Vom Elektron zur Elektronik

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen**

Band (Jahr): **37 (1964)**

Heft 7

PDF erstellt am: **05.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-562338

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

621.38

Funk und Draht

Beilage zum «Pionier» zur fachtechnischen Ausbildung der Übermittlungstruppen

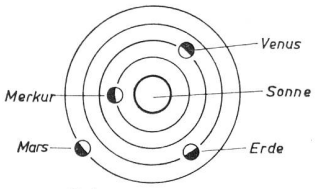
Vom Elektron zur Elektronik

Dem Autor dieses Lehrmittels sei hiermit herzlich gedankt für die Erlaubnis, sein Büchlein im «Pionier» abdrucken zu dürfen. Durch Beruf und Militär eng mit dem Gebiet der Elektrotechnik und Elektronik verbunden, hat Hptm. Hugo Stauffer sein Lehrmittel in erster Linie für denjenigen Übermittler unserer Armee geschrieben, der, obwohl Nichtfachmann, reges Interesse an der technischen Seite seines Dienstes hat. Für das Verstehen des Büchleins werden keine besonderen Vorkenntnisse vorausgesetzt. Die Stoffauswahl wurde so getroffen, dass der Übermittler daraus einen praktischen Nutzen ziehen kann. Das an und für sich strenge Stoffgebiet der Elektronik wurde durch über 200 klare und übersichtliche Zeichnungen stark aufgelockert. Durch diese moderne, der heutigen Lehrtendenz entsprechende Darstellung war es im Rahmen eines kleinen und handlichen Lehrmittels — das Büchlein besitzt das Format eines militärischen Reglementes — möglich, neben einer allgemeinen Einführung in die Elektrotechnik und Elektronik auch die wichtigsten Grundschaltungen der Telephonie und der drahtlosen Übermittlung zu behandeln. Besonderen Wert wurde auf die Erläuterungen über die Natur der elektromagnetischen Wellen, ihre Ausbreitungseigenschaften, die Standortwahl der Stationen und die Antennenaufstellung gelegt. Einige Hinweise auf die Gefahren des elektrischen Stromes runden das Bild ab.

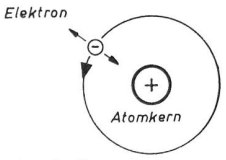
Stoffbau und Elektrizität

Reibt man Bernstein mit einem Wolltuch, können elektrische Erscheinungen in Form knisternder Funken beobachtet werden. Bernstein heisst auf griechisch Elektron, und in Anlehnung an diese Bezeichnung und Zusammenhänge entstand später der Begriff Elektrizität.

Die gesamte Materie besteht aus verhältnismässig wenigen Grundstoffen: den Elementen. Heute sind 88 natürlich gefundene und 14 künstlich erzeugte Elemente bekannt; man weiss, dass noch 4 weitere existieren müssen. Beispiele einiger Elemente: Eisen, Kupfer, Schwefel, Quecksilber, Sauerstoff usw. Früher glaubte man, die kleinsten Bausteine der Elemente seien unteilbar und nannte sie deshalb Atome (atomos, griech. = unteilbar). Nach unseren heutigen Erkenntnissen ist das Atom ähnlich einem Sonnensystem (1.1) aus verschiedenen Elementarteilchen aufgebaut: Im Innern befindet sich ein Atomkern, welchen Elektronen auf bestimmten Bahnen um-



1.1 Unser Sonnensystem

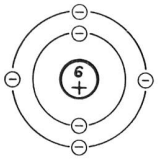


1.2 Aufbau des Wasserstoff-(H)-Atoms

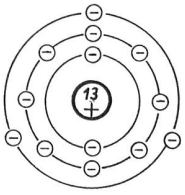
fliegen. Durch die Kreisbewegung der Elektronen treten Schleuderkräfte auf, denen eine Anziehung aus dem Kern entgegenwirken muss, damit die Elektronen nicht aus ihrer Umlaufbahn hinausgetragen werden. Es handelt sich dabei um die Kraftwirkung anders geladener Kernteilchen, den Protonen (1.2). Elektronen sind negativ (—), Protonen dagegen positiv (+) geladen. Folgerung: Ungleiche elektrische Ladungen ziehen sich an, gleichartige stossen sich ab!

