

Bo Hanus



Der leichte Einstieg in die

Elektrotechnik & Elektronik

Bauteile der Elektrotechnik · Solartechnik · Netzgeräte
Motoren und Generatoren · Messgeräte · Beleuchtung

Bo Hanus

Der leichte Einstieg in die Elektrotechnik & Elektronik

Bo Hanus

Der leichte Einstieg in die
**Elektrotechnik &
Elektronik**

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch vorgestellten Schaltungen und Programme wurden mit der größtmöglichen Sorgfalt entwickelt, geprüft und getestet. Trotzdem können Fehler im Buch und in der Software nicht vollständig ausgeschlossen werden. Verlag und Autor haften in Fällen des Vorsatzes oder der groben Fahrlässigkeit nach den gesetzlichen Bestimmungen. Im Übrigen haften Verlag und Autor nur nach dem Produkthaftungsgesetz wegen der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit oder wegen der schuldhaften Verletzung wesentlicher Vertragspflichten. Der Schadensersatzanspruch für die Verletzung wesentlicher Vertragspflichten ist auf den vertragstypischen, vorhersehbaren Schaden begrenzt, soweit nicht ein Fall der zwingenden Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz gegeben ist. Für die Mitteilung etwaiger Fehler sind Verlag und Autor jederzeit dankbar. Internetadressen oder Versionsnummern stellen den bei Redaktionsschluss verfügbaren Informationsstand dar. Verlag und Autor übernehmen keinerlei Verantwortung oder Haftung für Veränderungen, die sich aus nicht von ihnen zu vertretenden Umständen ergeben. Evtl. beigefügte oder zum Download angebotene Dateien und Informationen dienen ausschließlich der nicht gewerblichen Nutzung. Eine gewerbliche Nutzung ist nur mit Zustimmung des Lizenzinhabers möglich.

© 2012 Franzis Verlag GmbH, 85540 Haar bei München, www.franzis.de

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträgern oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

Satz: Fotosatz Pfeifer, 82166 Gräfelfing

art & design: www.ideehoch2.de

Druck: Bercker, 47623 Kevelaer

Printed in Germany

ISBN 978-3-645-65118-9

Vorwort

Albert Einstein hat irgendwann gesagt, dass es zu den größten Herausforderungen gehört, eine komplizierte Sache einfach zu erklären. Dem kann man zustimmen. Und gerade bei Fachbüchern für Einsteiger ist es wichtig, dass die einzelnen Themen leicht verständlich erklärt werden.

Wir haben dieses Buch wie eine Erzählung verfasst, die man gemütlich Seite für Seite von Anfang an lesen sollte. Überspringen von Seiten kann Lücken zur Folge haben, bei denen der Faden leicht verloren gehen könnte, denn jedes neue Thema baut auf den vorhergehenden Informationen auf.

Wie so vieles, was der Mensch erlernt und ausübt, erhebt auch das Fachgebiet der Elektrotechnik einen gewissen Anspruch auf praktische Übungen in Form von z. B. einfacheren Experimenten. Die Elektrotechnik lässt sich ebenso wie Kochen, Schlittschuhlaufen oder Klavierspielen nicht allein durchs Lesen lernen. Aus einem guten Buch kann man zwar in Erfahrung bringen, worauf es bei der Sache ankommt, wozu das eine oder das andere geeignet ist und wie man damit umzugehen hat, aber ohne etwas Praxis gerät das erworbene Wissen ziemlich schnell in Vergessenheit.

Dieses Buch wurde mit sehr vielen Abbildungen gespickt, die als greifbare Beispiele den Zusammenhang zwischen Bekanntem und Unbekanntem erläutern.

Viel Spaß beim Lesen dieses Buchs und viele Erfolgserlebnisse beim Experimentieren wünschen Ihnen

Bo Hanus und seine Co-Autorin (und Ehefrau) **Hannelore Hanus-Walther**

Inhalt

1	Die elektrische Energie	9
1.1	Die elektrische Spannung	10
1.2	Der elektrische Strom	11
1.3	Die elektrische Leistung	14
1.4	Die Kilowattstunden.....	17
1.5	Elektrische Leitungen	18
2	Batterien und Akkus	21
2.1	Batteriespannung	25
2.2	Batteriekapazität	26
2.3	Das Laden	28
2.4	Selbstentladung.....	30
3	Magnetismus	32
3.1	Dauermagnete	32
3.2	Zungenschalter (Reed-Kontakte)	35
3.3	Elektromagnete	36
3.4	Hubmagnete	38
3.5	Elektromagnetisches Türschloss.....	39
3.6	Elektromagnetisch bediente Glocke	39
3.7	Elektromagnetischer Türgong.....	40
3.8	Elektromagnetische Türklingel.....	40
3.9	Zungenrelais (Reed-Relais)	41
3.10	Elektromagnetische Relais.....	43
3.11	Lautsprecher.....	47
4	Elektrische Stromgeneratoren	50
4.1	Strom aus dem öffentlichen Netz.....	57
5	Energie erzeugende Minigeneratoren	58
5.1	Elektromagnetischer Gitarrentonabnehmer	58
5.2	Elektromagnetisches Mikrofon.....	61
5.3	Elektrodynamisches Mikrofon.....	62

6	Solarstrom	63
6.1	Photovoltaik und Solarzellen	64
6.2	Temperaturabhängigkeit der Solarzellen.....	77
6.3	Mechanische Eigenschaften der Solarzellen.....	79
6.4	Kühlung der Solarzellen	80
6.5	Schutzdioden (Bypass-Dioden)	80
6.6	Solarwechselrichter	84
7	Gleichspannung kontra Wechselspannung	86
8	Messgeräte	88
8.1	Voltmeter	88
8.2	Amperemeter.....	90
8.3	Ohmmeter	91
8.4	Multimeter.....	91
8.5	Richtig messen ist einfach	92
8.6	Oszilloskope.....	98
9	Der ohmsche Widerstand	100
9.1	Das ohmsche Gesetz	104
9.2	Codierung von Widerständen.....	109
9.3	Potenzimeter.....	110
9.4	Fotowiderstände	112
10	Kondensatoren	114
11	Spulen und Drosseln	125
12	Transformatoren	130
13	Halbleiterdioden	135
13.1	Zenerdioden	141
14	Gleichrichter	144
15	Netzgeräte und Netzteile	150
16	Elektrische Leuchtkörper	158
16.1	Leuchtdioden (LEDs).....	159
16.2	Infrarotdioden (IR-Dioden).....	176
17	Elektrische Heizkörper	179

18	Elektrische Ventilatoren	181
19	Elektrische Kühlkörper	182
20	Elektromotoren	183
21	Schalten in der Elektrotechnik	186
21.1	Einfache Schalter	186
21.2	Schalten mit Relais	188
21.3	Bistabile Relais	191
21.4	Kontrollglimmlampen.....	192
21.5	Elektronische Lastrelais	193
22	Sicherungen	198
23	Drahtloses Schalten.....	202
24	Transistoren	206
25	Integrierte Schaltungen – ICs.....	211
26	Digitale Fernsehtechnik	219
26.1	Das Satelliten-Fernsehen	223

1 Die elektrische Energie

Steckdosen und Batterien sind die bekanntesten Energiequellen, aus denen wir die elektrische Energie beziehen.

Batterien sind nur Energiekonserven mit einem beschränkten Vorrat an Energie. Sie sind wahlweise als *wiederaufladbare* Batterien (Akkus) oder als *nicht wieder aufladbare* Batterien (Wegwerfbatterien) erhältlich.

Der elektrische Strom aus den Steckdosen, die an das öffentliche Stromnetz angeschlossen sind, steht einfach „auf Abruf“ jederzeit bereit. Er wird überwiegend in großen Stromgeneratoren erzeugt, die vom Prinzip her ähnlich einem Fahrraddynamo konstruiert sind. Sie sind zwar viel größer und aufwendiger, aber erzeugen den elektrischen Strom auf die gleiche Weise (darauf kommen wir noch zurück).

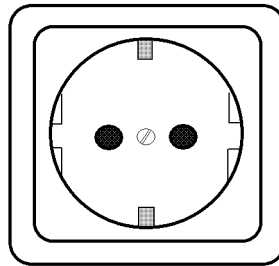
Wir wissen, dass die elektrische Energie in zwei Grundformen zur Verfügung steht: als *Wechselspannung* und *Wechselstrom* oder alternativ als *Gleichspannung* und *Gleichstrom*.

