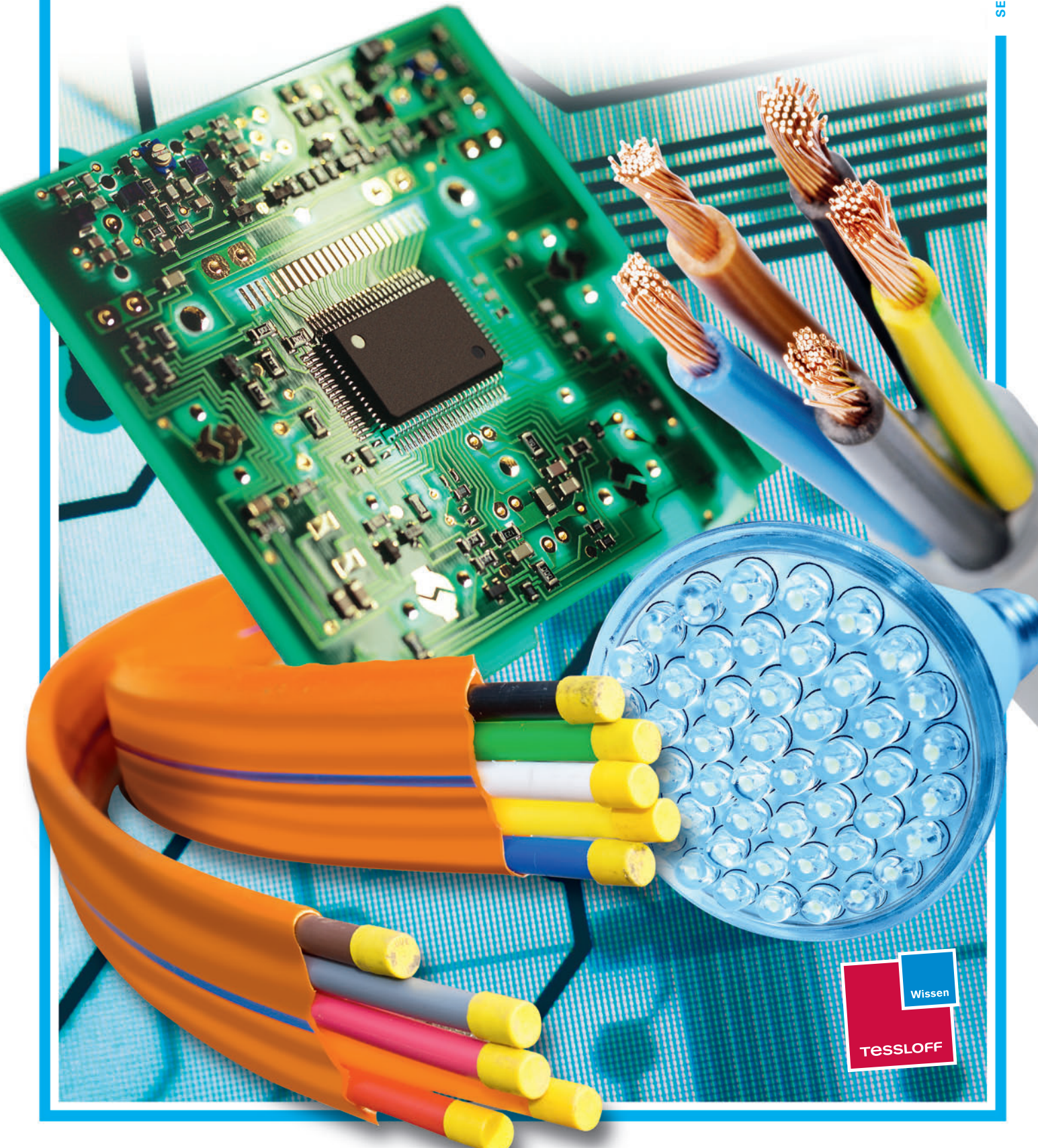




Elektronik

BAND 47

SEHEN | HÖREN | MITMACHEN





Elektronik prägt unsere Welt

Was ist Elektronik? 4

Blick in ein elektronisches Gerät 6

Basteln mit Elektronik 8

Elektronen: geheimnisvoll und nützlich

Woher kommt die Bezeichnung „Elektronik“? 10

Wo findet man Elektronen? 11

Was hält die Elektronen in den Atomen fest? 12

Wieso können Elektronen manchmal frei fließen? 13

Wie kann man Elektronen zum Fließen bringen? 14

Was ist ein Stromkreis? 15

Können Elektronen nur in eine Richtung fließen? 15

Elektronen im freien Flug

Wie entstand die Elektronik? 16

Was bewirkt den „Edison-Effekt“? 17

Wie wurde die Elektronenröhre erfunden? 18

Wie funktioniert eine Elektronenröhre? 18

Wie zeichnet ein Fernseher die Bilder? 20

Elektronik in der Medizin

Halbleiter – vielseitige Kristalle

Wie wurde die erste Halbleitersubstanz entdeckt? 22

Was gab den Anstoß für intensive Forschung? 23

Welche Halbleiter erwiesen sich als besonders geeignet? 24

Was bedeutet „dotieren“? 24

Was geschieht in einer Diode? 26

Wie wurde der Transistor erfunden? 28

Wie werden Transistoren hergestellt? 28

Wie arbeitet ein Transistor? 30

Inhalt