Jedes Proton (+) kann ein Elektron (—) festhalten. Die verschiedenen Elemente unterscheiden sich grundsätzlich nur durch die Anzahl ihrer Elektronen und Protonen (1.3).

1.3 Aluminium-(Al)-Atom

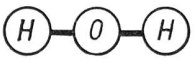


Kohlenstoff-(C)-Atom



Zwei oder mehrere Atome verschiedener Elemente können sich zu einem Molekül (molescula, lat. = kleinste Masse) verbinden und dadurch oft einen Stoff mit ganz andern Eigenschaften bilden (1.4).

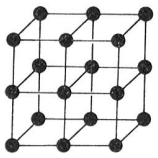
H: Wasserstoff (Gas)
O: Sauerstoff (Gas)
H_2O: Wasser (Flüssigkeit)

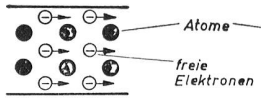


1.4 Wassermolekül

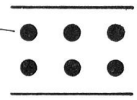
In festen Stoffen sind die Atome nach einem bestimmten System angeordnet (1.5). Zwischen diesen Atomen befinden sich vielfach auch noch freie Elektronen, die ihre Bahnen verlassen haben. Sind genügend freie Elektronen vorhanden, und gelingt es, diese in einer bestimmten Richtung in Bewegung zu setzen, dann fliesst ein Strom in einem elektrischen Leiter (1.6). Durch den Glühfaden einer Lampe strömen in einer Sekunde rund 10^{18} = 1 000 000 000 000 000 000 Elektronen! Besitzt ein Stoff praktisch keine freien Elektronen, kann durch ihn auch keine Elektrizitätsbewegung stattfinden: es handelt sich um einen Nichtleiter (Isolator) (1.7).

1.5 Atome in gitterförmiger Anordnung





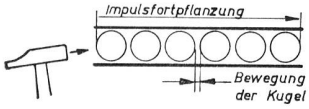
1.6 Stromfluss im elektrischen Leiter



1.7 Nichtleiter

Die Elektronen bewegen sich in der Sekunde nur um rund 0,45 mm vorwärts; dagegen erfolgt ihre Impulsfortpflanzung (1.8) sehr schnell und liegt in der Grössenordnung von 12 000 km pro Sekunde (in Kabeln) bis gegen 300 000 km pro Sekunde (Lichtgeschwindigkeit).

1.8 Vergleich zum Begriff «Impulsfortpflanzung»



Stromquelle, Stromkreis, Stromarten, Stromrichtung

Eigentliche Elektrizität kann man nicht erzeugen, sie ist in Form kleinster, negativer Elementarladungen — den freien Elektronen — bereits in allen elektrischen Leitern vorhanden. Damit diese Elektronen eine für uns nutzbare Wirkung ausüben, müssen sie gesamthaft in Bewegung gesetzt werden. Dazu bedarf es einer elektrischen Energiequelle, die man in der Elektrotechnik als Stromquelle bezeichnet.

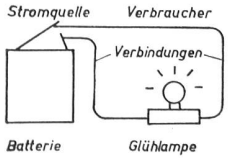
Die Naturwissenschaft lehrt und beweist uns, dass Energie nicht neu geschaffen, sondern nur in ihrer Form umgewandelt

werden kann. Beispiel: Durch Reibung entsteht Wärme — mechanische Energie wurde in Wärmeenergie umgesetzt. Auch in einer Stromquelle findet die Umwandlung einer bestimmten Energieart in elektrische Energie statt. Umgekehrt kann man in einem Verbraucher die Wirkung des elektrischen Stromes (Elektronenfluss) zur Gewinnung einer andern Energieform ausnützen. Der Strom erwärmt z. B. die Heizwicklung eines elektrischen Bügeleisens — elektrische Energie wird in Wärmeenergie umgewandelt (2.1).

