

Grundlagen der Elektrotechnik

Impressum

An dieser Qualifizierungseinheit haben mitgewirkt

Herausgeber:

IHK für Oberfranken
Bahnhofstr. 23-27
95444 Bayreuth

Inhaltliche Konzeption:

ets GmbH, Halblech
ihk.online&medien.gmbh, Bayreuth

Produktion/ Umsetzung:

ihk.online&medien.gmbh, Bayreuth

Redaktionelle Betreuung:

Andrea Nüssel, ihk.online&medien.gmbh
Claudia Hohdorf, ets Halblech

Rechte:

Copyright© ets GmbH, Halblech.

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk und Fernsehen sind vorbehalten.

Text, Abbildungen und Programme wurden mit größter Sorgfalt erarbeitet. Herausgeber, Programmierer und Autoren können jedoch für eventuell verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen.

Namenschutz:

Die meisten in dieser Einheit erwähnten Soft- und Hardwarebezeichnungen sind auch eingetragene Marken und unterliegen als solche den gesetzlichen Bestimmungen.

Microsoft, Windows und andere Namen von Produkten der Firma Microsoft, die in dieser Qualifizierungseinheit erwähnt werden, sind eingetragene Warenzeichen der Microsoft Corporation.

Inhaltliche Verantwortung:

Diese Qualifizierungseinheit enthält Verweise (sogenannte Hyperlinks) auf Seiten im World Wide Web. Wir möchten darauf hin weisen, dass wir keinen Einfluss auf die Gestaltung sowie die Inhalte der gelinkten Seiten haben. Deshalb distanzieren wir uns hiermit ausdrücklich von allen Inhalten der Seiten, auf die aus unserem Lerninhalt verwiesen wird. Diese Erklärung gilt für alle in diesem Lerninhalt ausgetragenen Links und für alle Inhalte der Seiten, zu denen Links oder Banner führen.

Impressum.....	2
Firmenvorstellung.....	5
Leitfragen.....	7
1.0 Kapitelübersicht.....	8
1.1 Einführung zum Strom.....	9
1.2 Schaltsymbole.....	14
1.3 Ladung Q.....	16
1.4 Stromstärke I.....	20
1.5 Spannung U.....	24
1.6 Elektrischer Widerstand R.....	29
1.7 Das Ohmsche Gesetz.....	34
1.8 Arbeit und Energie.....	37
1.9 Leistung.....	41
1.10 Selbsttest 1.....	45
2.0 Kapitelübersicht.....	46
2.1 Strom in Festkörpern.....	47
2.2 Leiter.....	52
2.3 Elektrisches Feld.....	58
2.4 Magnetisches Feld.....	62
2.5 Anwendung Magnetisches Feld.....	67
2.6 Selbsttest 2.....	71
3.0 Kapitelübersicht.....	72
3.1.0 Reihenschaltung (1).....	73
3.1.1 Reihenschaltung (2).....	77
3.1.2 Reihenschaltung in einer Beispielanwendung (3).....	80
3.2.0 Parallelschaltung (1).....	82
3.2.1 Parallelschaltung (2).....	87
3.2.3 Parallelschaltung in einer Beispielanwendung (3).....	91
3.3 Spannungsteiler.....	93
3.4 Schaltungen von Spannungsquellen.....	98
3.5 Selbsttest 3.....	102
4.0 Kapitelübersicht.....	103
4.1 Schaltsymbole.....	104
4.2 NTC/PTC.....	105
4.3 Kondensator.....	108
4.4 Kondensator an Gleichspannung.....	114
4.5 Kondensator an Wechselspannung.....	119
4.6 Spule.....	123
4.7 Induktivität an Gleichspannung.....	127
4.8 Induktivität an Wechselspannung.....	132
4.9.0 R - L - C (1).....	136
4.9.1 R - L - C (2).....	141
4.9.2 R - L - C (3).....	145
4.10 Halbleiterdiode.....	150
4.11 Transistor.....	154
4.12 Selbsttest 4.....	159

5.0 Kapitelübersicht	160
5.1 Wechselstrom	161
5.2 Gleichstrom	166
5.3 Stromquellen	167
5.4 Netzgeräte	174
5.5 Selbsttest 5	175
6.0 Kapitelübersicht	176
6.1 Stromerzeugung (allg.)	177
6.2 Kraftwerksarten	182
6.3 Regenerative Energien	183
6.4 Selbsttest 6	188
Trainingsaufgabe 1	189
Trainingsaufgabe 2	190
Trainingsaufgabe 3	191
Trainingsaufgabe 4	192
Trainingsaufgabe 5	193
Trainingsaufgabe 6	194
Bearbeitung der Fallstudie	195

Einleitung

Firmenchronik:

Die Firma Automatico ist eine traditionsreiche Firma mit langjähriger Erfahrung auf dem Gebiet der Automatisierungstechnik.

Sie entstand aus einem Familienbetrieb, der sich mit Maschinen für die Blechumformung befasste. Anfang 1995 wurde auf die stark wachsende Automatisierungstechnik mit der Suche nach Vertriebspartnern reagiert.

Heute beschäftigt die Firma Automatico 60 Mitarbeiter, die für viele metallverarbeitende Branchen Automatisierungsmöglichkeiten konstruieren und umsetzen.



Produktgeschichte:

Von einem reinen Maschinenbauunternehmen entwickelte sich die Automatico in den 90er Jahren zu einer mittelständischen Automatisierungsfirma, was auch zur Umbenennung in den jetzigen Namen führte. Nicht zuletzt bescherte der Wunsch nach mehr Automatisierung der Firma eine große Anzahl neuer Kunden. Schon bei der ersten Herstellung von Blechbearbeitungsmaschinen lag der Firmenschwerpunkt auf der Automatisierung von Fertigungsabläufen der Blechbearbeitung.

Die Auszubildenden der Firma Automatico haben die Möglichkeit ihr Wissen über E-Learning Kurse zu vertiefen. Dafür wurden extra neue Computer und Drucker gekauft. Die Auszubildenden sind gerade dabei den Raum herzurichten.

Fallstudie

Franz Huber **Und, funktioniert schon alles?**

Bernd Wolf **Fast. Wir müssen nur noch die vier Rechner und zwei Drucker anschließen.**

Franz Huber **Ihr wisst aber schon, dass die Steckdosenkreise in diesem Gebäude mit 13 Ampere Sicherungsautomaten abgesichert sind, oder?**

Bernd Wolf **Na, bravo. Heißt das, wir können die Computer gar nicht anschließen?**

Franz Huber **Überlegt doch selber mal. Ich nehme an, dass die Nennleistung pro PC ungefähr 400 Watt beträgt und die der Drucker bei 250 Watt liegt.**

Bernd Wolf **Und das bedeutet?.**

Franz Huber **Ganz einfach Rechnung, überleg erst mal selber. Ich schau nachher noch mal vorbei.**

Einleitung

Diese Leitfragen sollen Ihnen den Einstieg in die Qualifizierungseinheit ermöglichen. Nehmen Sie sich die Zeit und notieren Sie bitte ganz spontan auf einem Blatt Papier, was Ihnen als Antworten einfällt.



- Was ist Strom?**
- Von welchen Größen ist der Widerstand eines Leiters abhängig?**
- Welche grundsätzliche Aussage gilt für die Reihenschaltung von Widerständen?**
- Welche grundsätzliche Aussage gilt für die Parallelschaltung von Widerständen?**
- Wie lautet die Knotenregel?**
- Wie lautet die Maschenregel?**
- Wie müssen mehrere Kondensatoren zusammenschaltet werden, um eine größere Gesamtkapazität zu erhalten? Warum sind Meilensteine wichtig?**
- Wie ist die Induktivität definiert?**
- Wie ist das Stromverhalten eines Kaltleiters bei steigender Temperatur?**

Verwenden Sie das vorbereitete Antwortdokument zur Beantwortung der Fragen. Sie finden das Antwortdokument in den Anlagen am Ende des Skripts.

1 Physikalische und elektrotechnische Größen
- Teil 1

Kapitelbezogene Eingangsfragen:

Was ist Strom?

Wie entsteht eine Spannung?

Themen:

1.1 Einführung zum Strom

1.2 Schaltsymbole

1.3 Ladung Q

1.4 Stromstärke I

1.5 Spannung U

1.6 Elektrischer Widerstand R

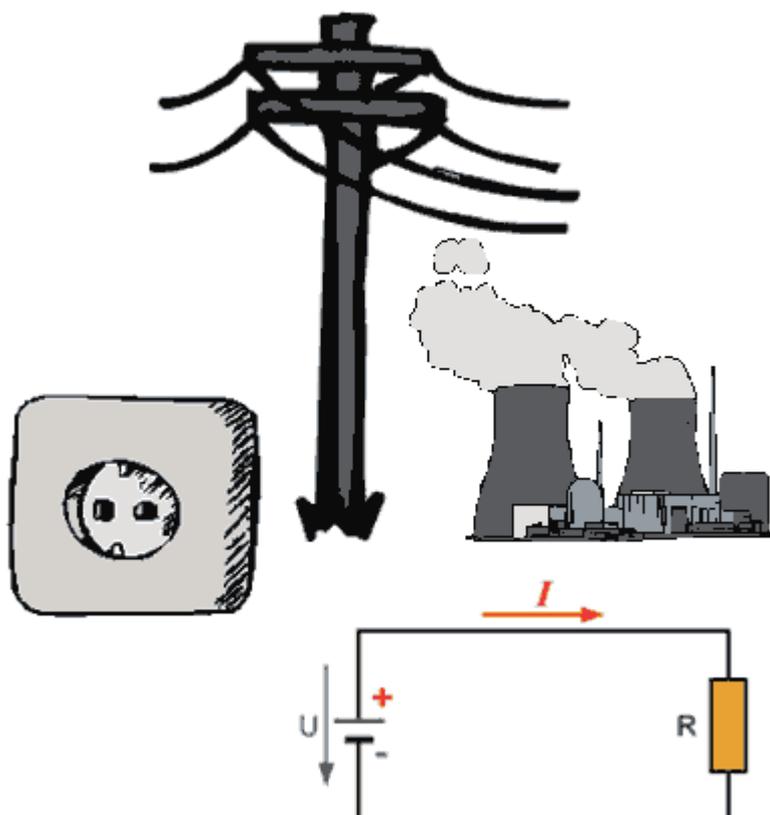
1.7 Das Ohmsche Gesetz

1.8 Arbeit und Energie

1.9 Leistung

1.10 Selbsttest 1

Einführung zum Strom



Interaktionsfragen

- *Was ist Strom?*
- *Was wird für einen Stromfluss benötigt?*
- *Wie ist ein Atom aufgebaut?*

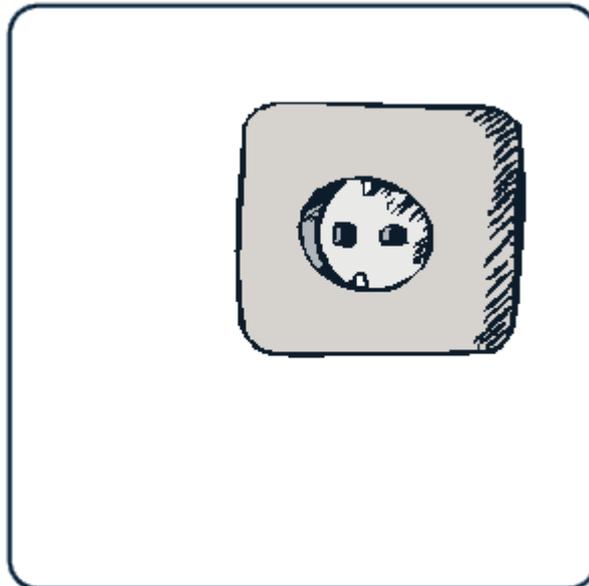
**Jeder kennt, benutzt und gebraucht tagtäglich Strom. Aber was ist das eigentlich "Strom"?
Was passiert, wenn man sagt "Strom fließt"? Wie entsteht Strom?**

Wie gewinnt man Strom?

Strom wird durch die Umwandlung von z.B. mechanischer, thermischer, chemischer und Lichtenergie in elektrische Energie gewonnen!

Beispiele:

- **Wasser- und Windkraft**
- **Thermische Energie**
- **Batterie**
- **Solarzelle**



Was ist Strom?

**Strom ist nichts anderes als der Übergang von Elektronen vom Minuspol zum Pluspol in einem Stromkreis.
An beiden Polen einer Spannungsquelle (Batterie, Netzteil) herrschen unterschiedliche Ladungen:**

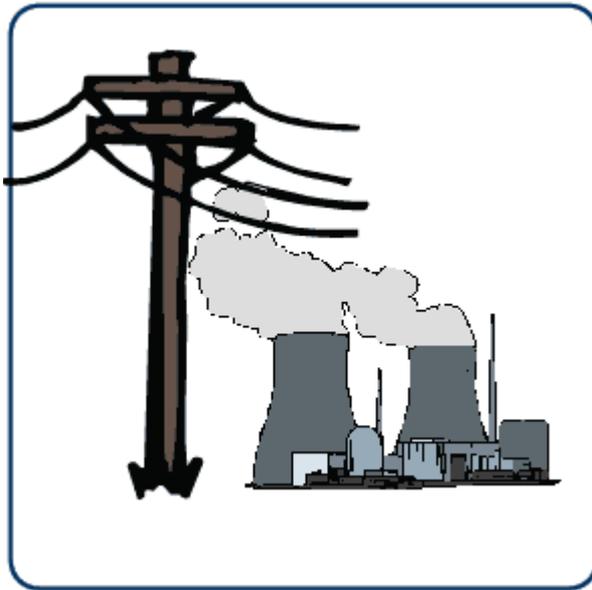
- **am negativen Pol: Elektronenüberschuss.**
- **am positiven Pol: Elektronenmangel.**

Werden nun beide Pole mit einem Verbraucher (z. B. Glühlampe) verbunden, werden die Elektronen vom Minuspol abgestoßen und vom Pluspol angezogen, um einen Ausgleich herzustellen. Es

1 - Grundlagen der Elektrotechnik

fließt Strom. Die physikalische Stromrichtung gibt den Weg der Elektronen an - von Minus nach Plus.

Die technische Stromrichtung wird von Plus nach Minus definiert.

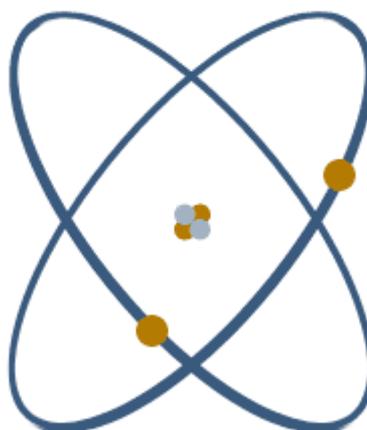


Der Atomkern

Im Inneren eines Atoms befindet sich der positiv geladene Atomkern, der ausschließlich aus Neutronen und Protonen besteht.

Um den Atomkern sind in konzentrischen Bahnen die Elektronen in der **negativ geladenen Elektronenhülle** angeordnet.

Die Anzahl von Protonen und Elektronen in einem Atom ist gleich, d.h. das Atom ist nach außen **neutral**.



Um das Ganze noch besser zu verstehen, muss man sich das

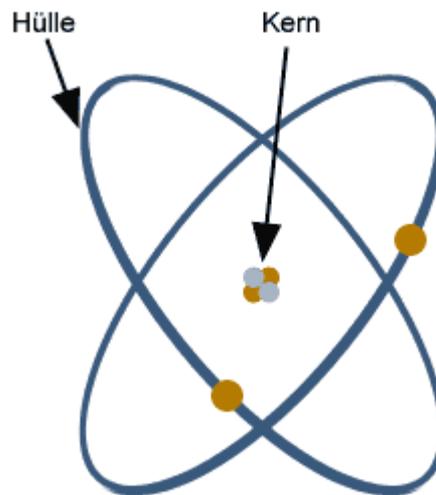
1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Das Atom

kleinste in der Natur vorkommende Element, und zwar das Atom, genauer anschauen.

Jedes Atom besteht aus drei Teilen:

- **Protonen (positive elektrische Ladung)**
- **Neutronen (neutral)**
- **Elektronen (negative elektrische Ladung)**

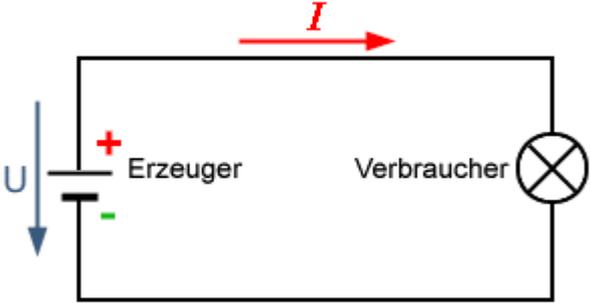


Was wird benötigt für den Stromfluss?

Ein Stromfluss kommt erst durch die (gerichtete) Bewegung freibeweglicher Elektronen (Ladungen) zustande. Aber welche Bauteile werden benötigt, dass es zu einem Stromfluss kommt?

Um einen einfachen Stromkreis zu erhalten, werden folgende Sachen benötigt:

Stromerzeuger	(Batterie, Netzteil)	⇒ Erzeugung
Hin- und Rückleitung	(Verbindung beider Pole)	⇒ Transport
Verbraucher	(Glühlampe)	⇒ Umformung



1 Physikalische und elektrotechnische Größen
- Teil 1

Bevor man sich den Erklärungen und Erläuterungen widmen sollte, erst noch die Erklärung der grundlegenden Schaltsymbole.

Leitung	Kreuzung	Verbindung	Glühlampe
			
Batterie	Generator	Strommesser	Spannungsmesser
			
Schalter (Schließer)	Schalter (Öffner)	Widerstand	Diode
			
	Spule	Kondensator	
			

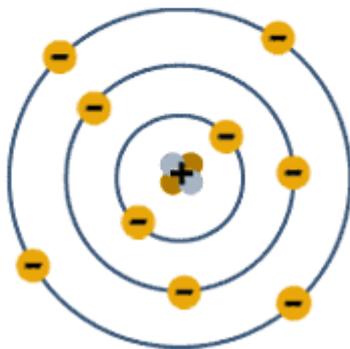
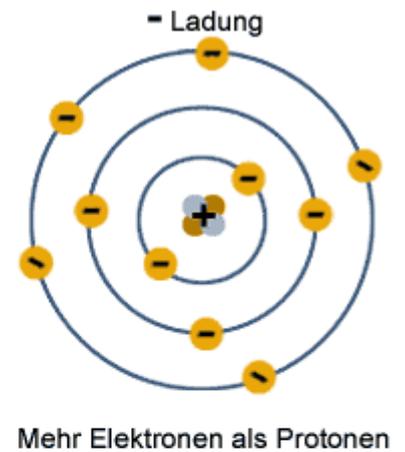
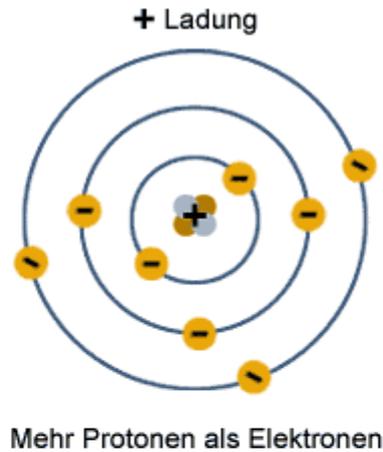
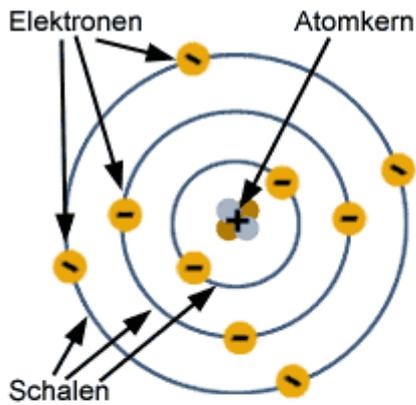
Interaktionsfragen

- *Zeichnen Sie das Schaltsymbol einer Spannungsquelle auf!*
- *Wie wird ein Widerstand grafisch dargestellt?*
- *Wie ist das Schaltsymbol einer Glühlampe?*

Schaltsymbole **Bevor man sich den Erklärungen und Erläuterungen widmen sollte, erst noch die Erklärung und Auflistung der grundlegenden Schaltsymbole.**

Leitung	Kreuzung	Verbindung	Glühlampe
			
Batterie	Generator	Strommesser	Spannungsmesser
			
Schalter (Schließer)	Schalter (Öffner)	Widerstand	Diode
			
	Spule	Kondensator	
			

1 Physikalische und elektrotechnische Größen
- Teil 1



Elektronen- und Protonenanzahl gleich

Formel:

$$Q = I \times t$$

In Worten:

Ladung = Stromstärke x Zeiteinheit

Einheiten:

$$[Q] = A \times s = C$$

Interaktionsfragen

- Wann besteht eine negative und wann eine positive Ladung?
- Was ist eine neutrale Ladung?

Ladungen werden durch Reiben elektrischer Nichtleiter wirksam. Stäbe aus Isolierstoffen, wie Hartgummi oder Acrylglas, üben nach Reiben mit einem Wolltuch Abstoßungskräfte aufeinander aus.

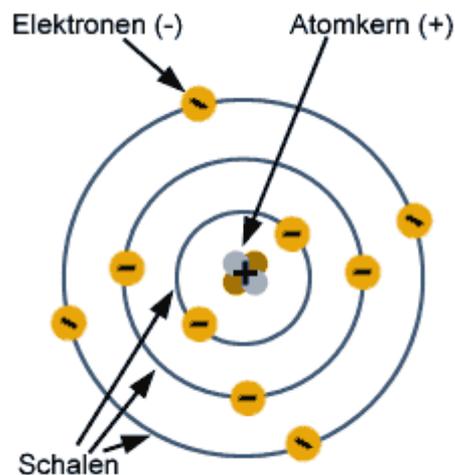
Definition

Ein Atom besteht aus Atomkern (positive Ladung) und Elektronen (negative Ladung), die ihn auf verschiedenen Bahnen umkreisen. Herrscht ein Elektronenüberschuss, ergibt sich eine negative Gesamtladung. Elektronenmangel verursacht dagegen eine positive Gesamtladung.

- Elektrische Ladungen sind entweder positiv oder negativ.
- Elektrische Ladungen üben Kräfte aufeinander aus:
 - Gleichartige Ladungen stoßen sich ab!
 - Gegensätzliche Ladungen ziehen sich an!

Beispiel:

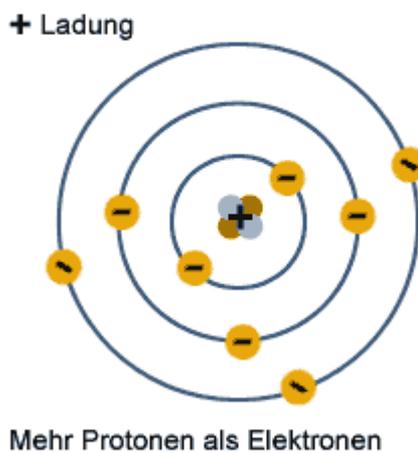
Jeder Isolierstoff ist normalerweise elektrisch neutral. Durch Reiben eines Kunststoffstabes kann dieser elektrisch aufgeladen werden.



Positives Ion (Ladung)

Ein positiv geladenes Ion entsteht, wenn ein Atom mehr Protonen als Elektronen enthält.

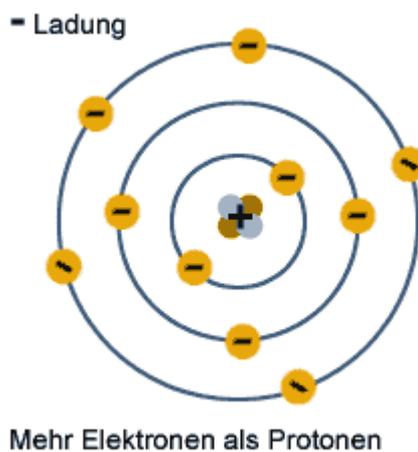
Ein Körper ist positiv bei Überschuss an positiven Ladungen.



Negatives Ion (Ladung)

Enthält die Hülle mehr Elektronen als der Kern Protonen, so liegt ein negatives Ion vor.

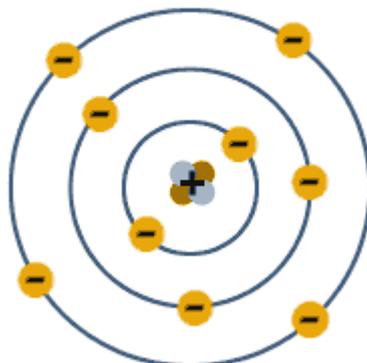
Ein Körper ist negativ geladen beim Überschuß an negativen Ladungen.



Neutrales Atom

Ein neutrales Atom enthält gleichviel Protonen und Elektronen.

Bei einem neutralen Körper ist die Zahl der positiven und negativen Ladungen gleich.



Elektronen- und Protonenanzahl gleich

Formelzeichen und Einheit

Größe	Symbol	Einheit
Ladung	Q	C (Coulomb)
		As (Amperesekunde)
Strom	I	A (Ampere)
Zeit	t	s (Sekunde)

Formel:

$$Q = I \times t$$

In Worten:

Ladung = Stromstärke × Zeiteinheit

Einheiten:

$$[Q] = A \times s = C$$

1 Physikalische und elektrotechnische Größen
- Teil 1

Stromstärke I

$$I = \frac{Q}{t}$$

Stromstärke = $\frac{\text{Ladung}}{\text{Zeit}}$

$[I] = \text{A}$

Stromarten	
Bezeichnung	Kennlinie
Gleichstrom DC Zeichen -	
Wechselstrom AC Zeichen ~	
Mischstrom (UC) ist Gleichstrom mit überlagertem Wechselstrom.	

Interaktionsfragen

- *Was muss gegeben sein, damit ein Strom fließen kann?*
- *Welche Wirkungen können bei elektrischem Strom auftreten?*
- *Wie lautet die Grundformel und das Formelzeichen des elektrischen Stromes?*

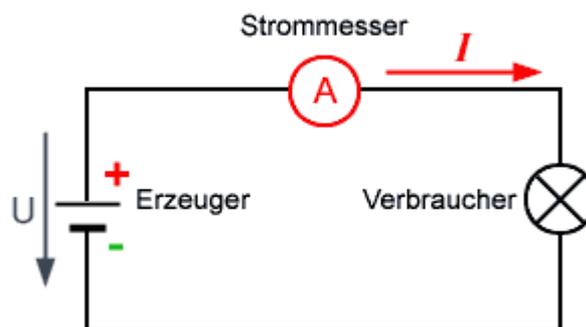
Damit ein Strom fließen kann, muss eine Spannung anliegen und der Stromkreis geschlossen sein. Die Höhe der Stromstärke ist abhängig davon, wie viele Elektronen je Zeiteinheit durch einen Leiter fließen.

Definition

Metalle haben Elektronen, die frei beweglich sind. Diese freien Elektronen wandern vom Minus- zum Pluspol. Die gerichtete Bewegung von Elektronen nennt man elektrischen Strom.

Die Messung des **Stromes I** erfolgt mit einem Strommesser (Ampere-meter), der **in Reihe zum Verbraucher** (zur Last) in den Stromkreis geschaltet wird!

Elektrischer Strom fließt im Stromkreis nur, wenn dieser auch geschlossen ist!



Wirkung des elektrischen Stromes

Bei elektrischem Strom treten immer Wärmewirkung (Herd) und Magnetwirkung (Spule) auf. Zusätzlich können Lichtwirkung (Glühlampe) und chemische Wirkung (Batterie) auftreten (Diese Wirkungen können sich nachteilig auf Lebewesen auswirken).

Beispiel:

Die Pole einer Batterie werden mit einer Glühlampe zu einem Stromkreis geschlossen, verbunden. Der Draht innerhalb der Glühlampe, erwärmt sich bis zur Weißglut (Licht- und Wärmewirkung).



Formelzeichen und Einheit

Das Formelzeichen des elektrischen Stroms ist I. Gemessen wird der elektrische Strom in der Maßeinheit:

A (Ampere)

Die Stromstärke (der Strom) ist die pro Zeiteinheit transportierte Ladungsmenge!

$$I = \frac{Q}{t}$$

Stromstärke = $\frac{\text{Ladung}}{\text{Zeit}}$

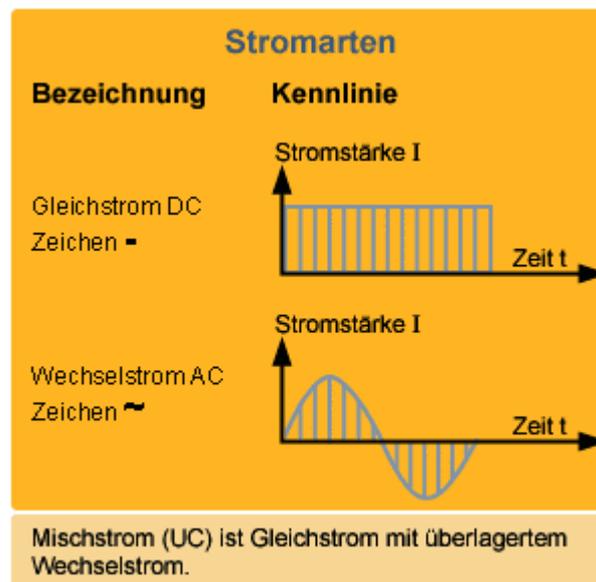
$$[I] = A$$

1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Stromarten

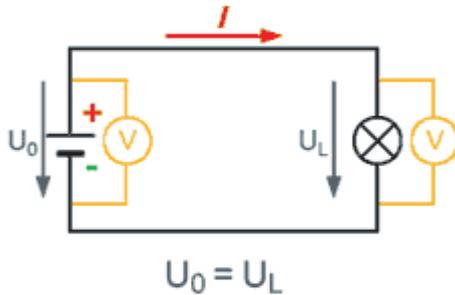
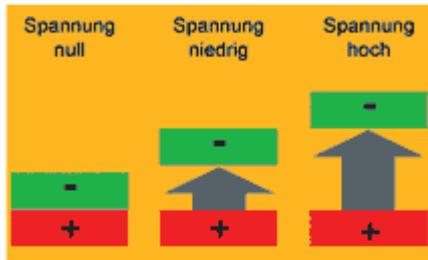
- Gleichstrom (DC) **fließt mit konstanter Stärke in gleicher Richtung.**
- Wechselstrom (AC) **wechselt ständig Richtung und Stärke.**
- Mischstrom (UC) **ist die Addition aus Gleich- und Wechselstrom.**

$$UC = AC + DC$$



1 Physikalische und elektrotechnische Größen
- Teil 1

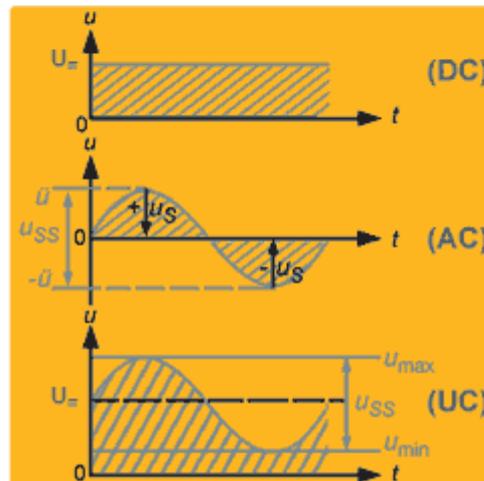
Spannung U



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

Spannung = $\frac{\text{Energie}}{\text{Ladung}}$

$$[U] = \frac{Ws}{C} = \frac{VAs}{As} = V$$



Interaktionsfragen

- *Wie entsteht eine Spannung?*
- *Zählen Sie verschiedene Spannungserzeuger auf!*
- *Welche zwei Spannungsarten gibt es?*

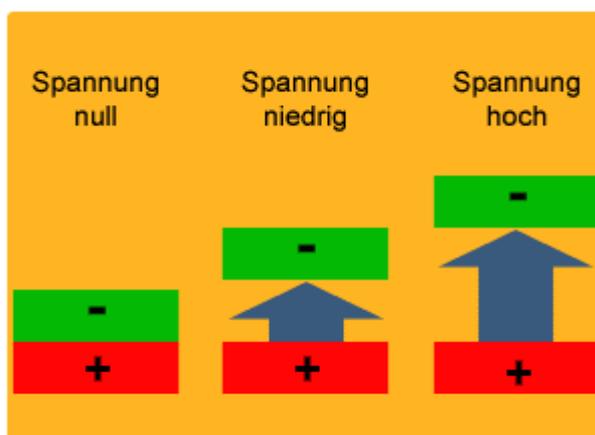
Spannung entsteht durch Trennung von Ladung. Sie kann auch als Differenz zweier Potenziale aufgefasst werden. Der Ladungsunterschied bei Stoffen wird als elektrische Spannung bezeichnet.

Was ist Spannung?

Zwischen einer positiven und einer negativen Ladung wirkt eine Anziehungskraft. Um diese Anziehungskraft bei der Trennung der Ladungen zu überwinden, muss Arbeit verrichtet werden.

Die Arbeit ist in den Ladungen als Energie gespeichert.

Ein **Maß** für die in den Ladungen **gespeicherte Energie** ist die **Spannung!** Die elektrische Spannung ist die zur Ladungstrennung aufgewendete Arbeit je Ladung.

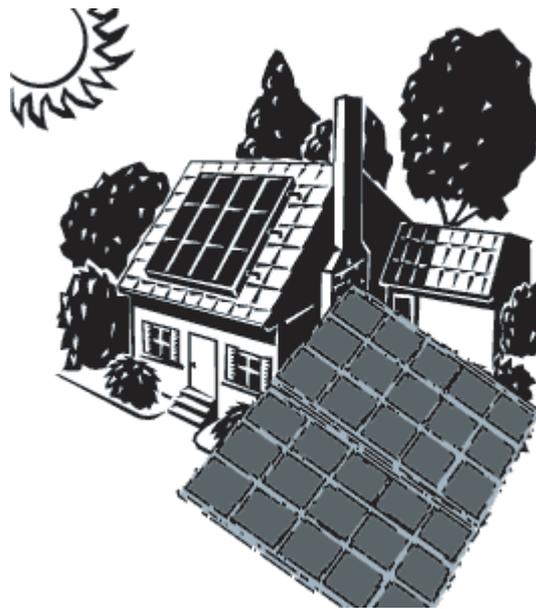


Spannungserzeugung

Die Spannungserzeugung kann erfolgen durch:

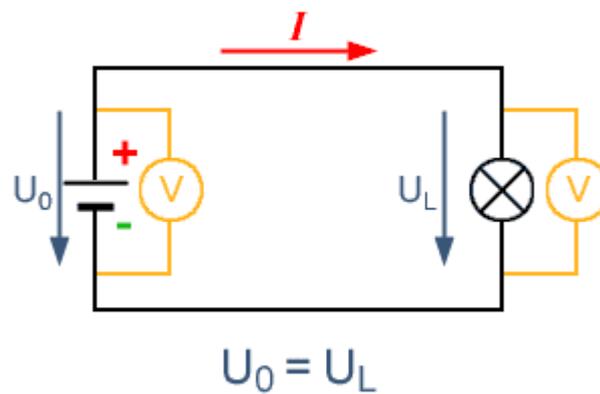
- Wärme (Thermoelement)
- Licht (Fotoelement)
- Induktion (Generator: Bewegung)
- Chemische Wirkung (galvanisches Element)
- Kristallverformung (Piezo-Effekt: Druck/Biegung)
- Reibung (elektrische Aufladung)

1 - Grundlagen der Elektrotechnik



Definition

Die Spannung wird mit einem Spannungsmesser (Voltmeter) an den Anschlüssen parallel zum Spannungserzeuger oder Verbraucher gemessen!