Als internationale Abkürzung für die *Wechselspannung* bzw. den *Wechselstrom* wird „AC“ (alternativ das Symbol ~) verwendet.

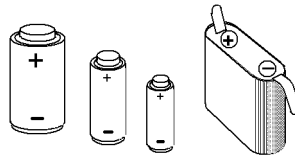
Für *Gleichspannung* und *Gleichstrom* wird die Abkürzung „DC“ (alternativ das Symbol „=“) gebraucht.

Beispiele: „230 V AC“ oder alternativ „230 V~“ bedeutet, dass es sich um eine 230-Volt-Wechselspannung handelt.

„12 V DC“ oder alternativ „12 V =“ bedeutet, dass es um eine 12-Volt-Gleichspannung geht.



Steckdose
230 Volt ~



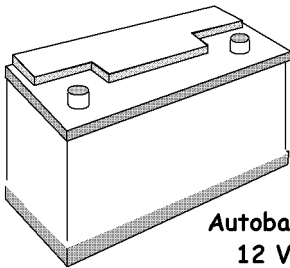
Batterien

1.1 Die elektrische Spannung

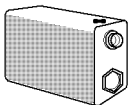
Wir wissen, dass jede Quelle der elektrischen Energie eine vorgegebene Spannung hat und dass jedes elektrische Gerät oder jede Glühlampe für eine – vom Hersteller bestimmte – *Betriebsspannung* ausgelegt ist.

Die elektrische Spannung wird in *Volt* (abgekürzt V), manchmal auch in Kilovolt (kV) oder in Millivolt (mV) angegeben bzw. gemessen. Mit der Umrechnung ist es ähnlich wie bei den Längenmaßen (Meter, Kilometer oder Millimeter): $1 \text{ kV} = 1.000 \text{ V}$, $1 \text{ mV} = 0,001 \text{ V}$.

Abhängig von der Art der vorgesehenen Stromversorgung werden elektrische Geräte in *netzbetriebene* und *batteriebetriebene* eingestuft. Manche Geräte sind für beide Arten der Stromversorgung vorgesehen. Zudem verfügen viele batteriebetriebene Geräte über ein zusätzliches „Netzteil“, über das sie wahlweise an eine 230-Volt-Steckdose angeschlossen werden können.



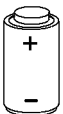
Autobatterie
12 Volt



Blockbatterie
9 Volt



Fahrraddynamo
Nennspannung 6 Volt
(drehzahlabhängig)



Kleinbatterie 1,5 Volt oder
NiCd/NiMH-Akku 1,2 Volt



Knopfzellen
1,5 Volt oder 3 Volt

Die 230-Volt-Spannung beziehen wir in der Bundesrepublik als *Hausnetz-Normspannung* (Licht- und Steckdosenspannung) aus dem öffentlichen elektrischen Netz. Für diese Spannung sind fast alle Haushaltsnetzgeräte und die meisten elektrischen Vorrichtungen ausgelegt. Das ist uns aber bekannt, denn wenn wir eine „normale“ Glühlampe oder Leuchtstofflampe kaufen wollen, müssen wir darauf achten, dass sie auch tatsächlich für „230 V“ vorgesehen ist.

Dass eine PKW-Glühlampe für eine 12-Volt-Versorgungsspannung ausgelegt ist, wissen die meisten von uns. Die gleiche Spannung hat ja auch die *Autobatterie*. Eine Fahrrad-Glühlampe ist wiederum für eine Spannung von bescheidenen 6 Volt konzipiert, denn der Fahrraddynamo – oder alternativ der Fahrradakku – liefert mehr oder weniger nur diese Spannung. Der Dynamo

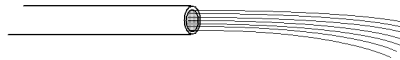
erzeugt jedoch die volle 6-Volt-Spannung nur, wenn kräftiger in die Pedale getreten wird, denn die von ihm gelieferte Spannung hängt von der Drehzahl seines *Rotors* ab.

Mit einer Betriebsspannung von bescheidenen 1,5 Volt geben sich vor allem die meisten Funk- und Quarzuhren zufrieden. Armbanduhren beziehen diese 1,5 V aus kleinen Knopfzellen, Haushaltsuhren aus kleinen (Mikro- oder Mignon-) Batterien. Einige Kleingeräte oder Spielzeuge geben sich sogar mit einer Betriebsspannung von 1,2 Volt zufrieden. Das kommt mit der typischen *Nennspannung* eines *NiCD-* oder *NiMH-Akkus* überein.

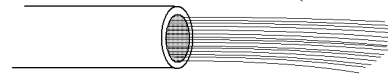
1.2 Der elektrische Strom

Der elektrische Strom wird oft mit dem Wasserstrom verglichen: Aus einem dünnen Gartenschlauch fließt ein schwacher, aus einem Feuerwehrschauch kann bei Bedarf ein wesentlich kräftigerer Wasserstrom fließen. Das gleiche gilt auch für den elektrischen Strom: Je kräftiger der Strom ist, der durch einen Leiter fließt, desto größer muss der Durchmesser des Leiters sein.

kleiner Wasserschlauch
= **schwacher Wasserstrom**



großer Wasserschlauch
= **starker Wasserstrom**



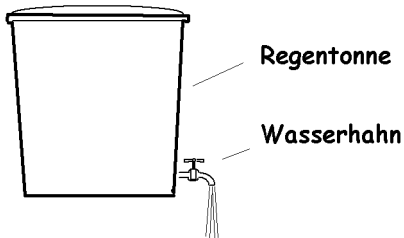
Und je stärker ein Strom ist, desto mehr kann er leisten. Das gilt sowohl für den Wasserstrom als auch für den elektrischen Strom.

Der elektrische Strom ist jedoch nicht sichtbar. Man kann daher eine Stromleitung in dieser Hinsicht mit einer Druckluftleitung vergleichen, in der die strömende Luft ebenfalls nicht sichtbar ist, aber dennoch erfahrungsgemäß z. B. pneumatische Handwerkzeuge antreiben kann.

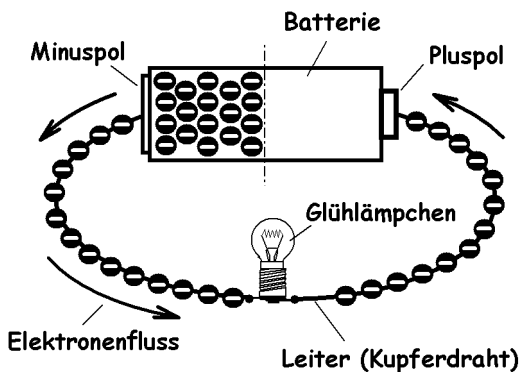
Die Stromstärke wird in *Ampere* (A) oder in *Milliampere* (mA) angegeben oder gemessen. Auch hier ist es mit der Umrechnung von *Milliampere* in *Ampere* ähnlich wie bei der Umrechnung von Millimetern in Meter (1 mA = 0,001 A).

Der elektrische Strom fließt – in der Form von Elektronen – durch kompakte Leiter, die überwiegend als Drähte oder Kabel in diversen Durchmessern erhältlich sind. Genau genommen fließt der elektrische Strom durch alle Metalle (oder auch durch andere elektrisch leitende Materialien), ohne Rücksicht auf ihre Form.

Je kräftiger der Strom (*in Ampere*) ist, der durch einen Leiter fließt, desto größer muss der Durchmesser des Leiters sein.



Aus einer Regentonne fließt das Wasser heraus, sobald der Wasserhahn aufgedreht wird. Das ist der Schwerkraft zu verdanken.

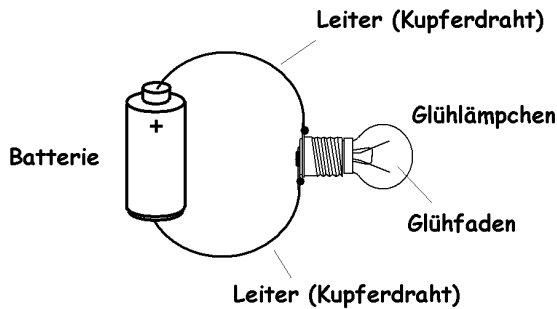


Der elektrische Strom kann nicht aus eigener Kraft aus der Steckdose oder aus der Batterie herausfließen. Da jede elektrische Spannungsquelle aus zwei Polen besteht, kann der Strom immer erst dann von einem Pol (Pluspol) zum anderen Pol (Minuspole) fließen, wenn eine elektrisch leitende Verbindung erstellt wird.