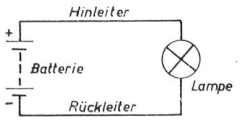
Energieform	Stromquelle		Verbraucher	Energieform
Chemisch	Batterie		Galv. Bad	Chemisch
Magnetisch	Generator	Elektrizität	Relais	Magnetisch
Mechanisch	Kristallmikrophon		Schwingquarz	Mechanisch
Wärme	Thermoelement		Bügeleisen	Wärme
Licht	Photozelle		Lampe	Licht

2.1 Energieverwandlung

Durch die Verbindung einer Stromquelle mit dem Verbraucher entsteht der elektrische Stromkreis (2.2). Eine wirklichkeitsgetreue zeichnerische Wiedergabe des Stromkreises wäre unübersichtlich und zeitraubend; es ist deshalb üblich, die einzelnen Elemente durch Symbole (symbolum, lat. = Erkennungszeichen) darzustellen und die verbindenden Leitungen mit geraden Strichen zu führen. Dieser Plan wird als elektrisches Schema bezeichnet (2.3); die Lage der Symbole und Leitungen stimmt mit der wirklichen Anordnung meist nicht überein.



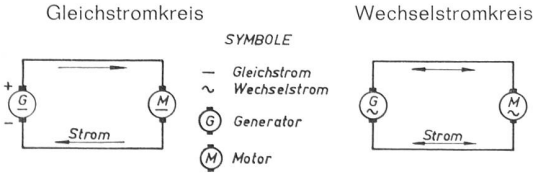
2.2 Stromkreis



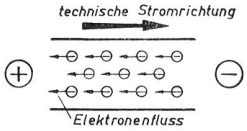
2.3 Schematischer Stromkreis

Wir unterscheiden zwischen Gleichstromquellen (Gleichstromgeneratoren, Batterien, Akkumulatoren) und Wechselstromquellen (Wechselstromgeneratoren). Sinngemäss spricht man dann von Gleich- oder Wechselstromkreisen. Über das Licht- und Kraftstromnetz steht uns heute ausschliesslich Wechselstrom zur Verfügung, weil er sich wirtschaftlicher erzeugen und übertragen lässt. In der praktischen Elektrotechnik verwendet man beide Stromarten (2.4).

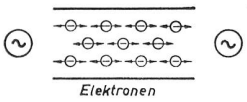
2.4 Symbole



Die Stromrichtung des Gleichstromes wurde früher willkürlich von der Plusklemme der Stromquelle über den äusseren Stromkreis zur Minusklemme festgelegt. Die Verwendung der technischen Stromrichtung führt in der Starkstromtechnik zu keinen besonderen Schwierigkeiten und wird dort immer noch gebraucht. Heute weiss man aber, dass die mit dem Stromfluss gemeinte Elektronenbewegung von der Minusklemme der Stromquelle (Elektronenüberfluss) durch den Stromkreis zur Plusklemme (Elektronenmangel) gerichtet ist (2.4, 2.5). Für das Verständnis elektronischer Stromkreise mit Röhren und Halbleitern ist die Flussrichtung der Elektronen zu berücksichtigen.



2.5 Gleichstrom



2.6 Wechselstrom

Im Wechselstromkreis ändern sich Richtung und Grösse des Stromes fortwährend; es ist deshalb auch nicht möglich, eine bestimmte Stromrichtung festzulegen (2.6).

Elektrische Masseinheiten und Grundgesetze

Wir haben festgestellt, dass der als Strom bezeichnete Ausdruck in Wirklichkeit einem Elektronenfluss entspricht. Da man die unermessliche Zahl der Elektronen weder sehen noch zählen kann, wurde für die Stromstärke (Kurzzeichen: I) eine praktische Einheit festgelegt: das Ampere (Ampère, französischer Physiker, 1775–1836).