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Formelzeichen und Einheit **Die Einheit der Spannung ist Volt (V).**

Die **Arbeit (Energie)** erhält nach ihrem Ursprung die entsprechende Einheit:

mechanisch : Nm (**Newtonmeter**)

thermisch : J (**Joule**)

elektrisch : Ws = VAs

(Wattsekunde)

Es gilt:

$$\text{Nm} = \text{J} = \text{Ws}$$

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

$$\text{Spannung} = \frac{\text{Energie}}{\text{Ladung}}$$

$$[U] = \frac{\text{Ws}}{\text{C}} = \frac{\text{VAs}}{\text{As}} = \text{V}$$

1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Spannungsarten

- Gleichspannung
- Wechselspannung
- Mischspannung

U_s Scheitel-/Spitzenspannung

+ U_s ... positiver Scheitel

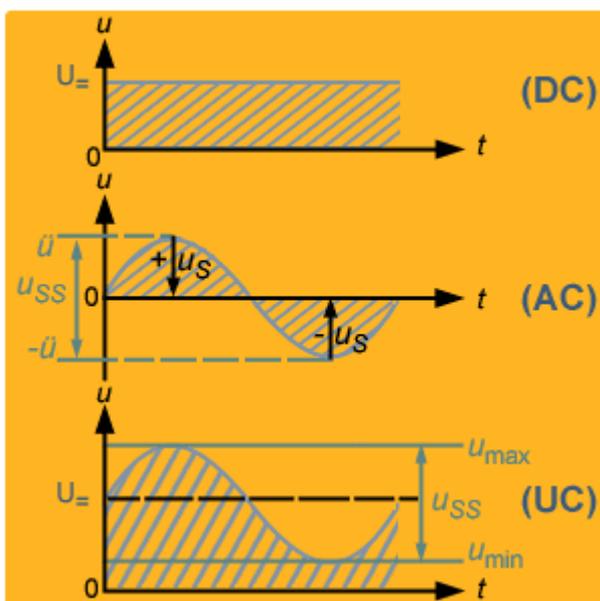
- U_s ... negativer Scheitel

U_{SS} ... Spitze- Spitze- Spannung

T Periodendauer (Wiederholzeit)

U Gleichspannung

U_{max}/U_{min} Maximal/Minimal Spannung



Elektrischer Widerstand R



$$R$$

$$[R] = \frac{V}{A} = \Omega$$

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

$$\text{Leitwert} = \frac{1}{\text{Widerstand}}$$

$$[G] = \frac{A}{V} = S$$

ϱ

$$[\varrho] = \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\chi = \frac{1}{\varrho}$$

$$[\chi] = \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} = \frac{\varrho \text{ m}}{\text{mm}^2}$$

$$R = \frac{\varrho \cdot l}{A}$$

$$\text{Widerstand} = \frac{\text{spez. Widerstand} \cdot \text{Länge}}{\text{Querschnitt}}$$

$$R = \frac{l}{\chi \cdot A}$$

$$\text{Widerstand} = \frac{\text{Länge}}{\text{spez. Leitfähigkeit} \cdot \text{Querschnitt}}$$

$$R_{\text{warm}} = R_{\text{kalt}} \cdot (1 + \Delta\vartheta \alpha)$$

$$\Delta\vartheta = \vartheta_{\text{warm}} - \vartheta_{\text{kalt}}$$

$$[\Delta\vartheta] = K; (^\circ\text{C})$$

$$[\alpha] = \frac{1}{K}$$

Interaktionsfragen

- Welche Stoffe leiten den elektrischen Strom gut und welche nicht so gut?
- Von was ist der elektrische Widerstand abhängig?
- Wie lautet das Symbol und die Einheit des elektrischen Widerstandes?

Verschiedene Werkstoffe haben unterschiedliche Leitfähigkeiten für den elektrischen Strom. Das heißt, dass verschiedene Materialien verschieden hohe Widerstände dem Strom entgegensetzen.

Widerstand und Leitfähigkeit **Der Strom ist abhängig von der Menge an freibeweglichen Ladungsträgern im Leiter. Je größer deren Zahl umso größer wird die Leitfähigkeit des Stoffes. Im Gegenzug wird der Widerstand immer geringer.**

Metalle	Große Zahl freier Elektronen	Gute bis sehr gute Leiterwerkstoffe
Elektrolyte	Hohe Zahl gelöster positiver und negativer Ionen	Schlecht bis gut leitfähige Flüssigkeiten
Isolatoren	Kaum freie Ladungsträger	Sehr hoher (Isolations-) Widerstand



Widerstand (R) und Leitwert **Der Leitwert ist der Kehrwert des Widerstandes in Ω (Ohm) und**

1 - Grundlagen der Elektrotechnik

(G)

erhält die Einheit Siemens S.

$$R \uparrow \quad \sim \rightarrow \quad G \downarrow$$

R

$$[R] = \frac{V}{A} = \Omega$$

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

$$\text{Leitwert} = \frac{1}{\text{Widerstand}}$$

$$[G] = \frac{A}{V} = S$$

Spezifischer Widerstand und
Spezifische Leitfähigkeit

Der **spezifische Widerstand** ρ (rho) ist ein **Materialbeiwert** und gibt an, welchen **Widerstand ein Werkstoff mit einem Meter Länge und einem Quadratmillimeter Querschnitt** hat.

Die spezifische **Leitfähigkeit** χ (kappa) kann auch als Kehrwert des spezifische **Widerstand** ρ (rho) verwendet werden.

ρ

$$[\rho] = \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\chi = \frac{1}{\rho}$$

$$[\chi] = \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} = \frac{\text{S m}}{\text{mm}^2}$$

Widerstand von Leitern

Der Widerstand eines Leiters ist abhängig von der Länge l, vom

1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Querschnitt A und vom spezifischen Widerstand eines Leiterwerkstoffes ρ (rho).

Es gilt:

$$\begin{aligned} l \uparrow &\sim R \uparrow \\ \rho \uparrow &\sim R \uparrow \\ (\chi \uparrow &\sim R \downarrow) \\ A \uparrow &\sim R \downarrow \end{aligned}$$

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

$$\text{Widerstand} = \frac{\text{spez. Widerstand} \cdot \text{Länge}}{\text{Querschnitt}}$$

$$R = \frac{l}{\chi \cdot A}$$

$$\text{Widerstand} = \frac{\text{Länge}}{\text{spez. Leitfähigkeit} \cdot \text{Querschnitt}}$$

Temperaturabhängigkeit
des Widerstandes

Der Widerstand R_{warm} bei Erwärmung ist abhängig von:

- Anfangswiderstand R_{kalt}
(in Kelvin K)
- Temperaturdifferenz $\Delta\vartheta$
- Temperaturkoeffizienten α
(α gibt die relative Widerstandsänderung je Kelvin K an.)

$$R_{\text{warm}} = R_{\text{kalt}} \cdot (1 + \Delta\vartheta \cdot \alpha)$$

$$\Delta\vartheta = \vartheta_{\text{warm}} - \vartheta_{\text{kalt}}$$

$$[\Delta\vartheta] = \text{K} ; (^\circ\text{C})$$

$$[\alpha] = \frac{1}{\text{K}}$$

1 Physikalische und elektrotechnische Größen
- Teil 1

$$R = \frac{U}{I}$$

$$\text{Widerstand} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Strom}}$$

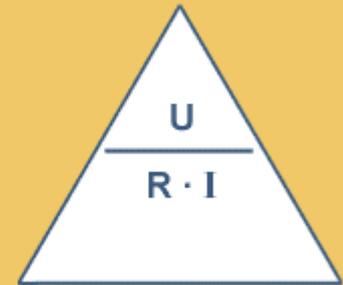
$$[R] = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega$$

$$U = R \cdot I$$

Spannung = Widerstand · Strom

$$I = \frac{U}{R}$$

$$\text{Strom} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}}$$



Interaktionsfragen

- *Durch den Zusammenhang welcher drei Faktoren kann man das Ohmsche Gesetz ausdrücken?*
- *Zeichnen Sie das Magische Dreieck auf!*

Der Zusammenhang von Spannung U, Stromstärke I und Widerstand R wird durch das Ohmsche Gesetz ausgedrückt.

Widerstand

Die Einheit des elektrischen Widerstandes ist das Ohm Ω .

Je größer der Widerstand ist, um so kleiner wird bei gegebener Spannung der Strom.

$$R = \frac{U}{I}$$

$$\text{Widerstand} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Strom}}$$

$$[R] = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega$$

1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Formelzeichen

Neben der Grundform gibt es noch zwei Umstellungen des ohmschen Gesetzes, die in der Praxis sehr wichtig sind!

$$U = R \cdot I$$

Spannung = Widerstand · Strom

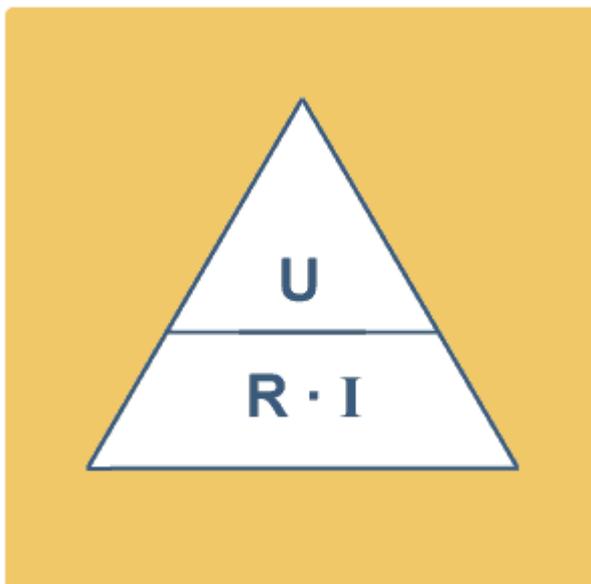
$$I = \frac{U}{R}$$

$$\text{Strom} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}}$$

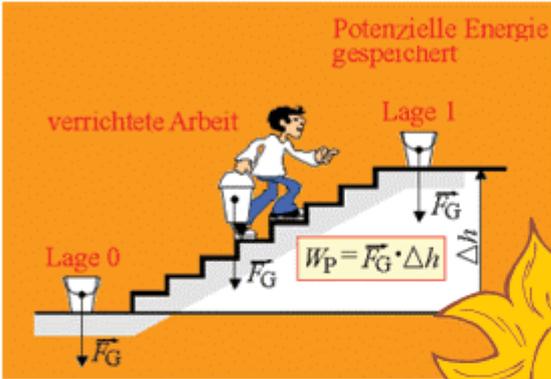
Das Magische Dreieck

Das Magische Dreieck kann als Hilfestellung verwendet werden, um die verschiedenen Formeln des Ohmschen Gesetzes zu ermitteln.

Der Wert, der berechnet werden soll, wird herausgestrichen. Mit den beiden übrigen Werten wird das Ergebnis ausgerechnet.



Arbeit und Energie



Potenzielle Energie gespeichert

verrichtete Arbeit

Lage 0

Lage 1

$W_P = \vec{F}_G \cdot \Delta h$



$W = U \cdot I \cdot t$

Arbeit = Spannung · Strom · Zeit

[W] = VAs = Ws



Interaktionsfragen

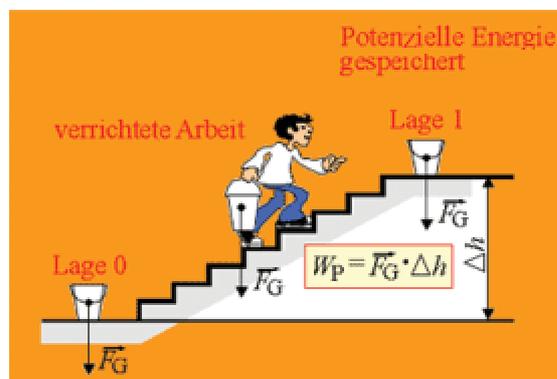
- Was ist Energie?
- Welche Energiearten kennen Sie?
- Was besagt der Energieerhaltungssatz?

Die Fähigkeit zum Verrichten einer Arbeit nennt man **Arbeitsvermögen** oder **Energie**.

Definition

Arbeit und Energie haben dasselbe Formelzeichen und dieselbe Einheit. Arbeit und Energie stellen also dieselbe physikalische Größe dar.

Jedoch drückt der Begriff Arbeit den Vorgang aus, der Begriff Energie dagegen den Zustand eines Körpers oder eines Systems aus mehreren Körpern. Meist ändert sich die Energie durch Arbeitsaufwand.

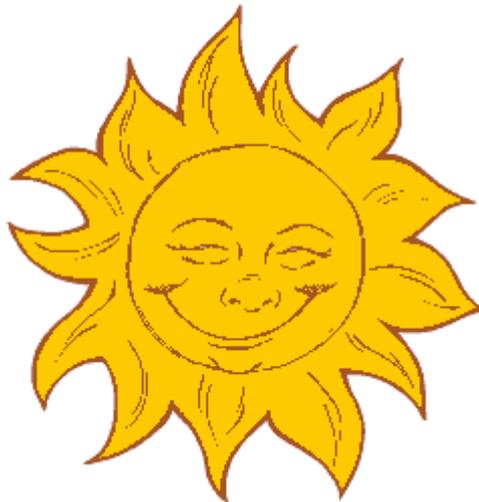


Energiearten

Wir unterscheiden:

- **mechanische Energie**
 - **potenzielle / Lageenergie**
 - **kinetische / Bewegungsenergie**
- **chemische Energie**
- **Wärmeenergie**
- **Kern- oder Atomenergie**
- **Sonnenenergie**

Sonnenenergie



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Formelzeichen und Einheit

Weitere in der Elektrotechnik gebräuchliche Einheit für Energiebedarf:

$$1\text{kWh} = 3600000\text{Ws}$$

... Kilowattstunde

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

Arbeit = Spannung · Strom · Zeit

$$[W] = \text{VAs} = \text{Ws}$$

Energieerhaltungssatz

Wird einem Körper oder einem System Energie zugeführt, kann diese Energie gespeichert werden.

Beispiel:

- gespannte Feder
- in ein Staubecken gepumptes Wasser

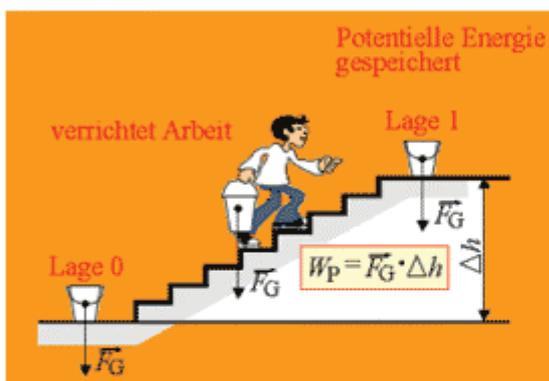
Bei der Umwandlung von Atomkernen wird ebenfalls Energie freigesetzt. Energie lässt sich nicht erzeugen, sondern nur umwandeln.

Der Energieinhalt eines Systems ist vor und nach der Änderung gleich.



1 Physikalische und elektrotechnische Größen
- Teil 1

Leistung



$$P = \frac{W}{t} = U \cdot I$$

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}} = \text{Spannung} \cdot \text{Strom}$$

$$[P] = W = VA$$

$$P = \frac{U \cdot U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

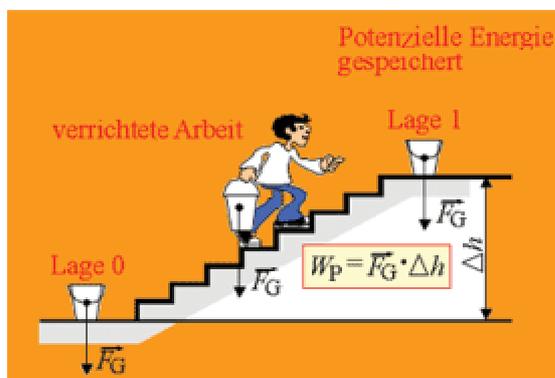
$$P = I \cdot I \cdot R = I^2 \cdot R$$

Die Leistung ist die Arbeit, die in einer bestimmten Zeit verrichtet wird.

Definition

Die Leistungsfähigkeit ("Leistung") einer Maschine oder eines anderen Gerätes wird danach beurteilt, in welcher Zeit eine Arbeit verrichtet wird.

(Je schneller die Arbeit erledigt wird, um so größer ist die elektrische Leistung.)



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Formelzeichen und Einheit

Die Leistung ist um so größer, je schneller die Arbeit verrichtet wird!

**Elektrotechnik:
Je größer der Strom bzw. die Spannung,
um so größer die Leistung!**

$$P = \frac{W}{t} = U \cdot I$$

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}} = \text{Spannung} \cdot \text{Strom}$$

$$[P] = W = VA$$

1 - Grundlagen der Elektrotechnik

F

Formen des Leistungsgesetzes **Formen des Leistungsgesetzes ergeben sich, wenn man den Strom:**

$$I = \frac{U}{R}$$

bzw. die Spannung:

$$U = I \cdot R$$

mittels des Ohmschen Gesetzes ersetzt!

$$P = \frac{U \cdot U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

$$P = I \cdot I \cdot R = I^2 \cdot R$$

1 Physikalische und elektrotechnische Größen
- Teil 1

Überprüfen Sie das angeeignete Wissen, indem Sie den folgenden Selbsttest lösen.



An einem Gerät ist die Skalenbeleuchtung ausgefallen.
Die Versorgungsspannung beträgt 24V.

Als Ersatz steht eine Skalenlampe von 6,3V / 0,3A zur Verfügung.

Was ist zu tun, um die Skalenbeleuchtung wieder funktionstüchtig zu bekommen?

Bitte verwenden Sie für Ihren Lösungsvorschlag das vorbereitete Antwortdokument.

2 Physikalische und elektrotechnische Größen
- Teil 2

Kapitelbezogene Eingangsfragen:

Was versteht man unter einem Supraleiter?

Wann entsteht ein Magnetfeld?

Themen:

2.1 Strom in Festkörpern

2.2 Leiter

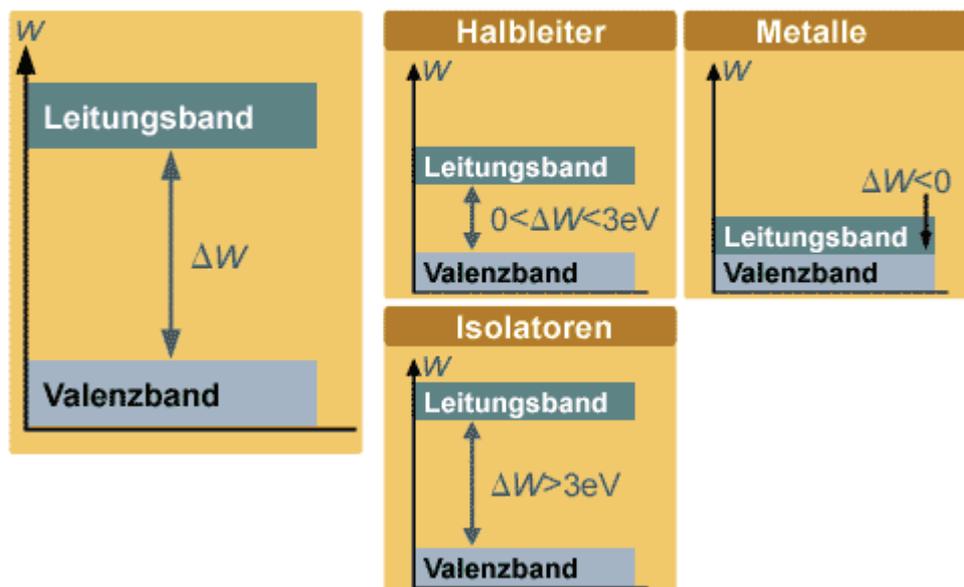
2.3 Elektrisches Feld

2.4 Magnetisches Feld

2.5 Anwendung Magnetisches Feld

2.6 Selbsttest 2

Strom in Festkörpern



Interaktionsfragen

- Erläutern Sie den Begriff Valenzband!
- Was ist für das elektrische Verhalten von Festkörpern wichtig?

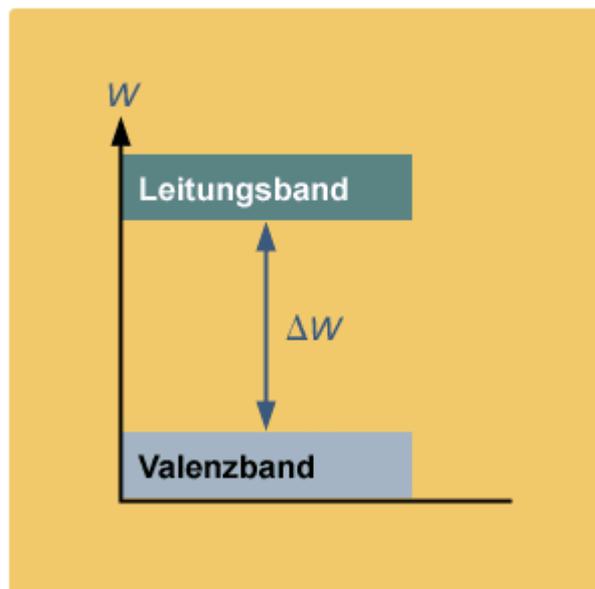
Elektronen kreisen in bestimmten Abständen, Bahnen oder Schalen genannt, um den Atomkern. Jede Schale kann nur eine bestimmte Anzahl von Elektronen aufnehmen.

Energieniveau

Je nach Abstand vom Atomkern und Bahngeschwindigkeit besitzt jedes Elektron einen Energiezustand.

Jeder Schale wird ein Energieniveau zugeordnet. Dies stellt die potenzielle Energie der Schale, bzw. des Elektrons dar. Mit steigendem Abstand zum Atomkern nimmt sie zu.

Es sind aber nur bestimmte Energiebereiche (Bänder) möglich, in denen sich Elektronen aufhalten können. Die Bereiche dazwischen sind nicht möglich (verbotene Zonen).

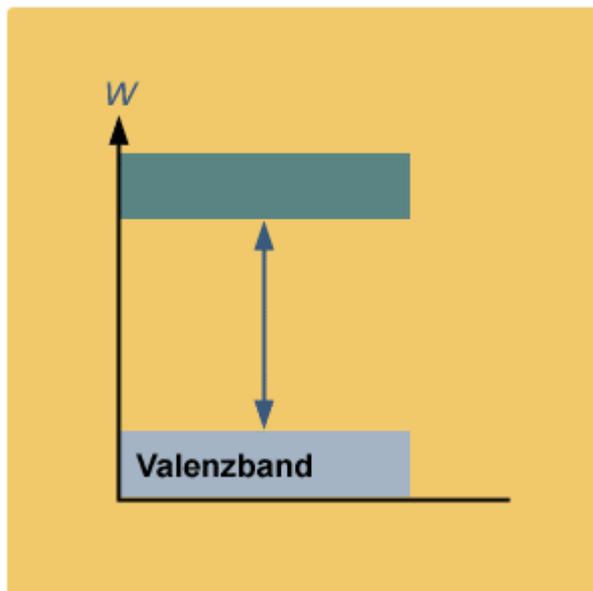


Valenzband

Die äußersten Elektronen sind die Elektronen, die an chemischen Reaktionen beteiligt sind. Sie werden als Valenzelektronen bezeichnet.

Diese Elektronen bilden das Valenzband. Elektronen im Valenzband sind fest an das Atom gebunden und tragen nicht zur Leitfähigkeit bei.

Elektronen können dieses Band nur durch Energiezufuhr (z.B. Wärme oder Licht) verlassen. Beim absoluten Nullpunkt (0K oder -273°C) befinden sich alle Elektronen im Valenzband.



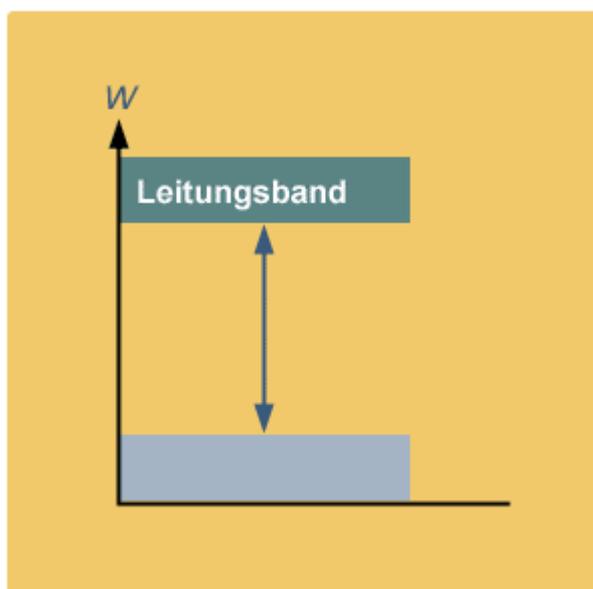
Leitungsband

Das über dem Valenzband liegende Energieband kann leer oder nur teilweise mit Elektronen besetzt sein.

Dort sind die Elektronen nicht mehr an ein Atom gebunden. Sie sind frei beweglich und tragen zur Leitfähigkeit (bilden den elektrischen Strom) bei.

Dieses Energieniveau wird als Leitungsband bezeichnet.

Der Wechsel eines Elektrons vom Valenz- zum Leitungsband ist mit Energieaufnahme des Elektrons verbunden. Kehrt das Elektron vom Valenz- in das Leitungsband zurück, so gibt es die aufgenommene Energie wieder ab.



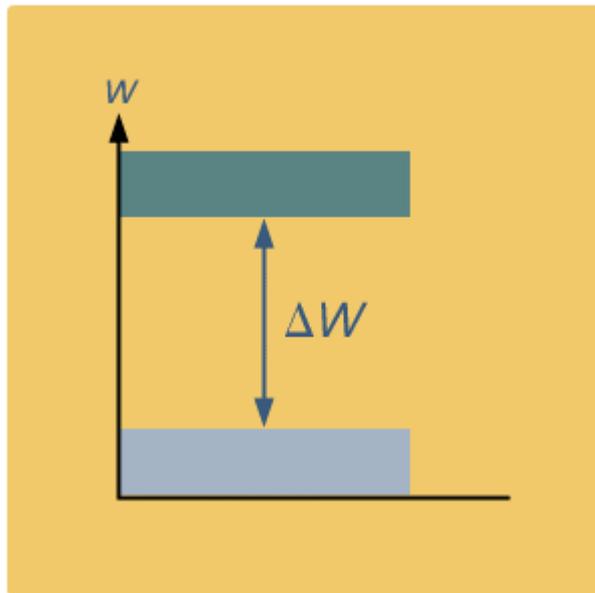
1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Bandabstand

Die Energiedifferenz zwischen den Bändern wird als Bandabstand bezeichnet.

Der Bandabstand zwischen Leitungs- und Valenzband ist für jedes Material charakteristisch und entscheidet, ob es sich um ein Metall (Leiter), einen Halbleiter oder einen Isolator handelt.

Der Energieunterschied des **Bandabstandes** ΔW wird in **Elektronenvolt (eV)** angegeben.



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Leiterarten

Metalle:

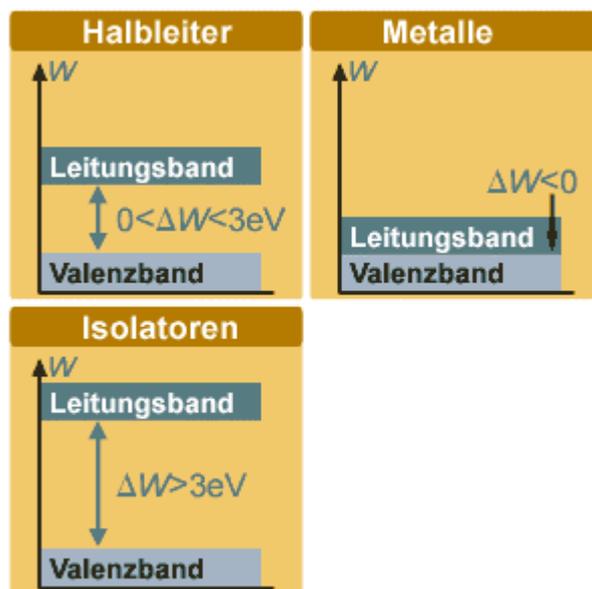
Leitungs- und Valenzband überlappen sich. Elektronen können frei zwischen beiden Bändern ohne Energiezufuhr wechseln.

Halbleiter:

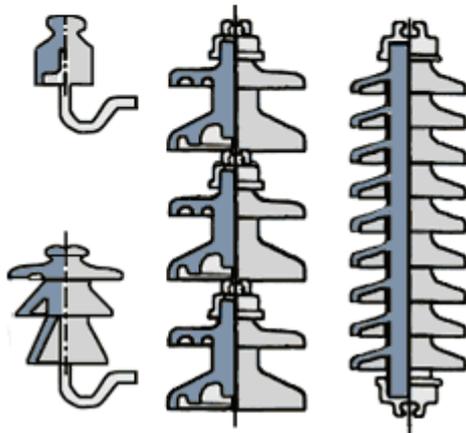
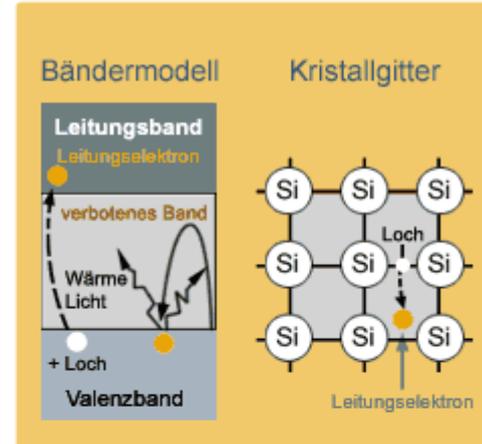
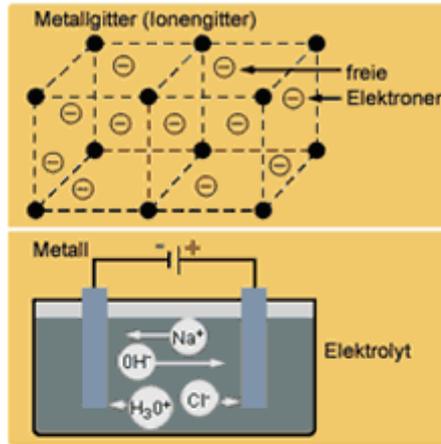
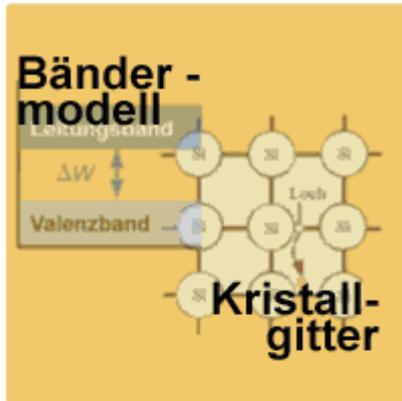
Der Bandabstand ist klein. Es ist nur wenig Energie zum Wechsel erforderlich. Bei sehr niedriger Temperatur befinden sich alle Elektronen im Valenzband (Isolator). Bei hohen Temperaturen sind alle im Leitungsband (metallischer Leiter).

Isolator:

Der Bandabstand ist so groß, dass die Elektronen ihn nicht überwinden können und alle im Valenzband verbleiben. Die Energie, die die Elektronen ins Leitungsband heben würde, führte zur Zerstörung des Werkstoffes!



2 Physikalische und elektrotechnische Größen
- Teil 2



Supraleiter
Absoluter Nullpunkt = $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$

Interaktionsfragen

- *Wodurch unterscheiden sich Metalle von Halbleitern?*
- *Von was hängt die Leit- bzw. Nichtleitfähigkeit von Festkörpern ab?*
- *Was versteht man unter einem Supraleiter?*

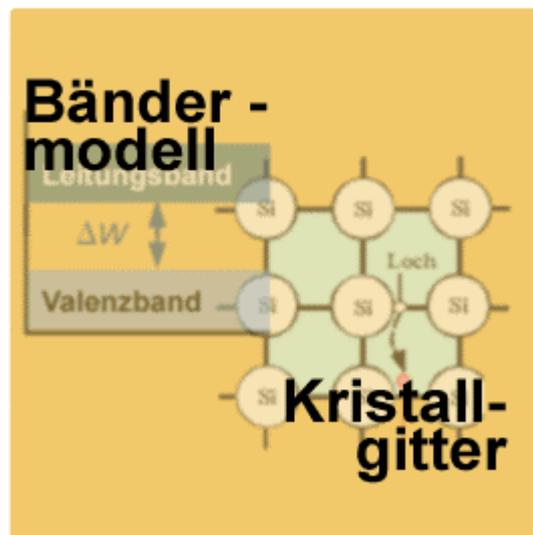
Es gibt unterschiedliche Stoffe, die den Strom gut oder weniger gut leiten. Deshalb unterteilt man diese Stoffe nach ihrer Leitfähigkeit in verschiedene Kategorien ein.

Definition

Die Leitfähigkeit von Festkörpern hängt von der Menge an frei beweglichen Ladungsträgern (meist Elektronen) ab. Je größer der Bandabstand des Stoffes wird, umso schlechter leitet er den elektrischen Strom.

Stoffe, die viele freie Elektronen besitzen, leiten den Strom gut. Sie werden Leiter genannt. Sie haben einen sehr niedrigen Widerstand.

Stoffe, die den elektrischen Strom schlecht leiten, werden als Nichtleiter oder Isolatoren bezeichnet. Sie besitzen einen sehr großen Widerstand.

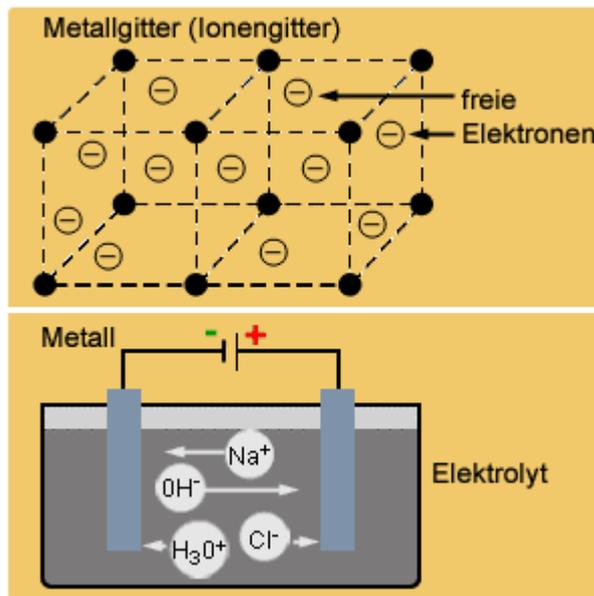


Leiter

Metalle besitzen eine große Zahl freier Elektronen. Ihre Leitfähigkeit ist daher sehr groß. Die Leitfähigkeit nimmt mit steigender Temperatur ab, da die Atome immer mehr in Schwingung geraten und damit die Elektronen auf ihrem Weg durch Zusammenstöße hemmen.

Bei **Elektrolyten** basiert die Leitfähigkeit auf der Konzentration von gelösten positiven und negativen Ionen. Im Gegensatz zu den Metallen nimmt die Leitfähigkeit mit steigender Temperatur zu, da immer Ionen gelöst werden können und somit mehr frei bewegliche Ladungsträger zur Verfügung stehen. Gut leitfähige Elektrolyte erreichen die Leitfähigkeit von schlecht leitenden Metallen.

1 - Grundlagen der Elektrotechnik

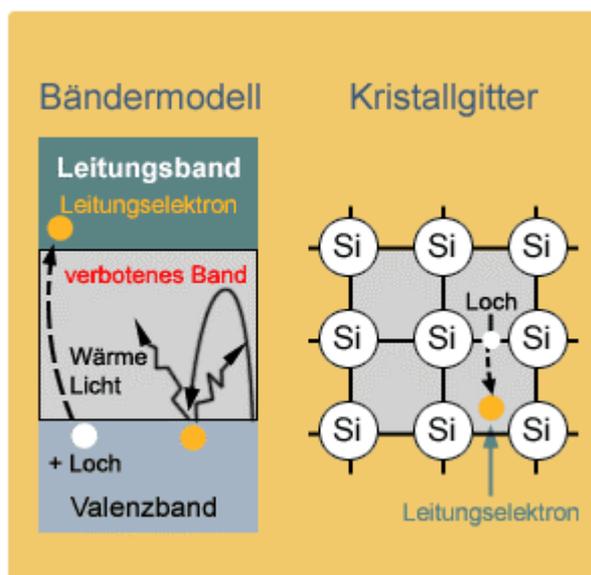


Halbleiter

Halbleiter sind bei tiefen Temperaturen Nichtleiter. Ihr Leitungsband ist leer. Zwischen dem Valenzband und dem Leitungsband besteht ein niedriger Energiebandabstand.

Durch Energiezufuhr (Wärme, Licht, ...) können Elektronen aus dem Valenzband ins Leitungsband gehoben werden. Bei Raumtemperatur ist die vorhandene Wärmeenergie ausreichend, so dass eine geringe Zahl Elektronen ins Leitungsband wechseln kann.

Es entstehen Ladungspaare aus negativen Leitungselektronen (Leitungsband) und positiven Defektelektronen (Valenzband). Beide sind frei beweglich.