Computerchips – Millionen Transistoren auf engstem Raum

Was bedeutet „digital“? 32

Was ist das Dualsystem? 33

Wie arbeitet ein Computer mit Dualzahlen? 33

Wie funktioniert eine CD? 34



Elektronen und Licht: leuchtende Kristalle

Was verbindet Halbleiter mit Licht? 35

Wie reagieren Halbleiter auf Licht? 36

Wie arbeiten Bewegungsmelder? 36

Wieso kommen Digitalkameras ohne Film aus? 37

Wie erzeugen Solarzellen Strom? 38

Wie funktionieren Flachbildschirme? 39

Leuchtdioden 40

Informationen reisen durch die Luft

Was sind Radiowellen? 42

Wie stellt ein Handy die Verbindung her? 43

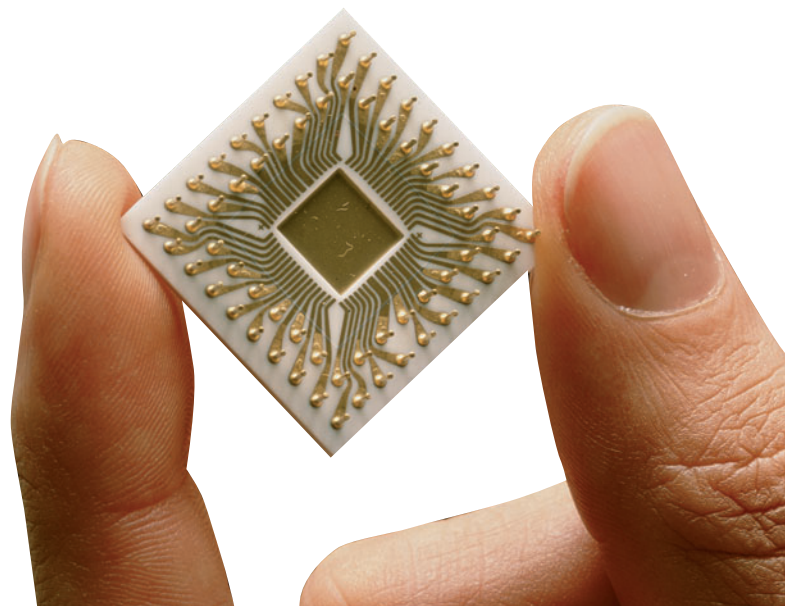
Wie kann man mit Satellitenhilfe seinen Weg finden? 44

Die Zukunft: von Mikro zu Nano

Werden neue Halbleitermaterialien entwickelt? 46

Kann man Transistoren noch kleiner machen? 46

Index 48



WIDERSTAND

Auch durch Metall können die Elektronen nicht völlig störungsfrei fließen. Zwar sind die Atomkerne klein, aber ihre Anziehungskraft reicht weit in den Raum hinein und behindert die fliegenden Elektronen. Dies macht sich als Flusshemmung oder „elektrischer Widerstand“ bemerkbar. Seine Größe hängt unter anderem mit der Stärke der Anziehungskräfte in den Atomen des jeweiligen Materials zusammen.

