TopAutomation

Elektrotechnik und Elektronik für
Automatiker/in, Automatikmonteur/in

Ausgabe mit Lösungen



2

Lösungen

Edition Swissmem

SWISSMEM
Berufsbildung

Für Verbesserungsvorschläge, Korrekturen oder Anmerkungen:
https://www.swissmem-berufsbildung.ch/feedback-tool

Herausgeberin:	Edition Swissmem
Titel:	«TopAutomation» Teil 2 Ausbildungseinheiten für Automatiker/in, Automatikmonteur/in
Projektleitung	Michael Kummer, Swissmem Berufsbildung
Layout und grafische Gestaltung	Bruno Burger, Swissmem Berufsbildung
Autoren	Gody Berger Peter Meier-Herzog Heinz Renggli Mauro Sbriz
Version:	3. Auflage 2020
Druck:	gedruckt in der Schweiz
ISBN:	978-3-03866-393-5
Bezugsquelle:	Swissmem Berufsbildung Brühlbergstrasse 4 CH-8400 Winterthur Telefon +41 52 260 55 55 Telefax +41 52 260 55 59 vertrieb.berufsbildung@swissmem.ch www.swissmem-berufsbildung.ch

Urheberrecht: Alle Rechte vorbehalten. Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf deshalb der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

Leseprobe

In der Maschinen-, Elektro- und Metallindustrie (MEM-Industrie) werden für den weltweiten Markt Produktionsanlagen aufgrund des Pflichtenhefts für den Kunden entwickelt und hergestellt. Dazu sind sehr gute Kenntnisse im gesamten Anlagenbau notwendig. Mit dem Lehrmittel **TopAutomation** sollen die technischen Grundlagen sowie sicherheitsrelevante und ökologische Zusammenhänge vermittelt werden.

Dieses Lehrmittel deckt den erforderlichen, schulischen Teil des vierjährigen Berufes Automatiker/in EFZ vollumfänglich ab. Es ist wie gewünscht nach dem Kompetenzen-Ressourcen-Katalog (KoRe; Lehrbeginn 2016) des Berufes Automatiker/in EFZ aufgebaut. Die Kapitelnummerierung entspricht dem KoRe. Die Inhalte umfassen Theorieteile sowie Praxisbeispiele.

Um Themen schneller zu finden, beinhaltet das Lehrmittel nebst dem Inhaltsverzeichnis auch ein Stichwortverzeichnis. Am Schluss des Lehrmittels ist als Übersicht der KoRe noch etwas detaillierter aufgeführt.

Natürlich können auch einzelne Inhalte für den dreijährigen Beruf Automatikmonteur/in EFZ genutzt werden.

Wir bedanken und freuen uns, dass Sie mit diesem praxisorientierten Lehrmittel arbeiten. Wir wünschen Ihnen im Unterricht viel Spass und Erfolg.

Leseprobe

Leseprobe

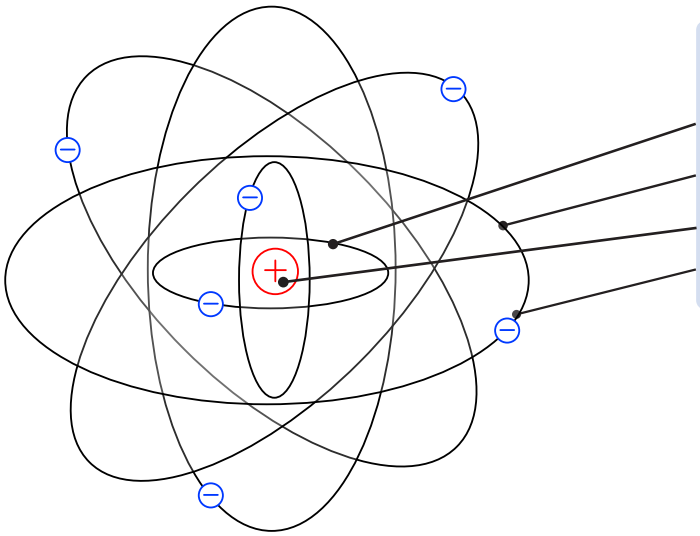
2.1 Grundlagen **7**
2.1.1 Ladung, Spannung, Strom und Stromdichte 7
2.1.2 Gesetze von Ohm und Kirchhoff 17
2.1.3 Widerstand 21
2.1.4 Ströme und Spannungen in gemischten Schaltungen 35
2.1.5 Schaltungen von Messgeräten (Strom- und Spannungsmessung) 40
2.1.6 Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad 45
2.1.7 Elektrowärme 52
2.1.8 Galvanische Elemente 58
2.1.9 Spannung, Innenwiderstand, Belastungsarten 66
2.2 Analogtechnik **69**
2.2.1 Nichlineare Widerstände 69
2.2.2 Dioden und Transistoren 71
2.2.3 Leistungshalbleiter 79
2.3 Elektrisches Feld **85**
2.3.1 Grundlagen Elektrisches Feld 85
2.3.2 Kondensator 89
2.4 Magnetisches Feld **103**
2.4.1 Magnetisierung, Feldlinien 103
2.4.2 Strom, Magnetfeld, Kraftwirkungen 105
2.4.3 Magnetischer Kreis 107
2.4.4 Induktion, Selbstinduktion, Induktivität 112
2.4.5 Anwendungen 125
2.5 Normen **127**
2.5.1 Grundlagen Normen 127
2.5.2 Spannungsbereiche, Leiterbezeichnungen 135
2.5.3 Grundsatz des Personen- und Sachenschutzes 143
2.5.4 Massnahmen gegen Personengefährdung 163
2.5.5 IP-Schutzsystem 174
2.5.6 Überstromschutz 177
2.6 Wechselstromtechnik **197**
2.6.1 Wechselstromkenngrössen 197
2.6.2 Elektrische Verbraucher 200
2.6.3 Leistungarten 206
2.6.4 Drehstrom 207
2.6.5 Leistungsmessung 221
2.7 Antriebstechnik, elektrische Maschinen **223**
2.7.1 Einphasen- und Drehstromtransformatoren und Messwandler 223
2.7.2 Rotierende Maschinen 237
2.7.3. Stromrichter 266
2.7.4. Anwendungen 276
2.8 Freiraum Elektrotechnik **291**
2.8.1 Fehlerstrom, Ableitstrom und Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) 291
2.8.2 Maschinenrichtlinien 307
Stichwortverzeichnis **323**
Kompetenzen- und Ressourcenkatalog **325**