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

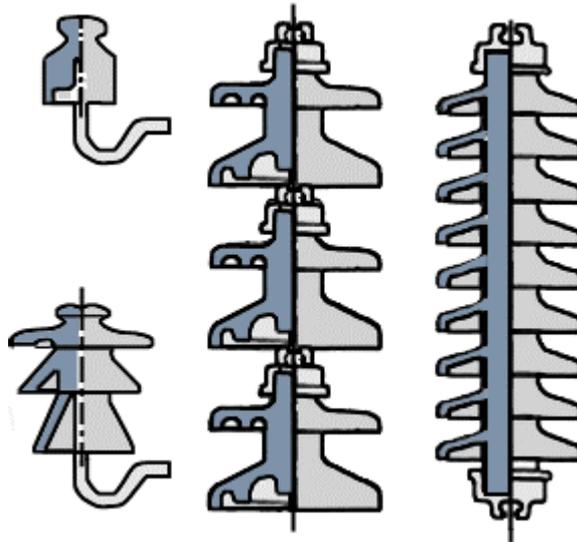
Isolatoren

Bei Isolatoren ist der Bandabstand so groß, was den Wechsel von Elektronen aus dem Valenzband ins Leitungsband nahezu unmöglich macht. Natürlich sind einige wenige Leitungselektronen vorhanden, die die Isolationsfehlströme ermöglichen.

Das Isolationsvermögen des Stoffes nimmt mit steigender Temperatur ab!

Wird die Energiezufuhr so groß, dass Elektronen ins Leitungsband gelangen könnten, so führt dies zur Zerstörung des Isolators. Auch ein Wechsel des Aggregatzustandes wie Aufschmelzen ist möglich.

Zu den Isolierstoffen gehören Glas, Keramik und Kunststoffe.



Supraleiter

Die optimale Form eines Leiters besteht darin, dass kein elektrischer Widerstand vorhanden ist.

Einige Materialien verlieren in der Nähe des absoluten Nullpunktes von -273°C ihren elektrischen Widerstand nahezu vollständig. Sie werden daher als supraleitend bezeichnet. Die Temperatur, bei der der Leiterwerkstoff zum Supraleiter wird, nennt man Sprungtemperatur, da der Wechsel schlagartig erfolgt.

Technische Supraleiter haben heute eine Sprungtemperatur von nahe -90°C !

(Absolut-Temperaturskala: Gleicher Temperaturschritt wie Celsius-Skala, aber mit dem thermischen Nullpunkt als Nullpunkt: $1^{\circ}\text{C} = 1\text{K}$ (Kelvin)).

Supraleiter

Absoluter Nullpunkt = -273°C

Es gibt unterschiedliche Stoffe, die den Strom gut oder weniger gut leiten. Deshalb unterteilt man diese unterschiedlichen Stoffe, nach ihrer Leitfähigkeit in verschiedene Kategorien.

Halbleiter

Halbleiter sind bei tiefen Temperaturen Nichtleiter. Ihr Leitungsband ist leer. Zwischen dem Valenzband und dem Leitungsband besteht ein niedriger Energiebandabstand.

Durch Energiezufuhr (Wärme, Licht, ...) können Elektronen aus dem Valenzband ins Leitungsband gehoben werden. Bei Raumtemperatur ist die vorhandene Wärmeenergie ausreichend, so dass eine geringe Zahl Elektronen ins Leitungsband wechseln kann.

Es entstehen Ladungspaare aus negativen Leitungselektronen (Leitungsband) und positiven Defektelektronen (Valenzband). Beide sind frei beweglich.

Durch Einbau von Fremdatomen (dotieren) kann man die Zahl der freien Elektronen, bzw. Defektelektronen überhöhen.

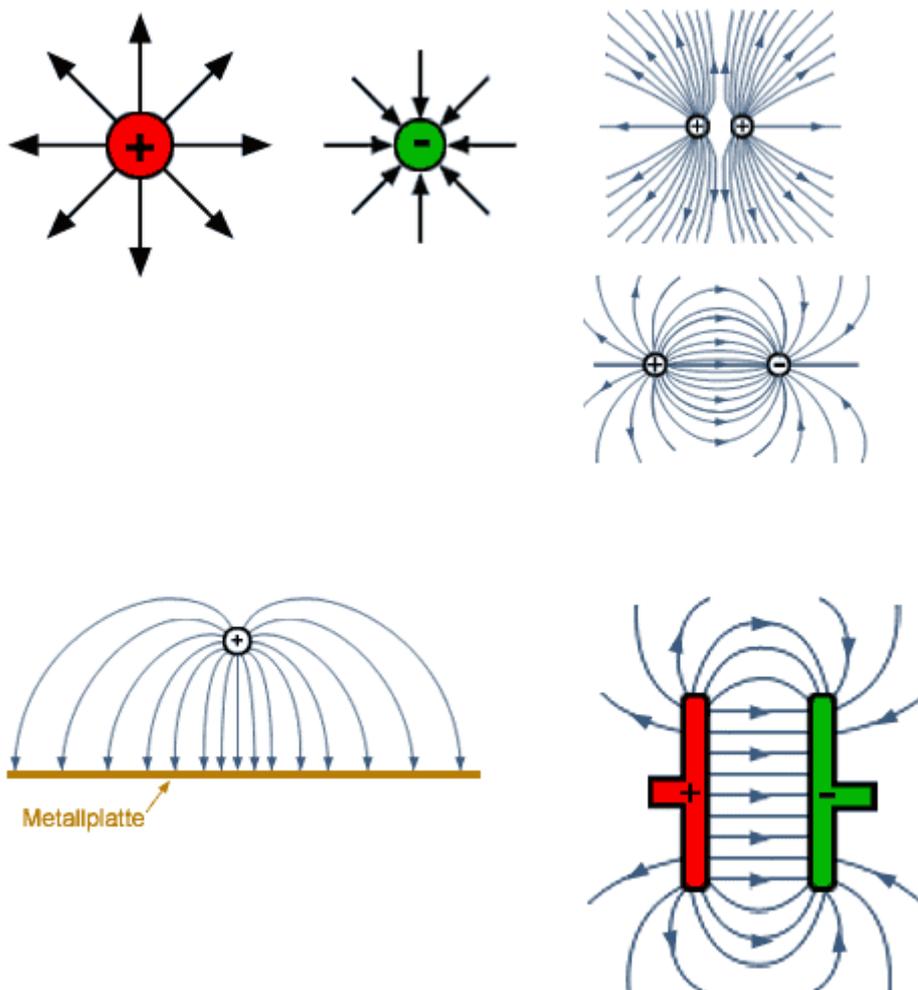
N-Leiter:

Einbau von Atomen mit fünf Außenelektronen – Elektronenüberschuss – Elektronenzahl wird überhöht.

P-Leiter:

Einbau von Atomen mit drei Außenelektronen – Elektronenmangel – Überhöhung der Zahl der positiven Defektelektronen (Löcher).

Halbleiteratome haben vier Außenelektronen.



Interaktionsfragen

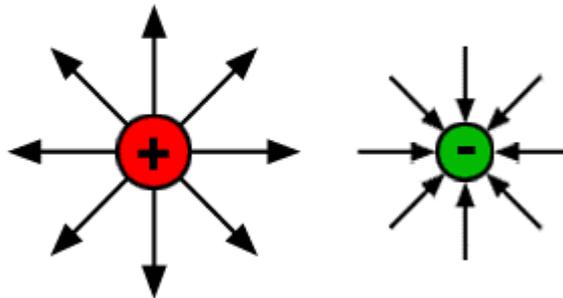
- *Was verursacht ein elektrisches Feld?*
- *Was passiert, wenn gleichnamige bzw. ungleichnamige Ladungen aufeinander wirken?*
- *Wie wirkt das elektrische bei Isolator, bzw. bei Metallen?*

Jede elektrische Ladung baut um sich herum ein elektrisches Feld (E-Feld) auf. Das Feld beginnt grundsätzlich auf der positiven und endet auf der negativen Ladung. Nur elektrisch neutrale Körper haben um sich herum kein elektrisches Feld.

Definition

Das Feld wird hinsichtlich Richtung, Form und Verteilung durch Feldlinien symbolhaft dargestellt! Das Feld versucht, sich immer so auszurichten, dass der Feldverlauf möglichst geradlinig parallel mit gleichmäßiger Dichte erfolgt. Ist dies nicht gegeben, wirken Kräfte, die versuchen diesen Zustand herzustellen!

Im E-Feld wirken Kräfte auf elektrische Ladungen. Es wird versucht, die elektrische Ladung in Richtung des Feldes zu bewegen.

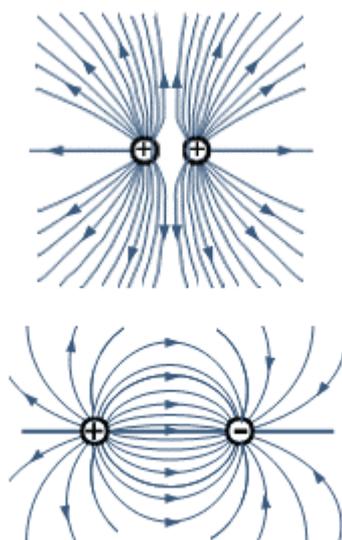


Feldform:
Punkt - Punkt

Der Feldverlauf soll geschlossen sein. Dies ist aber nur möglich, wenn sich ungleichnamige Ladungen (+ und -) gegenüber liegen. Es kommt zur Anziehung, da ein möglichst kurzer Feldverlauf angestrebt wird.

Stehen sich gleichnamige Ladungen (+ und +, bzw. - und -) gegenüber, so kommt es zur Abstoßung. Das Feld kann auf der jeweils gegenüberliegenden Ladung nicht enden. Auch liegt ein stark ungleichmäßiger Feldverlauf vor.

Diese Feldform tritt auch bei parallelen Leitern auf!

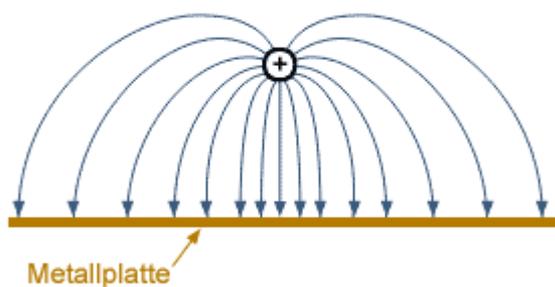


Feldform:
Punkt - Platte

Das ist das elektrische Feld, wie es beispielsweise bei Freileitungen gegenüber Erde oder Leitern gegenüber der Abschirmung auftritt.

Der Raum hinter der leitfähigen Platte ist feldfrei: **Abschirmung**.

Die Abschirmung wirkt um so besser, je leitfähiger das Material ist.

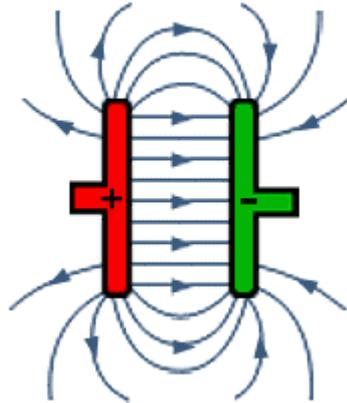


1 - Grundlagen der Elektrotechnik

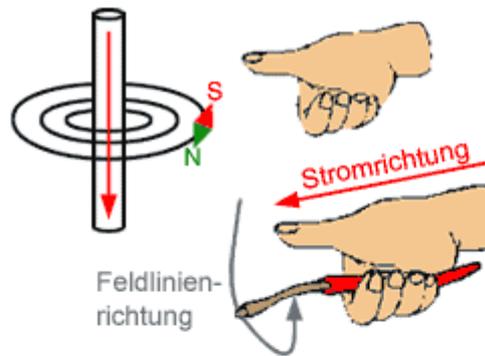
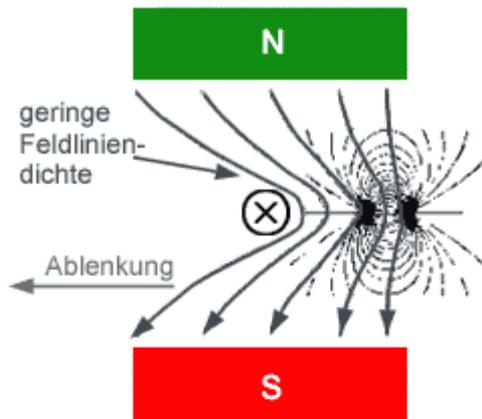
Feldform:
Platte - Platte

Diese Feldform tritt zwischen den gegensätzlich geladenen Platten eines Kondensators auf.

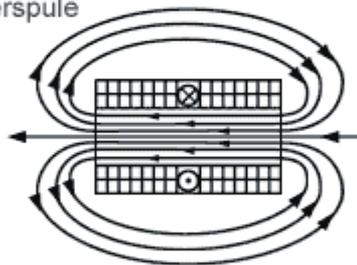
Das geradlinig gleichmäßige parallele Feld zwischen den Platten wird als **homogen** bezeichnet!



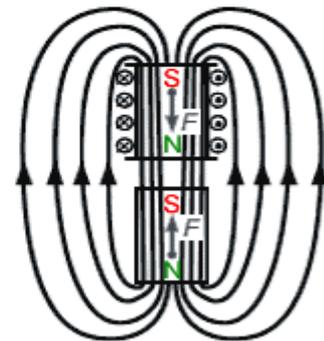
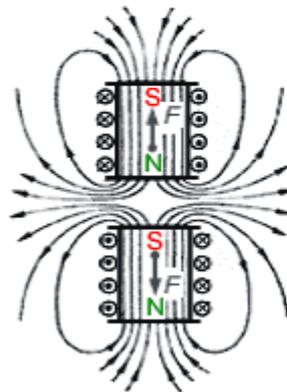
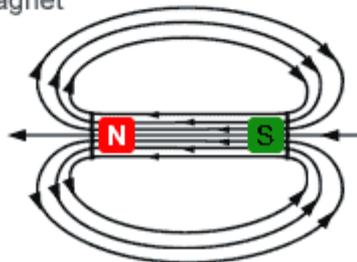
2 Physikalische und elektrotechnische Größen
- Teil 2



Zylinderspule



Stabmagnet



Interaktionsfragen

- Wann entsteht ein magnetisches Feld?
- Was passiert, wenn parallele Leiter gleichsinnig bzw. gegensinnig durchflossen werden?
- Was entsteht, wenn in einen Magneten eine Spule eingeführt wird?

Wird ein Leiter von Strom durchflossen, so baut er um sich ein konzentrisches Magnetfeld auf. Je größer der Strom, um so stärker das Magnetfeld!

Definition

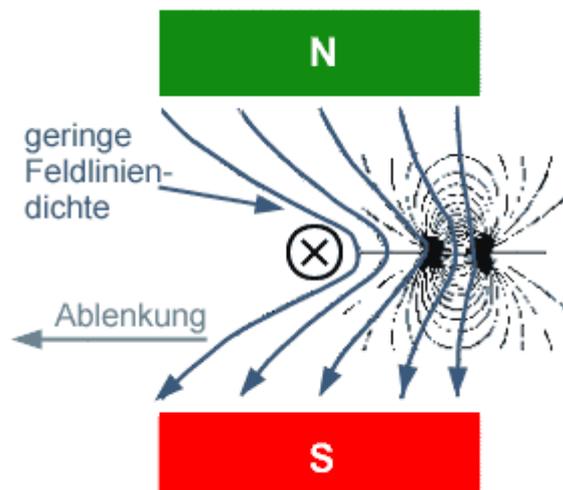
Jeder elektrische Strom erzeugt ein magnetisches Feld.

Werden parallele Leiter gleichsinnig vom Strom durchflossen, dann ziehen sie sich an. Werden parallele Leiter dagegen vom Strom gegensinnig durchflossen, dann stoßen sie sich ab.

Wird in eine Spule ein Magnet eingeführt, so entsteht durch Induktion eine Spannung. Die induzierte Spannung ist um so höher, je mehr Windungen die Spule hat, je stärker der Magnet ist und je schneller er durch die Spule geführt wird.

Allgemein:

Je größer die Änderung des magnetischen Flusses pro Zeiteinheit wird, desto größer ist die induzierte Spannung!



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

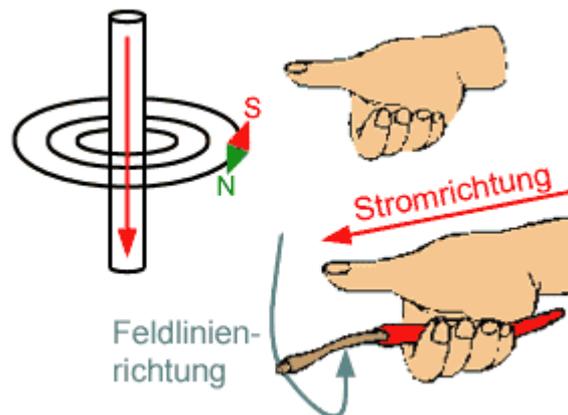
In welche Richtung wirkt ein Magnetfeld?

Um festzustellen, in welche Richtung ein Magnetfeld¹ wirkt, gibt es eine einfache Regel:

Man umfasst mit der rechten Hand den Leiter und zeigt mit dem Daumen in Richtung des Stromflusses. Die restlichen Finger umschließen den Leiter und zeigen in Richtung des Magnetfeldes.

„Rechte-Hand-Regel“

Der Feldverlauf des magnetischen Feldes (M-Feld) wird symbolisch durch **Feldlinien**² dargestellt. Die Feldlinien geben Form, Richtung und Dichte des Feldes an.



Selbstinduktion

Hier ist die Spule gleichzeitig Primär- und Sekundärspule. D.h., das von der Spule erzeugte Feld erreicht diese wieder und durchsetzt sie.

Ändert sich der Strom und damit das erzeugte Magnetfeld in der Spule, dann wird in ihr eine Spannung erzeugt, die versucht, der Ursache (der Änderung) entgegen zu wirken.

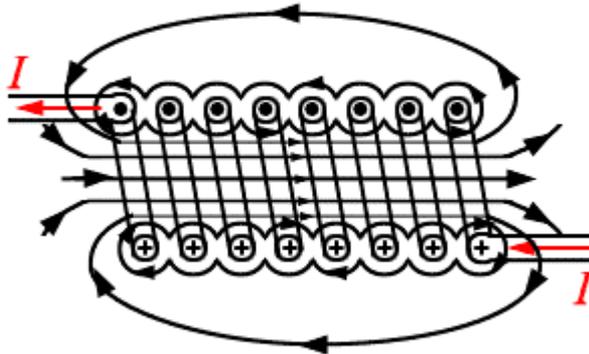
Beispiel:

Beim Unterbrechen des Gleichstromes durch eine Spule mittels Schalter, ändert sich der magnetische Fluss in der Spule und es wird in ihr eine Spannung induziert. Wegen der entstehenden z.T. recht hohen Spannung entsteht an den Schaltkontakten ein **Funkenüberschlag**³.

¹ Man kann die Feldlinien mit gespannten Gummifäden vergleichen, da das Feld einen möglichst gleichmäßigen geradlinigen Verlauf anstrebt. Wird dies gestört, wirken Kräfte zwischen den beteiligten Magnetfeldern.

² Das Magnetfeld um stromdurchflossene Leiter hat die Form konzentrischer Kreise.

³ Die Spule versucht den ursprünglich durch sie fließenden Strom bei Unterbrechung aufrecht zu erhalten. Sie induziert daher die Spannung. Die erforderliche Energie wird dem magnetischen Feld entnommen.



Feldbild Spule/Stabmagnet

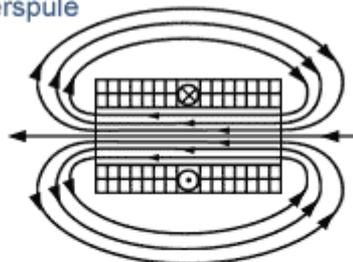
Das Feldbild von stromdurchflossener Spule und Stabmagnet ist prinzipiell gleich.

Innerhalb der Spule ist das Feld gleichmäßig geradlinig parallel, d.h. **homogen**.

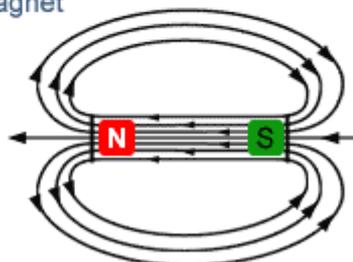
Der Feldaustritt wird als **Nordpol (N)** und der Feldeintritt als **Südpol (S)** bezeichnet.

Das Magnetfeld ist in sich geschlossen, d.h. es hat weder Anfang noch Ende.

Zylinderspule



Stabmagnet

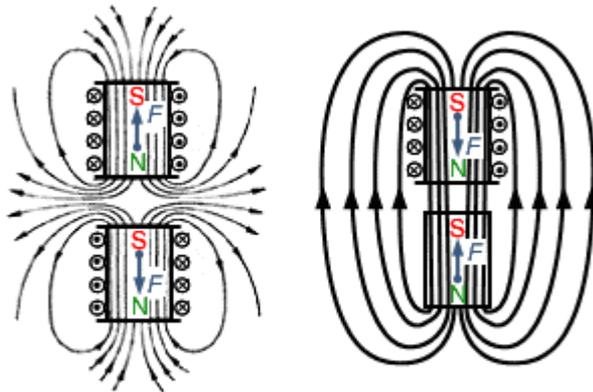


Kräftwirkungen

Ähnlich wie beim elektrischen Feld treten beim magnetischen Feld Kräftewirkungen auf. Es stoßen sich gleiche magnetische Pole ab – ungleiche Pole ziehen sich an.

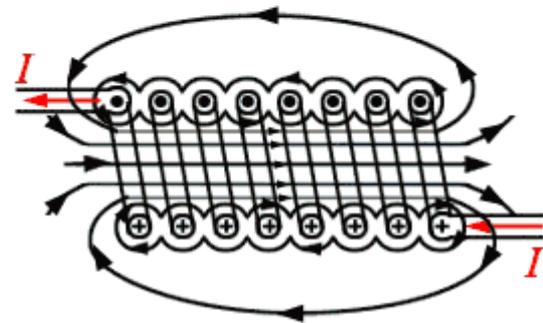
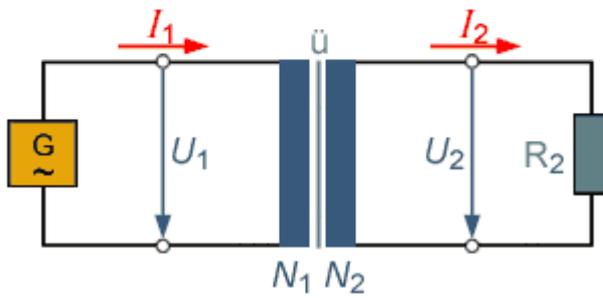
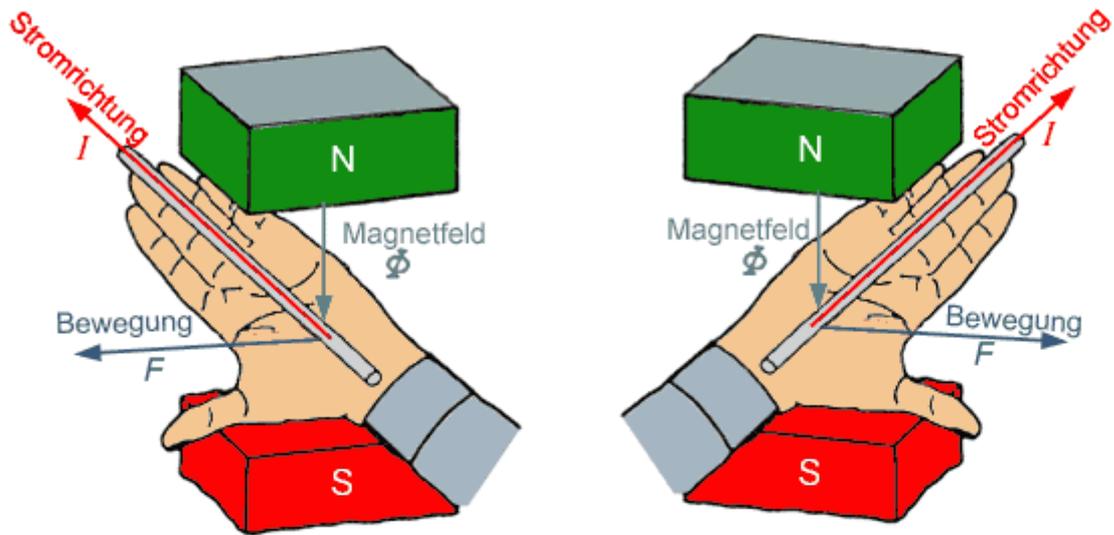
Hinzu kommt noch, dass das Magnetfeld versucht, ferromagnetische (Eisen-) Werkstoffe in sich hineinzuziehen. Auch bevorzugt das Feld den Weg durch ferromagnetische Stoffe. Dies wird für die **Abschirmung** von Magnetfeldern genutzt.

Zur Abschirmung von elektrischen und magnetischen Feldern ist z.B. ein versilbertes oder verzinktes Eisenblech gut geeignet!



2.5 Anwendung Magnetisches Feld

2 Physikalische und elektrotechnische Größen
- Teil 2



Wird ein Leiter von Strom durchflossen, so baut er um sich ein konzentrisches Magnetfeld auf. Je größer der Strom, um so stärker das Magnetfeld!

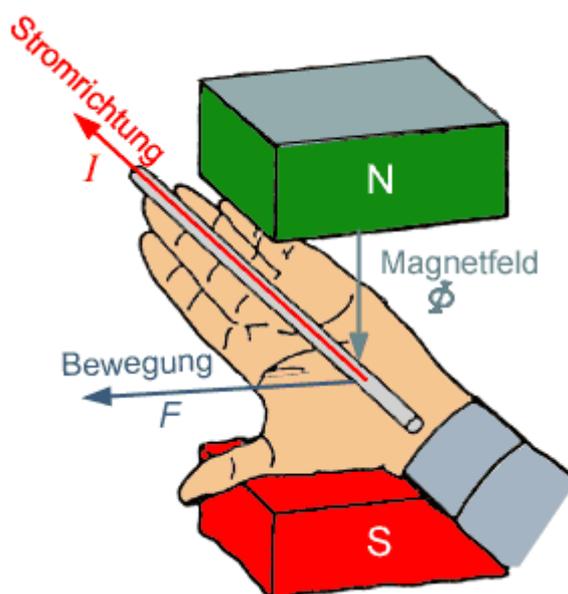
Motorprinzip

Befindet sich ein stromdurchflossener Leiter in einem Magnetfeld, so versucht das Feld, den Leiter mit seinem eigenen Feld (Feldstörung) aus sich heraus zu drücken. Es entsteht eine Bewegung.

Die Richtung der Bewegung wird durch die sogenannte

"Linke-Hand-Regel"

beschrieben. Das Magnetfeld tritt in die Handfläche der linken Hand ein, die Finger weisen in die Stromflussrichtung im Leiter. Der abgepreizte Daumen gibt dann die Bewegungsrichtung an.



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Generatorprinzip

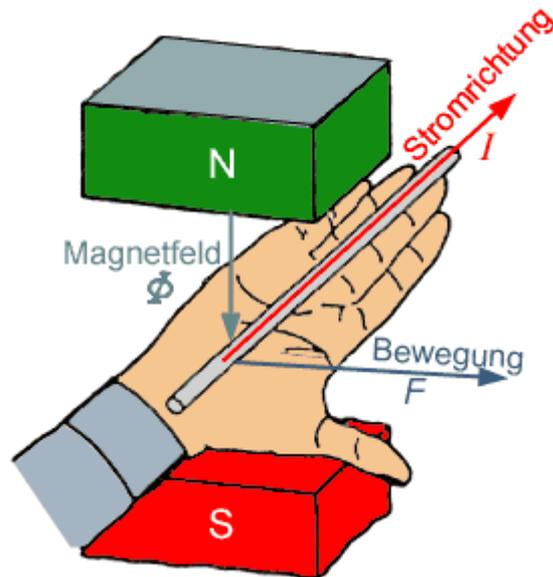
Wenn man einen stromfreien Leiter durch ein magnetisches Feld bewegt, wird in ihm ein Strom induziert. Der entstehende Strom / die Spannung ist abhängig von der Stärke des vorhandenen Magnetfeldes und der Bewegungsgeschwindigkeit.

Grundsätzlich gilt: "Je schneller, um so größer".

Für das Generatorprinzip gibt es eine eigene

"Rechte-Hand-Regel".

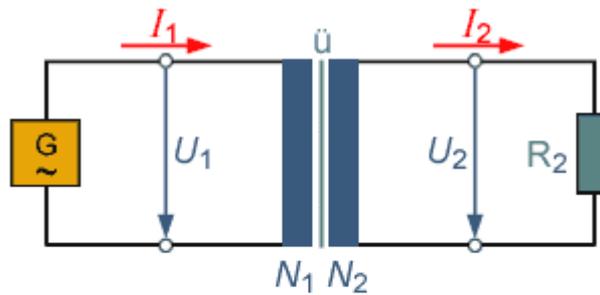
In die Handfläche tritt das Feld ein, der abgespreizte Daumen weist in Bewegungsrichtung. Die gestreckten Finger geben die entstehende Stromrichtung an.



Transformatorprinzip

Eine stromdurchflossene Spule erzeugt ein Magnetfeld. Befindet sich eine zweite Spule in diesem Feld, dann findet in der zweiten Spule keine Induktion statt, wenn es sich um das Feld eines Gleichstromes handelt. Handelt es sich aber um das sich ständig ändernde Feld eines Wechselstromes, so erfolgt in der zweiten Spule Strominduktion. Der Vorgang wird durch einen gemeinsamen Eisenkern in den beiden Spulen verbessert.

Die fließenden Ströme und die entstehenden Spannungen sind abhängig von den **Windungszahlen** N_1 und N_2 der beiden Spulen: Die felderzeugende Spule heißt beim Transformator Primärwicklung – die Sekundärwicklung ist die Spule, in der induziert wird.



$$\dot{U} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

2 Physikalische und elektrotechnische Größen
- Teil 2

Überprüfen Sie das angeeignete Wissen, indem Sie den folgenden Selbsttest lösen.



Sie sollen bei normaler Temperatur (20 °C) einen Leiter wählen, der den Strom gut leitet.

- **Aus welchem Stoff soll der Leiter sein?**
- **Dieser Leiter wird dann in einem geschlossenen Stromkreis verwendet. Was können Sie über sein Magnetfeld berichten?**
- **Wenn man zu diesem stromdurchflossenen Leiter nun einen Leiter legt, in dem der Strom entgegengesetzt fließt, was können Sie beobachten?**

Bitte verwenden Sie für Ihren Lösungsvorschlag das vorbereitete Antwortdokument.

3 Grundsaltungen der Elektrotechnik

Kapitelbezogene Eingangsfragen:

Was bezeichnet man als Reihenschaltung?

Wie verhalten sich Ströme und Widerstände in einer Parallelschaltung?

Themen:

3.1.0 Reihenschaltung (1)

3.1.1 Reihenschaltung (2)

3.1.2 Reihenschaltung in einer Beispielanwendung (3)

3.2.0 Parallelschaltung (1)

3.2.1 Parallelschaltung (2)

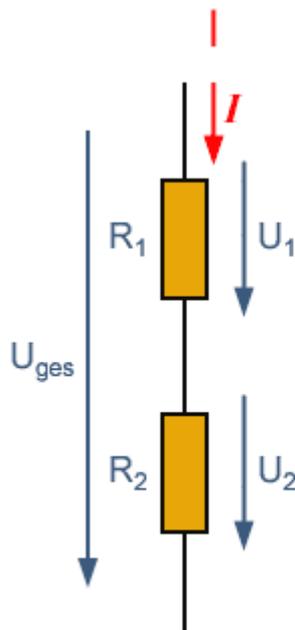
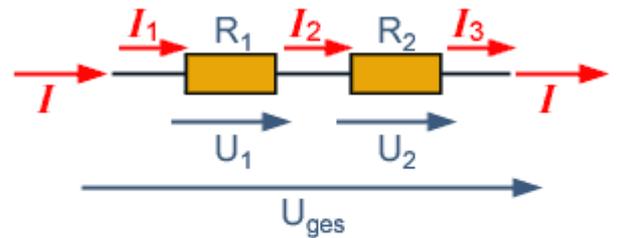
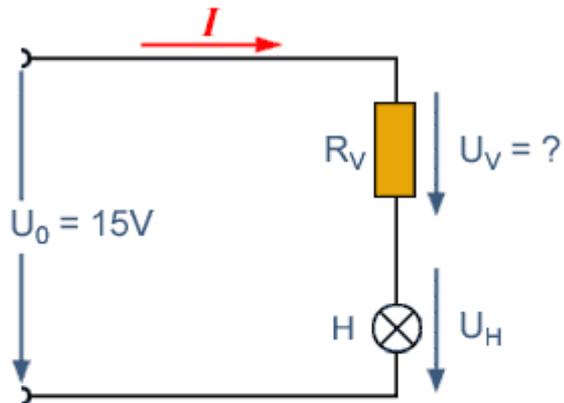
3.2.2 Parallelschaltung in einer Beispielanwendung (3)

3.3 Spannungsteiler

3.4 Schaltungen von Spannungsquellen

3.5 Selbsttest 4

3 Grundsaltungen der Elektrotechnik



Interaktionsfragen

- Was bezeichnet man als Reihenschaltung?
- Nennen Sie die 2. Kirchhoffsche Regel!
- Wie ist das Strom- und Spannungsverhalten bei der Reihenschaltung?

In der Elektrotechnik werden typische Grundsaltungen betrachtet. Dabei bezeichnet man das Hintereinanderschalten von Bauteilen als Reihenschaltung.

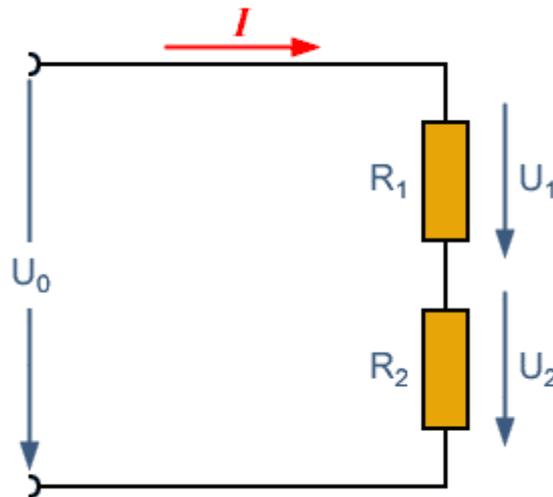
Darstellung

Die Reihenschaltung entsteht durch Zusammenschaltung von Erzeugern und Verbrauchern in einem Stromkreis hintereinander (in Reihe).

Ein typisches Beispiel ist die gängige Form der Christbaumbeleuchtung. Brennt eine Lampe durch, so ist die ganze Beleuchtung funktionsuntüchtig, da der Stromkreis unterbrochen ist.

Praktische Anwendung bei:

- Begrenzung von Strömen.
- Verwendung von Bauelementen, deren zulässige Betriebsspannung geringer ist als die Gesamtspannung.
- Messbereichserweiterung bei Spannungsmessgeräten.



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Strom- und Spannungsverhalten

Strom:

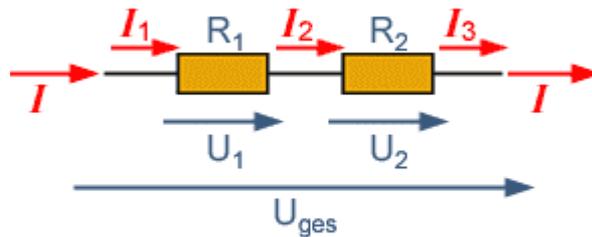
In der Reihenschaltung ist der Strom an jedem Punkt gleich groß.

$$I = I_1 = I_2 = \dots$$

Spannung:

Bei der Reihenschaltung ist die Summe der Teilspannungen, gleich der angelegten Gesamtspannung.

$$U_{\text{ges}} = U_1 + U_2 + \dots$$



Widerstandsverhalten

Ersatzwiderstand:

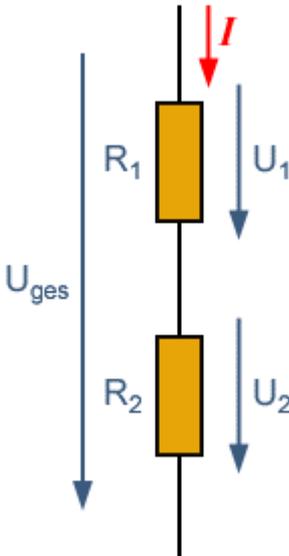
In der Reihenschaltung ist der Gesamtwiderstand (Ersatzwiderstand) so groß, wie die Summe der Einzelwiderstände (Teilwiderstände).