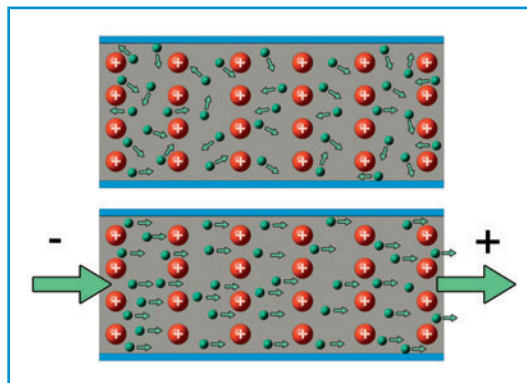
nen und Elektronen sorgt dafür, dass die Elektronen nicht wegfliegen. Nach außen hin allerdings spürt man von der gewaltigen Kraft innerhalb des Atoms wenig, weil sich die Ladungen gerade ausgleichen – das Atom ist elektrisch „neutral“.

Normalerweise sind Elektronen stets an ihren Atomkern gebunden. Es gibt aber Stoffe, deren Atomkerne zumindest einen

Wieso können Elektronen manchmal frei fließen?

Teil ihrer Elektronen nicht ganz so fest halten: die Metalle, also etwa Kupfer oder Eisen. Würde man ein Stück Kupferdraht billionenfach vergrößern, könnte man die Atomkerne erkennen. Sie sitzen in regelmäßigen Abständen nebeneinander und bilden zusammen ein riesiges räumliches Gitterwerk. Zwischen den Atomkernen aber schwirren unzählige Elektronen durcheinander. Die meisten dieser Elektronen kreisen um ihren „heimatlichen“ Atomkern. Einige aber haben die Anziehungskraft ihres Kerns überwunden und können sich nun frei in zufälligen Richtungen durchs Atomgitter bewegen. Diese freien Elektronen kann man dazu bringen, dass sie alle zusammen wie ein Sturmwind durch das

*Stromfluss in einem elektrischen Leiter:
Legt man eine Spannung an, fließen die freien Elektronen zwischen den Metallatomen vom Minuspol zum Pluspol.*



Im Metall eines Drahtes ist der elektrische Widerstand gering, im ihn umhüllenden Kunststoff groß. Dieser isoliert den Draht gegen unerwünschten Stromfluss.



Keramik, ...



... Holz ...



... und Plastik sind Isolatoren, das heißt, sie leiten den elektrischen Strom nicht.

Atomgitter fegen: Das nennt man dann einen elektrischen Strom.

Stoffe wie Metalle, in denen solch ein Elektronenstrom fließen kann, heißen auch „elektrische Leiter“. In anderen Stoffen wie Kunststoff, Holz oder Porzellan ist Stromfluss dagegen nicht möglich, weil die Atomkerne praktisch alle Elektronen festhalten. Deshalb kann man auch ein mit Kunststoff umhülltes Stromkabel unbedenklich anfassen, während es eventuell tödlich wäre, den blanken Kupferdraht darin zu berühren. Man nennt solche Stoffe Nichtleiter oder Isolatoren.

Normalerweise bewegen sich die freien Elektronen in einem Draht wild durcheinander. Will man einen elektrischen Strom fließen lassen, also alle in die gleiche Richtung zwingen, braucht man eine „Elektronenpumpe“. Als Modell dafür kann eine Wasserpumpe dienen: Sie hat zwei Anschlüsse, die man mit wassergefüllten Rohren verbindet. Setzt sich die Pumpe in Bewegung, saugt sie Wasser aus dem einen Rohr an und drückt es mit Kraft ins andere Rohr. Dafür braucht sie natürlich Energie, die bei einer Handpumpe die Muskelkraft liefert.

Eine Batterie zum Beispiel ist eine Elektronenpumpe. Auch sie hat zwei Anschlüsse, Pole genannt. An einem Pol kann sie Elektronen aus

einem Draht ansaugen (man nennt diesen Pol Pluspol). Am anderen (dem Minuspol) erzeugt sie eine Druckwirkung auf die Elektronen. Die Energie, die sie dazu braucht, stammt von chemischen Reaktionen, die innerhalb der Batterie ablaufen. Sind die chemischen Stoffe darin verbraucht, ist die Batterie „leer“ und arbeitet nicht mehr als Elektronenpumpe.