Leseprobe

Leseprobe

2.1.1 Ladung, Spannung, Strom und Stromdichte

Elektrophysikalische Grundlagen zu den Begriffen **Ladung**, **Spannung** und **Strom**



Ergänzen Sie die richtigen Begriffe

1. Elektronenschale
2. Elektronenschale
Kern aus Protonen und Neutronen
Elektron

Der Atomkern besteht aus schweren, stationären Teilchen, den elektrisch positiv geladenen Protonen und den neutralen Neutronen.

Die Atomhülle besteht aus kleinen, rasch den Kern umlaufenden Teilchen, den elektrisch negativ geladenen Elektronen.

Bei einigen Stoffen lassen sich die Elektronen der äussersten Schale vom Kern entfernen und zu anderen Atomen verschieben **(elektrische Leiter)**.

Bei den **Nichtleitern** sind alle Elektronen fest an den Kern gebunden.

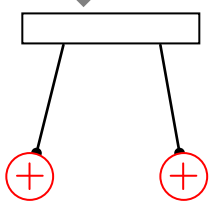
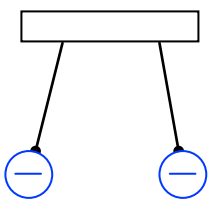
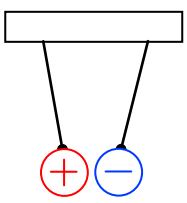
Eine **Bewegung von Elektronen** bezeichnet man als elektrischen Strom

Eine **Anhäufung von Elektronen** nennt man elektrische Ladung

Elektrizität (das «Zusammenwirken» von Elektronen) ist eine **Energieform**, die sich leicht transportieren oder in andere Energieformen umformen lässt, z.B. in Wärme, Strahlung (Licht) oder mechanische Energie.

Eigenschaften der elektrischen Ladung

Es gibt zwei Arten von elektrischen Ladungen:

1. Positive elektrische Ladung	2. Negative elektrische Ladung	ungleiche Ladungen
		
stossen einander ab	stossen einander ab	ziehen einander an

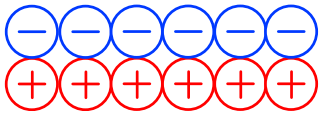
Schlussfolgerung:
Gleiche Ladungen stossen einander ab, ungleiche Ladungen ziehen einander an.

Leseprobe

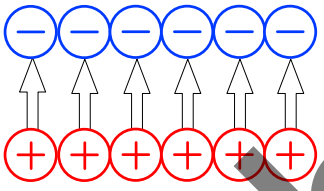
Elektrische Spannung U in Volt [V]

Das wissen wir schon:
Es gibt positive und negative Ladungen. Sie ziehen sich gegenseitig an. Im Normalfall treten sie gleichmässig verteilt auf. Sie neutralisieren sich dadurch. Gelingt es, negative Ladungen zu verschieben – mit Arbeitsaufwand –, werden an einer Stelle positive Ladungen und an der anderen Stelle negative Ladungen überwiegen. Zwischen den Ladungsgruppen herrscht jetzt ein Zustand der besonderen Art: ein Spannungszustand (Potentialunterschied).

Spannung entsteht durch: **Ladungstrennung**



keine Spannung



elektrische Spannung vorhanden

Man nennt diese erzeugte Spannung auch Ur- oder Quellenspannung (U_o). Die Quellenspannung ist der Quotient, gebildet aus der Arbeit W, die für die Ladungstrennung notwendig ist, und der zugehörigen Ladung Q.

$$U_0 = \frac{W}{Q}$$

Eine Spannung kann vorhanden sein ohne Strom!
Strom kann nur fliessen, wenn Spannung vorhanden ist.

Masseinheit der elektrischen Spannung: **1 Volt [V]**

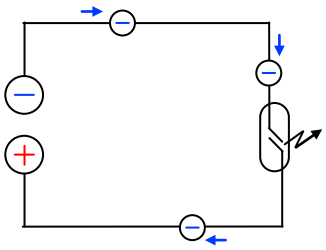
Beispiele von Spannungen:

galvanisches Element	1,5 V
Licht/Kraft	3 x 400 V/230 V
Tram, Trolleybus	500 – 800 V
SBB, Fahrdraht	15 000 V
Freileitung	bis 400 kV (750 kV)
Telefon	48 – 60 V

Leseprobe

Elektrischer Strom I in Ampere [A]

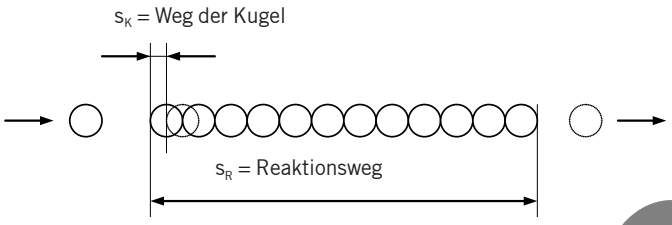
Verbindet man Ladungen mit verschiedenen Vorzeichen mit einem Draht, so findet ein Ladungsausgleich statt. Der Ladungsausgleich kann über eine Glimmlampe sichtbar gemacht werden. Die Glimmlampe zeigt durch ein kurzes Aufblitzen an, dass Ladung durch die Glimmlampe geflossen ist.