1 Ampere = 1 A (deutsch ohne Akzent: Ampere)
1 Milliampere = 1 mA = $^1/_{1000}$ A
1 Mikroampere = 1 µA = $^1/_{1000}$ mA = $^1/_{1\,000\,000}$ A

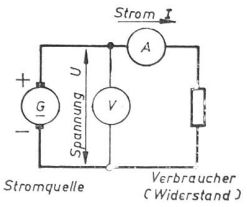
Der Elektronenfluss muss sich zwischen den Leiteratomen durchbewegen — ein Leiter setzt dem Strom einen gewissen Widerstand entgegen. Die Einheit des Widerstandes (R) ist das Ohm (Ohm, deutscher Physiker, 1787–1854).

1 Megohm = 1 MΩ = 1000 KΩ = 1 000 000 Ω
1 Kiloohm = 1 KΩ = 1000 Ω
1 Ohm = 1 Ω (Ω = Omega, griechischer Buchstabe)

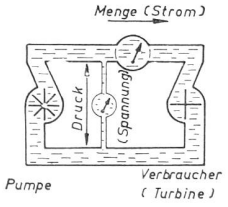
Den Druck, mit dem eine Stromquelle (Elektronenpumpe) den Strom durch den Stromkreis treibt, nennt man Spannung (U), ihre Einheit das Volt (Volta, italienischer Physiker, 1745–1827).

1 Kilovolt = 1 kV = 1000 V
1 Volt = 1 V
1 Millivolt = 1 mV = $^1/_{1000}$ V
1 Mikrovolt = 1 µV = $^1/_{1000}$ mV = $^1/_{1\,000\,000}$ V

Die Spannung wird mit dem Voltmesser gemessen, die Stromstärke mit dem Amperemeter (3.1).



3.1 Stromkreis



3.2 Wasserkreis

Zwischen Spannung, Stromstärke und Widerstand bestehen bestimmte Zusammenhänge; man versteht sie am besten, wenn einem Stromkreis ein Wasserkreislauf gegenübergestellt wird (3.2). Höherer Wasserdruck (Spannung) treibt bei gleichbleibendem Turbinenwiderstand (Widerstand) eine entspre-

Vom Elektron zur Elektronik
Eine kurze und leichtverständliche Einführung in die Elektrotechnik und Elektronik, erschienen im Selbstverlag des Autors Hugo Stauffer, Postfach 41, Industriepost, 4500 Solothurn. Einzelpreis des Büchleins für EVU-Mitglieder und Wehrmänner Fr. 4.40 (statt Fr. 5.50), pro 10 Expl. 1 Gratisexemplar.

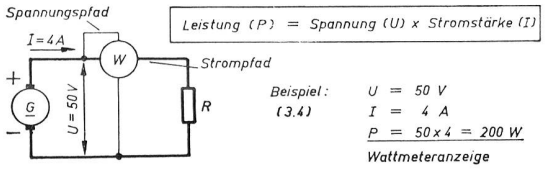
chend grössere Wassermenge (Strom) durch die Leitungen. In der Elektrotechnik bezeichnet man diese Beziehungen als Ohmsches Gesetz: Der Strom steigt mit höherer Spannung wie auch mit kleiner werdendem Widerstand! (3.3).