In einer intakten (aufgeladenen) Batterie herrscht am Minuspole ein Überschuss an Elektronen und am Pluspol ein Mangel an Elektronen. Wird an die zwei Pole z. B. ein Glühlämpchen angeschlossen, fließen durch ihren Glühfaden die Elektronen vom Minuspole zum Pluspol – allerdings nur so lange, bis sich ein Gleichgewicht einstellt (= bis die Batterie leer ist).

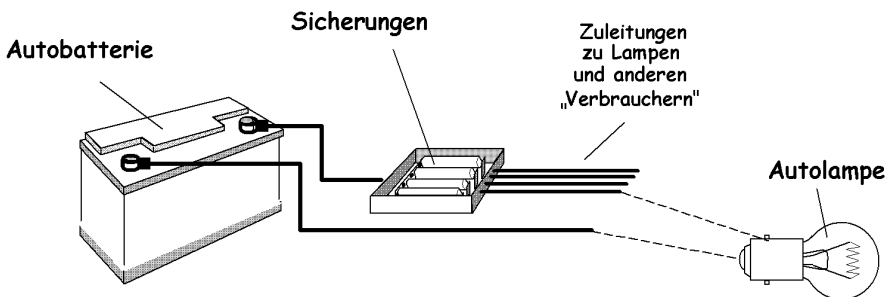
Der Fluss der Elektronen bewegt sich – als fließende elektrische Ladung – zwar vom Minuspole zum Pluspol, aber der elektrische Strom fließt in der Gegenrichtung vom Pluspol zum Minuspole. Daher gilt in der Elektrotechnik (und Elektronik) als Faustregel, dass der elektrische Strom immer vom Pluspol zum Minuspole fließt. Darauf werden auch alle Schaltungen und Funktionen abgestimmt.

Der *hochohmige* Glühfaden des Glühlämpchens wirkt sich auf die strömenden Elektronen als eine Bremse aus. Würde man bei diesem Beispiel das Glühlämpchen weglassen und die Pole einer Batterie nur mit einem Kupferdraht verbinden,



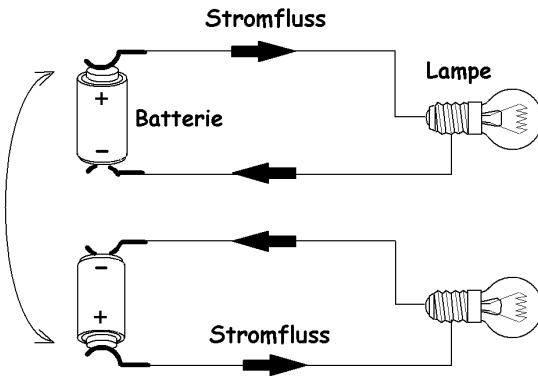
hätte das einen *Kurzschluss* zur Folge. Ein sehr dünner Kupferdraht würde dabei schmelzen (wie eine Sicherung „durchbrennen“), ein dicker Kupferdraht würde einen explosionsartigen Ausgleich der Polpotenziale verursachen und dabei die Batterie vernichten.

Als Abhilfe gegen ein solches Risiko dienen Sicherungen, die z. B. auch bei einem Pkw zwischen der Autobatterie und den Zuleitungen zu allen Lampen und anderen „elektrischen Verbrauchern“ eingegliedert sind. Auch ein jedes *Hausnetz* verfügt über Sicherungen oder Sicherungsautomaten, die bei einem Kurzschluss die geschützte Leitung vom Netz abschalten.



Sowohl für Wechselstrom als auch für Gleichstrom gilt:

Die Strom-Maßeinheit heißt *Ampere* (abgekürzt A). In der gängigen Praxis wird der Strom manchmal nur in Milliampere (mA) oder Mikroampere (μA) angegeben. Auch hier ist es mit der Umrechnung ähnlich wie bei den metrischen Maßeinheiten: $1\text{ A} = 1.000\text{ mA}$ oder $1.000.000\text{ }\mu\text{A}$.



Der Unterschied zwischen Wechselstrom und Gleichstrom ist vom Prinzip her leicht zu erklären:

Wird eine Glühlampe an eine Batterie angeschlossen, fließt durch sie ununterbrochen ein konstanter Strom (*Gleichstrom*) nur in einer Richtung.

Eine improvisierte Wechselstromquelle könnten wir – wie abgebildet – z. B. mithilfe einer Batterie-Stromversorgung erstellen, bei der die Polarität der Stromzufuhr zu der Glühlampe durch ständiges *Umpolen* der Batterieanschlüsse gewechselt wird.

Auf die hier bildlich dargestellte Art wäre die *Frequenz* der Wechselspannung natürlich nur sehr niedrig. Man könnte jedoch einen solchen Polaritätswechsel z. B. mithilfe eines kleinen elektromagnetischen Umschalters beschleunigen, der wie ein Blinker hin und her wippt und das ständige Umdrehen der Batterie ersetzt. Auf den „tieferen Sinn“ einer solchen Lösung, sowie auch auf die tatsächliche Wechselstromerzeugung, kommen wir in Kap. 4 zurück.

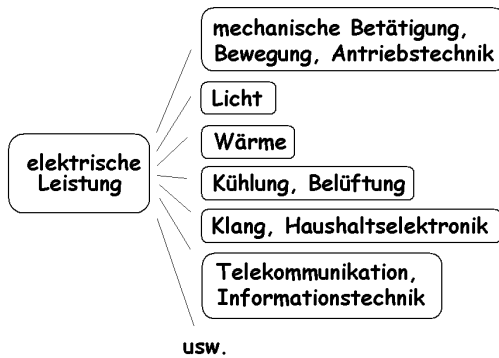
1.3 Die elektrische Leistung

Wenn es heißt, dass die Leistung eines Motors z. B. 1 PS beträgt, dürfte es stattdessen heißen, dass sie 736 Watt beträgt, denn $1 \text{ PS} = 736 \text{ Watt}$. Soweit zum „greifbaren“ Vergleich der zwei Leistungsmaßeinheiten. Wir verzichten auf das Grübeln darüber, wie viele von uns sich unter dem Begriff *1 PS* (eine Pferdestärke) konkret vorstellen können, was für eine Leistung ein angemessen motiviertes Pferd tatsächlich aufbringen kann.

Mit der elektrischen Leistung hat dieser Vergleich nur soviel zu tun, dass z. B. ein Elektromotor mit einer Ausgangsleistung (Abgabeleistung) von 736 Watt ($= 0,736 \text{ kW}$) ungefähr die gleiche Leistung aufbringen müsste, wie ein kooperatives lebendiges Pferd. Dieser Vergleich reicht aus, um sich die Größenordnung der elektrischen Leistung zumindest ungefähr vorstellen zu können. Elektrische Leistung kann jedoch leicht in Leistungen umgewandelt

werden, die – wie z. B. Licht oder Wärme – mit einer rein mechanischen Leistung nur bedingt vergleichbar sind.

Elektrische Leistung kann vielseitig genutzt werden:



Mit der eigentlichen Berechnung der elektrischen Leistung ist es sehr einfach:

Spannung (in Volt) \times Strom (in Ampere) = Leistung (in Watt)

Zwei Abwandlungen dieser Formel lauten:

Leistung (in Watt) : Spannung (in Volt) = Strom (in Ampere)

Leistung (in Watt) : Strom (in Ampere) = Spannung (in Volt)

Es handelt sich hier um eine ähnliche Formel wie die, die uns von der Berechnung einer Fläche geläufig ist: Länge \times Breite = Fläche

Die elektrische Leistung ist an den Typenschildern der meisten elektrischen Geräte – sowie auch auf allen Glüh- und Leuchtstofflampen – aufgeführt und braucht nur selten berechnet zu werden. Dennoch kann sich der Zugriff auf diese Formel manchmal als ganz nützlich erweisen. Als ein einfaches Beispiel dient folgendes Anliegen:



Im Waschraum eines Wohnhauses sind die Steckdosen für die Waschmaschine und den Wäschetrockner an einem gemeinsamen 16-Ampere-Sicherungsautomaten (neudeutsch „Leitungsschutzschalter“) angeschlossen. Wenn beide Maschinen gleichzeitig betrieben werden, schaltet der Sicherungsautomat den Strom oft ab.