Der elektrische Strom ist bewegte Ladung.

in Metallen ist es der Elektronenfluss.

Vergleich des Elektronenflusses mit Kugeln:



$v_{Impuls} = \frac{s_R}{t}$ → gross

$v_{Kugel} = \frac{s_K}{t}$ → klein

Impulsfortpflanzung der freien Elektronen:

≈ 300 000 km/s

Eigengeschwindigkeit der freien Elektronen:

≈ 0,4 mm/s

Masseinheit des elektrischen Stroms:

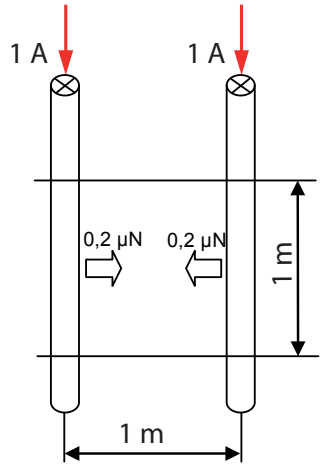
1 Ampere [A]

Beispiele von Strömen:

Phasenprüfer	1 mA
Kristallmikrofon	10 – 20 mA
Leuchtmittel	0,1 – 10 A
Alu-Herstellung	über 100000 A

Leseprobe

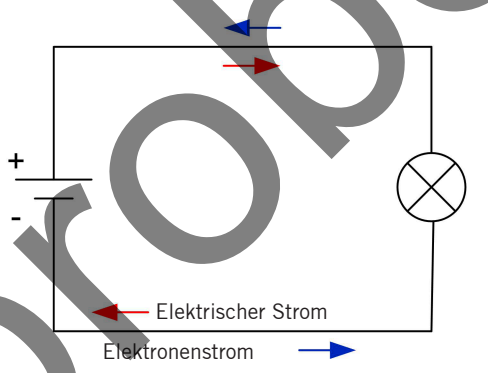
Seit 1948 wird das Ampere wie folgt definiert: 1 Ampere ist der konstante Strom, der im Vakuum zwischen zwei geraden, parallelen, 1 Meter voneinander entfernten Leitern unendlicher Länge und vernachlässigbarem Querschnitt eine Kraft von $2 \cdot 10^{-7}$ N pro Meter Länge erzeugt.



Ein Ampere entspricht einem Fluss von $6{,}24150948 \cdot 10^{18}$ Elementarladungen e pro Sekunde durch den Leiterquerschnitt.

Stromrichtung

Die Definition einer technischen Stromrichtung ist historisch bedingt und geht von einem Strom positiver Ladungen aus, der sich vom elektrisch positiven zum negativen Spannungspol bewegt. Zur Zeit dieser Festlegung waren die negativ geladenen Elektronen, die in metallischen Leitern als Ladungsträger vom negativen zum positiven Pol fliessen, noch nicht bekannt. Die Definition für die technische Stromrichtung wurde auch nach der Entdeckung der Elektronen als einheitliche Konvention beibehalten.



Beispiele:

Die Kupferleitung vom elektrischen Schalter zur Lampe ist 8 m lang. Wie lange braucht ein Elektron, um diese Strecke zurückzulegen?

Lösung:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{8\,\text{m}}{0{,}0004\,\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 20000\,\text{s} = 5{,}55\,\text{h}$$

Wie lange braucht der Stromimpuls für dieselbe Strecke?

$$t = \frac{s}{v} = \frac{8\,\text{m}}{300 \cdot 10^{6}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0{,}0266 \cdot 10^{-6}\,s = 26{,}6\,\text{ns}$$

Der Akkumulator eines Autos hat eine Kapazität von 120 Ah. Er hat noch eine Restladung von 40 Ah. Wie gross muss der Ladestrom sein, wenn er in 12 h vollständig geladen sein soll?

Lösung:

$$W = Q \cdot I \quad W = U \cdot I \cdot t$$

$$Q \cdot U = U \cdot I \cdot t \Rightarrow Q = I \cdot t$$

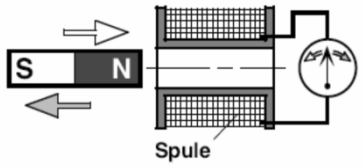
$$I = \frac{Q}{t} = \frac{80\,\text{Ah}}{12\,\text{h}} = 6{,}66\,\text{A}$$

Leseprobe

Spannungserzeugung

Der notwendige «Druck» zum Bewegen von freien Ladungsträgern — die elektrische Spannung — kann auf verschiedene Arten erzeugt werden:

durch Induktion (wechselnde Magnetfelder)

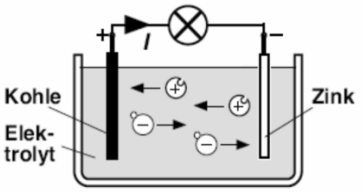


Ändert in einer Leiterschleife der magnetische Fluss, so wird eine Spannung induziert. Sofern der Stromkreis geschlossen ist, fliesst ein Strom.