3.3 Ohmsches Gesetz:

Stromstärke (I) = Spannung (U) : Widerstand (R); I = U : R
Widerstand (R) = Spannung (U) : Stromstärke (I); R = U : I
Spannung (U) = Stromstärke (I) × Widerstand (R); U = I × R

Prüfe durch Nachrechnen:

Spannung	Stromstärke	Widerstand
12 V	2 A	6 Ω
200 V	0,5 A	400 Ω
3 KV	100 mA	30 KΩ
(3000 V)	(0,1 A)	(30000 Ω)



3.4 Elektrische Leistung

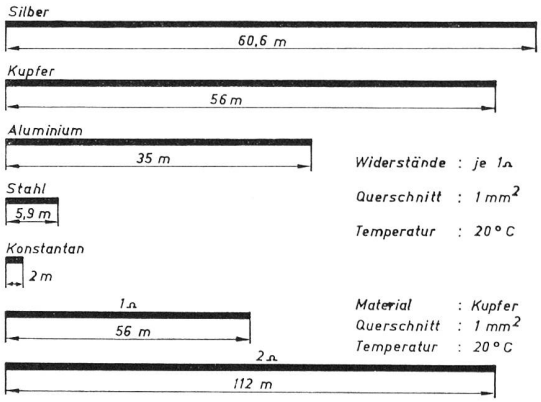
Vergrössert sich im Wasserkreislauf der Druck (Spannung) und die Wassermenge (Strom), dann leistet die Turbine mehr; sinngemäss nennt man das Produkt aus Spannung mal Stromstärke die elektrische Leistung P (3.4). Die Einheit der Leistung ist das Watt (Watt, englischer Ingenieur, 1736–1819).

1 Megawatt	= 1 MW	= 1000 kW	= 1 000 000 W
1 Kilowatt	= 1 kW	= 1000 W	
1 Watt	= 1 W		
1 Milliwatt	= 1 mW	= $^1/_{1000}$ W; ausserdem:	
1 Pferdestärke	= 1 PS	= 0,736 kW	= 736 W

Leiterwiderstand und Spannungsabfall

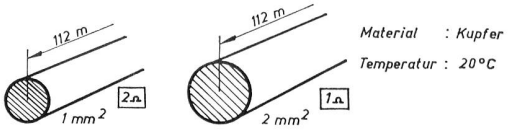
Am Anfang haben wir lediglich zwischen elektrischen Leitern und Nichtleitern unterschieden. Bei einem Stromfluss müssen sich die freien Elektronen gewissermassen zwischen den Leiteratomen durchzwängen, wobei durch die Reibung der Leiter erwärmt wird. Nun sind nicht alle Stoffe gleich aufgebaut; es ist deshalb einleuchtend, dass der Leiterwiderstand auch vom Leitermaterial abhängt (4.1). Ein überlegungsmässiger Vergleich mit einer Wasserleitung lässt zudem folgende Schlüsse zu: Der Leiterwiderstand wächst mit zunehmender Leiterlänge (4.2), sinkt jedoch mit grösser werdendem Leiterquerschnitt (4.3). Die Temperatur eines Leiters beeinflusst seinen Widerstand ebenfalls. Besitzt z. B. die Kupferwicklung einer Spule bei 20 °C (Zimmertemperatur) einen Widerstand von 100 Ohm, dann weist die gleiche Wicklung bei 80 °C einen Widerstand von 123,4 Ohm auf — er ist also um annähernd einen Viertel grösser geworden! Bei den meisten Metallen nimmt der Widerstand durchschnittlich um rund 0,4 % pro °C Temperaturerhöhung zu; der Widerstand von Kohle und gewissen Halbleitern (Heissleiter, siehe dort) dagegen sinkt mit grösserer

4.1 Abhängigkeit des Widerstandes vom Leitermaterial



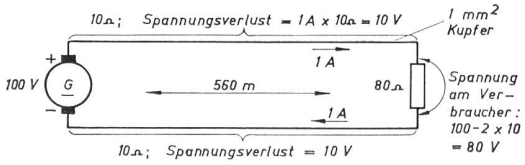
4.2 Abhängigkeit des Widerstandes von der Leiterlänge

Erwärmung. Spezielle Legierungen vie Konstantan (Kupfer + Nickel + Mangan) verändern ihren Widerstand zwischen kaltem und warmem Zustand praktisch nicht.