Ebenso wie es kräftige und schwächere Wasserpumpen gibt, kennt man auch starke und schwache Batterien. Ein Maß dafür ist der

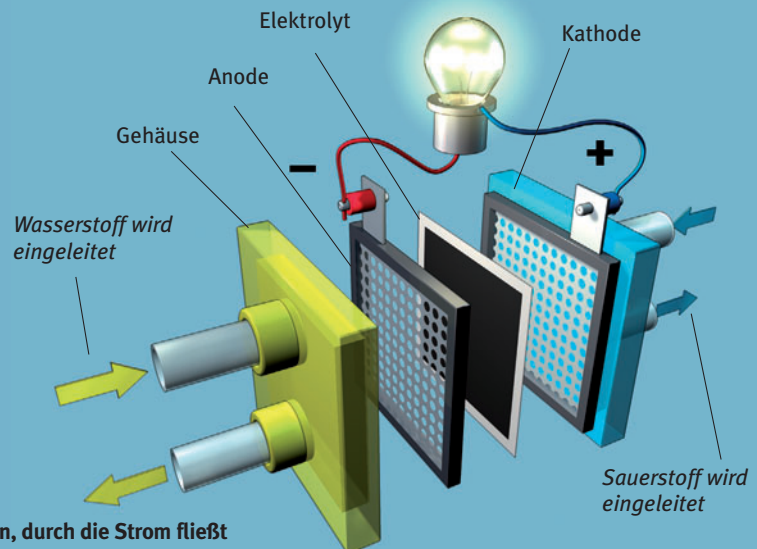
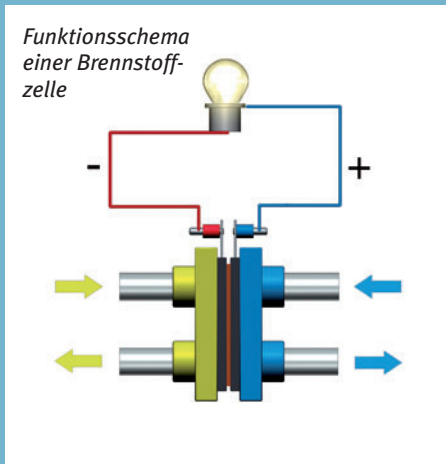


BRENNSTOFFZELLEN

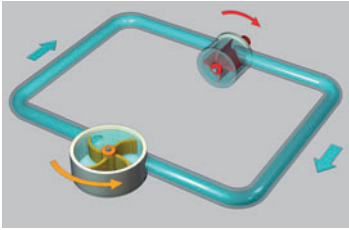
In einigen Jahren werden Batterien als Stromlieferanten vielleicht von Brennstoffzellen abgelöst. Auch sie wandeln chemische Energie in elektrischen Strom um, und zwar die Energie, die bei der Verbrennung eines brennbaren Gases als Wärme frei wird. In der Brennstoffzelle läuft diese Verbrennung aber dank spezieller Hilfsstoffe still und ohne Flamme ab. Kleinste Brennstoffzellen sollen in Zukunft tragbare elektronische Geräte speisen, große Ausführungen können sogar genug Strom für Elektroautos liefern – links ein von Daimler entwickeltes Modell.

SO FUNKTIONIERT EINE BRENNSTOFFZELLE:

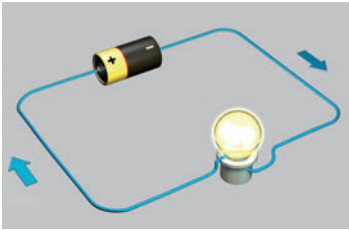
Funktionsschema einer Brennstoffzelle



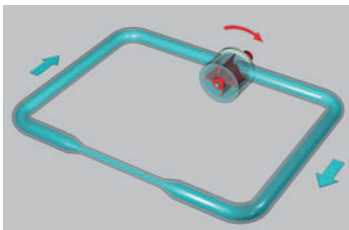
Eine Brennstoffzelle besteht aus zwei Anschlüssen, durch die Strom fließt (Elektroden). Der positiv geladene Anschluss wird Kathode, der negativ geladene Anode genannt. Sie sind durch eine dritte Fläche (Elektrolyt) voneinander getrennt. An die Anode wird Wasserstoffgas herangeführt, an die Kathode Sauerstoff. Würde man die beiden Gase vermischen und entzünden, würden sie sich chemisch in einer explosiven „Knallgas-Reaktion“ zu Wasser vereinigen und viel Energie als Wärme freisetzen. In der Brennstoffzelle läuft stattdessen eine elektrochemische Reaktion ab: An der Anode bilden sich positiv geladene Wasserstoffteilchen (Protonen), an der Kathode negativ geladene Sauerstoffteilchen. Dadurch entsteht eine elektrische Spannung zwischen den Elektroden. Die aus dem Wasserstoffgas freigesetzten Elektronen an der Anode fließen über den Draht ab (Minuspol). Die Protonen fließen durch den Elektrolyten zur Kathode und reagieren dort mit Sauerstoff und den aus dem Draht zugeführten Elektronen (Pluspol) zu Wasser.