Anwendungen und Beispiele:

- Das ist die wichtigste Erzeugungsart elektrischer Energie
- Generator und Velodynamo
- dynamisches Mikrofon

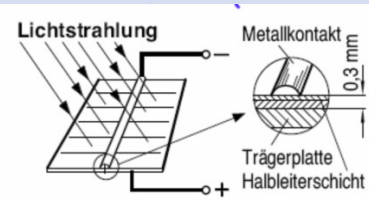
durch chemische Reaktion (Elektrochemie)



Taucht man zwei Leiterplatten in einen Elektrolyten, z.B. in Säure, entsteht zwischen den Platten Spannung.
Durch elektrochemische Vorgänge entstehen auch im Nervensystem von Lebewesen Spannungen und Ströme.

- Batterien (galvanische Elemente)
- Akkumulatoren
- elektrochemische Korrosion

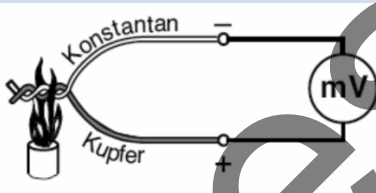
durch Licht (Fotovoltaik)



Ein Fotoelement wandelt Licht, z.B. Sonnenstrahlen, in elektrische Energie um. Das aktive Halbleiterelement mit Minus- und Pluspol besteht meistens aus dünnen Siliziumscheiben. Fällt Licht auf die Zelle, so entsteht eine elektrische Spannung.

- Fotozellen
- Alternativenergie

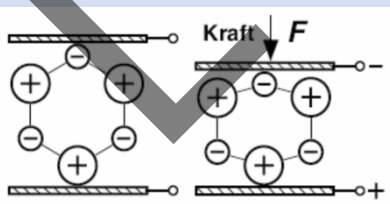
durch Wärme (Thermoelement)



Erwärmt man die Kontaktstelle zweier Metalle, so entsteht eine Spannung, die proportional mit der Temperatur ansteigt. Die produzierte elektrische Energie steht in einem sehr schlechten Verhältnis zur aufgewendeten Wärmeenergie.

- Temperaturmessung (hohe Temperaturen)
- Energiequelle für die Raumfahrt

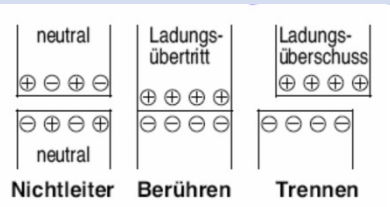
durch Kristallverformung (Piezoelektrizität)



Viele Kristalle, hauptsächlich Quarze, haben die Eigenschaft, sich bei mechanischer Zug- oder Druckbelastung durch Deformation des Ionengitters an der Oberfläche aufzuladen und dadurch Spannungen zu erzeugen.

- Kristallmikrofon
- Pickup (Plattenspieler)
- Zündung (Feuerzeug)
- Drucksensoren

durch Reibung (Influenz)



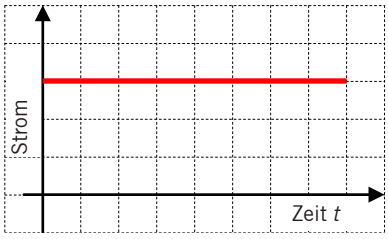
Durch Reiben oder Trennen von Isolierstoffen, aber auch durch Umschütten von nicht leitenden Flüssigkeiten entstehen Ladungen und damit hohe Spannungen. Diese statische Elektrizität entsteht meist ungewollt.

- Staubabscheider
- Unerwünschte Nebenerscheinung im Alltag
- Explosionsgefahr

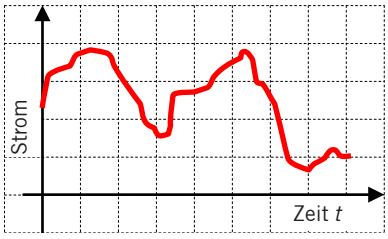
Leseprobe

Stromarten

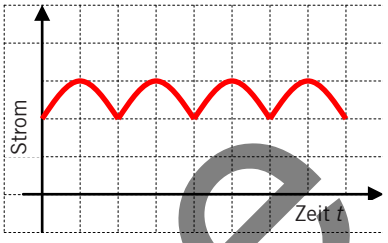
Gleichstrom **Abkürzung:** — **oder** DC **(direct current)**



konstanter Gleichstrom



pulsierender Gleichstrom

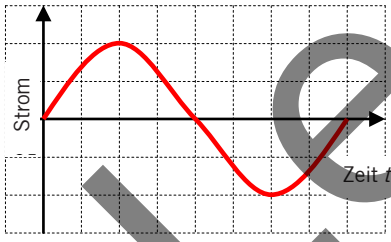


Wellstrom (Mischstrom)

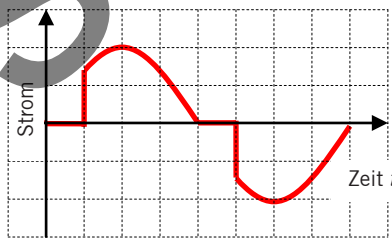
Erzeuger:
- Batterie
- Gleichstromgenerator
- Gleichrichter

Anwendungen:
- Elektrochemie
- Telefonie
- Steuerungselektronik

Wechselstrom **Abkürzung:** ~ **oder** AC **(alternating current)**



Sinusform



angeschnittene Sinusform



Rechteckform

Erzeuger:
- Wechselstromgenerator
- Transformator als Übertrager

Anwendungen:
- Hausinstallation
- SBB
- Steuerungselektronik
- Versorgungsnetz

Leseprobe

Der elektrische Strom ist nur an seinen Wirkungen erkennbar.