Warum? Ist der Sicherungsautomat vielleicht überlastet? Das lässt sich leicht auskundschaften. Auf den Typenschildern (und in den Bedienungsanleitungen) der Geräte sind jeweils nur die Betriebsspannung (230 V~) und die „Anschlusswerte“ bzw. die *bezogenen Leistungen* als 3.000 W (3 kW) und 2.500 W (2 kW), aber nicht der Stromverbrauch aufgeführt. Macht nichts, denn das rechnen wir uns leicht aus:

Die maximal bezogene Leistung beträgt $3.000 \text{ Watt} + 2.500 \text{ Watt} = 5.500 \text{ Watt}$. Diese 5.500 Watt teilen wir durch 230 Volt und erhalten einen Strom von stolzen 23,91 Ampere ($5.500 \text{ W} : 230 \text{ V} = 23,91 \text{ A}$).

Diese maximale Stromaufnahme kommt immer dann vor, wenn beide Maschinen (abhängig von der jeweiligen Programmstufe) den maximalen Strom beziehen. Ein 16-A-Sicherungsautomat ist hier deutlich unzureichend und sollte durch einen 25-A- oder 32-A-Automaten ersetzt werden.

Bei der *elektrischen Leistung*, die bei Elektrogeräten oder Elektromotoren aufgeführt wird, muss zwischen der *Abnahmeleistung* (d.h. der *bezogenen oder verbrauchten Leistung*) und der *Abgabeleistung* (d.h. der *tatsächlich erbrachten Leistung*) unterschieden werden. Diese zwei unterschiedlichen „Leistungen“ geben z. B. Hersteller von Elektromotoren auf folgende Weise in den technischen Daten preis: Abnahmeleistung 200 Watt, Abgabeleistung 108 Watt.

Die Abnahmeleistung sagt also nur aus, was der Motor „frisst“, die Abgabeleistung sagt aus, was er tatsächlich leistet. Ein Staubsaugermotor kann z. B. 1.500 Watt „fressen“, aber in Wirklichkeit dennoch nur einen Bruchteil dieser Leistung abgeben. Mit einer „normalen“ Glühbirne ist es in dieser Hinsicht noch schlimmer, denn sie wandelt nur etwa 5 % bis 6 % der bezogenen Energie in Licht um. Den Rest der bezogenen Energie strahlt sie in die Umgebung als Wärme ab (worauf man meist verzichten könnte).

So gut wie keine energetischen Verluste entstehen bei der Umwandlung der elektrischen Energie in Wärme: Elektroheizkörper (darunter auch Heizkissen und Heizdecken) oder Wasserkocher, deren Heizspirale vom Wasser voll umhüllt ist, arbeiten in dieser Hinsicht praktisch verlustfrei.

Wäre noch darauf hinzuweisen, dass die Leistung bei manchen induktiven Lasten (z. B. bei Transformatoren) nicht in Watt (W), sondern in Voltampere (VA) angegeben wird. Das hat etwas mit der „Phasenverschiebung“ (mit dem so genannten Phasenwinkel „ φ “) zu tun. Wir dürfen einfachheitshalber die „VA“ und die „W“ als dasselbe betrachten. Genau genommen müsste

andernfalls für die Berechnung der „Wirkleistung“ bei induktiven Lasten die Formel:

$$\text{Leistung} = \text{Spannung} \times \text{Strom} \times \cos(\varphi)$$

angewendet werden.

Das „ $\cos(\varphi)$ “ stellt eine Zahl dar, die immer kleiner als 1 ist und somit die Leistung etwas reduziert. Dieses $\cos(\varphi)$ wird in der Praxis bei induktiven Lasten jedoch nur selten angegeben (z. B. als $\cos \varphi = 0,95$). In dem Fall bezieht man es – wenn man will – in die Formel ein. Man darf sich aber in der Praxis einfach damit zufrieden geben, dass man über die Existenz dieses kosinischen „Kosinus φ “ im Bilde ist. Jedenfalls wirkt sich diese „Phasenverschiebung“ auf die tatsächliche Leistung sozusagen als ein sanfter „Abspeckfaktor“ aus. Gut zu wissen, dass es so etwas überhaupt gibt (und das genügt).

1.4 Die Kilowattstunden

Der Stromzähler des Stromlieferanten zählt in jedem Haushalt laufend den Energieverbrauch in Kilowattstunden. Wie der Name des Zählers andeutet, handelt es sich hier um die Erfassung der bezogenen Energie in der Form von *Leistung* (in Kilowatt) *mal Zeit* (in Betriebsstunden). Die Endsumme wird als *Kilowattstunde(n)* – abgekürzt *kWh* – bezeichnet. Eine Kilowattstunde = 1.000 Wattstunden (1 kWh = 1.000 Wh).

Einige Beispiele:

Bezieht eine 100-Watt-Glühlampe eine Stunde lang den elektrischen Strom, entsteht ein Stromverbrauch von 100 Wh (= 0,1 kWh).

Bezieht eine elektrische Kochplatte eine Stunde lang eine elektrische Leistung von 1.500 Watt (1,5 kW), ergibt sich daraus ein Energieverbrauch von 1,5 kWh. Bleibt sie zwei Stunden lang eingeschaltet, verdoppelt sich der Energieverbrauch auf 3 kWh usw.

Eine 7-Watt-Energiesparlampe verbraucht erst nach ca. 142,8 Betriebsstunden eine einzige Kilowattstunde an elektrischer Energie (1.000 Watt : 7 Watt = 142,8 Betriebsstunden).



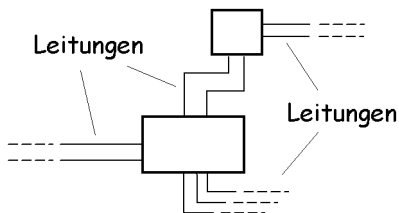
Laut Prospekt verbraucht ein LED-Fernseher eine elektrische Leistung von 70 Watt (im Betrieb) und 0,3 W (W) (im Stand-by-Betrieb). Wie lange er im „Vollbetrieb“ läuft, bevor er eine Kilowattstunde ($1.000 \text{ W} \times 1 \text{ Stunde}$) verbraucht, ist schnell ausgerechnet: $1.000 \text{ W} : 70 \text{ W} = 14,28 \text{ Std.}$

Nun zum Stand-by: Wir nehmen an, dass wir im Durchschnitt $2 \frac{1}{2}$ Stunden pro Tag fernsehen. Der Rest von 21,5 Std. pro Tag entfällt auf den Stand-by-Verbrauch. Das ergibt pro Jahr: $365 \text{ Tage} \times 21,5 \text{ Std.} = 78.475 \text{ Stunden}$; multipliziert mit $0,3 \text{ W} = 23.542 \text{ Wattstunden}$ ($= 23,5 \text{ kWh}$).

Kostet uns eine Kilowattstunde z. B. 26 Cent, verbraucht der Stand-by-Betrieb 6,11 € im Jahr ($0,26 \text{ €} \times 23,5 \text{ kWh} = 6,11 \text{ €}$).

1.5 Elektrische Leitungen

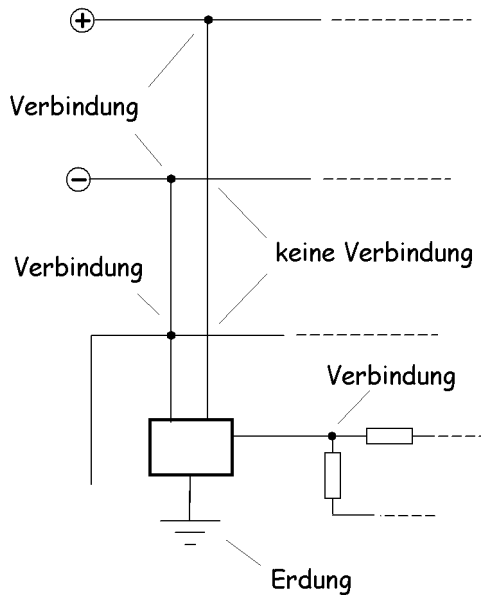
Als elektrische Leitungen werden bekanntlich Kupferleiter in der Form von isolierten Drähten und Kabeln verwendet. Auf nähere Einzelheiten kommen wir noch in Kapitel 9 zurück. Vorerst wäre jedoch erklärungsbedürftig, wie elektrische Leitungen, darunter auch leitende Verbindungen aller Art, in elektrischen Schaltplänen zeichnerisch dargestellt werden – was wir nun anhand von einigen Beispielen zeigen:



Grundsätzlich werden in einem elektrischen Schaltplan (in einem Schema) alle Verbindungen bevorzugt nur waagrecht und senkrecht angeordnet. Ausnahmen – in Form von schrägen Linien oder Bögen – sind zwar zulässig, aber nur dann sinnvoll, wenn es der leichten