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + \dots$$

Spannungsteiler:

Bei der Reihenschaltung verhalten sich die (Teil-) Spannungen wie die zugehörigen Widerstände.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$



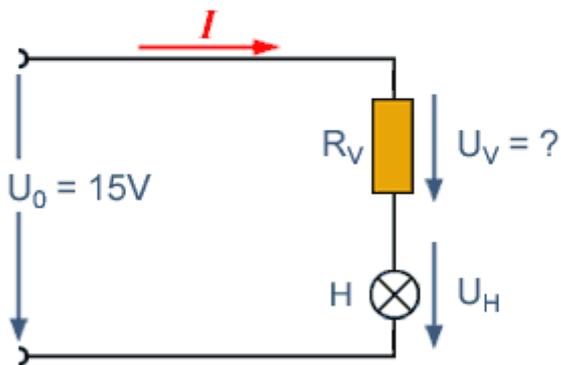
3 Grundsaltungen der Elektrotechnik

2. Kirchhoffsche Regel

$$U_{\text{ges}} = U_1 + U_2 + \dots + U_x$$

oder

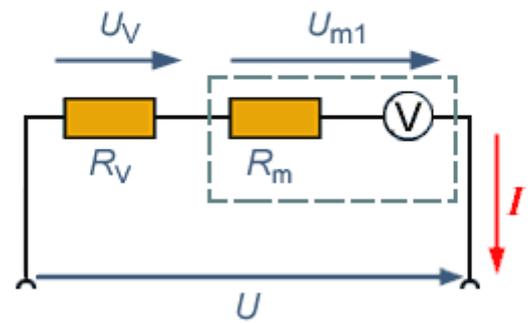
$$\Sigma U = 0$$



$$U_V = U_0 - U_H$$

$$I = \frac{P}{U_H}$$

$$R_V = \frac{U_V}{I}$$



$$U_V = U_{m2} - U_{m1}$$

$$R_V = \frac{U_V}{I_m}$$

$$R_V = \frac{U_{m2} - U_{m1}}{I_m}$$

In der Elektrotechnik werden typische Grundschaltungen betrachtet. Dabei bezeichnet man das Hintereinanderschalten von Bauteilen als Reihenschaltung.

2. Kirchhoffsche Regel

Maschenregel:

Die Summe aller eingespeisten Spannungen in einer Masche (geschlossener Stromkreis) ist gleich der Summe aller an den Verbrauchern anliegenden Spannungen.

Oder:

Die Spannungssumme in einem Stromkreis ist null!

2. Kirchhoffsche Regel

$$U_{\text{ges}} = U_1 + U_2 + \dots + U_x$$

oder

$$\sum U = 0$$

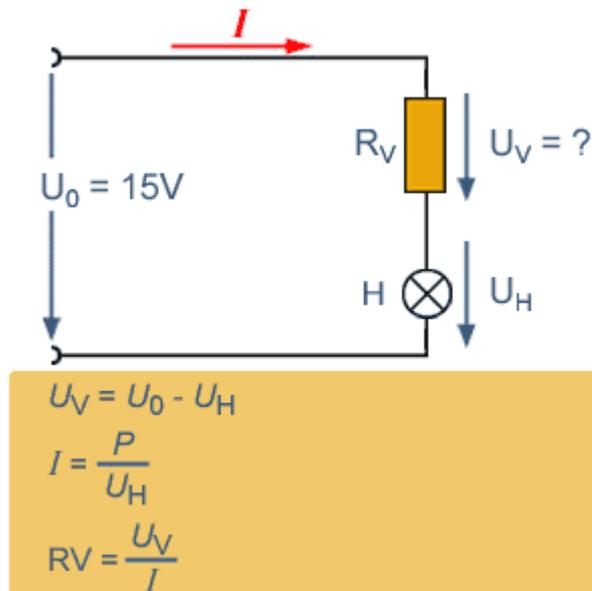
Vorwiderstand

Wenn ein Verbraucher an eine Betriebsspannung angeschlossen werden soll, die größer ist als seine Nennspannung, so muss ein Vorwiderstand in Reihe zu dem Verbraucher geschaltet werden. Am Vorwiderstand fällt die Differenz zwischen Betriebs- und Nennspannung ab!

Beispiel:

Es soll ein Signallämpchen H mit den Nenndaten 12V/2W in einem Netz mit der Betriebsspannung von 15V betrieben werden. Wie groß muß der Widerstand gewählt werden?

1 - Grundlagen der Elektrotechnik

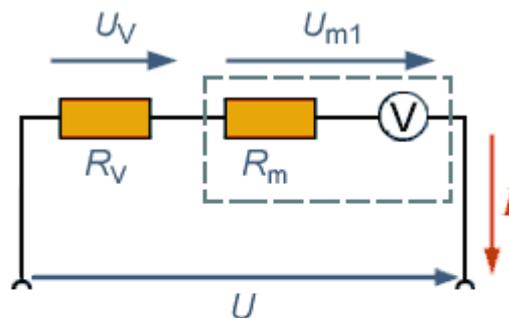


Messbereichserweiterung

Bei der Messbereichserweiterung eines Spannungsmessgerätes, muss der vorzuschaltende Widerstand wiederum die Spannung übernehmen, die über den Messbereichsendwert hinaus geht!

Beispiel:

Ein Spannungsmesser mit dem Messbereich bis 30V soll auf einen Messbereich bis 100V erweitert werden! Der Strom für Vollausschlag beträgt $30\mu A$.



$$U_V = U_{m2} - U_{m1}$$

$$R_V = \frac{U_V}{I_m}$$

oder

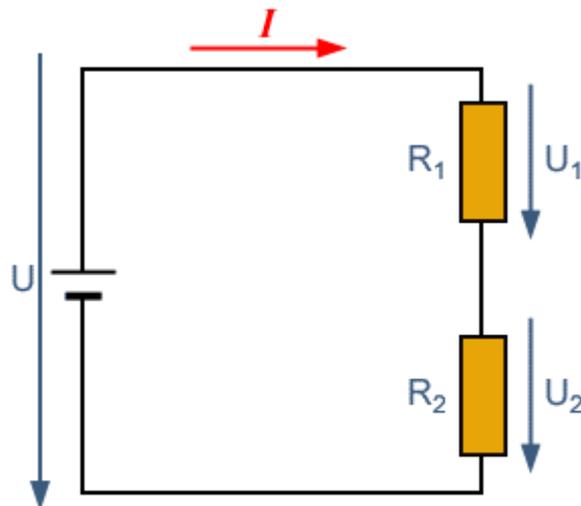
$$R_V = \frac{U_{m2} - U_{m1}}{I_m}$$

3 Grundsaltungen der Elektrotechnik

Diese Aufgaben sollen das erworbene Wissen prüfen und festigen!

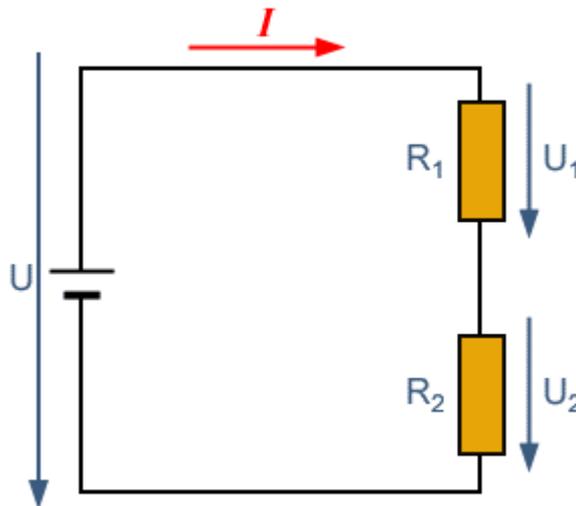
Aufgabenstellung:

Zwei Widerstände sind in Reihe an eine Spannungsquelle $U = 12\text{V}$ gelegt. Berechnen Sie den Ersatzwiderstand der Schaltung, die Stromstärke I und die Teilspannungen, wenn die Widerstände $R_1 = 50\Omega$ und $R_2 = 70\Omega$ betragen.



Diese Aufgaben sollen das erworbene Wissen prüfen und festigen!

Reihenschaltung Aufgabenstellung: Zwei Widerstände sind in Reihe an eine Spannungsquelle $U = 12\text{V}$ gelegt. Berechnen Sie den Ersatzwiderstand der Schaltung, die Stromstärke I und die Teilspannungen, wenn die Widerstände $R_1 = 50\Omega$ und $R_2 = 70\Omega$ betragen.



Berechnung des Ersatzwiderstandes R

$$\begin{aligned} R &= R_1 + R_2 \\ R &= 50 \Omega + 70 \Omega \\ R &= 120 \Omega \end{aligned}$$

Berechnung des Stromes I

$$\begin{aligned} I &= \frac{U}{R} \\ I &= \frac{12 \text{ V}}{120 \Omega} \\ I &= 0,1 \text{ A} \end{aligned}$$

Berechnung der Teilspannung U_1

$$\begin{aligned} U_1 &= R_1 \cdot I \\ U_1 &= 50 \Omega \cdot 0,1 \text{ A} \\ U_1 &= 5 \text{ V} \end{aligned}$$

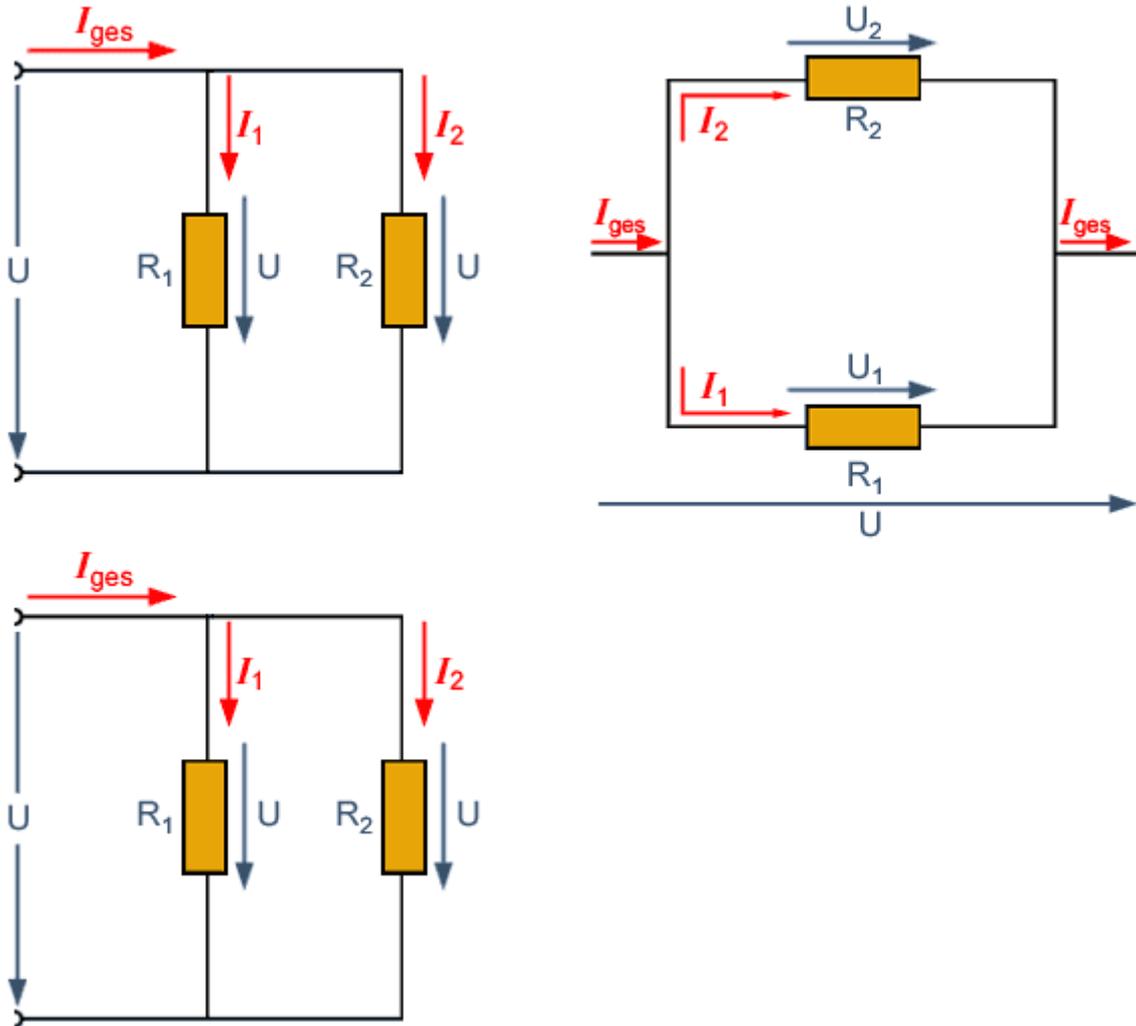
Berechnung der Teilspannung U_2

$$\begin{aligned} U_2 &= R_2 \cdot I \\ U_2 &= 70 \Omega \cdot 0,1 \text{ A} \\ U_2 &= 7 \text{ V} \end{aligned}$$

Die Lösung ist:

$$\begin{aligned} U &= U_1 + U_2 \\ U_2 &= U - U_1 \\ U_2 &= 12 \text{ V} - 5 \text{ V} \end{aligned}$$

3 Grundsaltungen der Elektrotechnik



Interaktionsfragen

- *Nennen Sie die 1. Kirchhoffsche Regel!*
- *Wie verhalten sich Ströme und Widerstände in einer Parallelschaltung?*
- *Wann spricht man von einer Parallelschaltung?*

Wenn Verbraucher mit gleichartigen Anschlüssen miteinander verbunden sind, dann spricht man von einer Parallelschaltung.

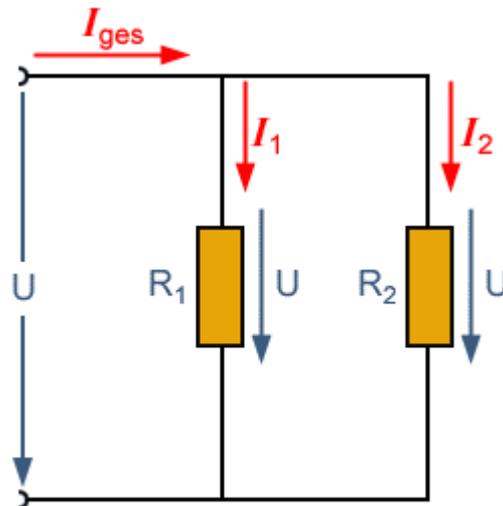
Darstellung

Bei der Parallelschaltung sind alle Erzeuger und Verbraucher im Stromkreis nebeneinander (parallel) geschaltet.

Ein typisches Beispiel ist die Elektro-Hausinstallation. Auch beim Ausschalten / Defekt eines Gerätes bleiben die anderen angeschlossenen Verbraucher noch funktionsfähig.

Praktische Anwendung:

- Anschluss von Verbrauchern an das Stromnetz.
- Vorbeileiten eines Teils des Gesamtstromes, wenn der Verbrauch nicht für einen so hohen Strom ausgelegt ist.
- Messbereichserweiterung von Strommessgeräten.



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

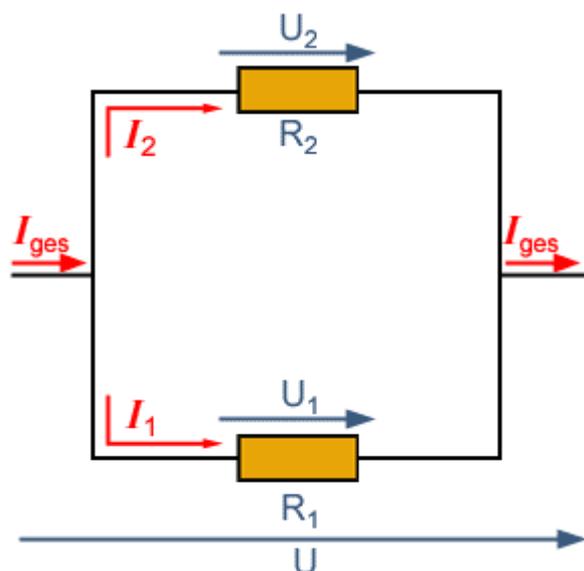
Spannungs- und Stromverhalten

Spannung:
Bei der Parallelschaltung liegt an allen Verbrauchern die gleiche (Erzeuger-) Spannung U an.

$$U_{\text{ges}} = U_1 = U_2 = \dots$$

Strom:
Der Gesamtstrom ist bei der Parallelschaltung gleich der Summe der Teilströme.

$$I_{\text{ges}} = I_1 + I_2 + \dots$$



Widerstandsverhalten

Bei der Parallelschaltung⁴ ergibt sich der Gesamtwiderstand aus der Summe der Einzelleitwerte:

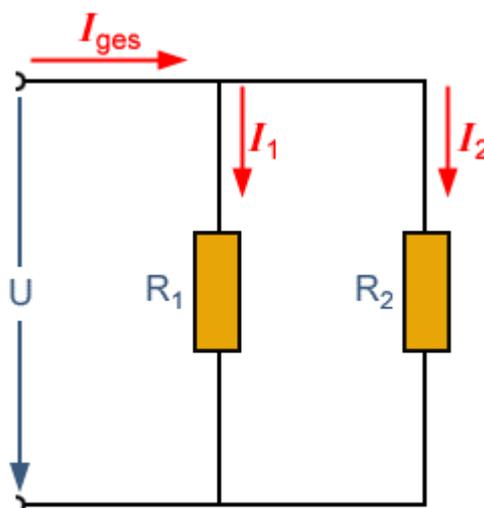
$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

oder⁵

$$G_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + \dots$$

Sonderfall für zwei parallele Widerstände:

$$R_{\text{ges}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$



⁴ Bei der Parallelschaltung ist der Ersatzwiderstand kleiner als der kleinste Teilwiderstand!

⁵ Stromteiler: Bei der Parallelschaltung verhalten sich die Teilströme umgekehrt wie die zugehörigen Widerstände oder gleich wie die entsprechenden Leitwerte.

Parallelschaltung

Bei der Parallelschaltung ergibt sich der Gesamtwiderstand aus der Summer der Einzelleitwerte.

$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

Oder

$$G_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + \dots$$

Sonderfall für zwei parallele Widerstände:

$$R_{\text{ges}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Wichtig:

Bei der Parallelschaltung ist der Ersatzwiderstand kleiner als der kleinste Teilwiderstand!

Stromteiler:

Bei der Parallelschaltung verhalten sich die (Teil-) Ströme umgekehrt wie die zugehörigen Widerstände oder gleich wie die entsprechenden Leitwerte.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{G_1}{G_2}$$

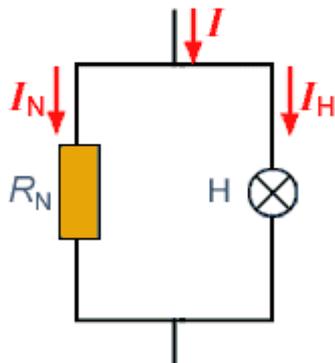
3 Grundsaltungen der Elektrotechnik

1. Kirchhoffsche Regel

$$I_{\text{ges}} = I_1 + I_2 + \dots + I_x$$

oder

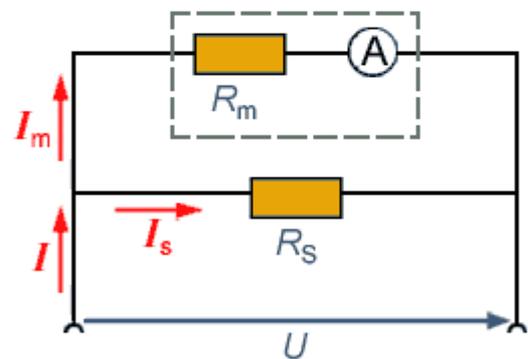
$$\sum I_{\text{zu}} = \sum I_{\text{ab}}$$



$$I_H = \frac{P}{U_H}$$

$$I_N = I - I_H$$

$$R_N = \frac{U_H}{I_N}$$



$$I_s = I - I_m$$

$$R_s = \frac{U}{I_s}$$

oder

$$R_s = \frac{U}{I - I_m}$$

Wenn Verbraucher mit gleichartigen Anschlüssen miteinander verbunden sind, dann spricht man von einer Parallelschaltung.

1. Kirchhoffsche Regel

"Knotenregel":

In einem Knotenpunkt innerhalb einer Schaltung ist die Summe der zufließenden Ströme, gleich der Summe der abfließenden Ströme.

Oder:

Die Stromsumme im Knoten ist gleich null!

1. Kirchhoffsche Regel

$$I_{\text{ges}} = I_1 + I_2 + \dots + I_x$$

oder

$$\sum I_{\text{zu}} = \sum I_{\text{ab}}$$

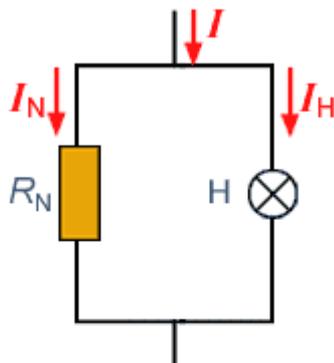
1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Nebenwiderstand

In einem Stromkreis soll ein bestimmter Strom fließen. Wird in dem Kreis ein Verbraucher eingefügt, dessen Strombedarf geringer ist als der Kreisstrom, muss mittels Nebenwiderstand der überschüssige Strom an dem Verbraucher vorbeigeleitet werden.

Beispiel:

Ein Lämpchen mit den Daten 12V/2W ist in einem Stromkreis mit 1,2A zu betreiben. Wie groß ist der benötigte Nebenwiderstand?



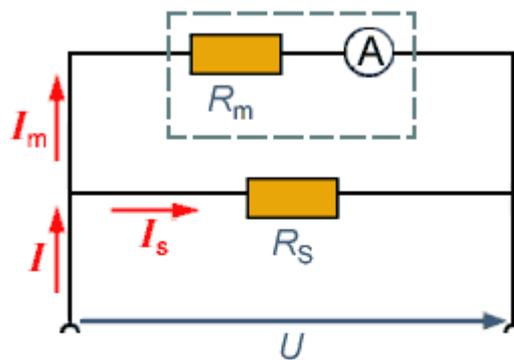
$$I_H = \frac{P}{U_H}$$
$$I_N = I - I_H$$
$$R_N = \frac{U_H}{I_N}$$

Messbereichserweiterung

Bei der Bereichserweiterung eines Strommessers, muss der parallel zu schaltende Widerstand den überschüssigen Strom, der über den Messstrom des Messwerks hinausgeht, an diesem vorbei leiten. Ein solcher Widerstand wird auch als "Shunt" bezeichnet.

Beispiel:

Ein Strommessgerät mit einem Messbereich bis 1mA soll auf einen Messbereich von 1A erweitert werden! Die Spannung am Messwerk für Vollausschlag beträgt 100mV.



$$I_s = I - I_m$$

$$R_s = \frac{U}{I_s}$$

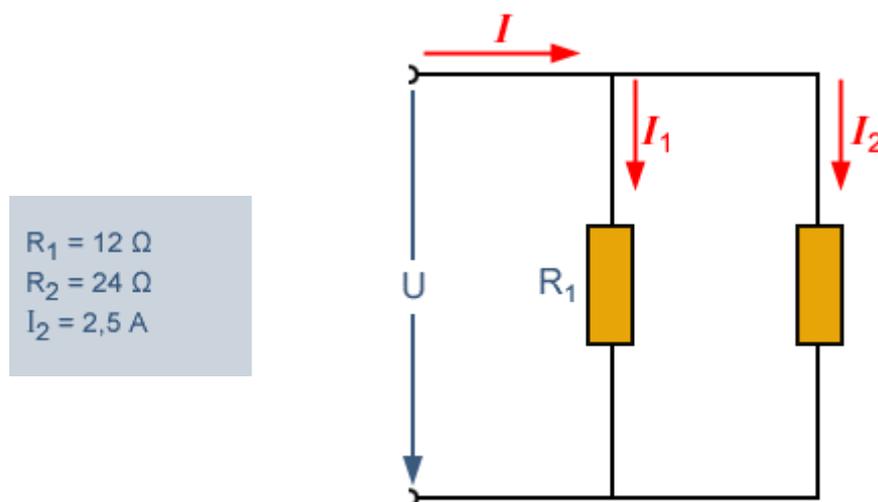
oder

$$R_s = \frac{U}{I - I_m}$$

Die nachstehenden Aufgaben sollen das erworbene Wissen prüfen und festigen!

Aufgabenstellung:

Wie groß ist die Teilstromstärke I_1 in der Parallelschaltung mit zwei Widerständen?

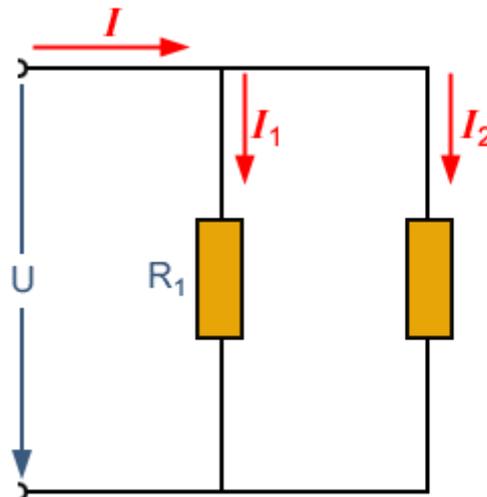


$R_1 = 12 \Omega$
 $R_2 = 24 \Omega$
 $I_2 = 2,5 \text{ A}$

Die nachstehenden Aufgaben sollen das erworbene Wissen prüfen und festigen!

Parallelschaltung in einer Beispielanwendung
Aufgabenstellung: **Wie groß ist die Teilstromstärke I_1 in der Parallelschaltung mit zwei Widerständen?**

$R_1 = 12 \Omega$
 $R_2 = 24 \Omega$
 $I_2 = 2,5 \text{ A}$



Berechnung der Spannung U

$$U = R_2 \cdot I_2$$
$$U = 24 \Omega \cdot 2,5 \text{ A}$$
$$U = 60 \text{ V}$$

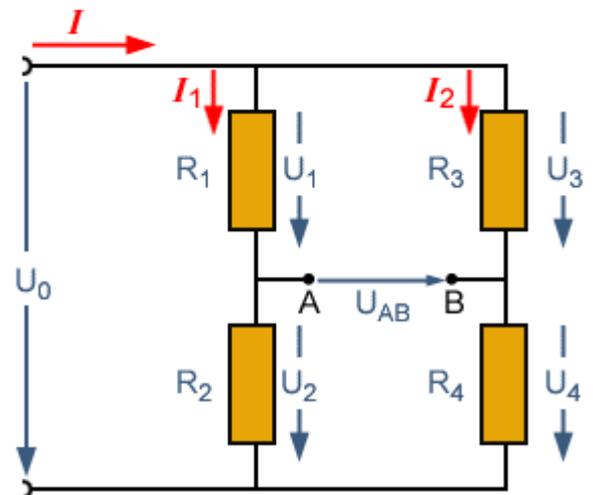
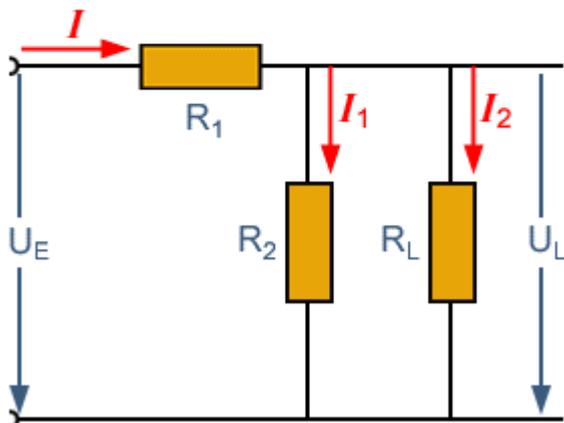
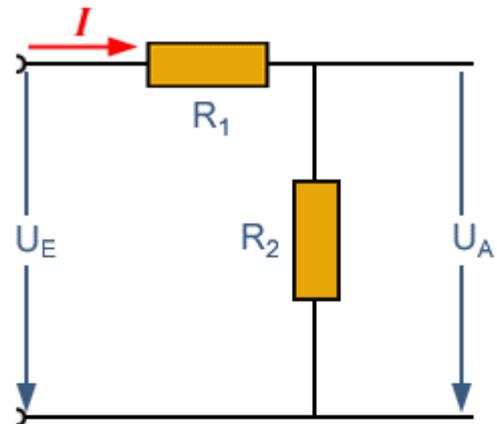
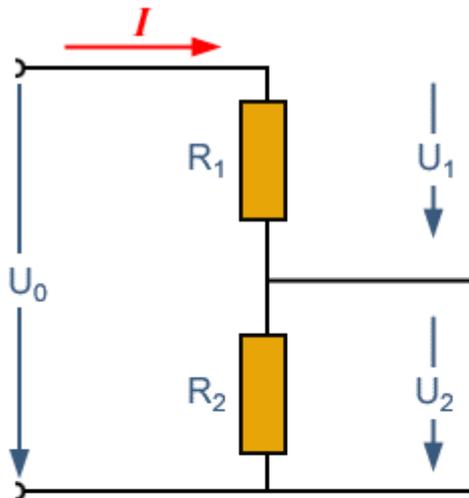
Berechnung des Stromes I_1

$$I_1 = \frac{U}{R_1}$$
$$I_1 = \frac{60 \text{ V}}{12 \Omega}$$

Lösung:

$$I_1 = 5 \text{ A}$$

3 Grundsaltungen der Elektrotechnik



Interaktionsfragen

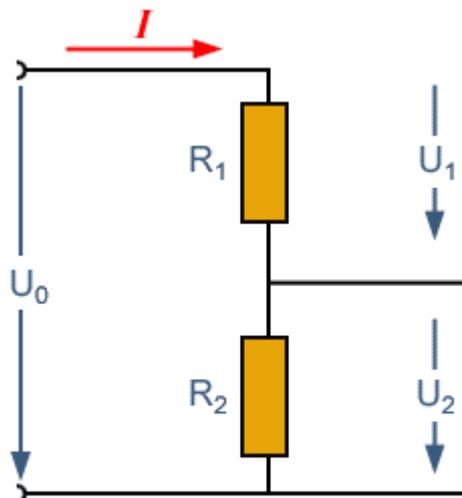
- *Wie entsteht ein Spannungsteiler?*
- *Was ist ein belasteter Spannungsteiler?*
- *Woraus wird eine Brückenschaltung gebildet?*

In der Schaltungstechnik ist es erforderlich, unterschiedlich regelbare Spannungen einzusetzen. Hierzu werden Spannungsteiler verwendet.

Darstellung

Der Spannungsteiler besteht aus der Reihenschaltung von zwei oder mehreren Widerständen. Durch jeden Widerstand fließt der gleiche Strom. Die Spannungsfälle an den einzelnen Widerständen sind proportional zur Größe des Widerstandes. Es gilt (bei zwei Widerständen): Beachte!⁶

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$
$$\frac{U_1}{U_0} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$
$$\frac{U_2}{U_0} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



⁶ Wird ein Widerstand vergrößert, so wird der Spannungsfall an ihm größer. An den Gleichbleibenden wird er kleiner. Der Strom nimmt ab, da der Gesamtwiderstand steigt. Bei Verringerung gelten die Zusammenhänge entsprechend umge

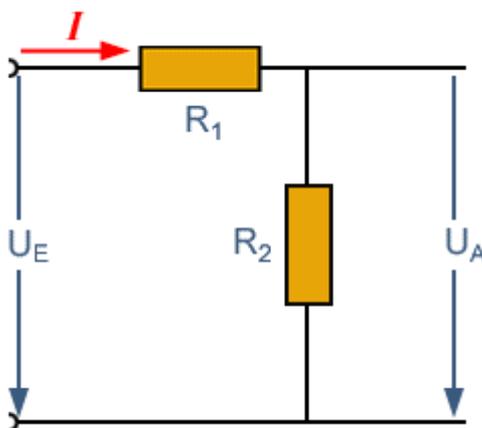
Reihenschaltung von Spannungserzeugern

Der Spannungsteiler aus zwei in Reihe geschalteten Widerständen ist eine häufig gebrauchte Schaltung in der Elektrotechnik. Sie wird z.B. in der Mess- und Regelungstechnik, bei Filtern etc. verwendet.

Es gilt:

$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Wenn R_2 ein einstellbarer Widerstand (Potentiometer) ist, dann kann U_A stufenlos von 0 bis zur Gesamtspannung U_E eingestellt werden.



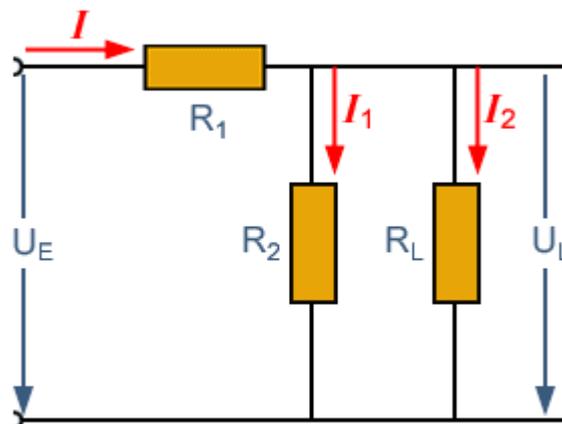
1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Parallelschaltung von Spannungserzeugern

Im Allgemeinen wird der Ausgang einer Schaltung immer noch durch eine weitere Baugruppe (im einfachsten Fall ein Widerstand) belastet. Diese entnimmt dem Ausgang Strom. Dadurch verändern sich die Spannungsverhältnisse in der Schaltung!

$$\frac{U_L}{U_E} = \frac{R_{\text{Ersatz}}}{R_1 + R_{\text{Ersatz}}}$$
$$R_{\text{Ersatz}} = \frac{R_2 \cdot R_L}{R_1 + R_2}$$

Der Lastwiderstand R_L kann vernachlässigt werden, wenn er wesentlich⁷ größer ist als der parallele Widerstand R_2 des Spannungsteilers!



⁷ das heißt mehr als zehnmal so groß

1 - Grundlagen der Elektrotechnik

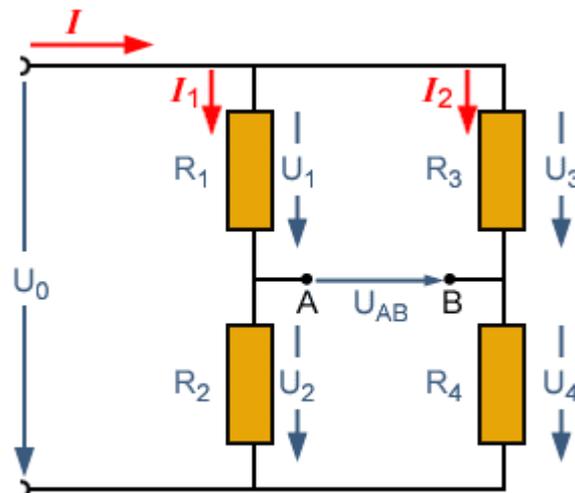
Brückenschaltung von Spannungserzeugern

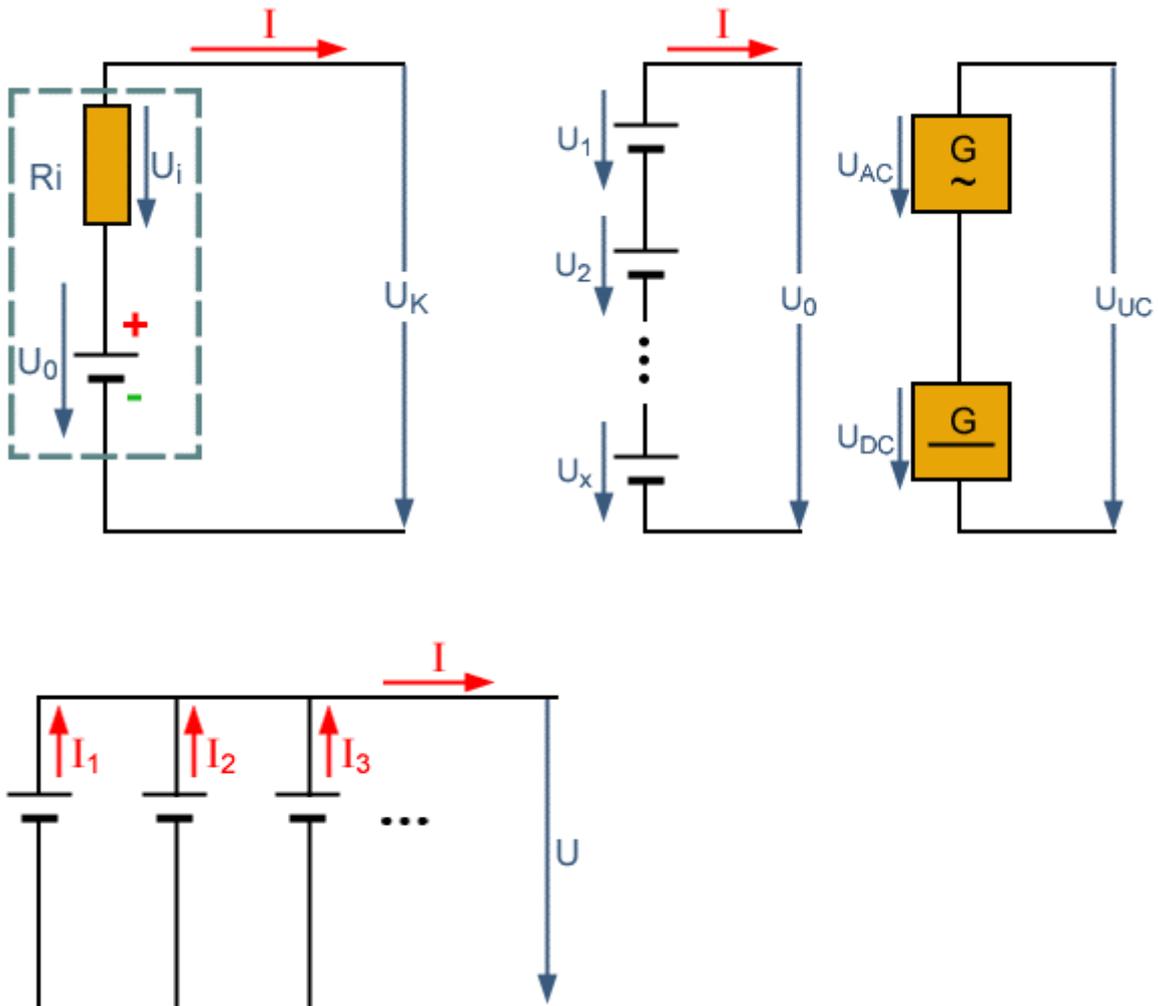
Die Brückenschaltung entsteht durch die Parallelschaltung von zwei Spannungsteilern! Sie ist also eine gemischte Schaltung aus Reihen- und Parallelschaltung.

