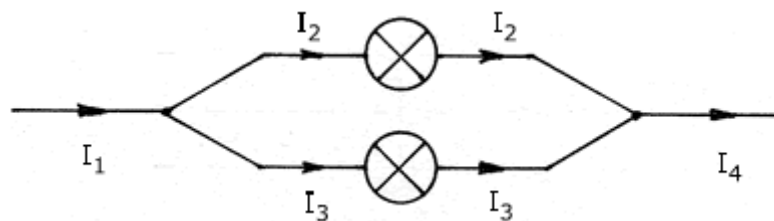


Abb. 9:

Bei den Versuchen mit Batterien, Lämpchen und Motoren werden keine elektrischen Ladungen erzeugt oder vernichtet. Aufgrund dieser Ladungserhaltung gelten die Beziehungen

$$I_1 = I_2 + I_3 \text{ und } I_2 + I_3 = I_4 = I_1$$

7 Die elektrische Spannung

Der Begriff der elektrischen Spannung

Der Begriff der elektrischen Spannung ist sehr schwierig und geht weit über das hinaus, was Grundschulkindern angeboten werden sollte. Insbesondere eine akzeptable Abgrenzung von dem Begriff der Stromstärke gelingt selbst in der Mittelstufe selten.

Schließen wir das gleiche Lämpchen an verschiedene Batterien an, dann leuchtet es im Allgemeinen unterschiedlich hell, d.h. es fließen verschieden starke Ströme durch das Lämpchen. Da jedes Mal das gleiche Lämpchen benutzt wurde, muss der verschieden starke Strom von einer den Batterien zuzuschreibenden Eigenschaft herrühren. Diese unterschiedliche „Stärke“ der Batterien wird elektrische Spannung genannt (und in Volt angegeben).

Eine Batterie mit einer hohen Spannung zwischen ihren Anschlüssen treibt durch ein bestimmtes Lämpchen einen höheren Strom als eine Batterie mit geringerer Spannung. Etwas später werden Analogien angegeben, die helfen können um einen angemessenen Spannungsbegriff zu entwickeln.

Das Konzept der „Ersatzbatterie“

Für die folgenden Überlegungen bezüglich der Spannung in Schaltungen mit mehreren Batterien bzw. Geräten ist die Vorstellung einer Ersatzbatterie als Zusammenfassung mehrerer Elemente nützlich. Jedes Paar von Anschlüssen, zwischen denen ein elektrischer Strom fließt wenn sie über ein elektrisches Gerät miteinander verbunden sind, kann (in gewissen Grenzen) als Klemmenpaar einer Batterie aufgefasst werden:

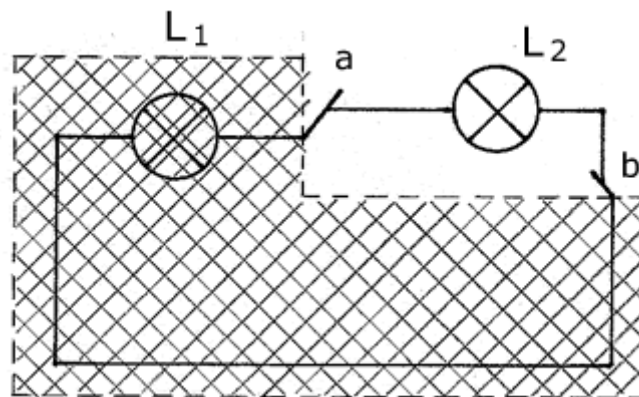


Abb. 10:

a und b können als Anschlüssen einer Batterie aufgefasst werden, zwischen denen eine Spannung anliegt, die Elektrizität durch das Lämpchen 2 treibt

Regeln für die Spannung bei Parallel- und Reihenschaltungen

a) Reihenschaltung von Batterien

Die Spannungen zweier Batterien addieren sich, wenn sie hintereinander geschaltet werden „in der Mitte“ wird ein Pluspol der einen Batterie mit einem Minuspol der Zweiten verbunden oder umgekehrt. Durch dieses Hintereinanderschalten erhalten wir eine stärkere Batterie, und zwar eine Batterie mit der Spannung $U_{Ba} = U_{Ba1} + U_{Ba2}$.



Abb. 11:

Bei „richtiger“ Hintereinanderschaltung zweier Batterien addieren sich die Spannungen

Schalten wir z.B. in der beschriebenen Weise 51 4,5-Volt-Flachbatterien hintereinander, dann haben wir eine Spannung von etwa 230 Volt und können eine übliche Deckenglühlampe normal leuchten lassen.