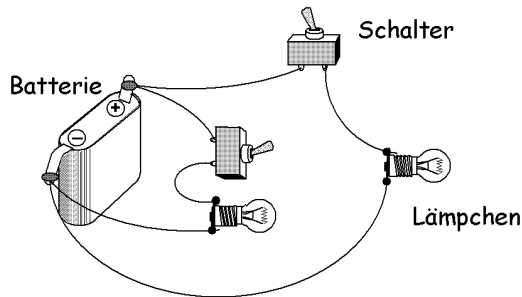
Verständlichkeit der Schaltung dient. Dies kann vor allem Anwendern mit wenig Erfahrung den Überblick erleichtern (weshalb auch wir es in diesem Buch bei manchen Beispielen so handhaben). Wie eine schematisch dargestellte Verbindung im Schaltplan angeordnet ist (über wie viele „Ecken“ sie sich um andere Bauteile schlingert), hat nichts damit zu tun, wie sie z. B. in einem Gerät tatsächlich verläuft oder wie sie beim Nachbau einer Schaltung verlegt wird. Ausnahmen werden üblicherweise nur bei Schaltplänen von elektrischen Hausnetzen gemacht, denn hier werden in der Regel die Lichtschalter, Steckdosen und Lampenanschlüsse „maßstabgerecht“ in die Wände dort eingezeichnet, wo sie der Elektroinstallateur anbringen soll.

Wenn sich in einem Schaltplan zwei Linien kreuzen und diese Kreuzung nicht mit einem Punkt versehen ist, handelt es sich um zwei Linien, die miteinander nicht verbunden sind. Ist in einem Schaltplan die Kreuzung von zwei Linien – oder eine Abzweigung – mit einem Punkt versehen, handelt es sich um eine leitende Verbindung.

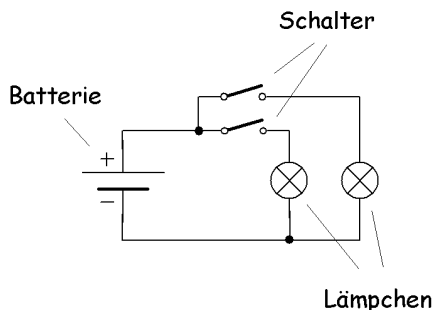


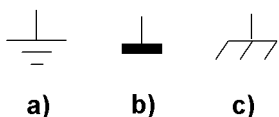
Solche Kreuzungen und Verbindungen verlaufen in Wirklichkeit in einem Gerät oder in einer Vorrichtung oft ganz woanders, als es schematisch dargestellt wird, denn bei einem Schaltplan geht es vor allem darum, dass die Funktionsweise der Schaltung leicht nachvollziehbar ist. Dem technischen Zeichner bleibt es dabei überlassen, wie er alles anordnet. Von Bedeutung ist nur, dass eine zeichnerisch dargestellte Leitung den *Ausgangspunkt* mit dem vorgesehenen *Zielpunkt* verbindet. Ein praktisches Vergleichsbeispiel geht aus der nebenstehenden Abbildung hervor.

In Wirklichkeit:



Schematische Darstellung der vorhergehenden Schaltung mit Anwendung von Schaltzeichen:





Das Schaltzeichen einer *Erdung* (a) oder *Masse* (b) spielt in der Elektrotechnik – und somit auch in der Elektronik – eine sehr wichtige Rolle. Das unter (c) abgebildete Schaltzeichen der Masse wird in ausländischen Schaltungen angewendet.

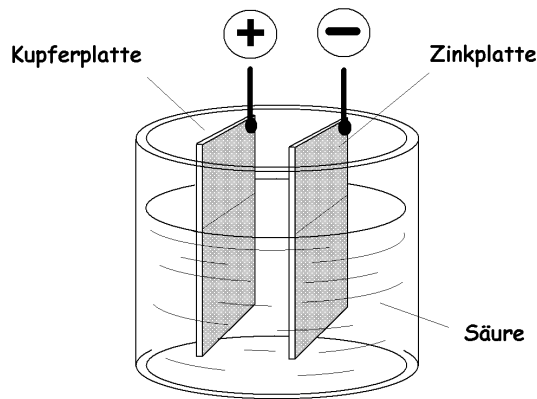
Ein „Erdleiter“ (Schutzleiter) schützt im Hausnetz die Benutzer vor Verletzung – dies zumindest bei Lampen, Geräten und Vorrichtungen, deren Gehäuse aus Metall ist. Das Anschlusskabel ist in dem Fall dreiadrig ausgeführt, und der Erdleiter mit grün-gelber Isolierung wird mit den elektrisch leitenden Metallteilen solcher Verbraucher verbunden. Sollte durch eine interne Beschädigung der metallische Körperteil des Verbrauchers in Berührung mit der Phase kommen, verursacht das einen Kurzschluss, der eine blitzschnelle Stromabschaltung zufolge hat – wodurch der Anwender vor einem elektrischen Schlag geschützt wird.

Bei elektronischen Schaltungen müssen zudem etliche Funktionsteile „geerdet“ werden, um ihre Aufgabe optimal erfüllen zu können. Unter diesem Begriff versteht man hier jedoch nur ausnahmsweise eine echte Verbindung mit „Mutter Erde“, sondern eher eine Verbindung mit der „Masse“. Mit ihr werden u. a. Chassis, Konsolen und Rahmen eines Gerätes, sowie auch Abschirmungen von Antennen-Koaxialkabeln und Audioleitungen verbunden. Auch der Minuspol einer einfacheren Spannungsversorgung einer elektronischen Schaltung wird in der Regel mit der Masse verbunden (wie in diesem Buch noch an mehreren Beispielen gezeigt wird).

2 Batterien und Akkus

Die Bezeichnung „Batterie“ wird gegenwärtig ziemlich wahllos sowohl für *aufladbare* als auch für *nicht aufladbare* Batterien angewendet. Unter dem Begriff „Akku“ (Akkumulator) ist dagegen *ausschließlich* eine „aufladbare Batterie“ zu verstehen.

In Batterien entsteht die elektrische Energie durch chemische Vorgänge. Werden z. B. in ein Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure (als Strom leitende Flüssigkeit) eine Kupferplatte und eine Zinkplatte getaucht, entsteht zwischen diesen zwei „Elektroden“ ein *elektrisches Potenzial*. Die Kupferplatte (Kupferelektrode) ist der Pluspol, die Zinkplatte (Zinkelektrode) der Minuspol dieser Batterie.



Als Batterie-Elektroden werden auch andere Metalle oder Materialien wie Aluminium, Eisen, Zinn, Gold, Silber, Quecksilber, Lithium, Wasserstoff, Natrium u. a. verwendet.

Eines haben die meisten „normalen“ Batterien gemeinsam: sie sind *nicht wiederaufladbar*. Der elektrische Strom kann nur so lange bezogen werden, bis nach Ablauf der chemischen Reaktion eine der Elektroden chemisch zersetzt wird. Die Batterie liefert dann keine Spannung mehr (ist „leer“).

Batterietyp:	Abmessungen:
Micro	H 44 Ø 10 mm
Mignon	H 50 Ø 14 mm
Baby	H 50 Ø 25 mm
Mono	H 60 Ø 32 mm
Block 9 V	49 × 26 × 16 mm

Wiederaufladbare Batterien (Akkus) können die elektrische Energie nicht intern erzeugen, sondern nur speichern. Sie müssen daher bereits beim Hersteller aufgeladen und danach vom Anwender nach Bedarf nachgeladen werden.

Die gängigsten Akkus sind:

- a) Bleiakkus (zu denen auch Autobatterien gehören)
- b) Nickel-Cadmium(NiCd)-Akkus
- c) Nickel-Metallhydrid(NiMH)-Akkus
- d) Lithiumakkus und Knopfzellen

Bleiakkus kennen wir vor allem als Autobatterien, die für eine *Nennspannung* von 12 Volt ausgelegt sind. Eine solche Batterie setzt sich aus sechs in Reihe geschalteten Blei-Einzelzellen zusammen, deren *Nennspannung* je 2 Volt beträgt ($6 \times 2 \text{ Volt} = 12 \text{ Volt}$). Diese 2-Volt-Zellenspannung stellt eine typische Nennspannung eines Bleiakkugliedes dar.