Wirkungen des elektrischen Stroms

Einige Wirkungen treten immer auf, sie können nicht verhindert werden, andere beobachten wir nur unter bestimmten Bedingungen. Die wesentlichen Wirkungen sind:

Wärmewirkung tritt immer auf (Thermische Wirkung).

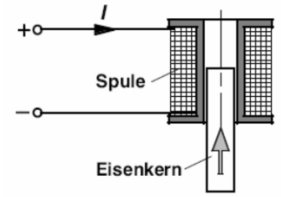


Durchfliesst ein Strom einen Widerstand, wird dieser warm; es wird elektrische Energie in Wärmeenergie umgewandelt. Bei Wärmeapparaten ist diese Wirkung erwünscht, bei Leitungen und Wicklungen muss sie in Kauf genommen werden.

Anwendungen und Beispiele:

- Heizung, Kochherd
- Lötkolben, Bimetall
- Schmelzsicherung
- Schmelzofen

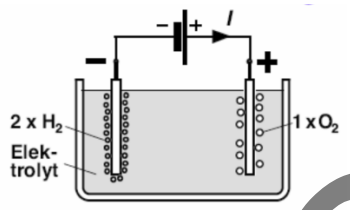
Magnetische Wirkung tritt immer auf.



Jeder stromdurchflossene Leiter ist von einem Magnetfeld umgeben. Diese Wirkung kann Kräfte erzeugen.

- Elektromagnet (Relais)
- Elektromotor
- Messinstrumente
- Hausglocke

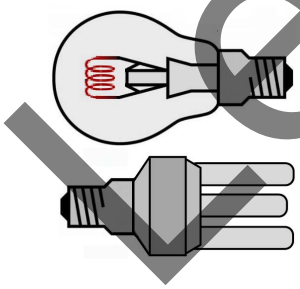
Chemische Wirkung bei Strom in Flüssigkeiten



In leitenden Flüssigkeiten (Säuren, Laugen, Salzlösungen) besteht der Stromfluss aus Ionen. Dabei wird Material «transportiert» (Galvanotechnik), oder die Flüssigkeit wird chemisch zerlegt (Elektrolyse).

- Elektrolyse zur Gewinnung von «H».
- Analyse
- Galvanisieren

Lichtwirkung durch Glühen und bei Strom in Gasen



In den Glühlampen entsteht das Licht durch Wärmewirkung in einem weiss-glühenden Wolframdraht. Nur etwa 5 % der elektrischen Energie wird zu Licht.

Bei den Entladungslampen bringt der Strom ein Gas mit geringem Druck zum Leuchten (Zusammenprall von Atomen, Ionen und Elektronen). Wirkungsgrad ca. 20 %.

- Glühlampen
- Halogenlampen
- Gasentladungslampen (Glimm-, Leuchtstoff-, Metalldampflampen)

Reizwirkung bei Strom durch Lebewesen (Physiologische Wirkung)



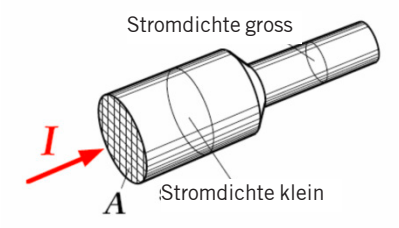
Elektrizität reizt und beeinflusst das Nervensystem von Lebewesen. Bei Überschreitung eines Grenzwertes verursacht Strom Muskelkrämpfe. Bereits kleine Ströme (ab 30 mA) können zu einem Herzstillstand führen, grössere Ströme verursachen Verbrennungen und Tod.

Allgemeiner Grenzwert ab 50 mA ist lebensgefährlich. Wechselspannung ab 50 V und Gleichspannung ab 120 V sind lebensgefährlich.

- Elektrounfälle
- Elektromedizin (Herzschrittmacher, Elektroschock)
- Weidezäune

Leseprobe

Stromdichte J in $\frac{A}{mm^2}$



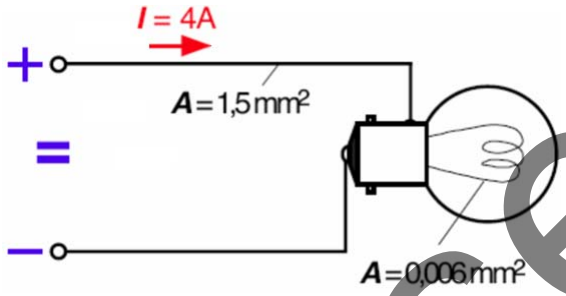
$$J = \frac{I}{A}$$



Beispiel:
Der unten abgebildete Stromkreis zeigt die verschiedenen Leiterabschnitte. Die Zuleitung (Hin- und Rückleiter) hat einen Querschnitt von 1,5 mm². Damit der Draht einer Glühlampe glüht, muss die Stromdichte mindestens 500 A/mm² betragen.

a) Wie gross ist die Stromdichte in der Zuleitung?
b) Wie gross ist ie Stromdichte des Glühfadens?