Von Interesse ist hier der sogenannte Brückenweig A – B! Häufig wird der Sonderfall ausgenutzt, dass die Brückenspannung U_{AB} zu null wird. Man bezeichnet die Brücke dann als abgeglichen! Abgleichbedingung:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

Die Brückenspannung wird zu Null, wenn beide Spannungsteiler das gleiche Teilverhältnis haben, unabhängig davon, wie groß die Widerstände im einzelnen Spannungsteiler tatsächlich sind!





Interaktionsfragen

- Wann schaltet man Spannungserzeuger in einer Reihenschaltung zusammen?
- Was ist bei der Parallelschaltung von Spannungsquellen unbedingt zu beachten?

Oft reicht ein Spannungserzeuger nicht aus. Dann müssen diese in Reihen- und Parallelschaltung eingesetzt werden.

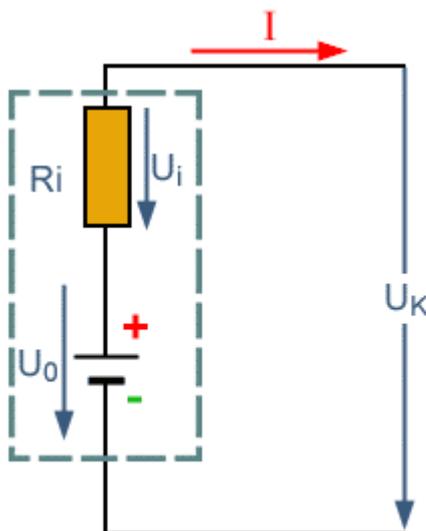
Die reale Spannungsquelle

Eine reale Spannungsquelle ist aufgebaut aus der Reihenschaltung einer idealen Spannungsquelle (konstante Spannung, unendlich belastbar) und einem Innenwiderstand, der das reale Verhalten der Quelle darstellt.

D.h. bei zunehmendem Laststrom entsteht am Innenwiderstand ein immer größerer Spannungsfall und die Klemmenspannung sinkt ab. Die Klemmenspannung ist nur im unbelasteten Fall (Leerlauf) so groß wie die Quellen- oder Ursprungspannung.

$$U_K = U_0 - U_i$$

$$U_i = R_i + I_L$$



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

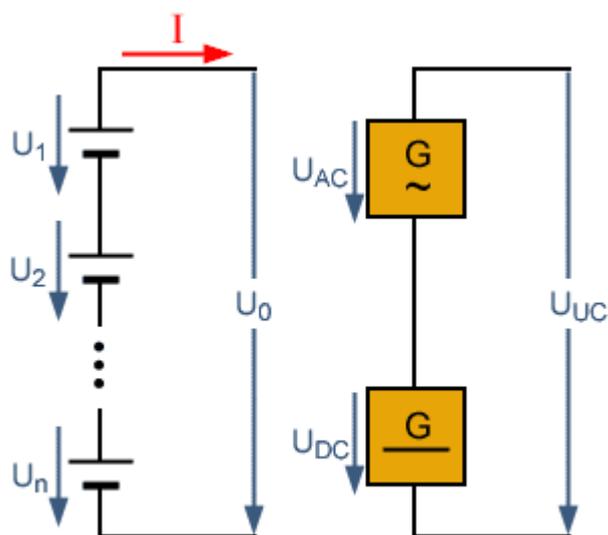
Reihenschaltung von Spannungserzeugern

Es wird eine Erhöhung der Nennspannung erreicht. Die Strombelastbarkeit nimmt aber mit zunehmender Quellenzahl ab, da sich die Innenwiderstände der Spannungserzeuger addieren.

$$U_0 = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$U_{UC} = U_{DC} + U_{AC}$$

Es können auch verschiedenartige voneinander unabhängige Quellen in Reihe geschaltet werden. Dann ist aber zu beachten, dass die Quelle mit der geringsten Belastbarkeit die Gesamtbelastbarkeit bestimmt!



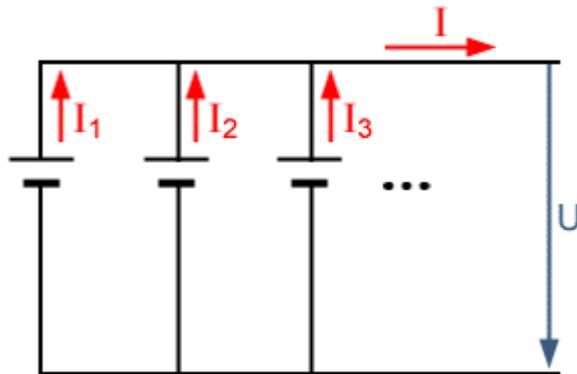
1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Parallelschaltung von Spannungserzeugern

Bei nicht ausreichender Strombelastbarkeit einer Quelle werden mehrere speisende Spannungsquellen parallel geschaltet. Die Spannung bleibt gleich, aber der entnehmbare Strom wird größer.

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Es können nur gleiche Spannungserzeuger (mit gleicher Spannung) parallel geschaltet werden!



3 Grundsaltungen der Elektrotechnik

Überprüfen Sie das angeeignete Wissen, indem Sie den folgenden Selbsttest lösen.



Bei einer Christbaumbeleuchtung sind die Lampen ausgefallen.
Erläutern Sie die Fehlerursache!

In welcher Schaltung wird die Lichterkette betrieben? Wie könnten Sie theoretisch die Lichterkette mit den restlichen Lämpchen (falls keine Ersatzlämpchen vorhanden sind) zum Leuchten bringen?

Die Lichterkette ist aus 10 Lämpchen aufgebaut und hat als Herstellerangabe: 230 V/ 0,3 A.

Wie groß sind Lampenspannung und -widerstand? Welche Leistung wird insgesamt umgesetzt? Welche Schaltung der Lämpchen wäre theoretisch noch möglich? (Schaltplan)

Bestimmen Sie ebenfalls, bei ansonsten gleichen Daten, Widerstand, Spannung, Strom und Leistung!

Bitte verwenden Sie für Ihren Lösungsvorschlag das vorbereitete Antwortdokument.

4 Elektrische Bauelemente

Kapitelbezogene Eingangsfragen:

Von welcher Größe ist der Widerstand eines Leiters abhängig?

Wie erhält man die einfachste Form eines Kondensators?

Themen:

4.1 Schaltsymbole

4.2 NTC/PTC

4.3 Kondensator

4.4 Kondensator an Gleichspannung

4.5 Kondensator an Wechselspannung

4.6 Spule

4.7 Induktivität an Gleichspannung

4.8 Induktivität an Wechselspannung

4.9.0 R - L - C (1)

4.9.1 R - L - C (2)

4.9.2 R - L - C (3)

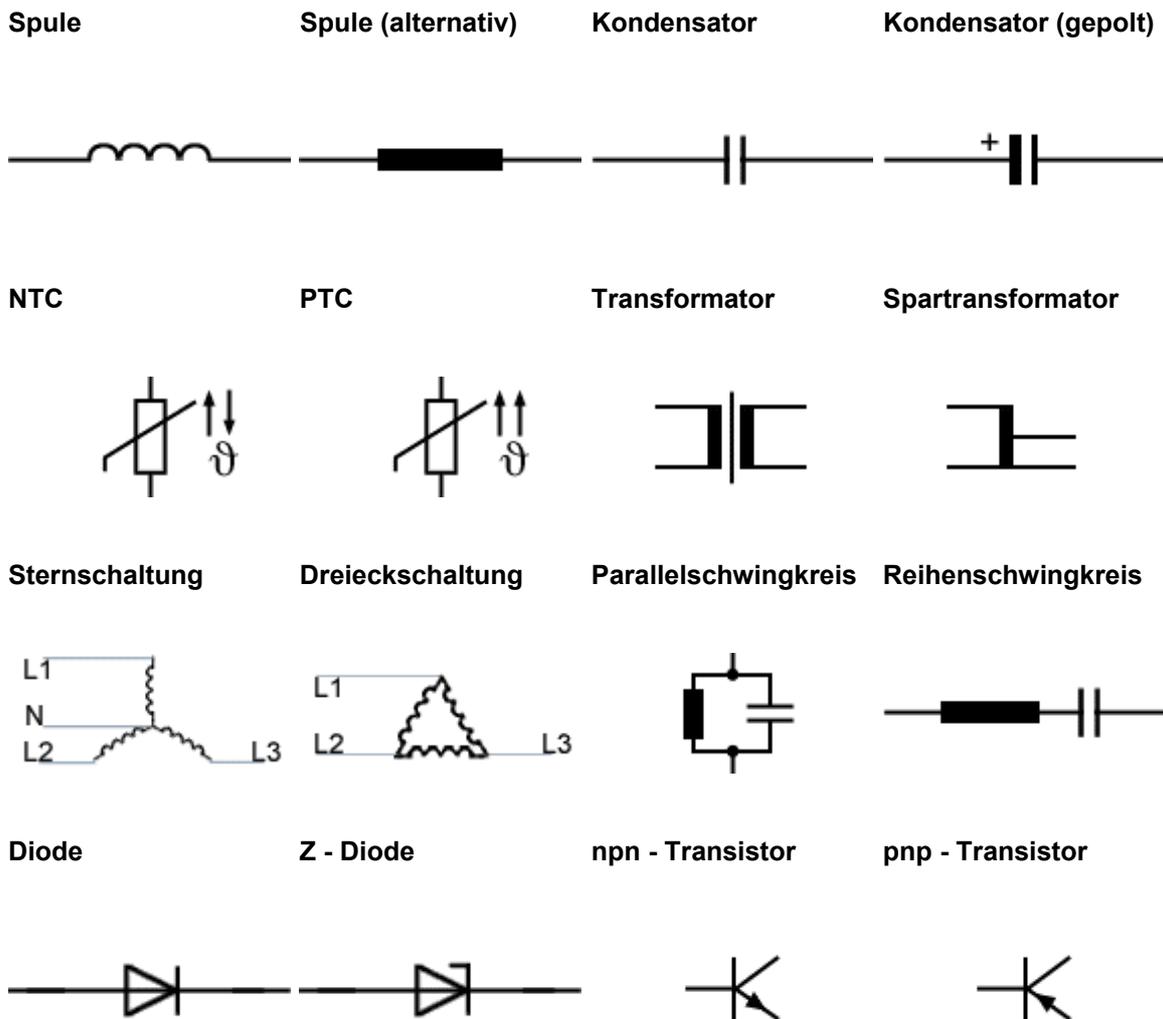
4.10 Halbleiterdiode

4.11 Transistor

4.12 Selbsttest 4

4 Elektrische Bauelemente

Bevor man sich den Erklärungen und Erläuterungen widmen sollte, erst noch die Erklärung und Auflistung der grundlegenden Schaltzeichen.

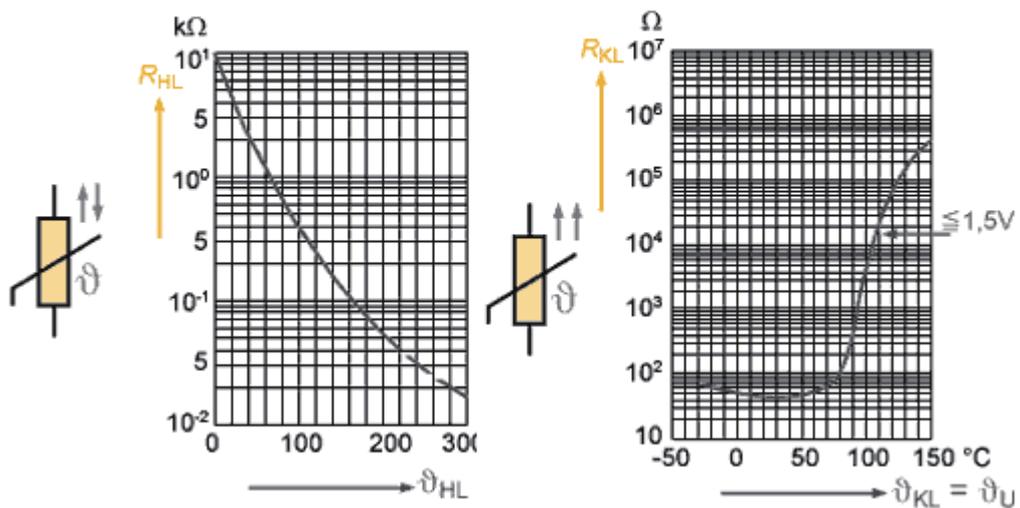


Interaktionsfragen

- *Zeichnen Sie das Schaltsymbol der Diode auf!*
- *Wie stellt man eine Spule grafisch dar?*
- *Skizzieren Sie bitte das Schaltbild einer Dreiecksschaltung!*

4 Elektrische Bauelemente

NTC/ PTC



Interaktionsfragen

- Von welcher Größe ist der Widerstand eines Leiters abhängig?
- Wie verändert sich der Widerstandswert bei einem Heiß- und einem Kaltleiter?
- Wie wird der spezifische Widerstand festgelegt?

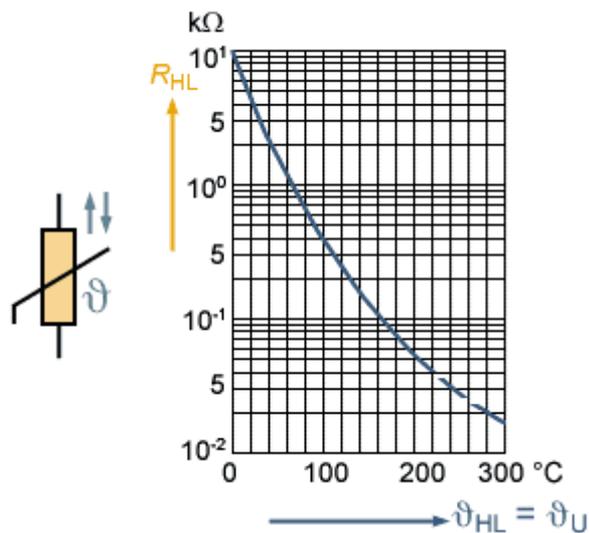
Neben den ohmschen linearen Widerständen, gibt es noch weitere nichtlineare Widerstände, die durch physikalische Größen, wie z.B. der Temperatur beeinflussbar sind.

NTC

NTC - **N**egativer **T**emperaturkoeffizient

Der Heißleiterwiderstand nimmt mit steigender Temperatur ab. Er wird also im heißen Zustand zum "guten" Leiter.

Er wird zur Einschaltstrombegrenzung und als Temperaturfühler eingesetzt.

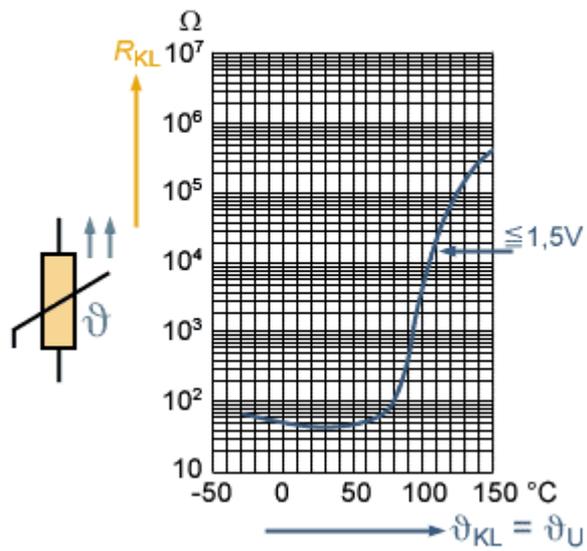


PTC

PTC - Positiver Temperaturkoeffizient

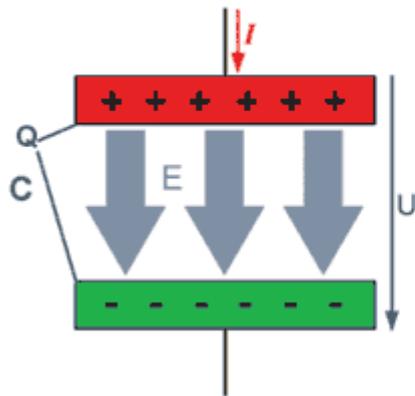
Mit steigender Temperatur wird der **Kaltleiter** hochohmiger. Er ist im kalten Zustand ein "guter" Leiter.

Seine Einsatzgebiete sind der Übertemperaturschutz, die Strombegrenzung bzw. selbstrückstellende Überstromsicherung.



4 Elektrische Bauelemente

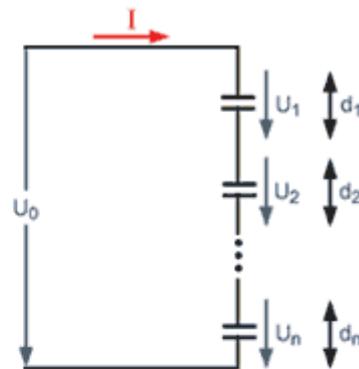
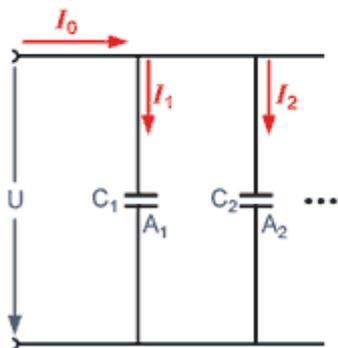
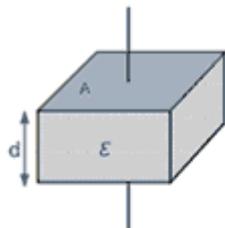
Kondensator



$$C = \frac{Q}{U}$$

Kapazität = $\frac{\text{Ladung}}{\text{Spannung}}$

$$[C] = \frac{\text{As}}{\text{V}} = \text{F}$$



Interaktionsfragen

- Wie erhält man die einfachste Form eines Kondensators?
- Von was ist die Kapazität C abhängig?

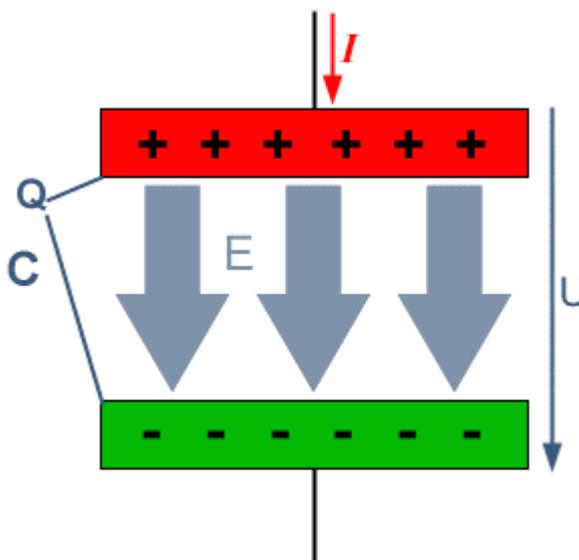
Elektrisch geladene Körper üben eine Kraft aufeinander aus. Führt man zwischen diese Körper einen Isolierstoff, auch Dielektrikum genannt, dann erhält man einen Kondensator.

Definition

Kondensatoren⁸ sind Bauelemente, welche elektrische Ladungen bzw. elektrische Energie speichern können. Legt man an einen Kondensator Spannung an, so fließt ein (Lade-) Strom. Der Kondensator nimmt elektrische Ladungen auf und speichert diese. Durch die gespeicherte Ladung entsteht zwischen den beiden Platten ein elektrisches Feld mit der Feldstärke E .

Die gespeicherte Energie W ist abhängig von:

- der Kapazität C
- der anliegenden Spannung U
- der Ladung Q



⁸ Die einfachste Form eines Kondensators besteht aus zwei einander gegenüberliegenden parallelen Metallplatten. Dazwischen befindet sich ein Isolierstoff (Dielektrikum).

1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Formelzeichen und Einheit

Die Einheit für die Kapazität ist Farad (F), benannt nach dem Physiker Faraday.

Ein Farad ist ein sehr großer Wert. In der Praxis werden bei Kondensatoren verwendet:

Für den Energieinhalt bei Kondensatoren gilt folgender Zusammenhang:

$$\text{mF} = 10^{-3} \text{ F}$$

$$\mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$$

$$\text{nF} = 10^{-9} \text{ F}$$

$$\text{pF} = 10^{-12} \text{ F}$$

$$W = \frac{Q \cdot U}{2}$$

$$C = \frac{Q}{U}$$

$$\text{Kapazität} = \frac{\text{Ladung}}{\text{Spannung}}$$

$$[C] = \frac{\text{As}}{\text{V}} = \text{F}$$

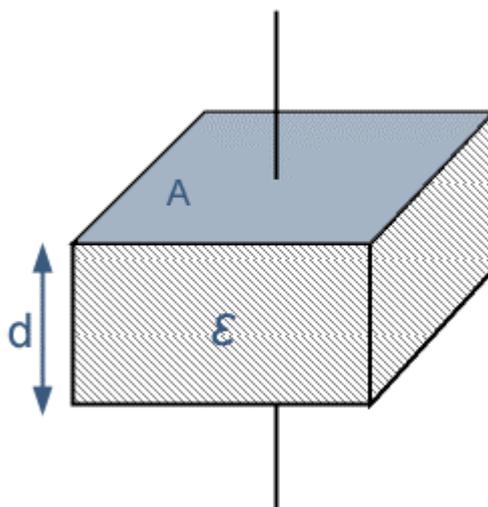
1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Abhängigkeit der Kapazität C Die Kapazität C ist umso größer,

- je größer die Platten-(ober-)fläche A,
- je besser die Dipolbildung im Dielektrikum ist ϵ_r und
- je kleiner der Plattenabstand d ist.

$$C = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$$
$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$$
$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$$

ϵ_0 ... Dielektrizitätskonstante



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

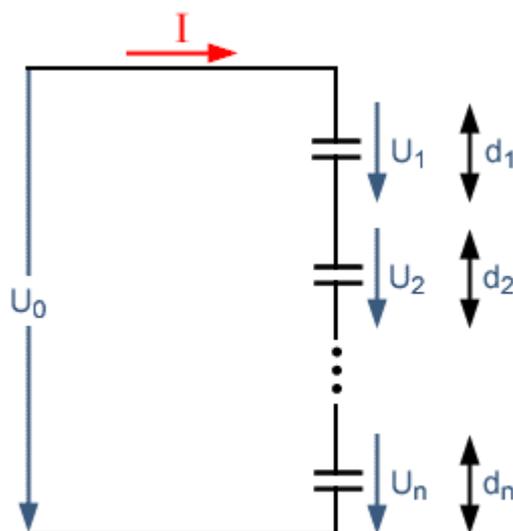
Kondensatoren in Reihenschaltung

Es addieren sich die Plattenabstände, und somit gilt:

$$\frac{1}{C_{\text{ges}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1} + \dots$$

(Die Gesamtkapazität ist kleiner als die kleinste Einzelkapazität.)

Es ist wie bei jeder Reihenschaltung die Spannungsteilerregel zu beachten!



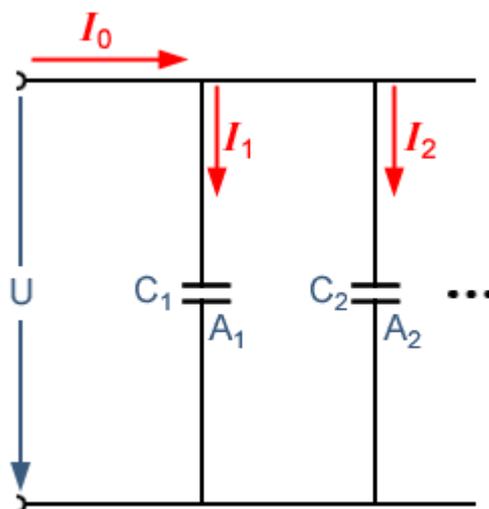
1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Kondensatoren in Parallelschaltung

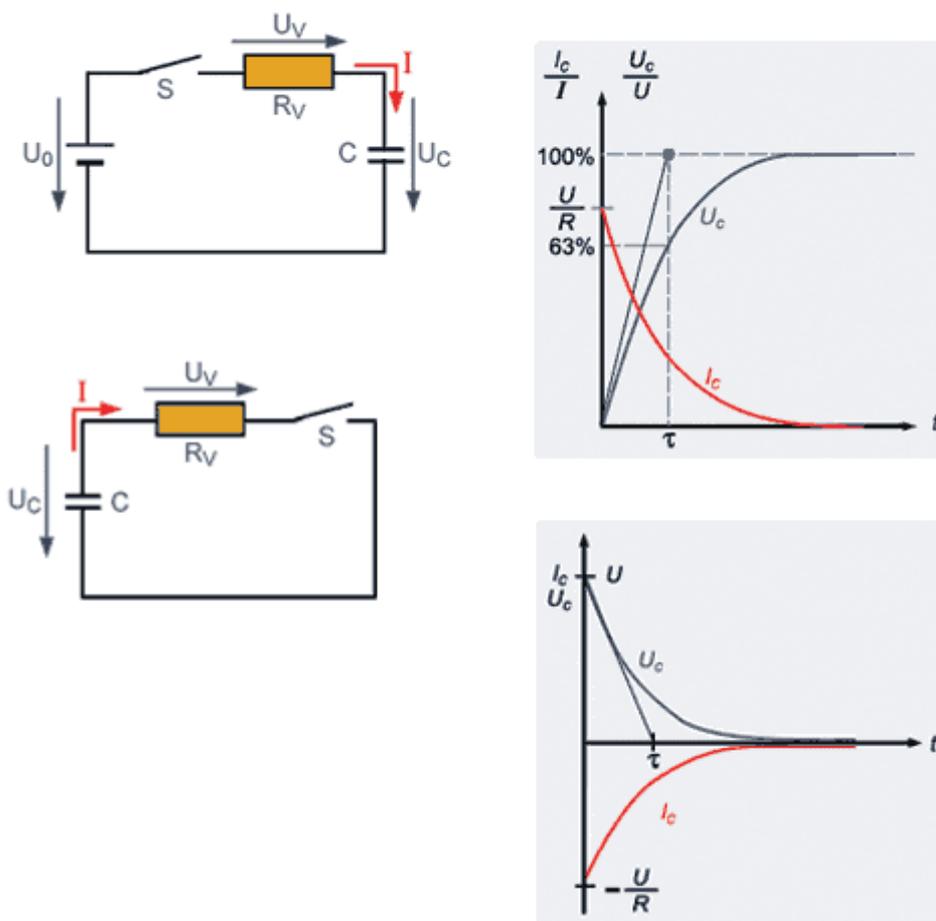
Es addieren sich die Plattenflächen, und somit gilt:

$$C_{\text{ges}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Es ist die Stromteilerregel zu beachten!



Kondensator an Gleichspannung



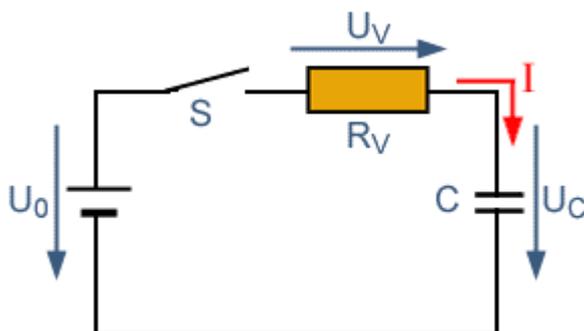
Interaktionsfragen

- *Wie verhält sich der Kondensator beim Einschalten der Gleichspannung?*
- *Erläutern Sie den Begriff 'Zeitkonstante'!*

Aufladevorgang (1)

Wird der Schalter geschlossen, ist der Kondensator noch ungeladen. Der Kondensator stellt einen Kurzschluss dar. Der fließende Strom wird nur durch den Vorwiderstand begrenzt!

$$\begin{aligned} U_C &= 0_V \\ U_V &= U_0 \\ I_{\max} &= \frac{U_0}{R_V} \end{aligned}$$



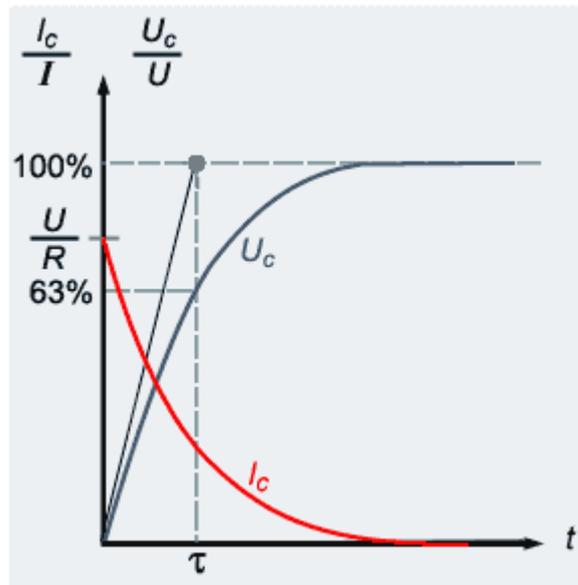
Aufladevorgang (2)

Beim Laden ist der Kondensator Verbraucher. Der Ladevorgang ist nicht linear und verläuft nach der "e-Funktion".

Eine wichtige Rolle spielt die **Zeitkonstante** τ :

$$\tau = R_V \cdot C$$

In der Praxis ist ein Kondensator nach fünf Zeitkonstanten vollständig geladen!



Entladevorgang (1)

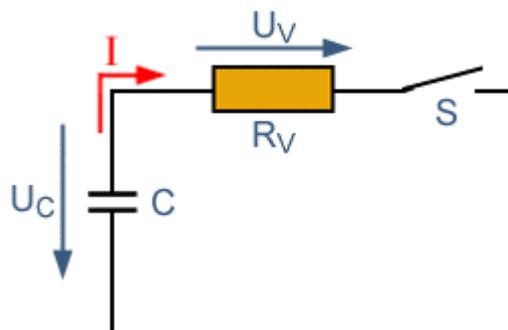
Wird der Schalter geschlossen, ist der Kondensator voll geladen. Der Kondensator stellt eine Spannungsquelle dar. Der fließende Strom wird nur durch den Vorwiderstand begrenzt!

$$U_V = U_C$$

$$I_{\max} = \frac{U_C}{R_V}$$

Mit der Zeit entlädt sich der Kondensator, d.h. gespeicherte Ladung, Spannung und Strom nehmen ab. Die Stromabnahme⁹ erfolgt, weil immer weniger Spannung am Vorwiderstand zur Verfügung steht.

⁹ Ist der Entladevorgang beendet, enthält der Kondensator weder Ladung noch Spannung, alle gespeicherte Energie ist aufgebraucht.

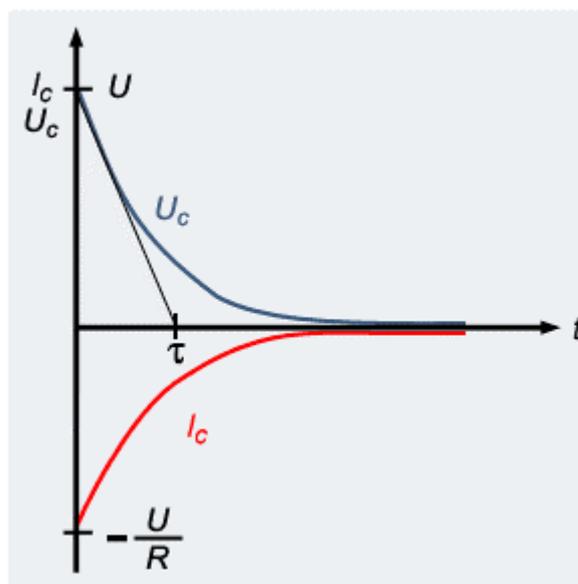


Entladevorgang (2)

Es gelten im Prinzip die gleichen Gesetzmäßigkeiten wie beim Ladevorgang.

Der Entladevorgang ist ebenfalls nach 5τ beendet.

Beim Laden hatten Strom und Spannung die gleiche Richtung. Beim Entladen haben sie entgegengesetzte Richtung (gilt immer in Spannungsquellen)!



Wird ein Kondensator an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen, finden ständig nacheinander Lade- und Entladevorgänge statt. Es kommt zu einem Zeitversatz zwischen Strom und Spannung.

Aufladevorgang

Wird der Schalter geschlossen ist der Kondensator noch ungeladen. Der Kondensator stellt einen Kurzschluss dar. Der fließende Strom wird nur durch den Vorwiderstand begrenzt!

$$\begin{aligned}U_C &= 0_V \\U_V &= U_0 \\I_{\max} &= \frac{U_0}{R_V}\end{aligned}$$

Mit der Zeit lädt sich der Kondensator, d.h. er speichert Ladung. Damit steigt die Spannung in ihm an und der Strom nimmt ab. Die Stromabnahme erfolgt, weil immer weniger Spannung am Vorwiderstand zur Verfügung steht, je größer die Kondensatorspannung wird.

$$U_V = U_0 - U_C$$

Ist der Ladevorgang beendet, fällt alle Spannung am Kondensator ab und es fließt kein Strom mehr. Ein geladener Kondensator stellt einen unendlich großen Widerstand, eine Unterbrechung dar.

$$U_C = U_0$$

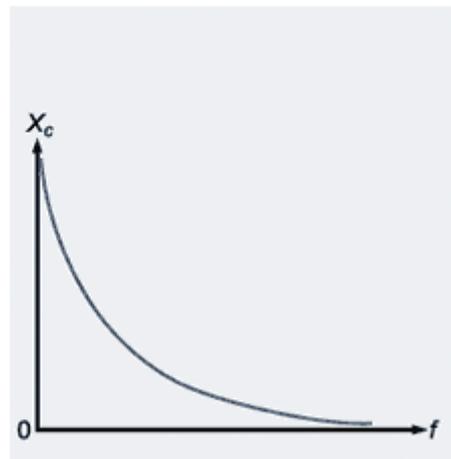
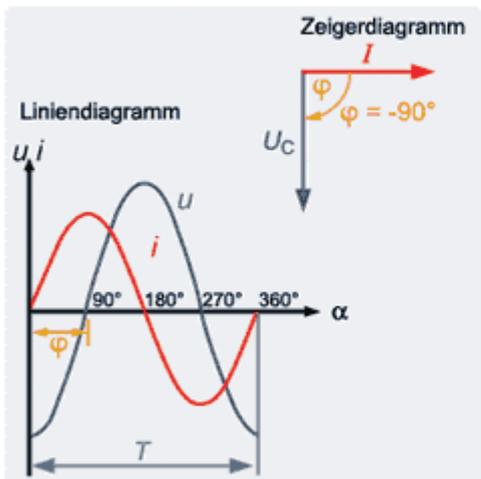
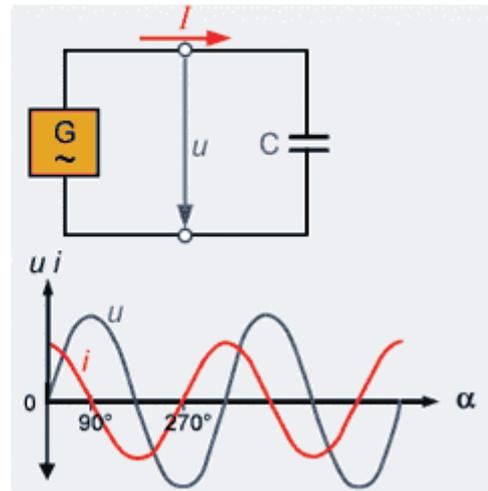
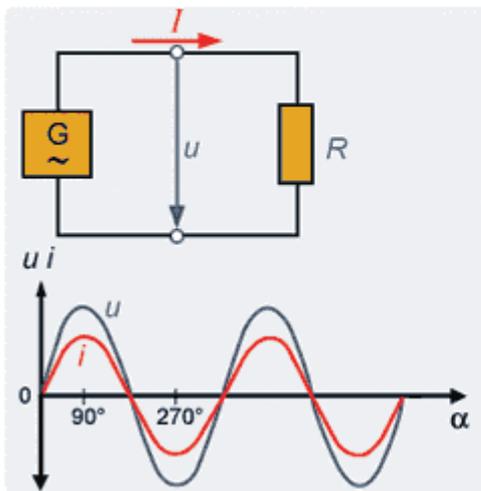
Beim Laden ist der Kondensator **Verbraucher**. Der Ladevorgang ist nicht linear und verläuft nach der "**e-Funktion**".