4.3 Abhängigkeit des Widerstandes vom Leiterquerschnitt

Zur Überwindung des Leiterwiderstandes ist eine gewisse Spannung notwendig, die für den Verbraucher verloren geht. Man spricht dann von Spannungsabfall oder Spannungsverlust in den Leitungen. (4.4 — Prüfe die angegebenen Werte mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes nach!) Damit der Spannungsverlust in den Leitungen klein bleibt, wählt man als Leiterwerkstoff ein Material mit kleinem Eigenwiderstand. Meistens wird Kupfer verwendet; Silber (teuer) wird als leitender Überzug bei Hochfrequenzspulen angewendet, während Aluminium (leicht) für Hochspannungsleitungen gebraucht wird.

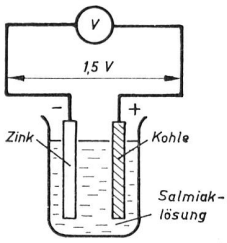


4.4 Spannungsverlust

In den Verbraucherwiderständen (Vorschaltwiderstände, Heizwicklungen) soll auf kleinen Drahtlängen eine möglichst hohe Spannung (genauer: Leistung) vernichtet werden. Für diese Aufgabe wurden besondere Legierungen, wie z. B. Konstantan und Chromnickel, entwickelt, die einen grossen Eigenwiderstand aufweisen. In der Fernmeldetechnik werden meist kleine Kohlewiderstände verwendet, die nach einem Farbcode gekennzeichnet sind.
Wolfram eignet sich wegen seines hohen Schmelzpunktes (3400 °C) und des grossen Eigenwiderstandes besonders gut als Glühdraht für Lampen, da die Helligkeit mit der Gühdrahttemperatur und der umgesetzten elektrischen Leistung zunimmt.

Galvanische Elemente, Akkumulatoren, Elektrolyse

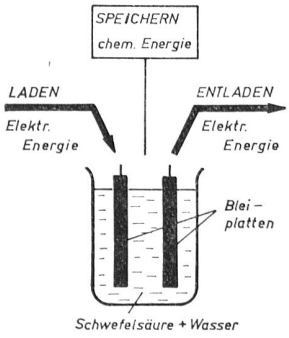
Taucht man eine Zink- und eine Kohleplatte in Salmiaklösung, tritt zwischen den Platten eine Spannung von rund 1,5 V auf. Durch eine chemische Umwandlung werden Elektronen frei — es entsteht eine Stromquelle: das galvanische Element (5.1). Bei der Herstellung von Taschenlampen- und Gerätebatterien dickt man die Salmiaklösung durch Zusätze zu einem Brei ein, damit die Batterie nicht ausläuft. Dieses Element wird Trockenbatterie genannt.



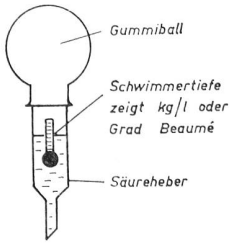
5.1 Galvanisches Element

Zwischen zwei in verdünnter Schwefelsäure eingetauchten Bleiplatten ist keine Spannung festzustellen; verbindet man jedoch diese Platten mit einer fremden Gleichstromquelle, lassen aufsteigende Gasblasen auf einen chemischen Vorgang schliessen. Nach dem Lösen der Verbindung stellen wir zwischen den Platten eine Spannung von rund 2 V fest; die Zelle ist durch Aufladung zur Stromquelle geworden! Im Unterschied zum galvanischen Element kann hier die elektrische Energie nicht direkt durch eine chemische Umwandlung gewonnen, sondern nur gespeichert = akkumuliert werden. Daraus der Name: Sammler oder Akkumulator (5.2).

5.2 Bleiakkumulator



5.3 Aräometer

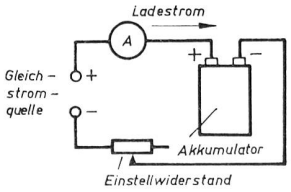


Die Säure des Akkumulators wird mit fortschreitender Ladung schwerer; ihr spezifisches Gewicht kann mit dem Aräometer (Senkwaage) gemessen werden und gibt dadurch Aufschluss über den Ladezustand des Akkumulators (5.3).