Lösung:



$$J_L = \frac{I}{A_L} = \frac{4\,A}{1{,}5\,mm^2} = 2{,}67\,\frac{A}{mm^2}$$

$$J_{GL} = \frac{I}{A_{GL}} = \frac{4\,A}{0{,}006\,mm^2} = 667\,\frac{A}{mm^2}$$

Querschnitt A in mm²	Strom in A	Stromdichte J in A/mm²
1	6	6
1,5	16	10,67
2,5	20	8
4	25	6,25
6	32	5,33
10	40	4
16	63	3,93
25	80	3,2
35	100	2,86
50	125	2,5

Zuordnung der Strombelastbarkeit zu den Querschnitten für ortsfest verlegte Kupferleiter. Die höchstzulässigen Dauerströme und damit die Absicherung für elektrische Leitungen sind nach NIN (Niederspannungs-Installationsnormen) und EN60204 festgelegt. Sie sind abhängig vom Leitungsquerschnitt und von der Verlegungsart. Die Verlegungsart beeinflusst die Kühlung der Leitungen.

Zu starke Leitererwärmung zerstört die Isolation des Leiters.

Die Wärme wird von der Oberfläche des Leiters abgeführt, daher ist die höchstzulässige Stromdichte bei grösseren Querschnitten geringer. Je grösser ein Leiterquerschnitt, desto kleiner ist die Oberfläche pro mm² Querschnitt.

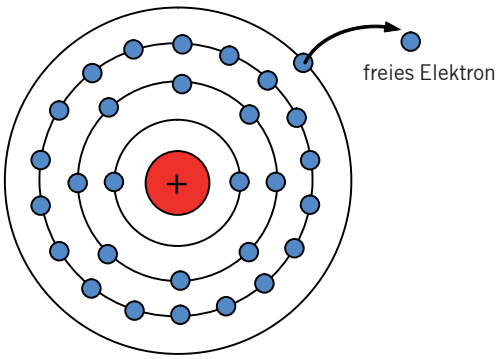
Zudem ist die Erwärmung vom spezifischen Widerstand des Leitermaterials und von den gegebenen Kühlmöglichkeiten abhängig.

Leseprobe

Leiter, Nichtleiter und Halbleiter

Stromleitung in Metallen

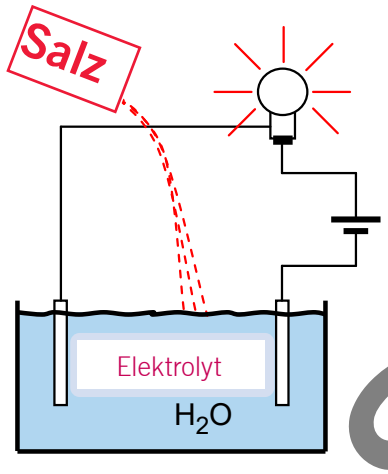
Kupferatom: Ordnungszahl 29 ⇒ 29 Protonen
29 Elektronen



Die den elektrischen Strom bildenden Ladungsträger sind beim Kupfer und bei Metallen die freien Elektronen auf den äussersten Schalen.
Die äusserste Schale ist sehr weit weg vom Kern und ausserdem nicht gesättigt. Dadurch haben diese Elektronen nur sehr kleine Bindungskräfte und können vom Atom wegspringen. Das äusserste Elektron auf der 4. Schale hat nur noch eine sehr kleine Bindung zum eigenen Atomkern. Beim kleinsten Anstoss durch die Wärmebewegung des Atomgitters springt es weg und vagabundiert von Atom zu Atom. Somit sind die freien Elektronen Grundlage des fliessenden Stroms in Metallen.

In Metallen sind die Elektronen die Ladungsträger.

Stromleitung in Flüssigkeiten

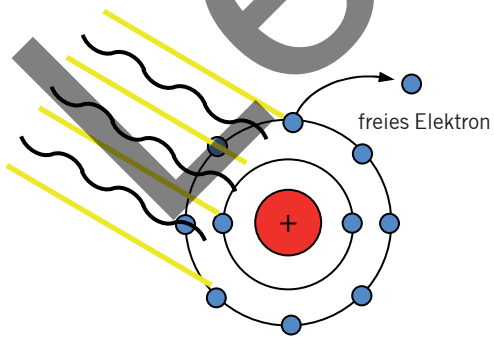


Destilliertes Wasser ist ein Nichtleiter. Es kann kein Strom fliessen. Durch Beifügen von Salz wird das destillierte Wasser leitend. Die Salzmoleküle zerfallen zu Natrium- und Chlorionen.

$NaCl \Rightarrow Na^+$ und Cl^-

In Flüssigkeiten sind die Ionen die Ladungsträger.

Stromleitung in Gasen



Gase sind im Normalzustand Nichtleiter, weil sie keine freien Elektronen haben. Durch Energiezufuhr können jedoch Elektronen aus ihrer Bahn gerissen werden. Es verbleiben frei bewegliche Elektronen und frei bewegliche, positiv geladene Atomreste.

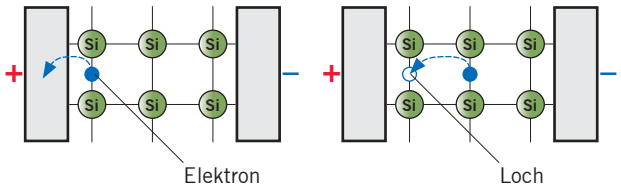
Folgende physikalischen Gegebenheiten bewirken eine Ionisation:
– Wärme
– elektrische Felder
– magnetische Felder
– radioaktive und kosmische Strahlung
– hohe Spannung (Gasentladungslampen)

In Gasen sind die Ionen und die Elektronen die Ladungsträger.