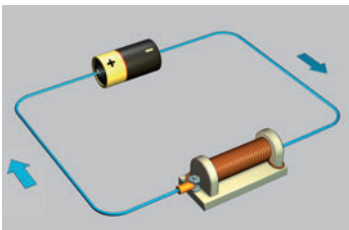
Modell eines Stromkreises als Wasserkreislauf: Die Pumpe lässt das Wasser strömen, sodass es den Propeller dreht.



In ähnlicher Weise treibt eine Batterie einen Strom von Elektronen durch einen Draht und lässt die Glühlampe leuchten.



Eine Engstelle in der Röhre bedeutet einen Widerstand: Das Wasser fließt hier – und im gesamten Kreislauf – schlechter.



Genauso hemmt ein elektrischer Widerstand den Stromfluss im gesamten Stromkreis.

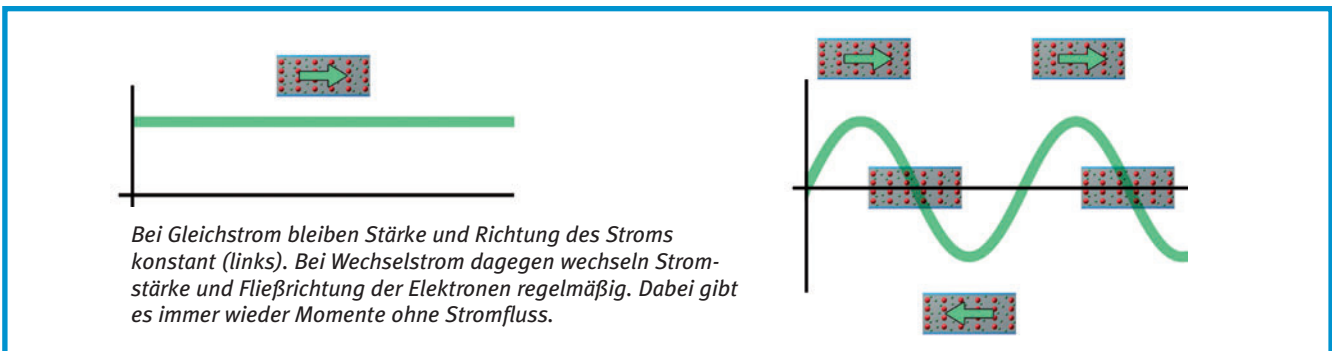
„Druckunterschied“, den sie zwischen ihren Polen erzeugen kann. Man nennt ihn „elektrische Spannung“ und misst ihn in der Einheit „Volt“. Bei einer Mignon-Batterie zum Beispiel liegen zwischen den beiden Anschlüssen 1,5 Volt, bei einer Blockbatterie 9 Volt.

Was ist ein Stromkreis? Will man ein Lämpchen mit dem Strom aus einer Batterie leuchten lassen, reicht es freilich nicht, es mit nur einem Batteriepol zu verbinden. Denn dann würden sich die Elektronen darin blitzschnell anstauen und verhindern, dass weitere folgen. Der andere Anschluss des Lämpchens muss Kontakt mit dem anderen Batteriepol bekommen. Jetzt können die Elektronen von einem Pol hinaus durchs Lämpchen zum anderen Pol strömen und zum Beispiel einen Glühdraht aufleuchten lassen, einen kleinen Elektromotor treiben oder ein Radio zum Tönen bringen. Nur solange dieser Stromkreis geschlossen ist, fließt der Strom. Und wenn man dem Strom an einer Stelle einen großen Widerstand entgegensetzt, fließt im ganzen Stromkreis ein entsprechend geringerer Strom – so wie auch ein meterlanger Gartenschlauch nur wenig Wasser gibt, wenn man ihn an irgendeiner Stelle zusammendrückt.

Die Stärke eines fließenden Stroms misst man in „Ampere“ (A), bei schwächeren Strömen in Milliampere (mA), wobei 1000 mA gleich 1 Ampere sind.

Eine Batterie schiebt die Elektronen in einer Richtung, in gleichmäßiger Strömung, durch den Draht. Sie liefert sogenannten Gleichstrom. Ganz anders der Strom, der aus der Steckdose kommt: In ihm wechseln die Elektronen regelmäßig ihre Flussrichtung. Dieser „Wechselstrom“ hat also eine Frequenz (Schwingungszahl) von 50 Schwingungen pro Sekunde.