Eine wichtige Rolle spielt die **Zeitkonstante**:

$$\tau = R_V \cdot C$$

In der Praxis ist ein Kondensator nach fünf Zeitkonstanten vollständig geladen!

Kondensator an Wechselspannung



Interaktionsfragen

- Wie verhält sich der kapazitive Blindwiderstand?
- Was versteht man unter einer Phasenverschiebung?

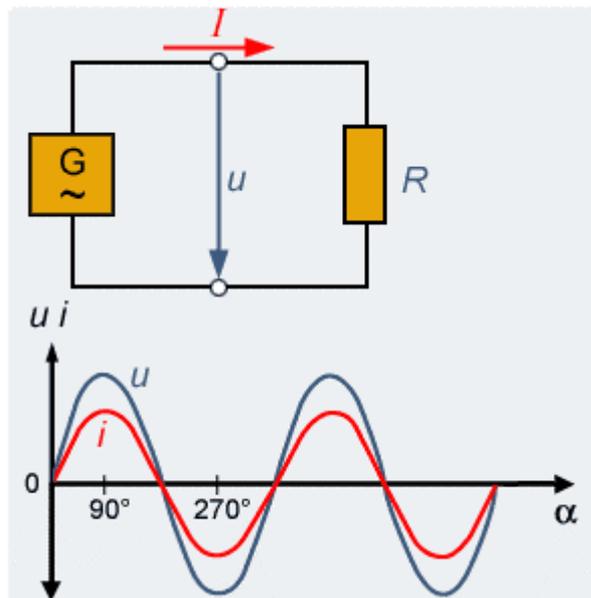
Wird ein Kondensator an eine Wechselspannungsquelle angeschlossen, finden ständig nacheinander Lade- und Entladevorgänge statt. Es kommt zu einem Zeitversatz zwischen Strom und Spannung.

Ohmscher Widerstand an Wechselspannung

Bei einem Ohmschen Widerstand sind beim Wechselspannungsbetrieb Strom und Spannung zeitgleich, d.h. sie sind "in Phase" oder "phasengleich"!

Im Widerstand wird die elektrische Energie im Idealfall vollständig in eine andere Energieform umgewandelt (z.B. Wärmeenergie).

Da etwas bewirkt wird, spricht man von einem **Wirkwiderstand**.



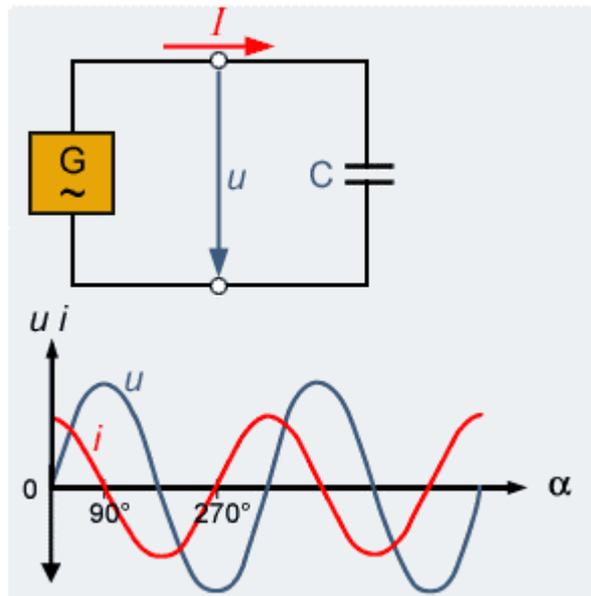
Kondensator an Wechselspannung

Hier kommt es zu einer Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung, da der Kondensator abwechselnd geladen und entladen wird.

Ferner ist beim Spannungsmaximum das Stromminimum und umgekehrt vorhanden.

Im Kondensator wird nichts bewirkt, da er in der einen Phase als Verbraucher (Energieaufnahme) und in der nächsten als Quelle (Energieabgabe) wirkt.

Man bezeichnet ihn daher als **"Blindwiderstand"**!

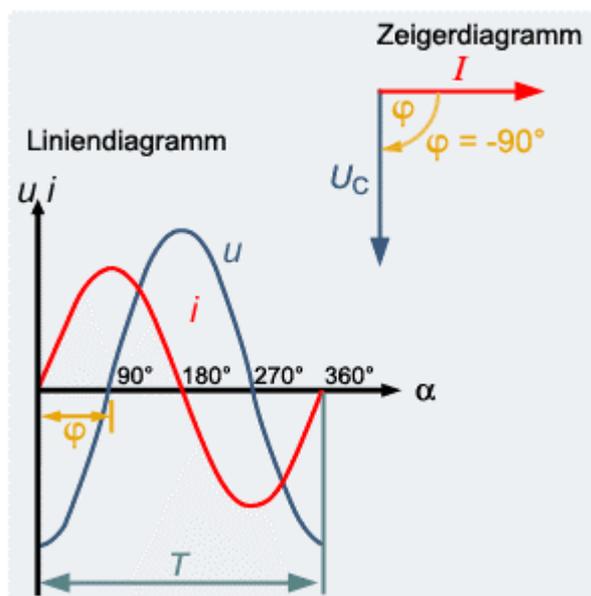


Phasenwinkel / Zeigerdiagramm

Beim Kondensator eilt der Strom der Spannung voraus. D.h. es fließt zuerst ein Strom, bevor sich am Kondensator eine Spannung aufbauen kann! Oder auch: Die Spannung ist nacheilend.

Diesen Sachverhalt kann man durch ein **Liniendiagramm**¹⁰ oder mit einem **Zeigerdiagramm**¹¹ darstellen. Die Zeiger stellen in ihrer Abfolge und Größe/Richtung die physikalischen Größen – hier Strom und Spannung – dar.

Sie rotieren entgegen dem Uhrzeigersinn mit der Frequenz der Spannungsquelle. (Für den Kondensator **gilt** ...)



¹⁰ es werden die Größen kontinuierlich über die Zeit dargestellt

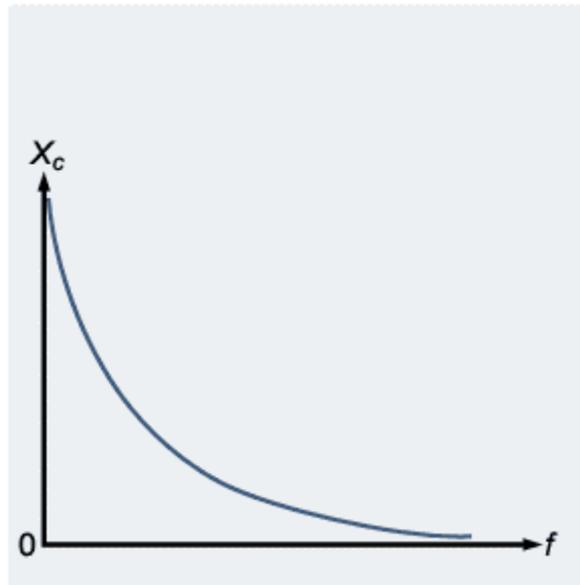
¹¹ die Größen werden durch Pfeile symbolisiert

1 - Grundlagen der Elektrotechnik

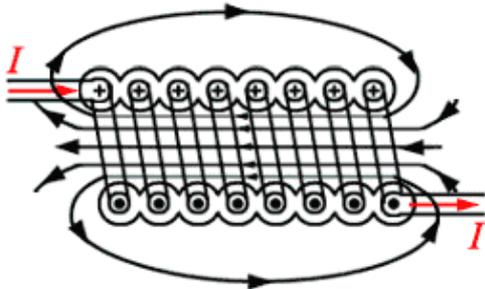
Kapazitiver Blindwiderstand **Der (Blind-) Widerstand der Kapazität wird mit zunehmender Frequenz der Spannungsquelle immer kleiner, da nur noch Ladungsverschiebungen stattfinden.**

Bei Gleichstrom hat der Kondensator einen sehr großen Widerstand, da keine Ladungsänderungen erfolgen. Bei sehr hohen Frequenzen, ist er wegen ständiger Umladungen ein Kurzschluss!

Der kapazitive **Widerstand X_c** ist abhängig von der Kapazität und der Kreisfrequenz.



4 Elektrische Bauelemente

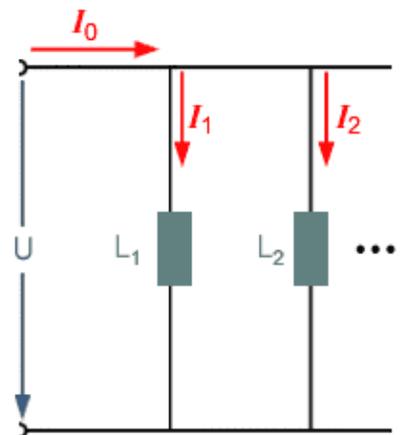
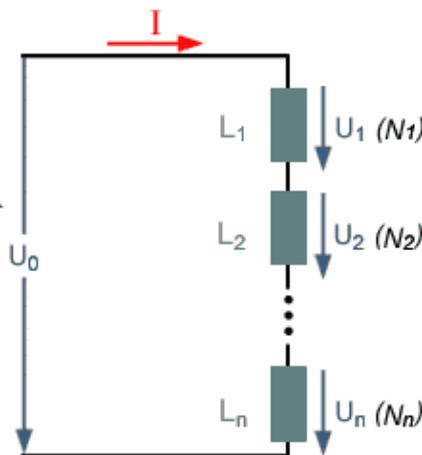
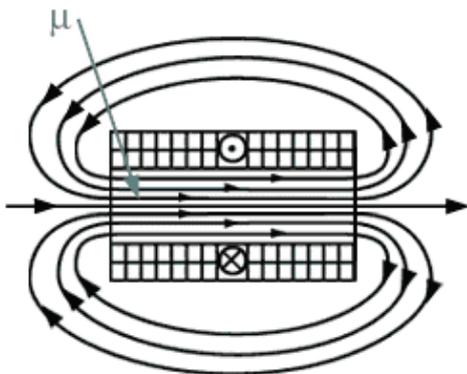


Selbstinduktionsspannung

$$U = - \frac{L \cdot \Delta I}{\Delta t}$$

Gespeicherte_Feldenergie

$$W = \frac{L \cdot I^2}{2}$$



Interaktionsfragen

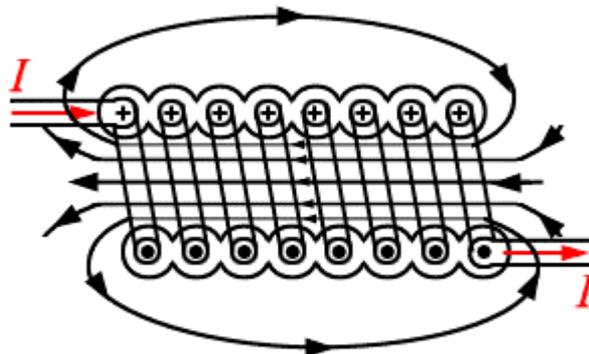
- Was geschieht, wenn eine Spule von Strom durchflossen wird?
- In welcher Maßeinheit wird die Induktivität gemessen?

Um jeden stromdurchflossenen Leiter bildet sich ein Magnetfeld. Ein Magnetfeld entsteht auch, wenn der Strom ohne Leiter in Luft, Gasen oder einem Vakuum fließt.

Definition

Induktivitäten sind vom Strom durchflossene Bauteile, die um sich ein Magnetfeld aufbauen und dadurch Energie speichern. Die einfachste Form der Induktivität ist ein Draht, bzw. dieser zu einer Spule aufgewickelt. In der Spule befindet sich zur Feldverstärkung häufig ein ferromagnetischer Werkstoff. Legt man an eine feldfreie Spule Spannung an, so kommt es erst allmählich zum Stromfluss und somit zum Feldaufbau. Die Induktivität wirkt Feldänderungen entgegen. Durch den fließenden Strom entsteht in ihr der magnetische Fluss. Die gespeicherte Energie ist abhängig von:

- der Induktivität L
- dem fließenden Strom I



Spule - Induktivität

Ist die Fähigkeit einer Spule, in den eigenen Windungen eine Spannung zu erzeugen. Die Induktivität L ist eine bauliche Größe. Jede Änderung des Stromes bzw. magnetischen Flusses erzeugt in der Spule eine Selbstinduktionsspannung. Diese Spannung ist dabei so gerichtet, dass sie der Änderung entgegen wirkt.

Die Selbstinduktionsspannung ist umso größer,

- je größer die Induktivität L ist.

- je größer die Stromänderung ΔI ist.
- je kleiner der Zeitabschnitt Δt ist, in dem die Stromänderung stattfindet.

Selbstinduktionsspannung

$$U = - \frac{L \cdot \Delta I}{\Delta t}$$

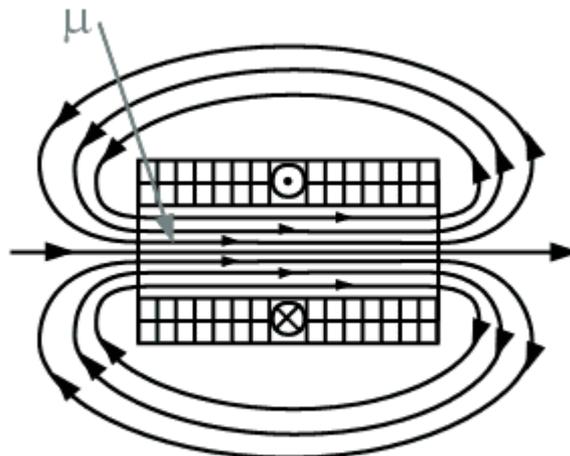
Gespeicherte Feldenergie

$$W = \frac{L \cdot I^2}{2}$$

Symbol

Die Induktivität L ist umso größer,

- je größer die vom magnetischen Fluss durchsetzte Fläche A
- je größer die Windungszahl N
- je besser die Magnetisierbarkeit des Kernmaterials μ_r
- je kleiner die mittlere Feldlinienlänge d.



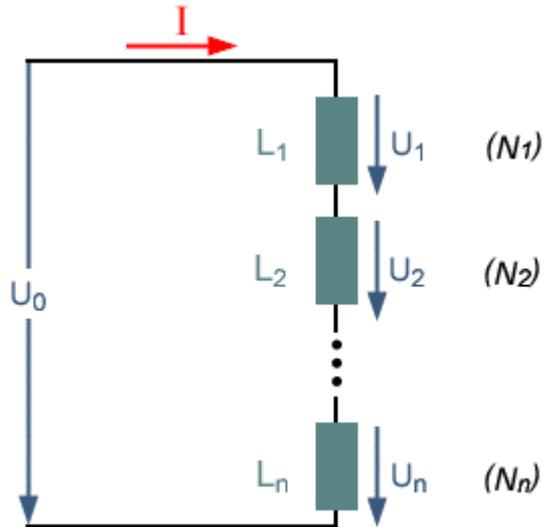
1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Reihenschaltung von Induktivität

Es addieren sich die **Windungszahlen**, und somit gilt:

$$L_{\text{ges}} = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$

Es ist die **Spannungsteilerregel** zu beachten!



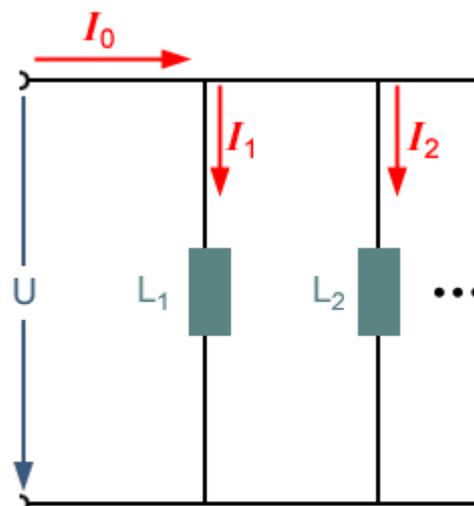
Parallelschaltung von Induktivität

Es kommt zu einer **Stromaufteilung**, d.h. **Feldschwächung**, und somit gilt:

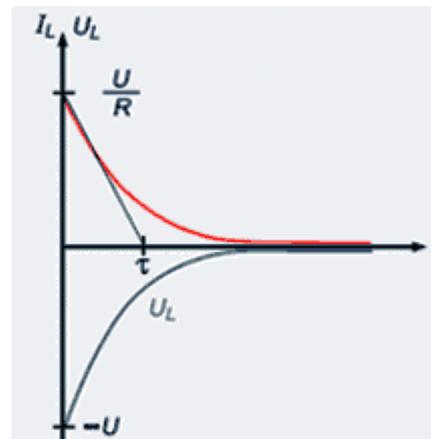
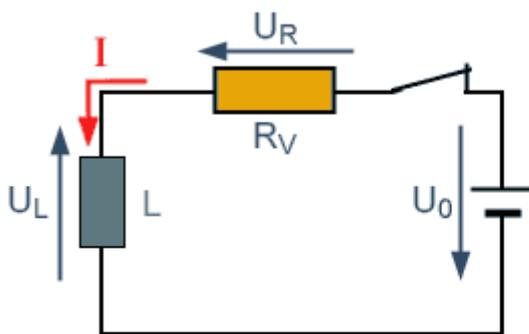
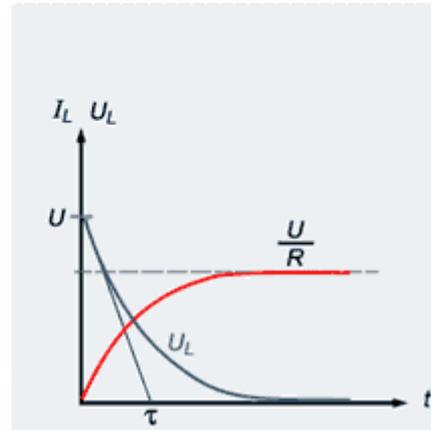
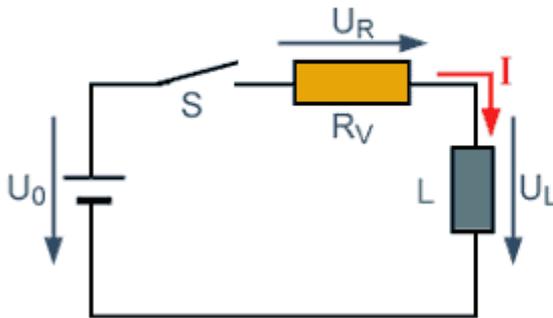
$$\frac{1}{L_{\text{ges}}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots$$

(Die **Gesamtinduktivität** ist kleiner als die **kleinste Einzelinduktivität**.)

Es ist die **Stromteilerregel** zu beachten!



Induktivität an Gleichspannung



Interaktionsfragen

- Was geschieht wenn der Strom durch eine Spule unterbrochen wird?
- Wie reagiert die Spule auf die Änderung des in ihr vorhandenen Magnetfeldes?

Es findet ein Feldaufbau und ein Feldabbau beim magnetischen Feld statt. Die Spule wirkt dem entgegen und versucht, die Änderung des Feldes zu verhindern. Es baut sich kurzzeitig eine Spannung an der Spule auf, die dann wieder verschwindet.

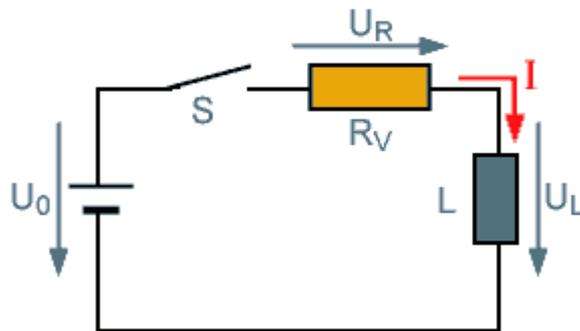
Feldaufbau (1)

Wird der Schalter geschlossen, ist die Spule noch feldfrei. Da sie in diesem Zustand verharren möchte, wird sie sehr hochohmig.

$$U_L = U_0$$

$$U_R = 0V$$

$$I = 0A$$



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

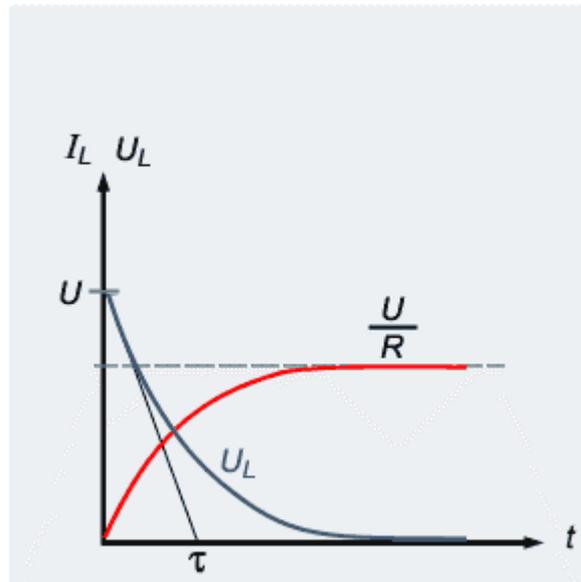
Feldaufbau (2)

Beim Feldaufbau ist die Induktivität ein Verbraucher. Der Vorgang ist wiederum nichtlinear und verläuft nach der "e-Funktion".

Es gilt die **Zeitkonstante** τ :

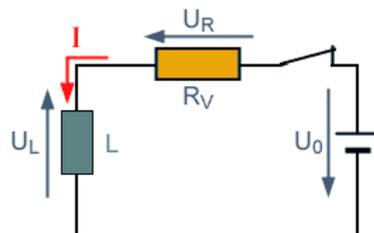
$$\tau = \frac{L}{R_V}$$

Der **Feldaufbau** ist nach 5τ beendet.



Feldabbau (1)

Das Öffnen des Schalters stellt eine Unterbrechung des Stromflusses dar. Dem wirkt die Spule durch eine Erhöhung der Spannung im Stromkreis entgegen. Sie wird zur Spannungsquelle. Die Spannung wird soweit erhöht, bis – zumindest kurzzeitig – der Stromfluss aufrecht erhalten werden kann. Die entstehende Spannung kann ein Vielfaches der Versorgungsspannung sein! Es kommt zum **Überschlag** zwischen den Schaltkontakten, bzw. zur Schädigung eines Halbleiterschalters. **Auch ist die Spule im ersten Moment wiederum hochohmig!**



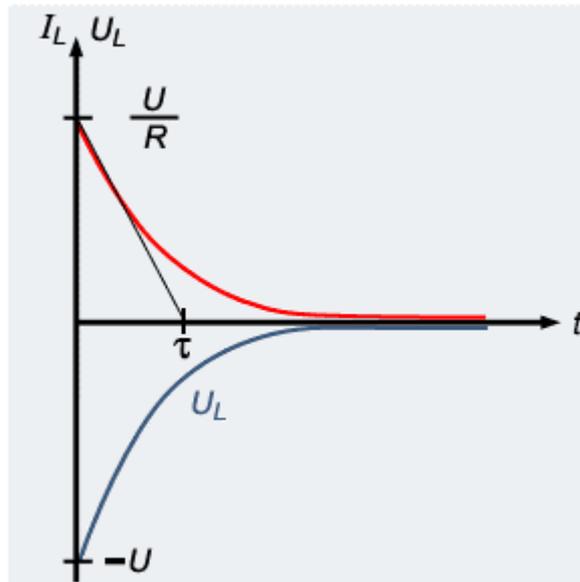
1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Feldabbau (2)

Es gelten bei Feldaufbau die gleichen Zusammenhänge wie bei Feldabbau.

Es findet jedoch eine **Spannungsumkehr** an der Induktivität statt – die Stromrichtung bleibt gleich!

Der Vorgang ist ebenfalls nach 5τ beendet.



Es findet ein Feldaufbau und ein Feldabbau beim magnetischen Feld statt. Die Spule wirkt dem entgegen und versucht, die Änderung des Feldes zu verhindern. Es baut sich kurzzeitig eine Spannung an der Spule auf, die dann wieder verschwindet.

Feldaufbau

Wird der Schalter geschlossen, ist die Spule noch feldfrei. Da sie in diesem Zustand verharren möchte, wird sie sehr hochohmig.

$$U_L = U_0$$

$$U_R = 0V$$

$$I = 0A$$

Es baut sich nur allmählich ein Stromfluss und somit ein Feld auf.

$$U_R = U_0 - U_L$$

Der fließende Strom wird schließlich nur durch den Vorwiderstand begrenzt. Die Spannung an der Spule wird minimal. Hat sich das Feld vollständig aufgebaut, hat die Spule einen **Kurzschluss**.

$$U_L = 0V$$

Beim Feldaufbau ist die Induktivität ein **Verbraucher**.

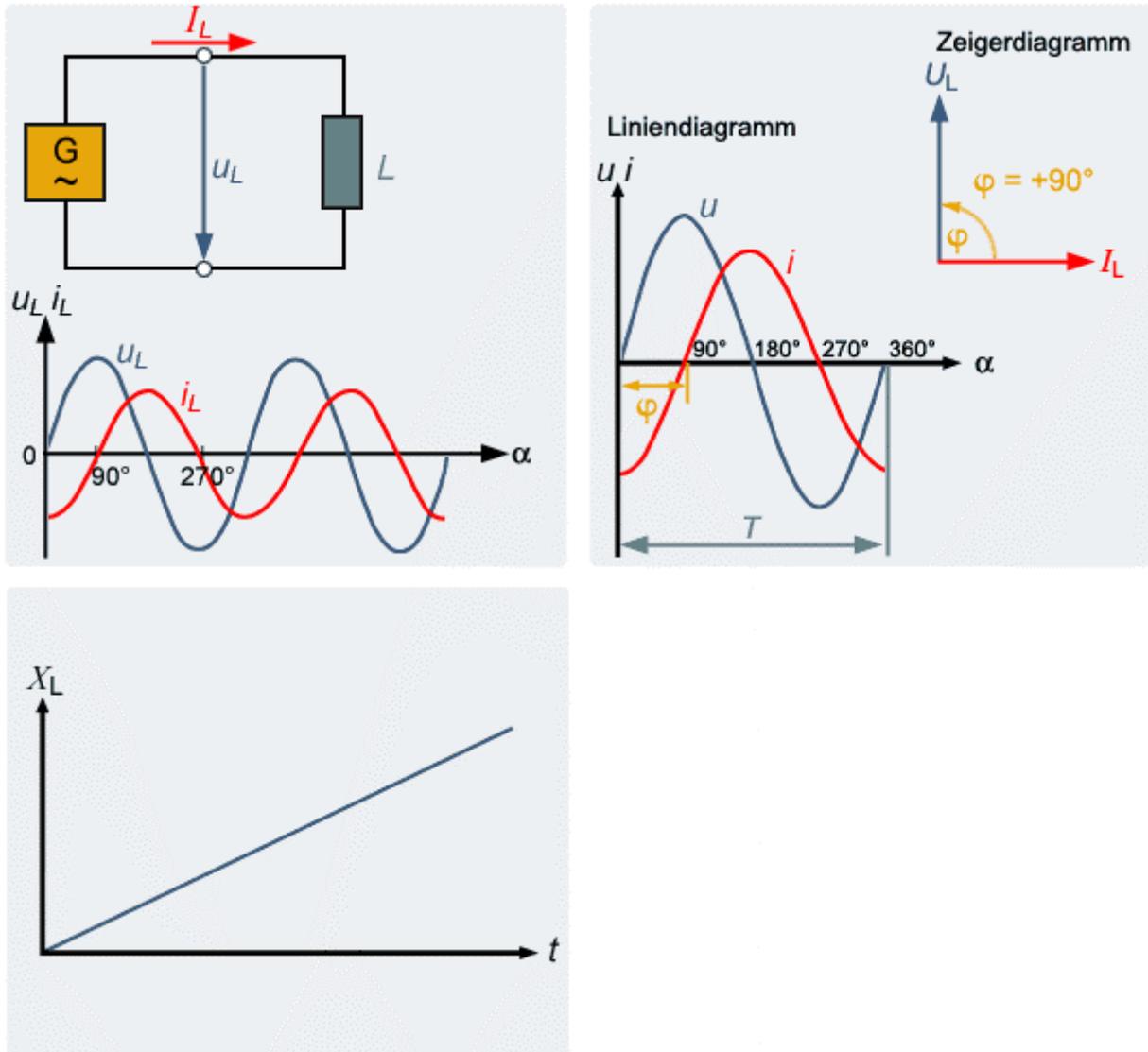
Der Vorgang ist wiederum nichtlinear und verläuft nach der "**e-Funktion**".

Es gilt die **Zeitkonstante** τ :

$$\tau = \frac{L}{R_V}$$

Der Feldaufbau ist nach 5τ beendet.

4 Elektrische Bauelemente



Interaktionsfragen

- *Welchen Einfluß hat die Frequenz auf den Widerstand der Induktivität?*
- *Welche Aussage lässt sich über die Beziehung zwischen Strom und Spannung treffen?*

Beim Anschluss an eine Wechselspannungsquelle findet ständig ein Feldauf und Feldabbau statt. Es kommt zu einer Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung.

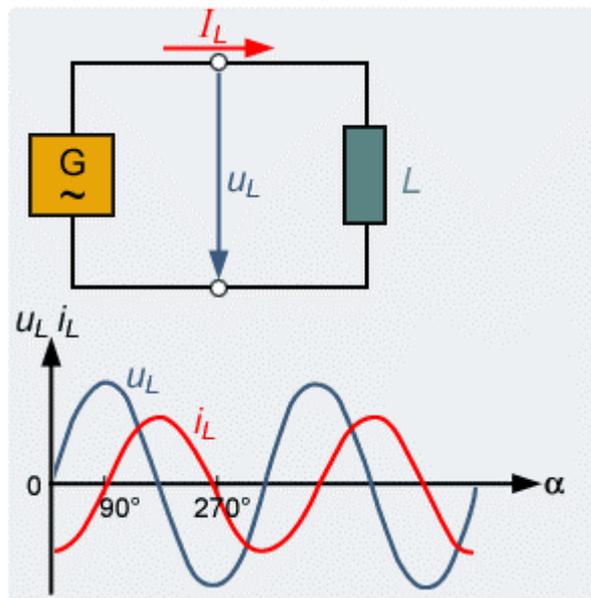
Induktivität an Wechselspannung

Hier kommt es zu einer Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung, da die Induktivität ständig das magnetische Feld auf- und abbaut. Ferner ist beim Strommaximum das Spannungsminimum und umgekehrt vorhanden.

In der Induktivität wird nichts bewirkt, da sie in der einen Phase als Verbraucher (Energieaufnahme) und in der nächsten als Quelle (Energieabgabe) wirkt.

Man bezeichnet sie daher als **"Blindwiderstand"**!

Induktivität und Kondensator verhalten sich im gemeinsamen Wechselstromkreis gegensätzlich. D.h. wenn einer Energie abgibt, nimmt sie der andere auf!



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Phasenwinkel

Bei der Spule eilt die Spannung dem Strom voraus. D.h. es liegt zuerst Spannung an, bevor Strom fließen kann!

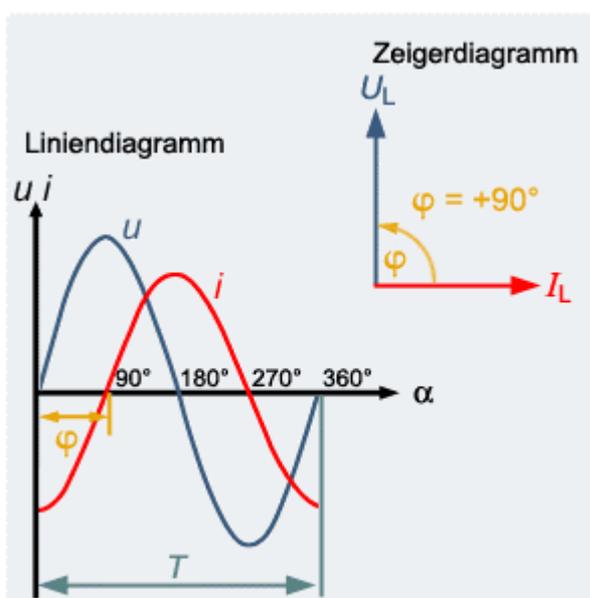
Oder auch: Der Strom ist nacheilend.

Siehe Linien-, bzw. Zeigerdiagramm.

Bei der Induktivität gilt für den Phasenwinkel:

$$\varphi = +90^\circ$$

Merkregel: Kondensator Strom **vor** - Induktivität Strom zu **spät**!



|

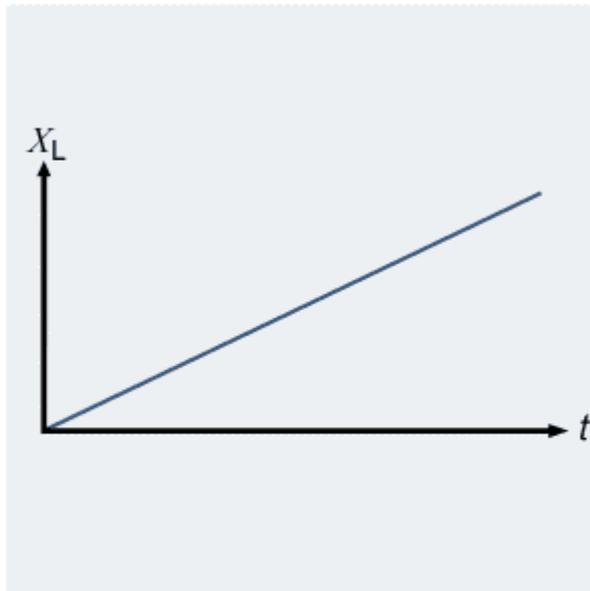
1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Induktiver Blindwiderstand

Der (Blind-) Widerstand der Induktivität wird mit zunehmender Frequenz der Spannungsquelle immer größer, weil immer häufiger Feldänderungen stattfinden.

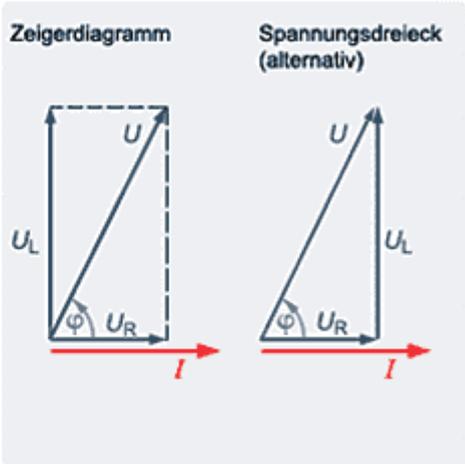
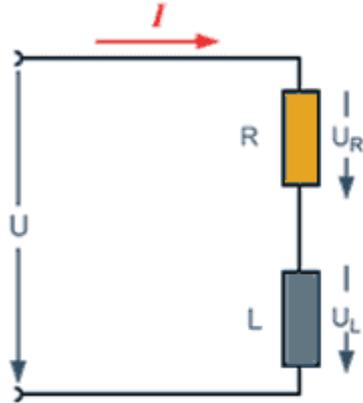
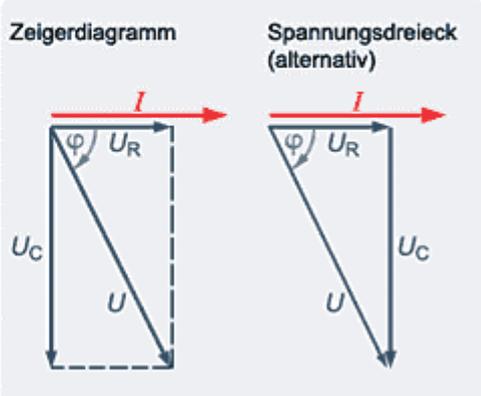
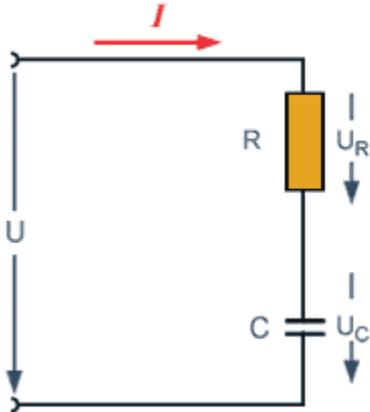
Bei Gleichstrom hat die Spule einen sehr kleinen Widerstand, da keine Feldänderung stattfindet! Bei sehr hohen Frequenzen sperrt sie, da nur noch Feldänderungen erfolgen.