Leseprobe

Stromleitung in Halbleiterwerkstoffen

Als Halbleiterwerkstoffe verwendet man fast ausschliesslich die Grundstoffe Silizium, Germanium oder chemische Verbindungen, wie zum Beispiel Galliumarsenid oder Indiumantimonid. Halbleiterwerkstoffe müssen ausserordentlich rein sein.
Bei sehr tiefen Temperaturen sind Halbleiterwerkstoffe Nichtleiter. Erst durch Zusetzen von Fremdstoffen, durch Lichteinstrahlung oder durch elektrische oder magnetische Felder, werden sie leitfähig.
Halbleiterwerkstoffe werden zur Herstellung von elektronischen Bauelementen verwendet (Dioden, Z-Dioden, Transistoren, Heiss- und Kaltleiter, IGBTs usw.).



Halbleiteratome bilden ein Kristallgitter. Silizium hat auf der äusseren Schale vier Valenzelektronen.
Durch Anlegen einer Spannung wird ein elektrisches Feld angelegt, welches die freien Atome vom Minus- zum Pluspol treibt. Sobald sich ein Valenzelektron aus seiner Atombindung entfernt, entsteht dort eine Lücke. Ein benachbartes Valenzelektron kann diese Lücke wieder auffüllen, sodass die Lücke vom Plus- zum Minuspol wandert.

Dotieren: Bei Silizium werden Fremdatome mit niedriger, zum Beispiel 3 Valenzelektronen, oder höherer Wertigkeit, zum Beispiel fünf Valenzelektronen, zugefügt.

Leiter sind alle Metalle, Kohle, feuchte Erde und manche Flüssigkeiten.
Nichtleiter (Isolierstoffe) sind zum Beispiel Luft, Gummi, Glas oder Kunststoffe.
Halbleiter sind zum Beispiel Silizium und Germanium.

Leseprobe

2.1.2 Gesetze von Ohm und Kirchhoff

Elektrischer Widerstand R in Ω

Ladungsträger, die sich durch einen Werkstoff bewegen, werden mehr oder weniger in ihrem Fluss behindert. Diese Behinderung ist die Folge der Reibung zwischen den Ladungsträgern (z.B. Elektronen) und den Atomen des Werkstoffes (z.B. metallischer Leiter). Die Elektronen bewegen sich auf einem «Zickzackkurs» zwischen den Atomen des elektrischen Leiters, sie erfahren dabei einen Widerstand in ihrer Bewegung.

Elektrischer Leitwert G in S

Der Kehrwert des elektrischen Widerstandes ist der **Leitwert** und nicht zu verwechseln mit der **Leitfähigkeit**. Leitwerte werden vor allem dort verwendet, wo die elektrischen Widerstände sehr klein sind.

Formelzeichen: R

Einheit: 1 Ohm (1 Ω)

$$R = \frac{1}{G}$$

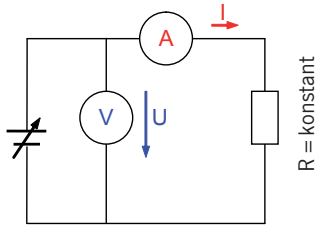
Formelzeichen: G

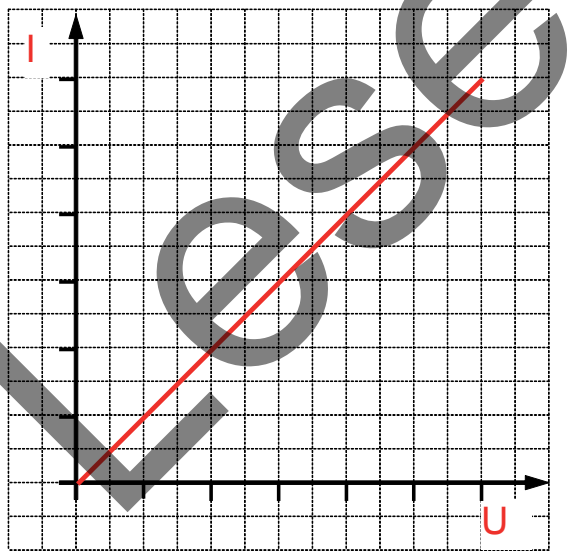
Einheit: 1 Siemens (1 S)

$$G = \frac{1}{R}$$

Das Ohmsche Gesetz

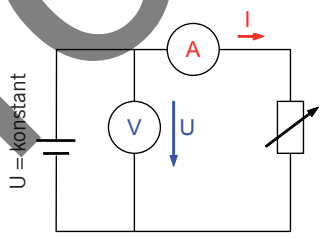
Versuch 1:
Verhalten des Stroms bei veränderlicher Spannung und gleichbleibendem Widerstand.

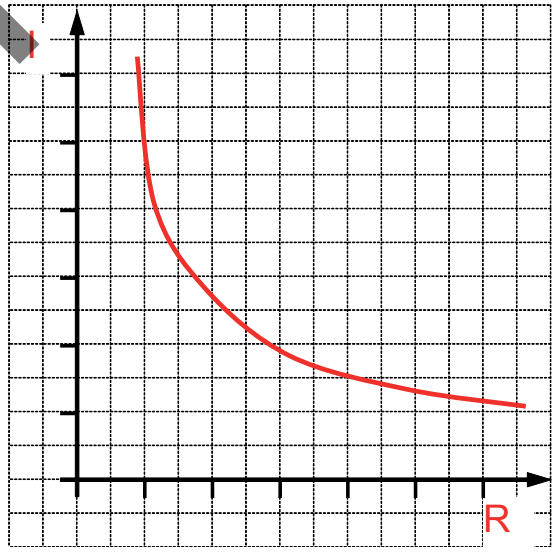




Ergebnis:
Der Strom ändert sich im gleichen Verhältnis wie die Spannung.