Es hat übrigens gute Gründe, warum aus der Steckdose kein Gleichstrom kommt. Wechselstrom lässt sich im Elektrizitätswerk besser erzeugen; außerdem kann man Wechselstrom besser als Gleichstrom über große Entfernungen vom Kraftwerk zu jedem Haus leiten. Will man ein Elektronikgerät mit Strom aus der Steckdose betreiben, kann man ihn mit einem Zusatzgerät, „Netzteil“ genannt, in Gleichstrom der gewünschten Spannung umformen.



Elektronen im freien Flug



Der amerikanische Erfinder Thomas Alva Edison entdeckte die Elektronenröhre – ohne zu wissen, welche weitreichenden Folgen dies haben sollte.

Wie entstand die Elektronik?

Rund ein halbes Jahrhundert lang war die Radoröhre (auch Elektronenröhre genannt) das wichtigste elektronische Bauteil. Erst durch sie wurden Radiogeräte, Rundfunksender und viele andere Geräte überhaupt möglich. Doch begonnen hatte dies alles durch Zufall.

Um 1880 stellte der berühmte Erfinder Thomas Alva Edison in den Vereinigten Staaten eine bedeutende Entwicklung vor: elektrisches Licht aus Glühbirnen. Tatsächlich war es ihm gelungen, Drähte in einem luftleer gepumpten Glaskolben einzuschließen und ihre Enden mit den beiden Polen einer Batterie zu verbinden, sodass sie aufglühten und mehrere Stunden lang Licht aussendeten. Doch diese ersten Glühlampen hatten noch zahlreiche Nachteile, und Edison bemühte sich, sie zu verbessern. Eine der Schwierigkeiten: Die Hitze

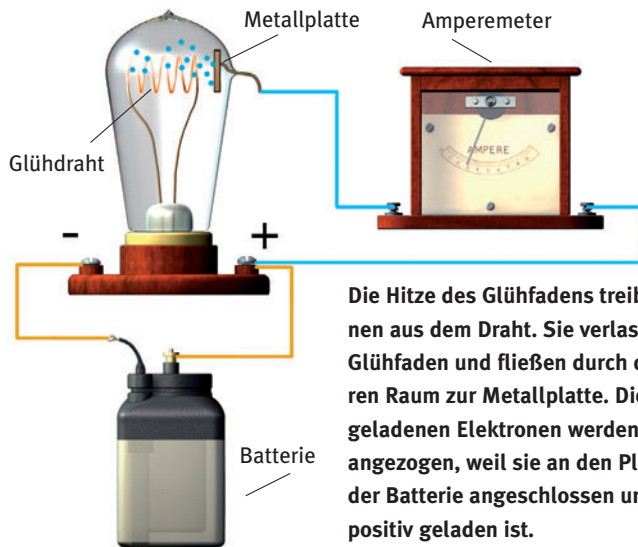
löste feinste Teilchen vom Glühfaden, die sich dann an der Innenseite des Glases niederschlugen und es verdunkelten. In einem seiner zahlreichen Versuche zur Lösung dieses Problems baute Edison eine Metallplatte in die Glühbirne ein und hoffte, die Teilchen würden sich darauf niederschlagen. Das taten sie nicht; dafür entdeckte er aber etwas höchst Überraschendes: Verband er ein empfindliches Messinstrument mit dem Blech und dem Glühfaden, zeigte das Gerät einen schwachen elektrischen Strom an. Das war erstaunlich, denn normalerweise vermag Batteriestrom weder in Luft noch in einem luftleer gepumpten Raum zu fließen.

Eine zweite Überraschung: Der Stromfluss hing davon ab, mit welchem der beiden Glühfadenschlüsse, also mit welchem Batteriepol er das Messinstrument verband. Nur wenn er das Messinstrument mit dem positiven Pol der Glühfaden-Batterie verband, schlug der

Eine der ersten Elektronenröhren. Man erkennt unten die Kathode als Heizwendel, in der Mitte das Gitter und oben die Anode als Drahtwendel.



EDISONSCHE VAKUUMRÖHRE



Die Hitze des Glühfadens treibt Elektronen aus dem Draht. Sie verlassen den Glühfaden und fließen durch den luftleeren Raum zur Metallplatte. Die negativ geladenen Elektronen werden von ihr angezogen, weil sie an den Pluspol der Batterie angeschlossen und damit positiv geladen ist.