Kleinere Bleiakkus sind für 6-Volt- und 12-Volt-Spannungen ausgelegt. Die hier abgebildeten Blei-Gel-Akkus verfügen über Kapazitäten zwischen 1,2 Ah (bei 6-V-Nennspannung) und 42 Ah (bei 12-V-Nennspannung).

Die Bezeichnung *Nennspannung* bezieht sich bei allen Batterien auf einen Spannungswert, der tatsächlich repräsentativ für einen breiteren Span-



Foto: ELV

nungsbereich ist. So liegt z. B. die tatsächliche Spannung einer aufgeladenen Autobatterie bei etwa 13,8 Volt und die einer „ziemlich leeren“ in der Nähe von 10–10,5 Volt (typenabhängig).

Dass man eine Autobatterie als „ziemlich leer“ bezeichnen darf, obwohl ihre Spannung z. B. *nur* auf 10,5 Volt gesunken ist, hat folgende Gründe: Ein jeder Bleiakku reagiert sehr empfindlich auf die Entladung unterhalb einer sogenannten *Tiefentladeschwelle*. Wenn seine Spannung einmal unter diese Schwelle (bei einem 12-Volt-Akku unterhalb von ca. 10–10,5 Volt) sinkt, wird er intern stark beschädigt oder vernichtet.

Eine solche Beschädigung ist zwar nicht nach außen sichtbar, aber der Akku hält nach dem Aufladen die in ihm gespeicherte Energie nur noch relativ kurze Zeit (wobei seine Speicherfähigkeit und „Selbstentladung“ vom Ausmaß der Beschädigung abhängen).

Ganz anders sieht es beim Umgang mit einem NiCd-Akku aus: Ein NiCd-Akku liebt es, wenn er mindestens einmal in drei Monaten bis in die Nähe von 0,9 Volt pro Zelle (= um ca. $\frac{1}{4}$ der Nennspannung) entladen und danach wieder aufgeladen wird. Geschieht dies nicht, wird dieser Akku im Laufe der Zeit „faul“ und lässt sich nicht mehr „ordentlich“ (auf seine volle Kapazität) nachladen.

Verantwortlich für diesen Spleen ist bei den NiCd-Akkus ein sogenannter *Memory-Effekt*: Der Akku merkt sich, dass er nicht allzu sehr beansprucht wird, und stellt sich darauf ein.

Sowohl die NiCd- als auch die NiMH-Akkus sind für eine Spannung von 1,2 Volt pro Glied ausgelegt. NiMH-Akkus sind im Vergleich zu den NiCd-Akkus wesentlich strapazierfähiger, weisen eine höhere Kapazität wie auch eine längere Lebensdauer auf und leiden nicht unter dem erwähnten *Memory-Effekt*. Sie beinhalten zudem keine giftigen Stoffe und gelten daher als umweltfreundlich. Sie setzen sich trotzdem nur relativ langsam durch, weil sie noch ziemlich teuer sind.





Wiederaufladbare Lithium-Knopfzellen sind für die Energieversorgung diverser Kleingeräte – wie Solartaschenrechnern, Armbanduhren, Film- und Fotogeräte – zuständig und weisen eine „hohe Energiedichte“ (= hohe Speicherkapazität bei geringem Platzbedarf) auf. Ihre *Nennspannung* beträgt 3 Volt und ihre Kapazität liegt (größenabhängig) zwischen ca. 25 und 1.000 Milliamperestunden (mAh).

Eine „aus dem Rahmen fallende Spezies“ stellen die *limitiert aufladbaren* alkalischen 1,5-Volt-Batterien der Type „Rayovac“ dar (Anbieter: Conrad Electronic). Diese Zellen können etwa 25-mal neu aufgeladen werden und verkraften bis zu 100 Ladevorgänge bei regelmäßiger Ladung, die mit einem speziellen *Rayovac-Ladegerät* vorgenommen wird. Diese Batterien sind vor allem durch die 1,5-V-Zellenspannung interessant, da sie anstelle von *nicht wiederaufladbaren* 1,5-V-Batterien angewendet werden können.

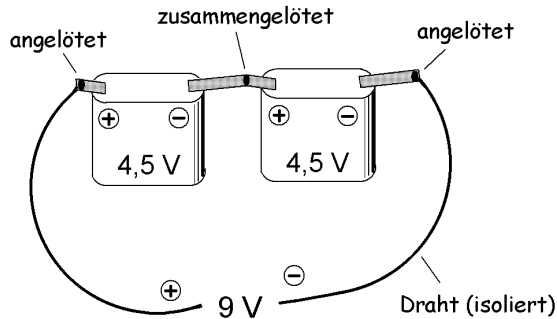
1,5 Volt
Bis zu 25 x und mehr aufladbar



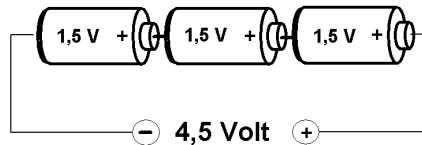
2.1 Batteriespannung

Wird eine höhere Batteriespannung benötigt, als eine einzige Zelle aufbringt, können beliebig viele Zellen in Reihe (in Serie) verschaltet werden. Der Pluspol der einen Batterie muss dabei jeweils mit dem Minuspol der nächsten Batterie verbunden werden.

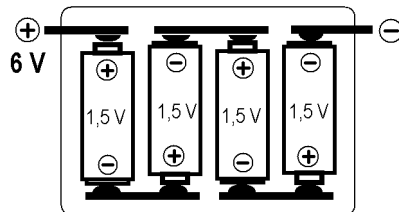
zwei 4,5-Volt-Batterien in Reihe



drei Batterien à 1,5 Volt in Reihe



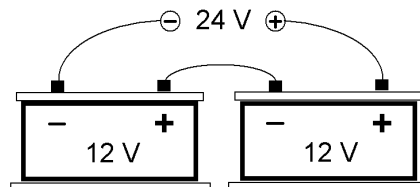
In den meisten Kleingeräten werden die einzelnen Zellen jeweils – wie abgebildet – „gegengepolt“ eingesetzt, wodurch sich die einzelnen Verbindungen herstellungsseitig einfacher bewerkstelligen lassen.



Anordnung der Batterien
in einem Kleingerät

Nicht nur einzelne Zellen, sondern auch beliebig große Batterien – darunter z. B. Autobatterien – können in Reihe geschaltet werden, um eine höhere Ausgangsspannung zu erhalten.

Für eine Reihenschaltung sollten grundsätzlich jeweils Batterien

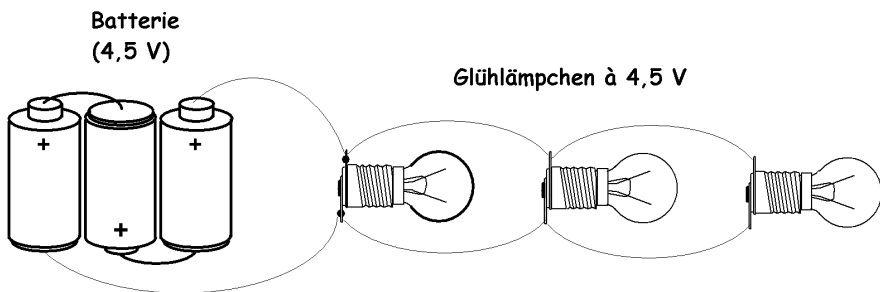


zwei Blei-Akkus in Reihe

derselben Type (zumindest der gleichen Kapazität) verwendet werden. Zur Not können auch „halb leere“ Batterien mit neuen Batterien kombiniert werden, wenn z. B. ein Gerät nicht mehr funktioniert und nicht genügend neue Batterien vorrätig sind. Die Lebenserwartung der neuen Batterien wird durch eine solche Kombination nicht beeinträchtigt, aber die altersschwachen Batterien tragen in diesem Fall verständlicherweise nur mit ihren „Restspannungen“ zur Ausgangsspannung der ganzen Spannungsversorgung bei. Ein möglichst schleuniges Ersetzen der einzelnen alten Batterien ist verständlicherweise sinnvoll. Andernfalls bleibt man beim Improvisieren oder es werden eines Tages die noch intakten zusammen mit den verbrauchten Batterien entsorgt.

2.2 Batteriekapazität

Die Batteriekapazität stellt das Fassungsvermögen (den energetischen Inhalt) einer Batterie dar. Sie wird in Amperestunden (Ah) angegeben. Diese Angabe dürfte alternativ als *Ampere mal Stunden* formuliert werden.