Der induktive **Blindwiderstand X_L** ist abhängig von der Induktivität und der Kreisfrequenz.



4 Elektrische Bauelemente

R - L - C (1)



Bei der Zusammenschaltung von Wirk- und Blindwiderständen kommt es beim Anschluss an eine frequenzveränderliche Wechselspannungsquelle zu Phasenverschiebungen zwischen Strom und Spannung. Durch die Frequenzabhängigkeit der Blindwiderstände verändern sich Strom und Spannung ebenfalls mit der Frequenz.

R und C in Reihe (1)

- Mit steigender Frequenz f wird X_C immer kleiner:

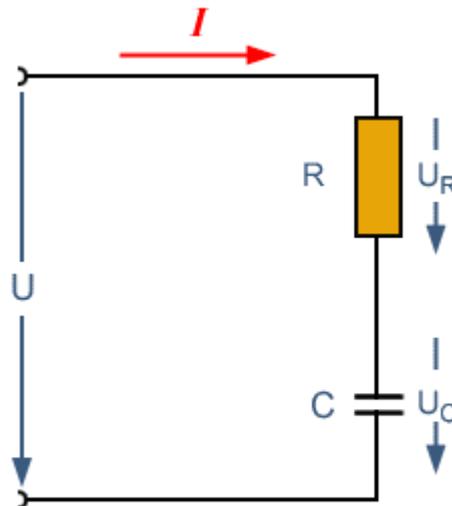
$$f \uparrow \Rightarrow X_C \downarrow$$

- Dadurch wird die Blindspannung U_C kleiner und die Wirkspannung U_R größer:

$$f \uparrow \Rightarrow U_C \downarrow \Rightarrow U_R \uparrow$$

- Die Spannungen addieren sich wie folgt:

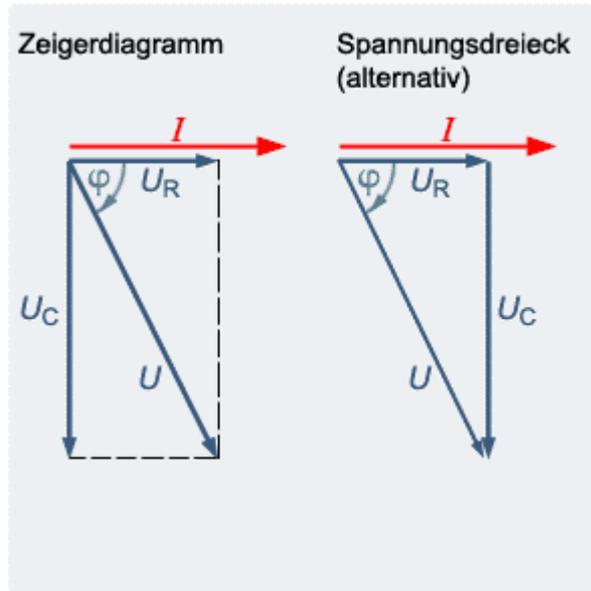
$$U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$$



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

R und C in Reihe (2)

- **Der Strom I und die Wirkspannung U_R sind in Phase.**
- **Die Blindspannung U_C eilt dem Strom I um -90° nach.**
- **Die Phasenlage φ der Gesamt- oder Scheinspannung U ergibt sich aus der Größe von U_R und U_C .**



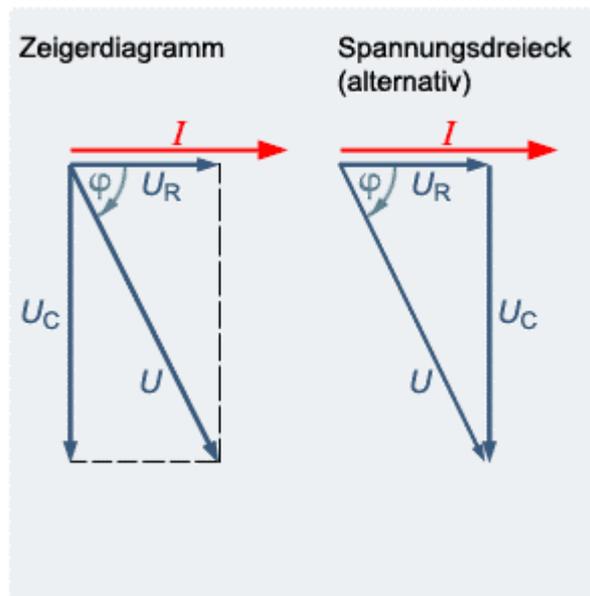
1 - Grundlagen der Elektrotechnik

R und C in Reihe (3)

Die Spannungen lassen sich sowohl im Zeigerdiagramm als auch im Spannungsdreieck darstellen.

Genauso wie die Spannungen verhalten sich die Widerstände und Leistungen.

Als Bezugsgröße und Nulllage wird die gemeinsame Größe – hier der Strom – verwendet und i.A. weggelassen.
(R/X/Z ... Wirk-/Blind-/Scheinwiderstand)
(P/Q/S ... Wirk-/Blind-/Scheinleistung)

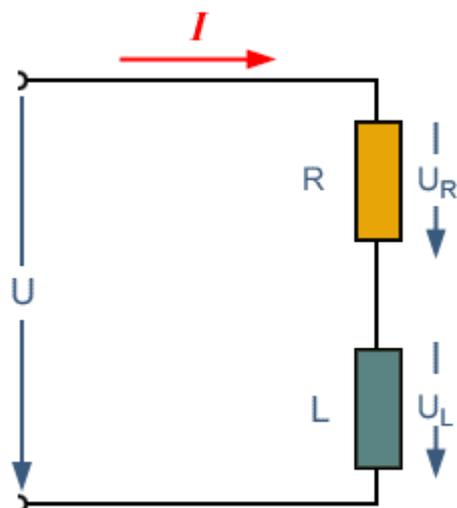


R und L in Reihe (1)

$$f \uparrow \Rightarrow X_L \uparrow$$

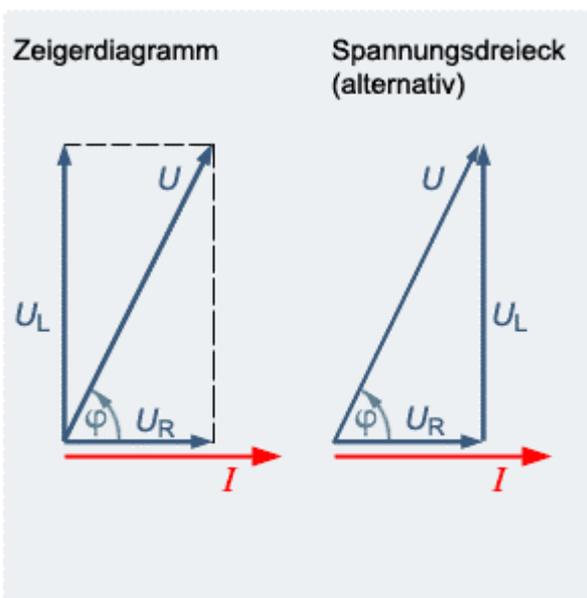
$$f \uparrow \Rightarrow U_L \uparrow \Rightarrow U_R \downarrow$$

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$$



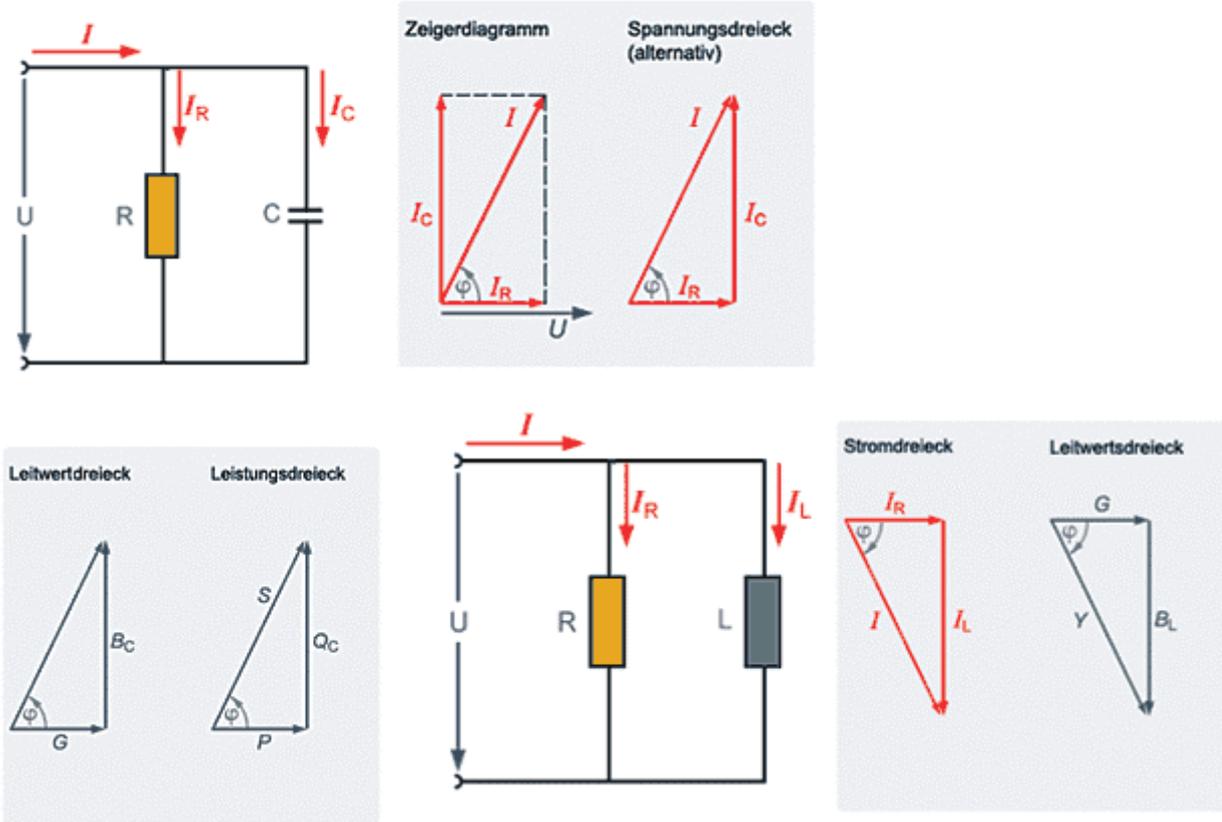
R und L in Reihe (2)

- Die Blindspannung U_L eilt der Wirkspannung U_R , bzw. dem Strom I um $+90^\circ$ voraus.
- U_R ist in Phase mit I .
- Der Phasenwinkel φ für die Scheinspannung ergibt sich aus der Größe von U_R und U_L .



4 Elektrische Bauelemente

R - L - C (2)



Bei der Zusammenschaltung von Wirk- und Blindwiderständen kommt es beim Anschluss an eine frequenzveränderliche Wechselspannungsquelle zu Phasenverschiebungen zwischen Strom und Spannung. Durch die Frequenzabhängigkeit der Blindwiderstände verändern sich Strom und Spannung ebenfalls mit der Frequenz.

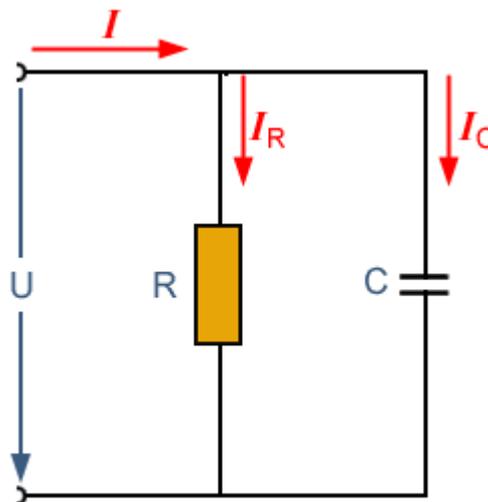
R und C parallel (1)

An Stelle von Spannungen und Widerständen sind bei der Parallelschaltung Ströme I und Leitwerte Y zu betrachten.

$$f \uparrow \Rightarrow Y_C \uparrow$$

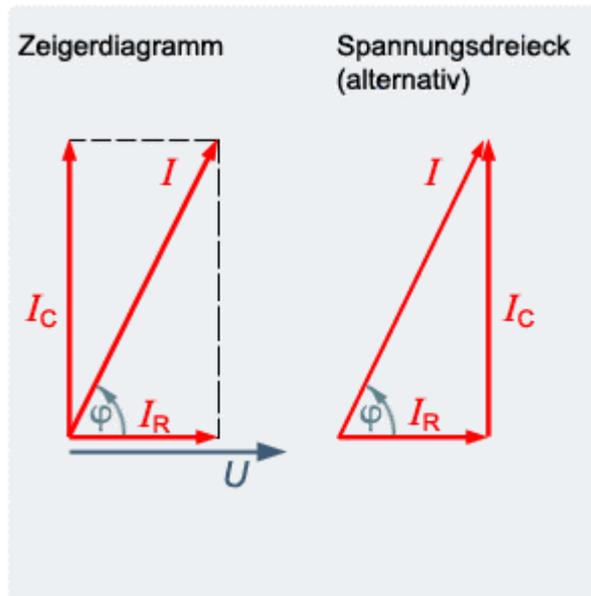
$$f \uparrow \Rightarrow I_C \uparrow$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$



R und C parallel (2)

- Die Spannung ist nun die gemeinsame Größe.
- Der Wirkstrom I_R ist in Phase mit U.
- Der Blindstrom I_C eilt der Spannung U um $+90^\circ$ voraus.
- Die Phase φ des Scheinstromes I ergibt sich aus der Größe von I_R und I_C .

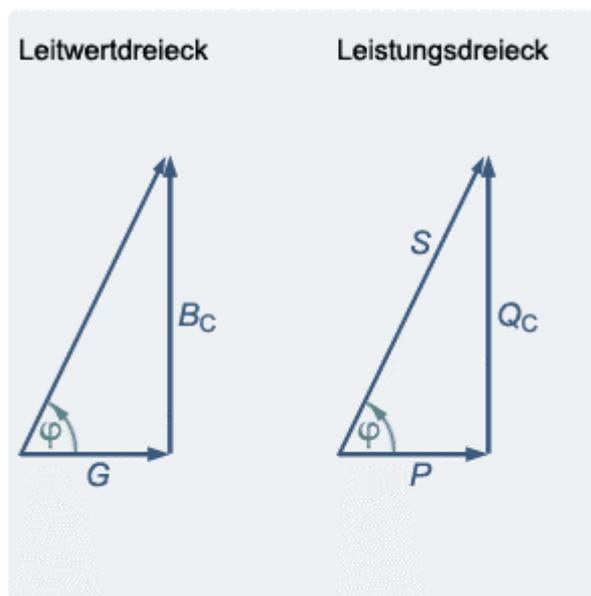


R und C parallel (3)

Die Ströme lassen sich im Zeigerdiagramm und als Stromdreieck darstellen.

Wie die Ströme so verhalten sich auch die Leitwerte und Leistungen.

Bezugsgröße und Nulllage ist die gemeinsame Größe **U** (kann weglassen werden).
(G/B/Y ...Wirk-/Blind-/Scheinleitwert)



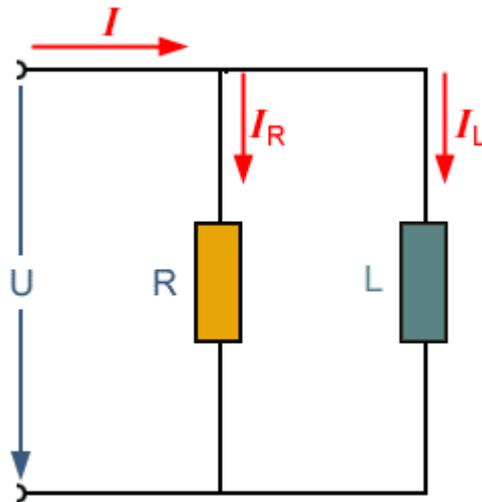
R und L parallel (1)



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

$$f \uparrow \Rightarrow I_L \downarrow$$

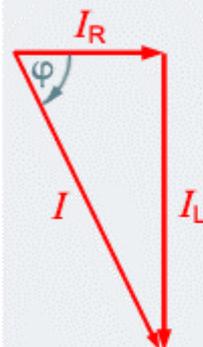
$$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$



R und L parallel (2)

- Der Blindstrom I_L leitet der Spannung U um -90° nach.
- U und I_R sind in Phase.
- Der Phasenwinkel φ ergibt sich aus den Größenverhältnissen von I_R und I_L .

Stromdreieck

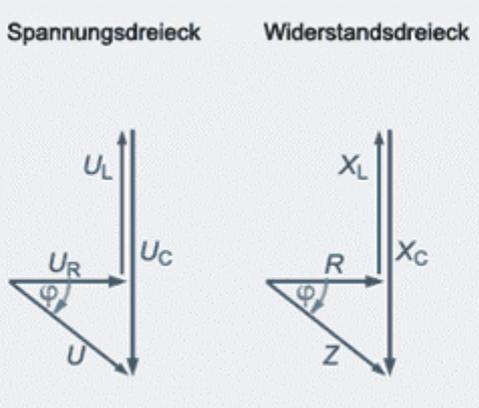
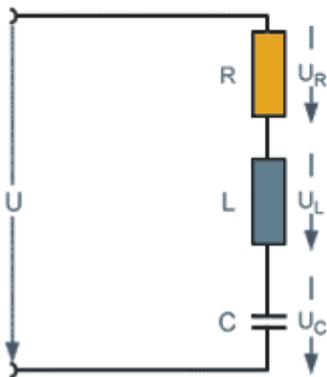


Leitwertsdreieck

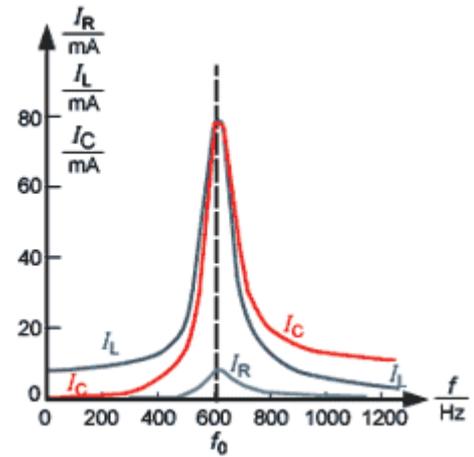
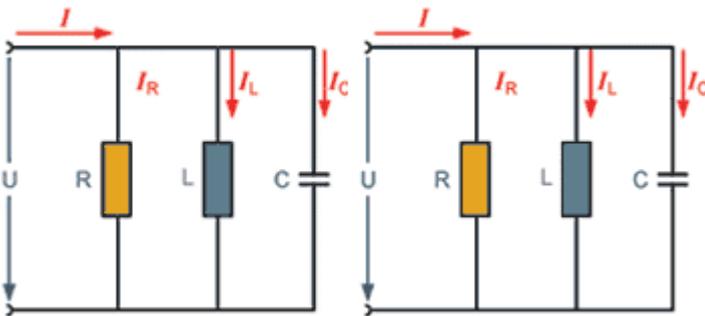


4 Elektrische Bauelemente

R - L - C (3)



Ströme im Parallelkreis



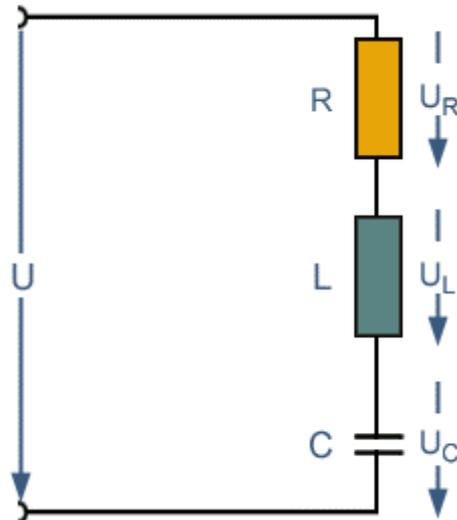
Bei der Zusammenschaltung von Wirk- und Blindwiderständen kommt es beim Anschluss an eine frequenzveränderliche Wechselspannungsquelle zu Phasenverschiebungen zwischen Strom und Spannung. Durch die Frequenzabhängigkeit der Blindwiderstände verändern sich Strom und Spannung ebenfalls mit der Frequenz.

R, L und C in Reihe (1)

Sonderfall: (Reihen-) Resonanz

Bei $f = f_{\text{Resonanz}}$:

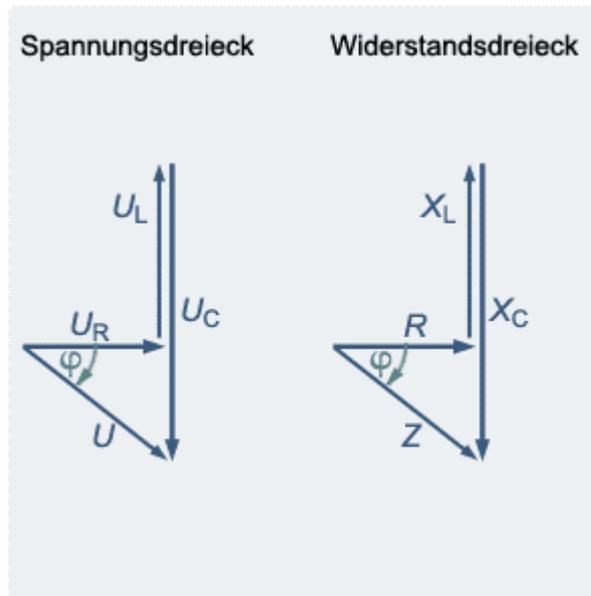
- $U_L = U_C \Rightarrow X_L = X_C$
- Die Blindspannungen werden sehr hoch (größer als U).
- Der Gesamtwiderstand wird minimal (gleich R).
- Es fließt ein großer Strom I.



- $f < f_{\text{Resonanz}} \Rightarrow U_L < U_C \Rightarrow$ kapazitives Verhalten.
- $f > f_{\text{Resonanz}} \Rightarrow U_L > U_C \Rightarrow$ induktives Verhalten.

R, L und C in Reihe (2)

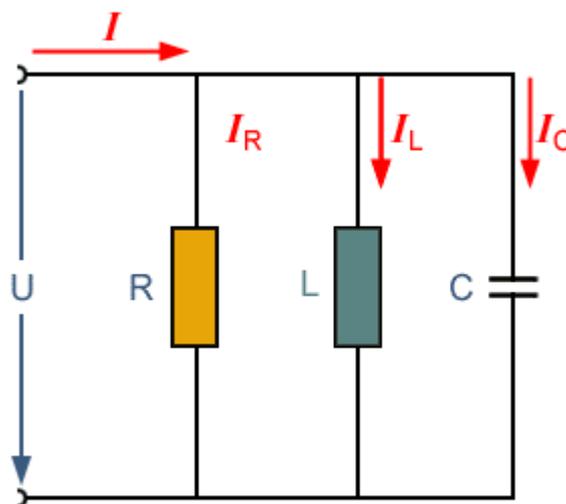
$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$



R, L und C parallel (1)

Sonderfall: (Parallel-) Resonanz
Bei $f = f_{\text{Resonanz}}$:

- $I_L = I_C \rightarrow B_L = B_C$
- Die **Blindströme** werden sehr hoch (größer als I).
- Der **Gesamtleitwert** wird minimal (gleich **G**), die Schaltung wird sehr hochohmig.
- Es fließt ein kleiner **Strom I**.



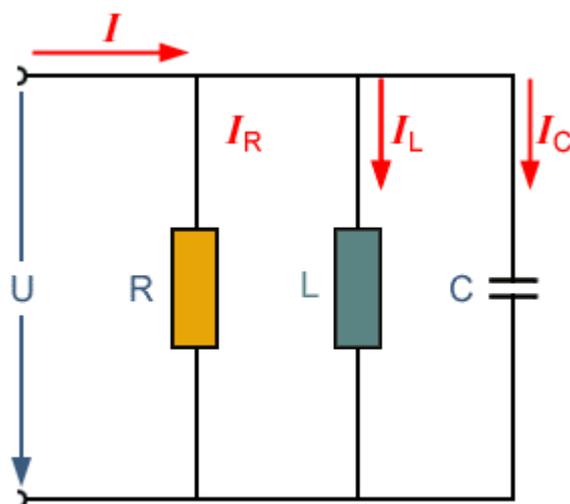
-
-

1 - Grundlagen der Elektrotechnik

R, L und C parallel (2)

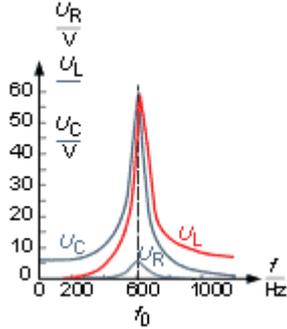
- $f < f_{\text{Resonanz}} \rightarrow I_L > I_C \rightarrow$ induktives Verhalten.
- $f > f_{\text{Resonanz}} \rightarrow I_L < I_C \rightarrow$ kapazitives Verhalten.

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

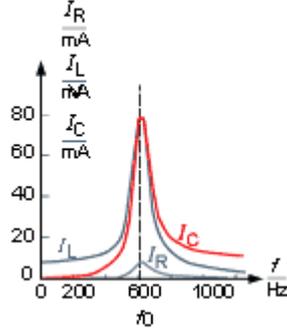


1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Spannungen im Reihenkreis

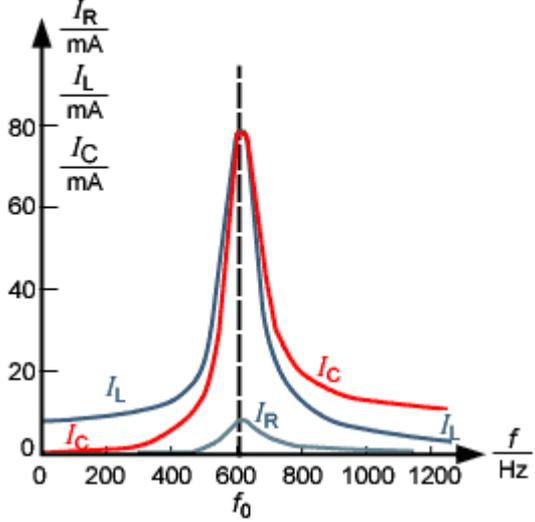


Ströme im Parallelkreis

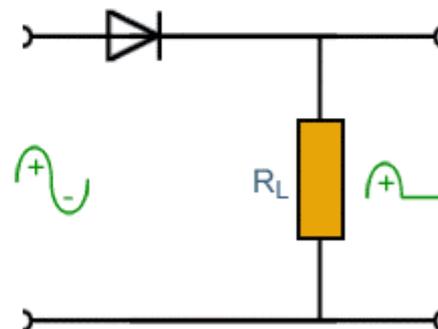
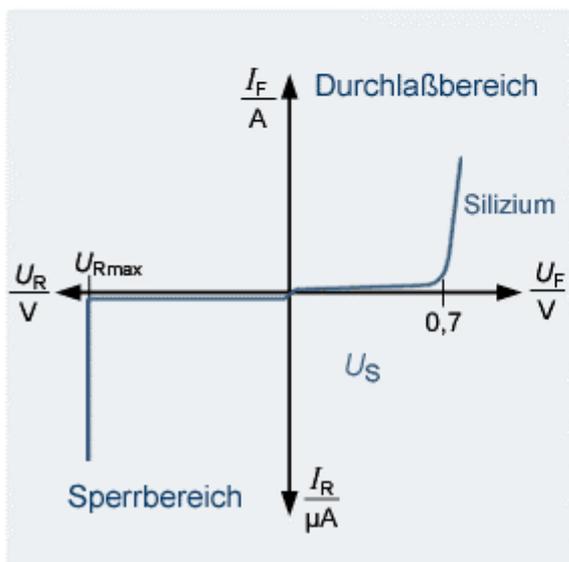
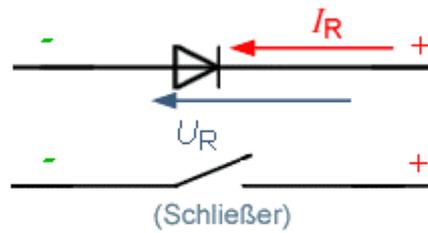
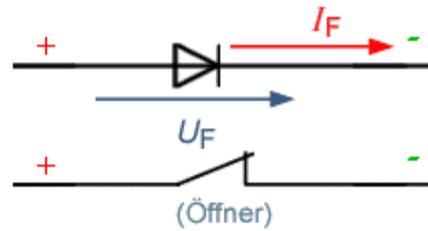
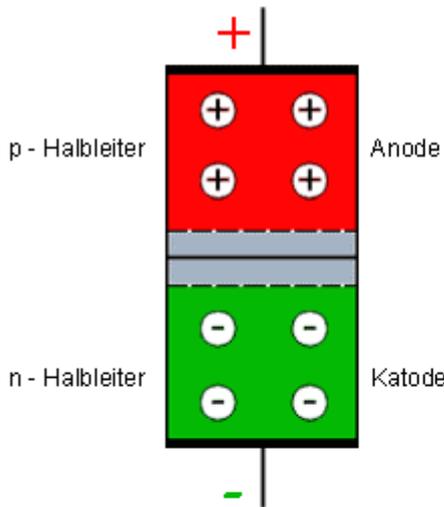


R, L und C

Ströme im Parallelkreis



4 Elektrische Bauelemente



Interaktionsfragen

- *Wie nennt man die Diodenanschlüsse?*
- *Wie viel und welche Betriebszustände besitzt die Diode?*

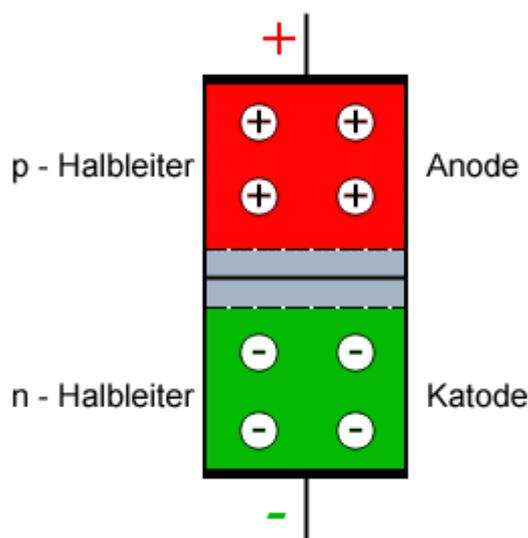
Dioden bestehen aus zwei verschiedenen Halbleiterschichten. Sie lassen Strom nur in eine Richtung fließen, in der anderen sperren sie.

Aufbau

Die Diode ist aus einer p-leitenden und einer n-leitenden Halbleiterschicht aufgebaut. Im Grenzbereich der beiden Halbleiterbereichen bildet sich eine Sperrschicht aus.

- n-leitend¹²
- p-leitend¹³
- Dotierung¹⁴

(In einem hochreinen Halbleiter sind natürlicherweise Elektronen und Defektelektronen in geringer aber gleicher Zahl vorhanden.)



Durchlassrichtung

Bei Betrieb in Durchlassrichtung ("vorwärts") wird durch die äußere angelegte Spannung die Sperrschicht abgebaut. Es kann ein großer sogenannter Durchlassstrom fließen.

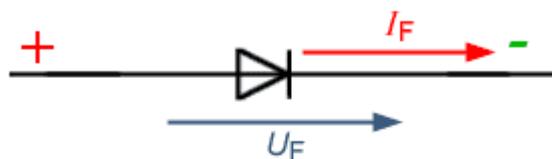
An der Diode fällt eine **typische Durchlassspannung von ca. 0,7V** (bei Silizium) ab. Diese ist nahezu unabhängig vom fließenden Strom.

Die Diode in Durchlassbetrieb entspricht einem **geschlossenen Schalter!**

¹² Durch Dotierung Überhöhung der Menge der negativen Ladungsträger (Elektronen).

¹³ Durch Dotierung Überhöhung der positiven Ladungsträger (Defektelektronen/Löcher).

¹⁴ Gezieltes Verunreinigen des hochreinen monokristallinen Halbleitermaterials.

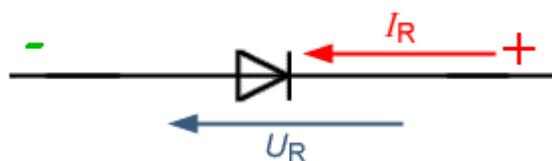


Sperrrichtung

Beim Betrieb in Sperrrichtung ("rückwärts") verbreitert die angelegte Spannung die Sperrschicht. Es kann nur ein sehr kleiner Sperrstrom fließen.

Wird die Spannung in Sperrrichtung zu groß, kommt es zum **Durchbruch**. D.h. es fließt ein sehr großer Strom und die Diode wird zerstört.

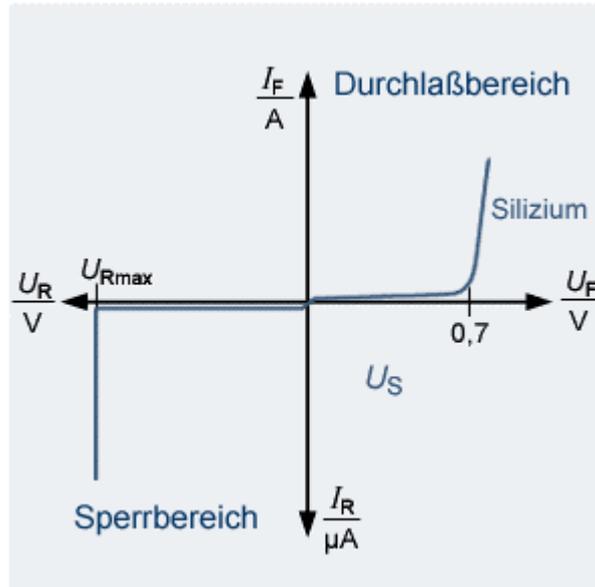
Eine Diode in Sperrbetrieb entspricht einem **geöffneten Schalter!**



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Kennlinie

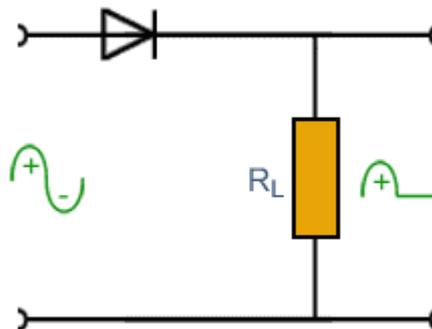
Die Kennlinie einer Diode beschreibt ihr Strom-/Spannungsverhalten, sowohl in Durchlass-/Vorwärts-, als auch in Sperr-/Rückwärtsrichtung.



Gleichrichter

Die Diode hat ihr Einsatzgebiet neben der Anwendung als Schalter noch in der Funktion als Gleichrichter.