FREIE ELEKTRONEN

In der Natur können wir die Auswirkungen frei fliegender Elektronen beobachten. Bei einem Gewitter entstehen in den Wolken sehr hohe Spannungen, sodass die Elektronen sich sogar durch die Luft hindurch ihren Weg bahnen – als Blitze. Dabei sausen sie mit solcher Stärke durch die Luft, dass sie deren Moleküle beim Zusammenstoß auf über 30 000 Grad Celsius aufheizen. Auch Polarlichter werden von Elektronen hervorgerufen. Sie stammen von der Sonne, werden vom Erdmagnetfeld eingefangen und zu den Magnetpolen gelenkt. In der stark verdünnten Luft in großer Höhe stoßen sie mit Luftmolekülen zusammen und bringen sie zum Leuchten, ähnlich wie dies auch in einer Neonröhre geschieht.

Zeiger aus. Edison wusste mit dieser Beobachtung nichts anzufangen. In jener Zeit, als nicht einmal die Elektronen entdeckt waren, konnte er sie nicht deuten. Aber er fand sie wichtig und ließ sie sich patentieren. Damit bewies er ein gutes Gespür. Denn dieser „Edison-Effekt“ ist die Grundlage für Röhren, und auch jede Fernsehbildröhre beruht darauf.

Was bewirkt den „Edison-Effekt“?

Erst der britische Physiker Owen Richardson stellte einige Jahre später fest, was hinter Edisons Beobachtung steckte: Die Hitze des Glühfadens trieb Elektronen aus dem glühenden Metall hinaus in den luftleeren Raum. Dort konnten



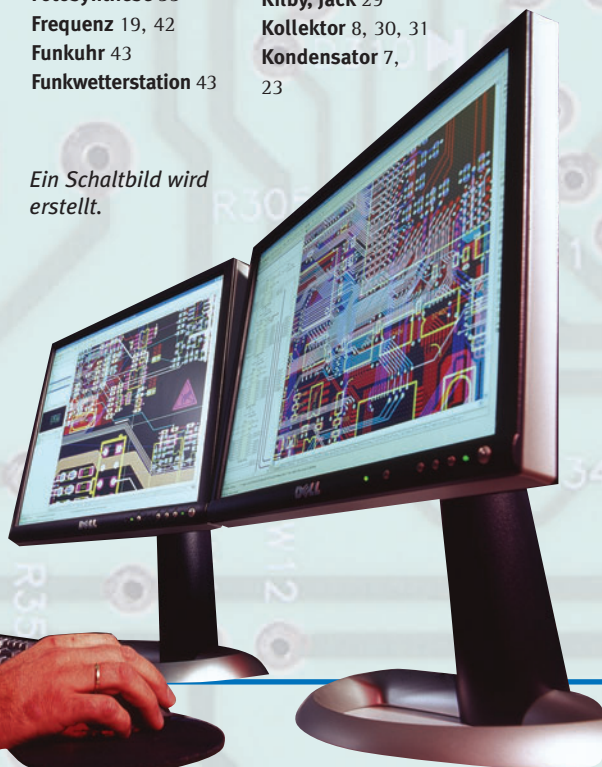
Blitze werden durch frei fließende Elektronen hervorgerufen (links). Beim Nordlicht regen Elektronen und andere elektrisch geladene Teilchen von der Sonne die Luftmoleküle in großen Höhen zum Aussenden von Licht an. Dabei leuchtet jedes Gas in einer anderen Farbe (unten).