Als nächstes wenden wir uns der Frage zu, mit welchen Spannungen die Lämpchen in Reihen- und Parallelschaltungen betrieben werden. Oder mit anderen Worten: An Batterien welcher Stärke sind sie ersatzweise anzuschließen, damit sie so hell leuchten wie sie es in der Parallel- bzw. Reihenschaltung tun?

b) Parallel geschaltete Lämpchen:

Ein Lämpchen sei „passend“ angeschlossen an eine Batterie der richtigen Spannung. Dann leuchtet es „normal“ hell. Ein zweites Lämpchen gleicher Sorte wird parallel zum ersten an die Batterie angeschlossen. Wir beobachten, dass die Helligkeit des ersten Lämpchens praktisch ungeändert bleibt. D.h. durch das erste Lämpchen fließt der gleiche Strom wie vor der Zuschaltung des zweiten. Das bedeutet, dass an den Anschlüssen des ersten Lämpchens noch immer die Spannung anliegt, mit der es allein betrieben wurde.

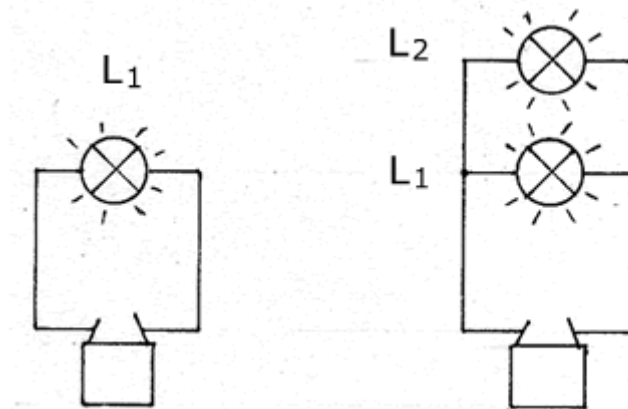


Abb. 12:
Beide Lämpchen leuchten gleich hell und zwar so,
wie L1 vor dem Zuschalten von L2.

Da das zweite Lämpchen (es ist von der gleichen Sorte, wie das erste) genauso hell wie das erste leuchtet, fließt durch das zweite Lämpchen ein Strom gleicher Stärke wie durch das erste, und damit ist es auch an die gleiche Spannung angeschlossen.

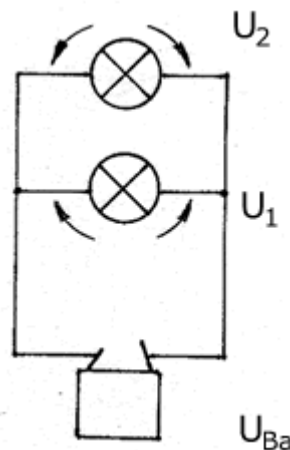


Abb. 13:
Werden zwei Elektrogeräte „parallel“ an eine Batterie angeschlossen, dann liegt über den Anschlüssen

beider Geräte die gleiche Spannung, in diesem Fall die Batteriespannung U_{Ba} . Symbolisch: $U_2 = U_1 = U_{Ba}$

c) In Reihe geschaltete Lämpchen:

Zu einem „normal“ leuchtenden Lämpchen wird ein zweites (der gleichen Sorte) in Reihe dazu geschaltet.

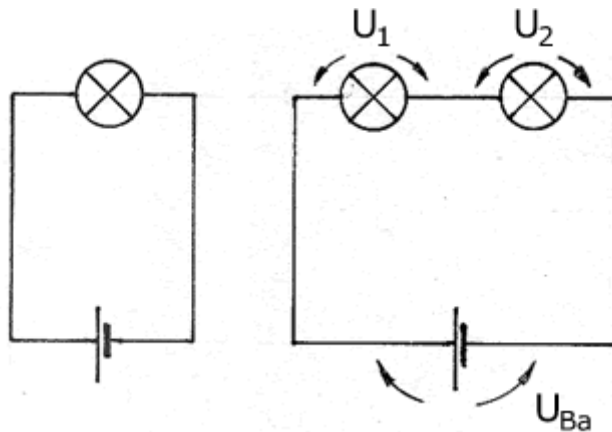


Abb. 14:
Reihenschaltung zweier Lämpchen

Jetzt leuchten beide Lämpchen weniger hell als das erste allein, d.h. es fließt ein kleinerer Strom durch den Stromkreis. Das erste Lämpchen (und natürlich auch das zweite) ist nach der Zuschaltung an eine schwächere Ersatzbatterie angeschlossen: An den Lämpchenanschlüssen liegt jeweils eine Spannung, die kleiner als die Batteriespannung U_{Ba} ist.

Zwischen der Spannung der Batterie U_{Ba} und den beiden Spannungen U_1 und U_2 , mit denen die beiden Lämpchen betrieben werden, besteht ein einfacher Zusammenhang: Bei der Reihenschaltung zweier Lämpchen teilt sich die Batteriespannung über den beiden Lämpchen gemäß der Beziehung $U_1 + U_2 = U_{Ba}$ auf.

Die Aufteilung der Batteriespannung erfolgt bei einer Reihenschaltung genau so, dass im gesamten Stromkreis an jeder Stelle die gleiche Stromstärke vorliegt.