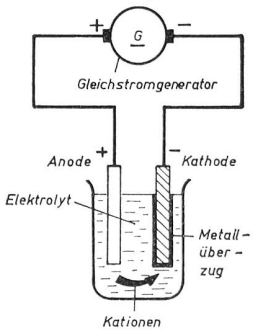
Der Edison-, Stahl- oder alkalische Akkumulator besitzt einen Elektrolyt aus 20%iger Kalilauge; die aktive Masse der positiven Platte besteht aus Nickelhydroxyd, diejenige der negativen Platte aus Eisen oder Kadmium. Vorteile gegenüber dem Bleiakkumulator: lange Lagerfähigkeit, unempfindlich gegen Erschütterung, tiefe Temperaturen und Überlastung. Nachteile: Teurer, kleinere Zellenspannung (rund 1,2 V), schlechterer Wirkungsgrad. Das Energiefassungsvermögen = Kapazität eines Akkumulators wird in Amperestunden = Ah angegeben. 60 Ah z. B. heisst: Während 30 Stunden können 2 A entnommen werden.

Akkumulatoren müssen mit Gleichstrom geladen werden (5.4). Leiten wir Gleichstrom durch eine Kupfervitriollösung (5.5), bedeckt sich die negative Kohleplatte mit einem Kupferüberzug, während die positive Kupferplatte abgetragen wird. Die Lösung zerfällt beim Stromdurchgang in Atomgruppen mit Mangel oder Überschuss an Elektronen; diese elektrisch nicht mehr neutralen Atomgruppen wandern zu den entsprechenden Gegenpolen — man nennt sie deshalb Ionen (ion, griechisch = wandernd). Die positive Platte heisst Anode, die negative Kathode; die zugehörigen Ionen bezeichnet man sinngemäss als Anionen und Kationen. Dieser Vorgang wird Elektrolyse genannt und hauptsächlich zur Oberflächenveredelung (vernickeln, verchromen, verzinken usw.) angewendet.

5.4 Ladeschaltung

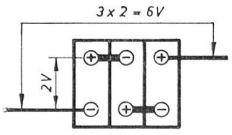


5.5 Elektrolyse

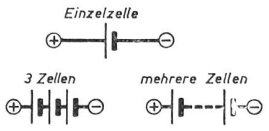


Schaltung von Stromquellen und Widerständen

Ein Autoakkumulator weist meist eine Spannung von 6 V oder 12 V auf. Da die einzelne Zelle eines Bleiakkumulators im Durchschnitt nur rund 2 V abgibt, muss eine entsprechende Anzahl Zellen in Serie (in Reihe = hintereinander) geschaltet werden. Die Gesamtspannung ist dann gleich der Summe der einzelnen Zellenspannungen (6.1, 6.2).



6.1 Serieschaltung

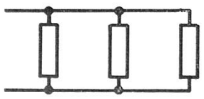


6.2 Serieschaltung, symbolisch

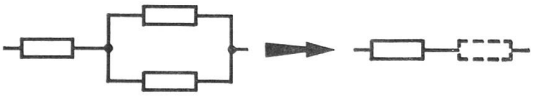
Eine Parallelschaltung von Batterien kommt weniger in Betracht; für einen höheren Energiebedarf wählt man Einzelzellen mit entsprechend grösserer Kapazität.

Bei näherer Betrachtung eines elektrischen Gerätes stellen wir fest, dass die einzelnen Verbraucher oft hinter- oder nebeneinandergeschaltet sind; man spricht dann von Serie- (6.3) und von Parallelschaltung (6.4). Beide Schaltungen können auch zu Gruppenschaltungen kombiniert sein (6.5).

6.3 Seriegeschaltete Widerstände



6.4 Parallelgeschaltete Widerstände



6.5 Gruppenschaltung