Von der Intensität und Dauer der Stromabnahme der angeschlossenen Verbraucher (Glühlämpchen) hängt ab, wie schnell eine Batterie leer wird (wann ihre Kapazität verbraucht ist).

Eine 60-Ah-Autobatterie kann beispielsweise:

6 Stunden lang einen Strom von 10 A liefern ($6 \text{ Stunden} \times 10 \text{ A} = 60 \text{ Ah}$) oder
 10 Stunden lang einen Strom von 6 A liefern ($10 \text{ Stunden} \times 6 \text{ A} = 60 \text{ Ah}$) oder
 40 Stunden lang einen Strom von 1,5 A liefern ($40 \text{ Stunden} \times 1,5 \text{ A} = 60 \text{ Ah}$)
 usw.

Die Stromabnahme kann natürlich auch portionsweise in verschiedenen Konstellationen erfolgen. Die jeweiligen „Stromabnahmen mal Zeit-spannen“ verbrauchen einfach den *energetischen Inhalt* (die Energiereserve) einer Batterie auf die gleiche Weise, wie wenn einem Weinfass der leckere Inhalt entnommen wird.



Das gleiche Prinzip gilt auch für kleine Batterien und Akkus. Im Gegensatz zu den Autobatterien ist jedoch der tatsächliche energetische Inhalt an kleinen Batterien nur ziemlich selten auffindbar. Die Hersteller bevorzugen nichtssagende Aufwertungen, wie „long-life“ o. Ä.

In Katalogen des Elektronik-Versandhandels sind jedoch bei vielen Batterien die Kapazitäten aufgeführt und man kann sich bei Bedarf ausrechnen, wie lange eine Batterie „mitgeht“, wenn sie einen „Verbraucher“ versorgen soll, dessen Stromabnahme bekannt ist.

Bei kleineren Batterien (auch bei Knopfzellen) wird die Kapazität nicht in *Amperestunden* (Ah), sondern in *Milliamperestunden* (mAh) angegeben ($1 \text{ Ah} = 1.000 \text{ mAh}$). Wie so etwas konkret aussieht, zeigen wir an einigen praktischen Teilauszügen aus dem Katalog von Conrad-Electronic:

Lithiumknopfzellen

Typ	Abmessungen ($\varnothing \times \text{H}$)	Spannung	Kapazität
CR 1216	12 × 1,6 mm	3 Volt	25 mAh
CR 1220	12 × 2 mm	3 Volt	38 mAh
CR 1616	16 × 1,6 mm	3 Volt	50 mAh
CR 1632	16 × 3,2 mm	3 Volt	125 mAh
CR 2430	24,5 × 3 mm	3 Volt	285 mAh

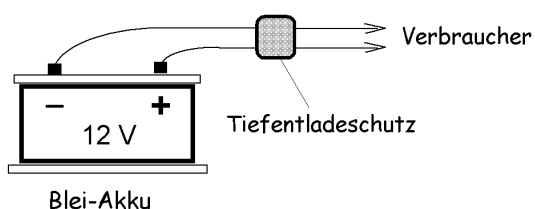
VARTA NiCd-Akkus

Typ	Abmessungen ($\varnothing \times \text{H}$)	Spannung	Kapazität
Lady	11,5 × 28,5 mm	1,2 Volt	180 mAh
Micro	10 × 43,5 mm	1,2 Volt	300 mAh
Mignon	14,5 × 50,3 mm	1,2 Volt	750 mAh
Baby	26 × 49 mm	1,2 Volt	1.500 mAh
Mono	33,5 × 61 mm	1,2 Volt	5.000 mAh

2.3 Das Laden

Bei wiederaufladbaren Batterien (Akkus) muss die verbrauchte Energie jeweils nachgeladen werden.

Wie bereits an anderer Stelle angesprochen wurde, ist bei allen Bleiakkus darauf zu achten, dass sie rechtzeitig nachgeladen werden, bevor ihre Spannung unter die sogenannte *Tiefentladeschwelle* sinkt.



Bleiakkus, die nicht für Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr verwendet werden, sollten bevorzugt mit einem *Tiefentladeschutz* versehen werden. Das ist ein kleines Gerät, das den Akku von

dem angeschlossenen Verbraucher(n) automatisch abschaltet, sobald seine Spannung „gefährlich“ sinkt, und erst dann wieder einschaltet, wenn er „zumutbar“ nachgeladen wurde.

Das Nachladen eines NiCd-Akkus sollte – im Gegensatz zu dem Nachladen von Bleiakkus – bevorzugt jeweils erst dann erfolgen, wenn er ausreichend entladen ist. Das hängt mit dem bereits angesprochenen *Memory-Effekt* zusammen: Wird der Akku oftmals jeweils nur teilweise entladen und danach wieder nachgeladen, registriert er diese Schwelle als „Leerstand“ und ist anschließend nicht mehr bereit, die Restenergie zu liefern, die unterhalb dieser Schwelle liegt. Danach verhält sich z. B. ein 1-Ah-Akku irgendwann nur wie ein 0,5-Ah-Akku und anschließend nimmt seine Leistungsfähigkeit weiter zu schnell ab. Ein solch „fauler Hund“ kann jedoch bei etwas Glück mithilfe eines speziellen „Ladegerätes mit Pflegeprogramm“ (Anbieter: Conrad Electronic) regeneriert werden.

Bei Autobatterien geschieht das Nachladen automatisch während jeder Fahrt. Zuständig dafür ist die so genannte Lichtmaschine. Das ist ein elektrischer Wechselstrom-Generator, der mit dem Automotor z. B. mittels eines Keilriemens verbunden ist. Sobald der Automotor läuft, erzeugt dieser Generator den benötigten Ladestrom für die Autobatterie. Da es sich um einen Wechselstromgenerator handelt, wird der von ihm erzeugte Wechselstrom gleichgerichtet und somit zu einem Gleichstrom umgewandelt. Eine zusätzliche Spannungsregelung sorgt dafür, dass die Ladespannung nicht einen Höchstwert überschreitet, der für die Autobatterie zu gefährlich wäre.

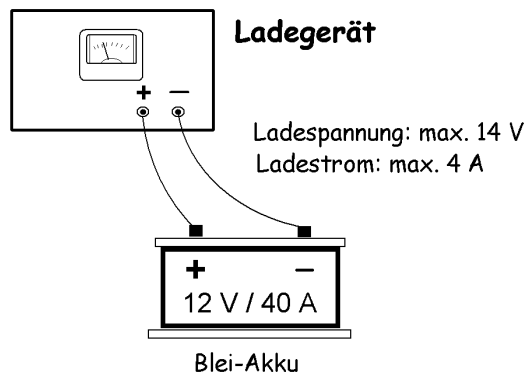
Akkuwerkzeuge verfügen üblicherweise über eigene „Stecker-Ladegeräte“, die das bedarfsgerechte Nachladen bewerkstelligen.

Ansonsten gibt es für das Nachladen von allen handelsüblichen Akkus (darunter auch für das Laden von Autobatterien) eine große Auswahl an Ladegeräten.

Zum Aufladen eines Akkus braucht man jedoch nicht unbedingt ein „echtes“ Ladegerät, sondern einfach nur eine Spannungsquelle, die über die erforderliche *Ladespannung* verfügt und einen „brauchbaren“ *Ladestrom* liefern kann.



Die *Ladespannung* sollte etwa 18 % bis 22 % höher sein als die *Nennspannung* des geladenen Akkus, denn der elektrische Ladestrom kann in die Batterie nur dann hineinfließen, wenn die Ladespannung höher als die jeweilige Batteriespannung ist. Um z. B. eine 12-Volt-Autobatterie optimal aufladen zu können, müsste die Ladespannung ca. 14 Volt betragen ($12\text{ V} \times 1,18 \approx 14\text{ V}$). Der *Ladestrom* darf bei Bleiakkus und bei NiCd-Akkus höchstens 10 %, bei NiMH-Akkus höchstens 20 % der offiziellen Akkukapazität betragen. Eine 40-Ah-Autobatterie darf also höchstens mit einem Ladestrom von 4 A, ein 600-mAh(0,6 AH)- NiCd-Akku darf höchstens mit einem Ladestrom von 60 mA geladen werden usw.