Versuch 2:
Verhalten des Stroms bei veränderlichem Widerstand und gleichbleibender Spannung.





Ergebnis:
Der Strom ändert sich im umgekehrten Verhältnis wie der Widerstand.

Zusammenfassung der Ergebnisse aus Versuch 1 und 2:

1. I ist proportional zu U

2. I ist umgekehrt proportional zu R = proportional zu $\frac{1}{R}$ ⇒ Daraus folgt: $I = \frac{U}{R}$ **Ohmsches Gesetz**

Leseprobe

Berechnungen zum ohmschen Gesetz

1. Ein Relais mit 40 kΩ Widerstand wird an 48 V Gleichspannung angeschlossen. Wie gross ist der Strom in der Spule?

Lösung:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{48\ \text{V}}{40\ \text{k}\Omega} = 1{,}2\ \text{mA}$$

2. Eine Glühlampe nimmt beim Anschluss an 24 V Gleichspannung 250 mA auf. Berechnen Sie den Widerstand der Glühlampe.

Lösung:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{24\ \text{V}}{250\ \text{mA}} = 96\ \Omega$$

3. Durch einen Widerstand von 22 Ω fliessen 8,5 A. Welche Spannung ist erforderlich?

Lösung:

$$U = R \cdot I = 22\ \Omega \cdot 8{,}5\ \text{A} = 187\ \text{V}$$

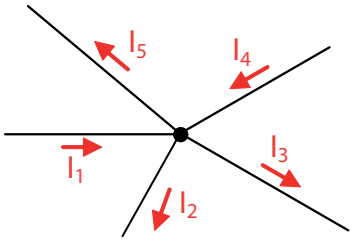
4. Durch einen ohmschen Widerstand fliesst bei angelegter Spannung Strom. Kreuzen Sie an, ob die folgenden Angaben richtig oder falsch sind.

Lösung:

Richtig	Falsch	
	X	Wird die Spannung erhöht, so sinkt der Strom.
X		Wird der Widerstand verkleinert, so steigt der Strom.
X		Soll die Stromstärke konstant bleiben, so muss bei einer Erhöhung der Spannung der Widerstand ebenfalls erhöht werden.

Leseprobe

Knotensatz (1. Kirchhoffsches Gesetz)



Das 1. Kirchhoffsche Gesetz besagt, dass in jedem Stromverzweigungspunkt die Summe der zufliessenden Ströme gleich der Summe der abfliessenden Ströme ist.

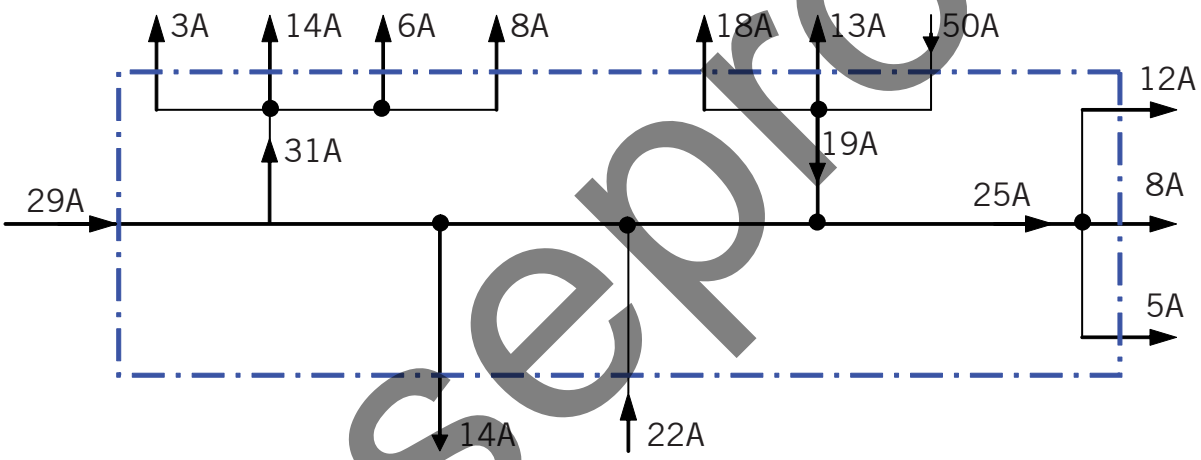
In einem Knoten ist die Summe aller Ströme jederzeit gleich null.

Ströme, die auf einen Knotenpunkt zufliessen, erhalten ein positives Vorzeichen, Ströme, die abfliessen, ein negatives.

$$\sum I = 0$$

$$I_1 - I_2 - I_3 + I_4 - I_5 = 0$$

Beispiel:
Bestimme in den verschiedenen Leitungsabschnitten den Strom I und trage die entsprechende Stromrichtung ein.



Probe:

Zufliessende Ströme: 29 A + 22 A + 50 A = 101 A

Abfliessende Ströme: 3 A +14 A + 6 A + 8 A + 18 A + 13 A + 12 A + 8 A + 5 A + 14 A = 101 A

Leseprobe