Index

- A**
Ampere (Einheit) 15
Analog 32
Anode
14, 18, 19, 20, 21, 41
Antriebstechnik 11
ASCII-Code 33
Atom 10, 11, 12, 13
Atomhülle 11, 12
Atomkern 10, 12, 13
- B**
Bardeen, John 28
Basis 8, 30, 31
Bewegungsmelder 36
Bildröhre *siehe*
Elektronenröhre
Bleiglanz 22, 23
Brattain, Walter 28
Braun, Karl
Ferdinand 20, 22, 47
Brennstoffzelle 14
- C**
CCD-Chip (Charged
Cuppled Device
Chip) 37
CD (Compact Disc) 34
Computerchip 32,
33, 34, 37, 41
Computertomograf 21
- D**
Detektor 34
Detektor-Radio 23
Dezimalsystem 33
Digital 32
Digitalelektronik 32
Digitalkamera 37
- Diode** 7, 24, 26, 27
Dotieren 24
Draht 13
Dualsystem 33
Dualzahl 33, 34
DVD 34
- E**
Edison, Thomas Alva
16–17, 47
Edison-Effekt 17
Ein-Elektron-
Transistor 29
Elektrode 14, 18, 38,
39
Elektrolyt 14
Elektron 10–15,
17–21, 25, 29, 35, 38
Elektronenmikroskop
10
Elektronenröhre
16, 17, 18, 19, 20,
21, 28
Elektronik 4–5, 10, 16
Elektrotechnik 11
Emittor 8, 30, 31
Energietechnik 11
- F**
Farad (Einheit) 7
Feldeffekttransistor
30
Flachbildschirm
39, 40
Forest, Lee de 18
Fotodiode 34, 36
Fotosynthese 35
Frequenz 19, 42
Funkuhr 43
Funkwetterstation 43
- G**
Germanium 23, 24
Gitter 18, 19
Glasfaser 40–41
Gleichstrom 15
Glühbirne 16
Glühfaden 16, 17,
18, 19, 20, 28
GPS (Global
Positioning System)
44–45
- H**
Halbleiter 22–26, 28,
30, 35, 36, 37, 38,
40, 41, 46
Handy 43–44
HDTV (High
Definition TV) 20
Hertz (Einheit) 42
Hertz, Heinrich 42
Hochfrequenztechnik
43
- I**
Infrarot 36, 37, 40
Integrierte
Schaltung 29
Isolatoren 13
- J**
Jumbo-Bildschirm 41
- K**
Kathode 14, 18,
19, 20, 21, 41
Kilby, Jack 29
Kollektor 8, 30, 31
Kondensator 7,
23
- L**
Ladung 12, 25
Langspielplatte 34
Laser 34
LED (Light Emitting
Diode) *siehe*
Leuchtdiode
Leiter 13
Leiterplatte *siehe*
Platine
Leuchtdiode 7, 8, 24,
35, 40–41
Leuchtschicht 20
Leuchtstoff 20
Lieben, Robert von
18
Liquid Crystal
Display (LCD) 39
Lochmaske 20
Lüsterklemme 8
- M**
Magnetron 19
Mikroelektronik
29, 46
Mikrowellen 19
Molekül 11, 12
- N**
Nachrichten-
technik 11
Nanoelektronik 47
Neonröhre 10
Netzteil 15
Neutron 12
n-Halbleiter *siehe*
- Halbleiter**
Nichtleiter *siehe*
Isolatoren
npn-Transistor
8, 30, 31
- O**
Ohm (Einheit) 6
Ohrthermometer 37
OLED (Organische
Leuchtdiode) 41
Optische Maus 41
Optoelektronik 35
Oszillograf 42
- P**
Papier, elektro-
nisches 47
p-Halbleiter
Photon 35
Photonik 46
Pixel 37
Plasmabildschirm
39
Platine 6
pnp-Transistor 30, 31
Potentiometer 7
Proton 12
- Q**
Quarzuhr 33
- R**
Radar 23
Radoröhre *siehe*
Elektronenröhre
Radiowellen 42–43
Reinraum 29
RFID (Radio
Frequency
Identification) 44
Richardson, Owen 17
Roboter 5
Röntgen, Conrad
Wilhelm 21
Röntgengerät 10
Röntgenstrahlen 21
- S**
Scanner 38
Scannerkasse 41
Schaltbild 7
Seh-Chip 47
Shockley, William B.
28
Silicium 23, 24, 25,
29, 30, 38, 40, 46
Smartcard 34
Smartphone 47
Solarzelle 38
Spannung, elek-
trische 15
Sperrschicht 26, 27,
30, 31, 36
Spule 7, 23
Stoney, George J. 10
Stromfluss 13, 15,
22
Stromkreis 15
- T**
Thermometer,
elektronisches 26
Thermopil 37
Thomson, Joseph J.
10
Transistor 7, 8, 22,
24, 28, 29, 30, 31,
32, 33, 46–47
Transistorradio 6, 10
- U**
Ultraschall 21
- V**
Volt (Einheit) 15
- W**
Wechselstrom 15
Wehnelt-Zylinder 20
Widerstand 6, 8, 13,
15

Ein Schaltbild wird
erstellt.



BEZUGSQUELLEN FÜR ELEKTRONISCHE BAUTEILE:

- Firma Conrad Elektronik, www.conrad.de
- Firma Reichelt, www.reichelt.de
- Firma Kessler-Elektronik, www.kessler-elektronik.de
- Kosmos-Verlag, www.kosmos.de