Die *Ladespannung* sollte etwa 18 % bis 22 % höher sein als die *Nennspannung* des geladenen Akkus, denn der elektrische Ladestrom kann in die Batterie nur dann hineinfließen, wenn die Ladespannung höher als die jeweilige Batteriespannung ist. Um z. B. eine 12-Volt-Autobatterie optimal aufladen zu können, müsste die Ladespannung ca. 14 Volt betragen ($12\text{ V} \times 1,18 \approx 14\text{ V}$). Der *Ladestrom* darf bei Bleiakkus und bei NiCd-Akkus höchstens 10 %, bei NiMH-Akkus höchstens 20 % der offiziellen Akkukapazität betragen. Eine 40-Ah-Autobatterie darf also höchstens mit einem Ladestrom von 4 A, ein 600-mAh(0,6 AH)- NiCd-Akku darf höchstens mit einem Ladestrom von 60 mA geladen werden usw.

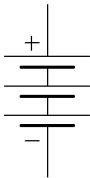
Eine minimale Grenze gibt es dagegen bei dem Ladestrom nicht. Je niedriger der Ladestrom ist, desto länger muss geladen werden. Das verläuft nach dem gleichen Prinzip wie das Einlassen von Wasser in einer Badewanne. Ist z. B.

eine 40-Ah-Autobatterie „halb leer“, müssen die verbrauchten 20 Ah nachgeladen werden. Da beim Laden bis zu etwa 20 % der zugeführten Energie durch Ladeverluste verloren geht, müssen nicht 20 Ah, sondern ca. 24 Ah nachgeladen werden. In die Batterie müsste demnach theoretisch etwa 6 Stunden lang ein Strom von 4 A oder 10 Stunden lang ein Strom von 2,4 A vom Ladegerät „hineingepumpt“ werden ($6 \text{ Std.} \times 4 \text{ A} = 24 \text{ Ah}$; $10 \text{ Std.} \times 2,5 \text{ A} = 24 \text{ Ah}$).

Batterie- schaltzeichen:



oder



In der Praxis jedoch bezieht der Akku einen kontinuierlichen Ladestrom nur bei Anwendung von sehr speziellen Ladegeräten, die so ausgelegt sind, dass ihre Ladespannung mit der Spannung des geladenen Akkus schrittweise steigt. Ansonsten sinkt der Ladestrom während des Ladens laufend – was damit zusammenhängt, dass der Unterschied zwischen der steigenden Akkuspannung und der Ladespannung immer kleiner wird. Dieser Hinweis ist für die Praxis nur insofern von Bedeutung, dass die Dauer eines Nachladens entsprechend „großzügiger“ einzuschätzen ist, falls kein Ladegerät verwendet wird, das die Vollendung des Nachladens anzeigt.

Ohne Rücksicht auf die Art und die Spannung einer Batterie wird in technischen Zeichnungen eines der oben abgebildeten Schaltzeichen verwendet (das untere Schaltzeichen wird mit Vorliebe dann verwendet, wenn hervor gehoben werden soll, dass es sich um eine Batterie mit mehreren Gliedern handelt).

2.4 Selbstentladung

Alle Batterien weisen eine Selbstentladung auf, die sich als „Ruhestand-Energieverlust“ auswirkt. Bei Bleiakkus liegt die Selbstentladung (typenbezogen) zwischen ca. 3 % und 8 % pro Monat. Bei manchen NiCd-Akkus verursacht die Selbstentladung sogar ca. 15 % bis 30 % an Energieverlust pro Monat.

Manche spezielle Batterien (z. B. Lithiumbatterien), weisen eine sehr niedrige Selbstentladung auf, die, je nach Typ, sogar nur etwa 10 % in 20 Jahren beträgt. Sie liegt umgerechnet unter ca. 0,04 % bis 0,08 % pro Monat.

Auch bei *nicht wiederaufladbaren Batterien* – so z. B. auch bei Uhr-Knopfzellen – hat diese wenig bekannte (und nicht nachvollziehbare) Selbstentla-

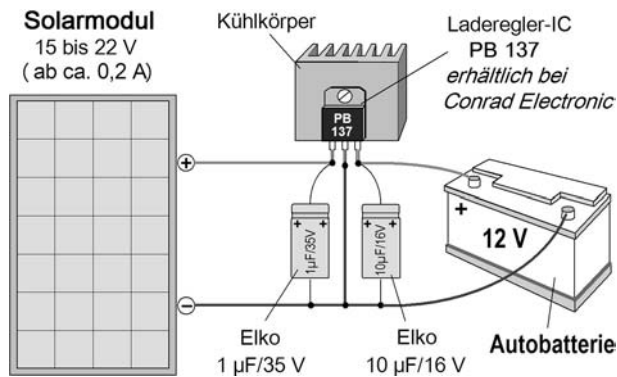
dung zur Folge, dass eine neu gekaufte Batterie unter Umständen schon einen großen Teil ihrer „besten Zeit“ hinter sich hat.

Die Selbstentladung sollte vor allem bei Akkus berücksichtigt werden, die z. B. im Außenbereich für die Energieversorgung eines Gerätes oder einer Anlage zuständig sind und deren Spannung nicht automatisch überwacht oder angezeigt wird. Bleiakkumulatoren – wozu auch Auto-, Motorrad- oder Rasentraktor-Batterien zählen – die z. B. während der Wintermonate nicht gebraucht werden, sollten während ihrer „Ruheperiode“ zumindest einmal (z. B. im Januar) nachgeladen werden. Das schützt sie vor einer gefährlich tiefen Selbstentladung und zudem auch vor evtl. Vernichtung durch Frost (wenig aufgeladene Bleiakkus sind wesentlich frostempfindlicher als volle Akkus, und ihr Gehäuse kann bei einem starken Frost ähnlich reißen wie ein Eimer, in dem das Wasser eingefroren ist).

Der 12-Volt-Bleiakku eines Fahrzeugs, das während der Winterperiode länger außer Betrieb bleibt, kann nach folgendem Beispiel auch solarelektrisch nachgeladen werden. Der kostengünstige Lade-IC *PB 137* verkraftet einen Ladestrom von bis zu 1,5 A und eine Ladespannung von bis zu 40 V. Diese Ladevorrichtung kann an die Batterie eines abgestellten Fahrzeugs während der ganzen Winterperiode angeschlossen bleiben.

Lithiumbatterien sind leider oft nur für Nennspannungen ausgelegt, die von denen herkömmlicher Batterien und Akkus abweichen. Sie können daher nicht in Geräte oder Vorrichtungen eingesetzt werden, die für

1,5-V-Einwegbatterien oder 1,2-V-Akkus ausgelegt sind. Akku-Handwerkzeuge oder elektronische Geräte, die mit Lithium-Batterien betrieben werden, verdienen in Hinsicht auf ihre niedrige Selbstentladung und ihr geringeres Gewicht Vorrang vor vergleichbaren Produkten. Ansonsten sollte zumindest den NiMH-Akkus unbedingt Vorrang vor dem NiCd-Akkus gegeben werden. Diese leiden unter dem *Memory-Effekt* und versagen bei einem unregelmäßigen Gebrauch schnell gänzlich ihren Dienst.



Bo Hanus

Der leichte Einstieg in die **Elektrotechnik & Elektronik**

Hier ist das Buch, mit dem Sie sich das Wissen über die Elektrotechnik und Elektronik anhand vieler erklärender Bilder und Versuchsbeispiele statt mit endlosen Texten aneignen können. Kurz und bündig erklärt der Autor alle wichtigen Zusammenhänge dieser Technik, ohne dass jemals Langeweile aufkommt.

Dieses Buch ermöglicht Ihnen einen spielerischen Einstieg in die Welt der Elektrotechnik. Viele erklärende Bilder und interessante, praktisch nachvollziehbare Versuche garantieren den Lernerfolg. Wer aus beruflichen Gründen etwas mehr über die Elektrotechnik oder Elektronik wissen möchte oder als Elektro-Heimwerker seine Kenntnisse erweitern will, hat mit diesem Buch die richtige Wahl getroffen. Er erfährt z. B., wie sich Gleich- von Wechselstrom unterscheidet, was es mit dem Magnetismus auf sich hat, wie Dynamos und Motoren funktionieren, wie elektrisch beleuchtet und geheizt wird, was es mit Transformatoren und Netzgeräten auf sich hat und welche Aufgaben Widerstände, Kondensatoren, Induktivitäten und Transformatoren haben. Nach dem Studium des Buches wird der Leser beruhigt feststellen, dass Elektronik und Elektrotechnik keine Geheimwissenschaften sind.

Aus dem Inhalt:

- Bauelemente der Elektrotechnik
- Solartechnik
- Netzgeräte
- Schalten und Steuern
- Elektromotoren und Generatoren
- Zeitgeber
- und vieles mehr