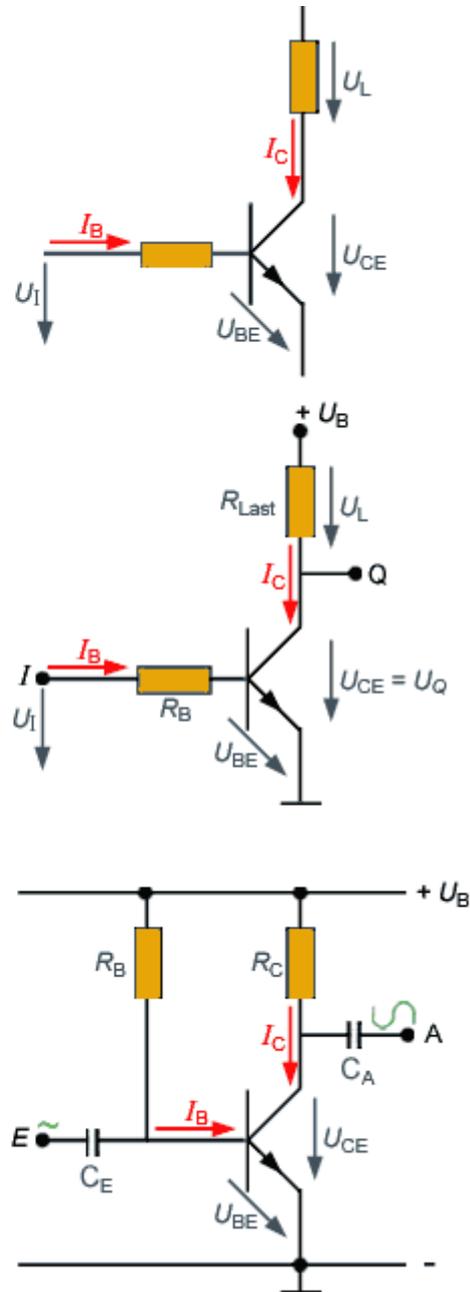
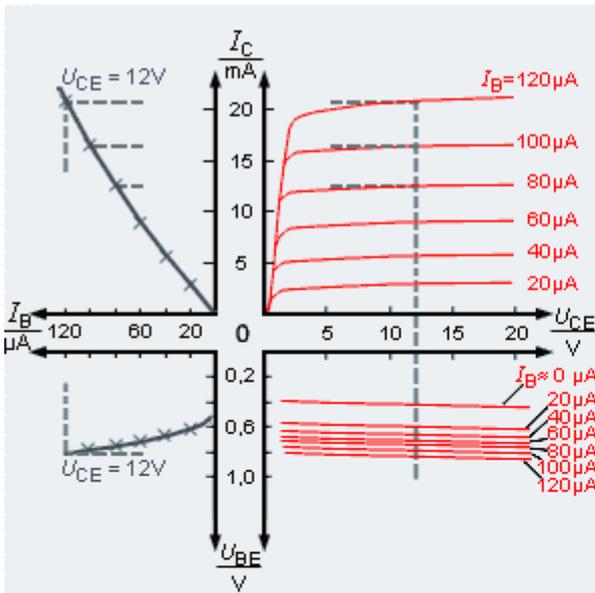
Sie lässt nur Strom in einer Richtung zu, während sie den Strom in die andere Richtung sperrt.



4 Elektrische Bauelemente

Aufbau (Prinzip) und Schaltzeichen von Transistoren

Transistortyp	Halbleiterschichten	Diodenvergleich	Schaltzeichen
NPN	<p>Sperrschichten N Kollektor P Basis N Emmitter</p>	<p>Kollektor Basis Emmitter</p>	<p>C B E</p>
PNP	<p>Sperrschichten P Kollektor N Basis P Emmitter</p>	<p>Kollektor Basis Emmitter</p>	<p>C B E</p>



Interaktionsfragen

- Wie wird ein Transistor gebildet?
- Wie nennt man die Anschlüsse eines Transistors?
- Was zählt man zu den statischen Kennwerten?

Ein Transistor wird durch drei aufeinanderfolgende Halbleiterschichten gebildet. Es werden PNP-Transistoren und NPN-Transistoren unterschieden. Die Anschlüsse nennt man Basis und Kollektor.

Aufbau/Schaltzeichen

Der Transistor ist aus drei Halbleiterschichten, zwischen denen sich Sperrschichten bilden, aufgebaut. Ohne Steuerung / äußere Spannung ist der Transistor nicht leitfähig. Man unterscheidet nach der Schichtfolge NPN- und PNP- Transistoren.

Die drei Elektroden werden als **Basis (B)**, **Kollektor (C)** und **Emitter (E)** bezeichnet.

Der Transistor ist entstanden aus der Gegenreihenschaltung von zwei Dioden. Die Basis wird am Zusammenschluss der beiden Dioden angeschlossen. Die beiden anderen sind Kollektor und Emitter, die gegeneinander vertauschbar sind.

Aufbau (Prinzip) und Schaltzeichen von Transistoren

Transistortyp	Halbleiterschichten	Diodenvergleich	Schaltzeichen
NPN			
PNP			

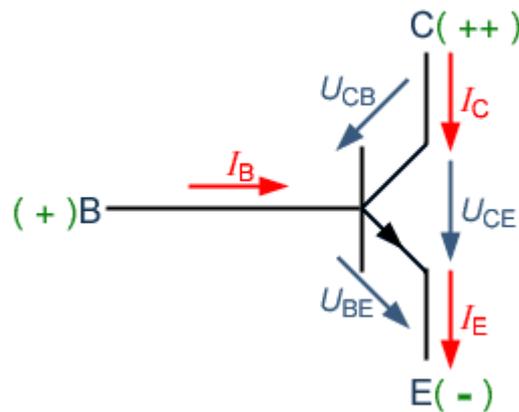
Arbeitsweise des Transistors

Am Beispiel NPN-Transistor:

Der Transistor leitet, wenn das Basispotential positiv und das Kollektorpotential stark positiv gegenüber dem Emitter wird. Ein schwacher Basisstrom steuert dabei den um ein Vielfaches größeren Kollektorstrom.

$$I_E = I_B + I_C$$
$$U_{CE} = U_{BE} + U_{CB}$$
$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

B ... Gleichstromverstärkung

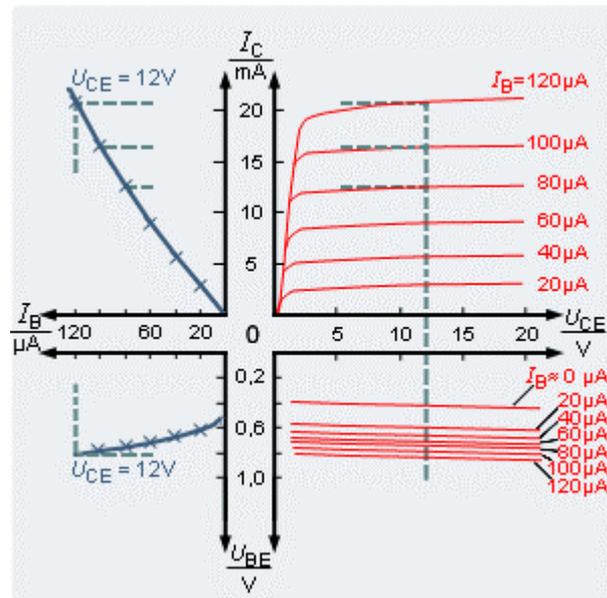


Kennwerte

Alle für den Transistor wichtigen Daten können einem Datenblatt entnommen werden, das der Hersteller veröffentlicht.

Dort sind auch diverse Kennlinien abgedruckt. Sie beschreiben das Transistorverhalten bei wechselnden Strom- und Spannungsverhältnissen.

Für den Praktiker am wichtigsten ist das Ausgangskennlinienfeld, das den Zusammenhang zwischen I_B , I_C und U_{CE} darstellt.



Transistor als Schalter

Der Transistorschalter hat zwei Schaltzustände:

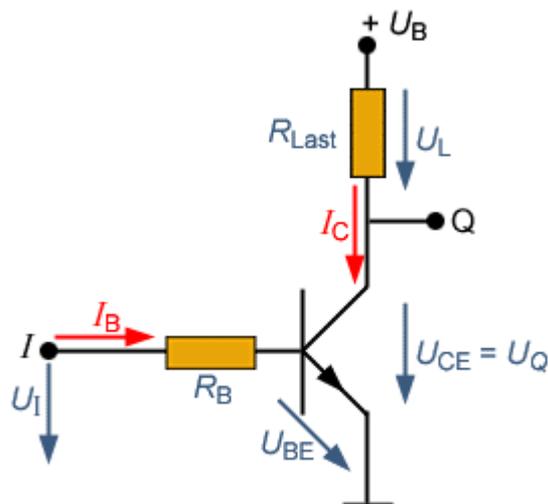
Gesperrt:

Der Transistor wird nicht angesteuert – die **Eingangsspannung U_I** ist null und somit auch die **Lastspannung U_L** !

An der Kollektor-Emitter-Strecke fällt die komplette Betriebsspannung ab.

Leitend:

Die Eingangsspannung wird wesentlich größer als null und es fließt ein ausreichender **Basisstrom I_B** . Die **$U_{BE} = 0,6V$** und die **$U_{CE} \approx 0,1V$** . Die Betriebsspannung liegt jetzt nahezu vollständig am Lastwiderstand an!



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Transistor als Verstärker

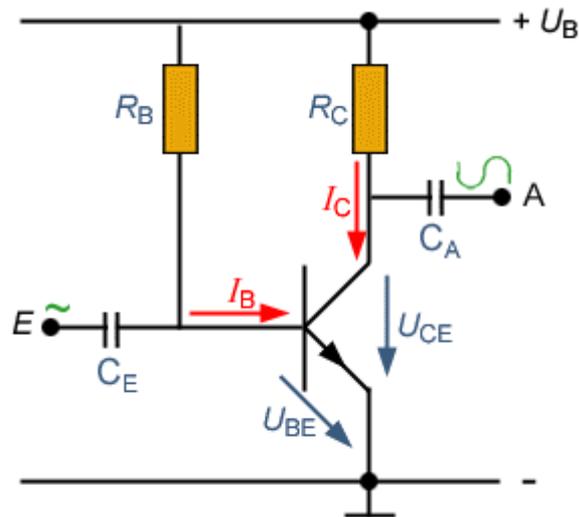
Es muss ein Arbeitspunkt (Ruhelage ohne Steuer-/Eingangssignal) festgelegt werden. Im einfachsten Fall:

$$U_{CE} = \frac{U_B}{2}$$

Es fließt dabei ein Basis- und Kollektorstrom gemäß:

$$I_C = B \cdot I_B$$

Dann überträgt der Transistorverstärker das Wechselspannungseingangssignal verstärkt **zum Ausgang**¹⁵.



¹⁵ Die Kondensatoren sind erforderlich zur Entkopplung von Gleich- und Wechselspannungsbereich.

4 Elektrische Bauelemente

Überprüfen Sie das angeeignete Wissen, indem Sie den folgenden Selbsttest lösen.



Sie haben nun einige Bauelemente kennen gelernt.

Warum muss man beim Aufbau von Schaltkreisen immer wieder auf solche Bauteile zurückgreifen?

Bitte verwenden Sie für Ihren Lösungsvorschlag das vorbereitete Antwortdokument.

5 Spannungserzeugung

Kapitelbezogene Eingangsfragen:

Welche bekannte Wechselspannung kennen Sie?

Wann spricht man von Gleichstrom?

Themen:

5.1 Wechselstrom

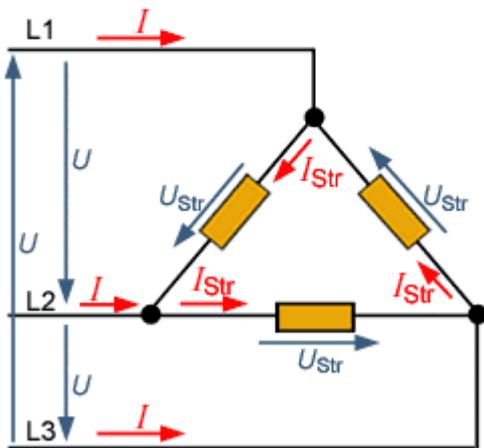
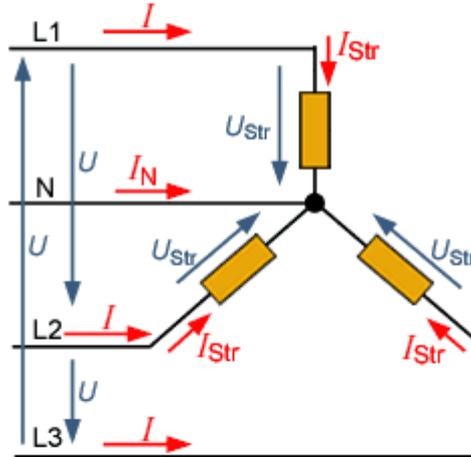
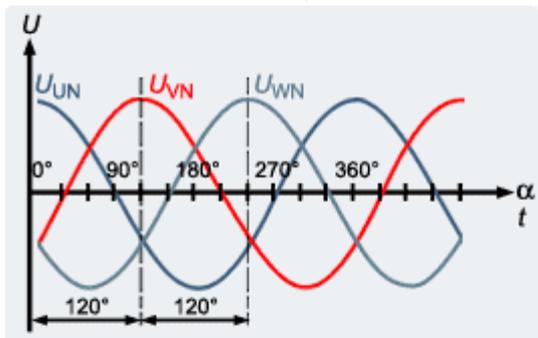
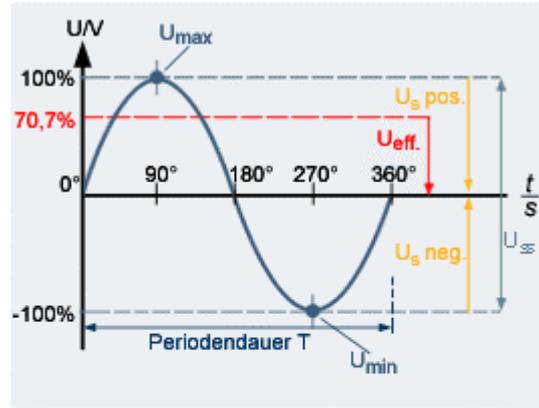
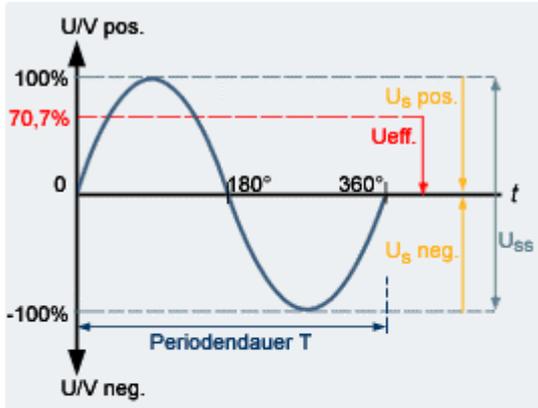
5.2 Gleichstrom

5.3 Stromquellen

5.4 Netzgeräte

5.5 Selbsttest 5

5 Spannungserzeugung



Interaktionsfragen

- *Wie wird Wechselstrom erzeugt?*
- *Wie entsteht ein Dreiphasenwechselstrom?*
- *Welche bekannte Wechselspannung kennen Sie?*

Wechselstrom ist ein periodischer Vorgang, bei dem sich die Stromstärke innerhalb von einer Periode ständig verändert. Dabei wird einmal der Maximalwert und einmal der Minimalwert erreicht.

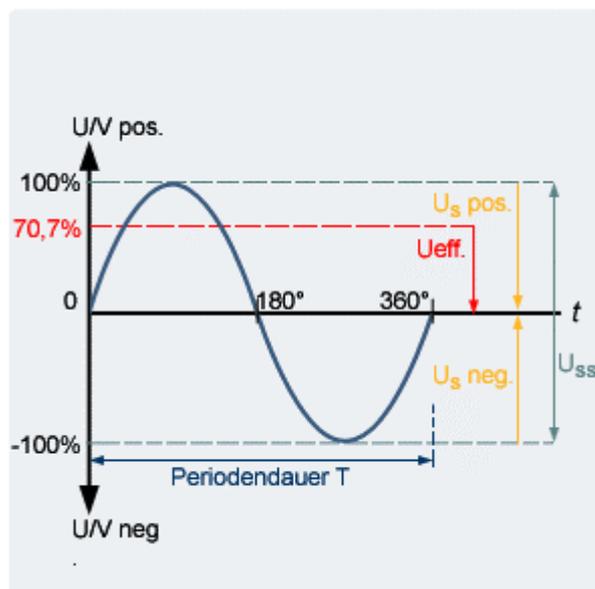
Definition

Wechselspannung wird durch Generatoren in Kraftwerken erzeugt. Dabei dreht sich ein Rotor im Generator mit konstantem Erregermagnetfeld um 360° . Dadurch entsteht eine Spannung mit sinusförmigem Verlauf und wechselnder Polarität.

Die Frequenz der (europäischen) Netzwechselspannung beträgt 50Hz. Das sind 50 Umdrehungen je Sekunde des Rotors ("Läufer") im Generator.

Die gebräuchlichste Netzwechselspannung ist in Europa 230V (USA: 240V / 60Hz).

Wechselspannungen verändern in Abhängigkeit von der Zeit ihre Polarität und ihren momentanen Spannungswert.



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Effektivwert der Wechselspannung

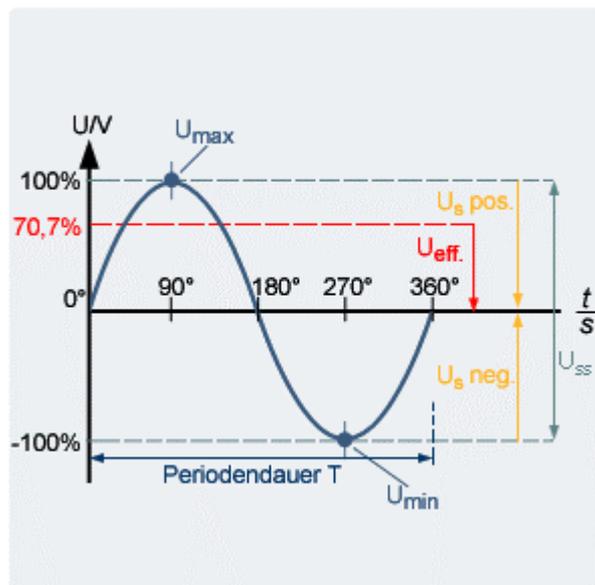
Der Effektivwert einer Wechselspannung erzeugt die gleiche (Wirk-) Leistung wie eine gleichgroße Gleichspannung. Der Effektivwert ist der Kennwert einer Wechselgröße.

Bei Sinusform gilt:

$$U_{\text{eff}} = U = \frac{U_s}{\sqrt{2}}$$

Spitze- Spitze- Wert:

$$\begin{aligned} U_{\text{SS}} &= 2 \cdot U_s \\ &= U_{\text{max}} - U_{\text{min}} \end{aligned}$$

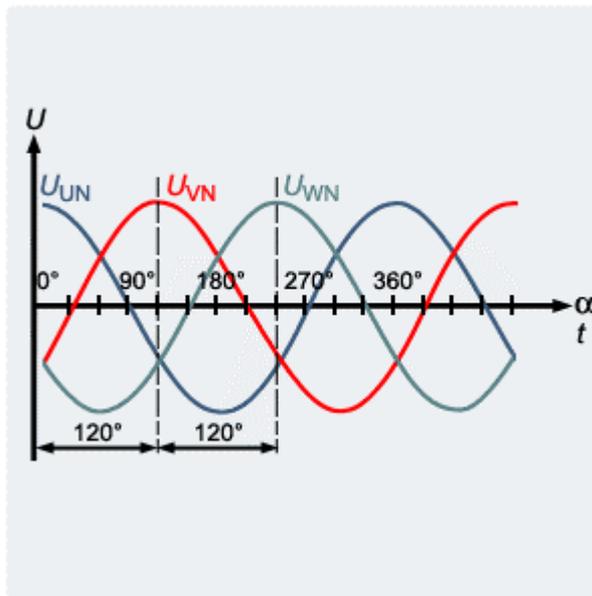


Dreiphasenwechselstrom

Dreiphasenwechselstrom entsteht durch Drehen einer Erregerspule (Erregermagnet) innerhalb dreier Spulen, die baugleich sind, deren Anordnung zueinander jedoch um 120° versetzt ist. Durch das magnetische Drehfeld wird in jeder Spule eine Wechselspannung induziert. Die Wechselspannungen sind gleichgroß, jedoch phasenverschoben um 120° .

Bei gleicher (symmetrischer) Belastung der Spulen beträgt die Phasenverschiebung zwischen den Strömen ebenfalls 120° . Bezeichnung der Spulen:

- Anfänge: $U_1 V_1 W_1$
- Enden: $U_2 V_2 W_2$



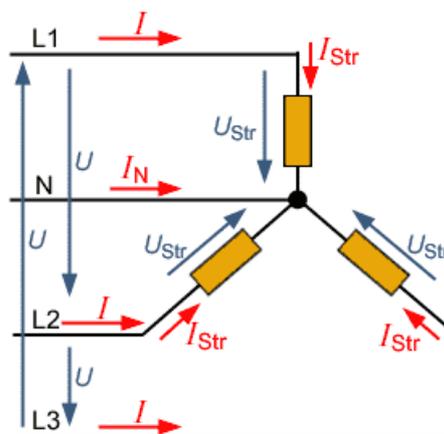
Vier-Leiter-Netz (Stern)

Die Außenleiter L_1 , L_2 und L_3 (drei spannungsführende Leiter des Drehstromnetzes) sind mit den Spulenanfängen verbunden. Der vom Sternpunkt (Zusammenschaltung der drei Spulenden) abgehende Leiter ist der ("spannungsfrei") Neutralleiter N ¹⁶. Der Neutralleiter wird meist geerdet.

Zwischen den Leitern L_1 und L_2 , L_1 und L_3 bzw. L_2 und L_3 liegt die (Außen-) Leiterspannung U an. An den Spulen, d.h. zwischen L_1 und N , L_2 und N bzw. L_3 und N liegt die Strangspannung U_{str} .

$$U = \sqrt{3} \cdot U_{str};$$

$\sqrt{3}$ Verkettungsfaktor



¹⁶ Im Neutralleiter fließt die Summe der Außenleiterströme. Wegen der 120°-Phasenverschiebung ist der Neutralleiterstrom meist kleiner als der Strangstrom! Bei symmetrischer (gleicher und gleichartiger) Belastung, d.h. in allen

Drei-Leiter-Netz (Dreieck)

Die Dreieckschaltung entsteht durch Verbinden der Spulenanfänge mit den Spulendenen:

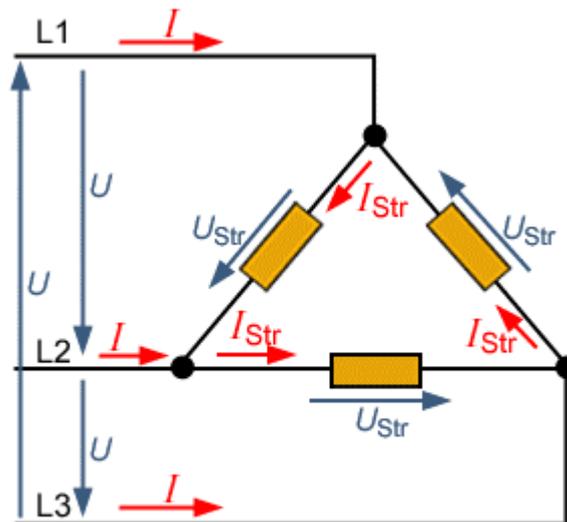
U_2 mit V_1 , V_2 und W_1 und U_1 mit W_2 .

Die Leiter L_1 , L_2 und L_3 werden an die Verbindungen U_2V_1 , V_2W_1 und U_1W_2 angeschlossen. Ein Neutraleiter ist nicht notwendig.

Bei der Dreiecksschaltung ist die Leiterspannung U gleich der Strangspannung U_{str} .

$$U = U_{str} ;$$

Wegen Phasenverschiebung von 120° gilt folgender Zusammenhang¹⁷ zwischen Leiterstromstärke I und der Strangstromstärke I_{str} .

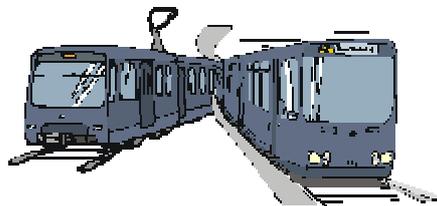


¹⁷ <img src=

5 Spannungserzeugung

Gleichstrom ist ein elektrischer Strom gleichbleibender Richtung, im Gegensatz zum Wechselstrom, dessen Richtung sich periodisch ändert.

- Reiner Gleichstrom entsteht auf chemischem Wege in galvanischen Elementen (Batterien) oder Akkumulatoren (Akkus).
- Zur Gleichstromerzeugung werden auch Gleichstromgeneratoren eingesetzt.
- Der durch Gleichrichter aus Wechselstrom gewonnene Gleichstrom enthält einen überlagerten (Rest-)Wechselstromanteil.
- Gleichstrom wird in der Nachrichtentechnik zum Betrieb von Relais, Wählern, Elektronenröhren und Transistoren gebraucht.
- In der Starkstromtechnik für regelbare Antriebe in Maschinen und Elektrobahnen, Aufzügen, galvanischen Anlagen etc.
- Für den Transport hoher Leistungen über große Entfernung verwendet man Gleichspannungsübertragung mit Spannungen bis 1MV.
- Fernmeldeanlagen arbeiten mit Gleichstrom bis zu 60V; Straßenbahnen, Oberleitungsbusse, Schnell- und Untergrundbahnen betreibt man mit Gleichstrom von 500 - 1500V.

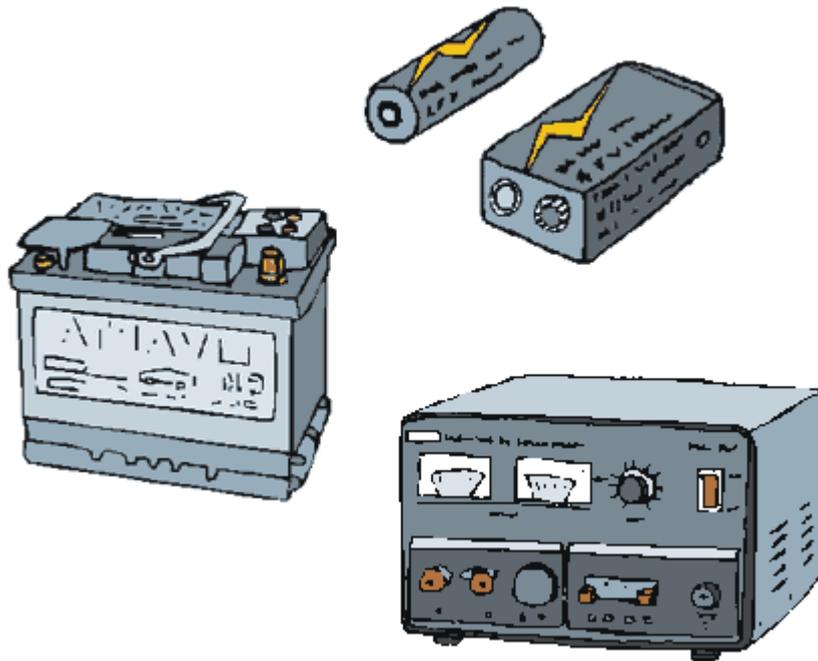


Interaktionsfragen

- *Wann spricht man von Gleichstrom?*
- *Wie entsteht reiner Gleichstrom?*

5 Spannungserzeugung

Stromquellen



Interaktionsfragen

- Was bezeichnet man als Stromquellen?
- Nennen Sie zwei verschiedene Stromquellen!

Anordnung, die über einen längeren Zeitraum einen elektrischen Strom liefern kann, z.B. Generator, Batterie.

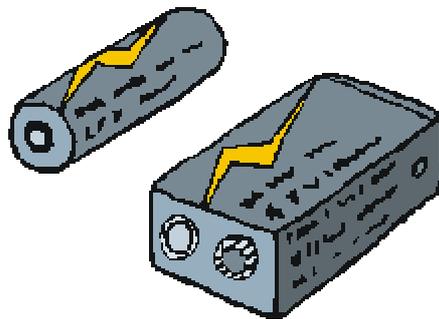
Man unterscheidet zwischen verschiedenen Stromquellen:

Batterie

In einer Batterie (galvanisches Element) wird chemisch gespeicherte Energie in elektrische Energie umgesetzt. Durch Hintereinanderschalten mehrerer Batterien, kann die erzeugte Spannung erhöht werden.

Die Erzeugung elektrischer Energie im galvanischen Element erfolgt auf der Basis von Elektrolyse. In einen Elektrolyten tauchen zwei Elektroden aus einem edlen und einem unedlen Metall (z.B. Zink und Kohle) ein.

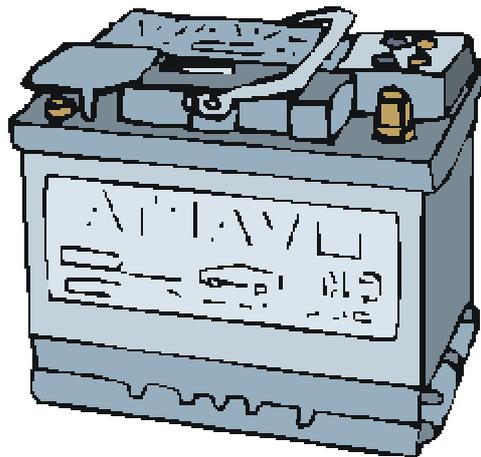
Das unedle Metall zersetzt sich, d.h. gibt positive Ionen an den Elektrolyten ab und wird zur negativen Elektrode. Das edle Metall gibt an die positiven Ionen im Elektrolyten negative Elektronen ab und wird somit zur positiven Elektrode.



Akkumulator

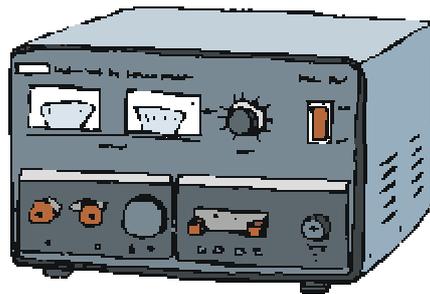
Akkumulator, kurz Akku (von lat. sammeln) auch Sekundärelement genannt:

- kann im Gegensatz zur Batterie immer wieder geladen werden
- dient als Speicher elektrischer Energie



Ladegerät

- dient zum Aufladen der Akkus
- enthält neben Netztransformator und Gleichrichter noch eine Stabilisierung mit Batteriemangement



Akkumulator, kurz Akku (von lat. sammeln) auch Sekundärelement genannt:

- kann im Gegensatz zur Batterie immer wieder geladen werden
- dient als Speicher elektrischer Energie

Bauteile/Eigenschaften	Bleiakkumulator	Stahlakkumulator
Gehäuse	Kunststoff z.B. PP	Kunststoff oder Stahl
Positive Platte	Blei mit Bleioxid (PbO_2)	Nickelhydroxid $[\text{Ni}(\text{OH})_3]$
Negative Platte	Blei mit Bleisulfat (PbSO_4)	Kadmium
Scheider (Plattenisolator)	Kunststoff	Kunststoff
Elektrolyt	verdünnte Schwefelsäure (H_2SO_4) Dichte 1,12...1,28 g/cm ³	Verdünnte Kalilauge (KOH) Dichte 1,17...1,19 g/cm ³
Zellenspannung in V	1,9...2,2 dichteabhängig	1,3...1,5
Maximale Ladespannung	2,8 V	1,4...1,8
Ladestrom normal	mit C/10 A 10 h	C/10 (beachten Sie die jeweiligen Ladevorschriften)
Ladestrom schnell	mit C/10 A 1 h	2 x I ₁₀ (beachten Sie die jeweiligen Ladevorschriften)
Ladestrom Erhaltung	mit C/500 dauernd	C/100 (beachten Sie die jeweiligen Ladevorschriften)
Gasungsspannung in V	2,4	1,6...1,7
Ah- Wirkungsgrad	0,85	0,75
Ladefaktor	1.2	1.4

1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Wh- Wirkungsgrad	0,72	0,56
Spezifische Energie	50 Wh/kg	75 Wh/kg
Spezifische Leistung	7,5 W/kg	15 W/kg

Der **Bleiakkumulator** enthält Elektroden aus Blei, die von verdünnter Schwefelsäure umgeben sind.

Beim **Laden** wird die Oberfläche der positiven Platte (Anode) zu braunem Bleidioxid oxidiert, die der negativen (Kathode) zu metallischem Blei reduziert. Beim Entladen gehen beide Elektroden in Bleisulfat über.

Die **Klemmenspannung** einer Zelle beträgt rund 2 Volt.

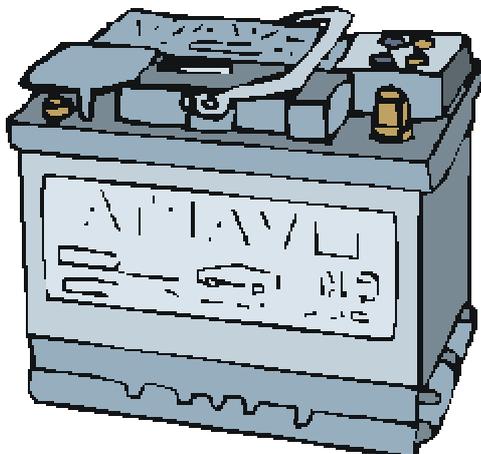
Das Speichervermögen, auch Ladekapazität genannt, wird in Amperestunden (Ah) gemessen. Es ist von der wirksamen Plattenoberfläche und von der Stromstärke bei der Entladung abhängig.

Wirkungsgrad eines Bleiakkumulators, je nach Entladestrom, 75-90%. Beim Nickel-Eisen-Akkumulator (Ni-Fe), auch Edison- oder Stahlakkumulator genannt, bestehen die Elektroden aus Stahlblech; die Anode ist vernickelt. Elektrolyt: verdünnte Kalilauge (21%).

Ähnlich der Nickel-Cadmium-Akkumulator (Ni-Cd), bei dem die **Kathode aus Nickeloxid** besteht, die Anode aus Cadmium. Im Vergleich zu den Ni-Cd-Akkumulatoren weisen die seit 1990 im Markt eingeführten Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren (Ni-MH) eine um ca. 30% höhere Ladekapazität auf und sind umweltschonender, da cadmiumfrei.

Die **Cadmiumelektrode** ist bei ihnen durch eine Metallegierung ersetzt, die fähig ist, Wasserstoff zu speichern. Ni-Fe-, Ni-Cd- und Ni-MH-Akkumulatoren (jeweils ca. 1,2 Volt Spannung je Zelle) sind besonders widerstandsfähig und daher für tragbare Geräte geeignet.

Vor allem gilt das für **gasdichte Ni-Cd- und Ni-MH-Akkumulatoren**(Knopfzellen), bei denen der Elektrolyt eingedickt ist. Sie werden in Hörgeräten, Taschenlampen, Rasierapparaten, Blitzgeräten u. a. verwendet.



In einer Batterie (galvanisches Element) wird chemisch gespeicherte Energie in elektrische Energie umgesetzt. Durch Hintereinanderschalten mehrerer Batterien, kann die erzeugte Spannung erhöht werden.

Die Erzeugung elektrischer Energie im galvanischen Element erfolgt auf der Basis von Elektrolyse. In einen Elektrolyten tauchen zwei Elektroden aus einem edlen und einem unedlen Metall (z.B. Zink und Kohle) ein.

Das unedle zersetzt sich, d.h. gibt positive Ionen an den Elektrolyten ab und wird zur negativen Elektrode. Das Edle gibt an die positiven Ionen im Elektrolyten negative Elektronen ab und wird somit zur positiven Elektrode.

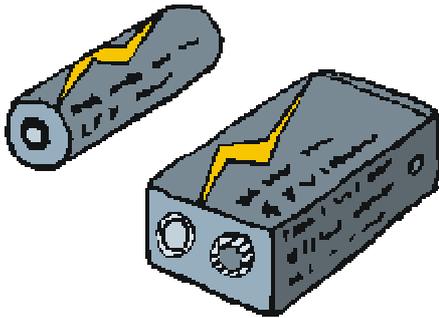
Hat sich die unedle Elektrode zersetzt ist keine entnehmbare Energie mehr vorhanden. Dieser Zustand ist in etwa erreicht, wenn Spannung auf die Hälfte der Nennspannung gesunken ist. Der Vorgang kann bei einer Batterie nicht umgekehrt werden, d.h. man kann sie im Gegensatz zum Akku nicht wieder aufladen!

(Prüfen des Ladezustandes: Batterie mit einer kleinen Last, z.B.: $R=1k\Omega$ (Kiloohm), belasten und dann die Spannung messen.)

Element Art-Name	Anode - Katode +	Elektrolyt	Nennspannung	Bemerkung	Anwendung
Leclanche-Zink Kohle-MnO ₂	Zink Kohle-MnO ₂	Salmiak	1,5V	billigste Zelle	
Zinkchlorid-Zelle-MnO ₂	Zink Mengandioxid	Zinkchlorid	1,5V	mittlerer Preis	
Zink-Luftsaurestoffzelle	Zink Polyisobutylene mit Grafit	Manganchlorid Aktivkohle	1,4V	hohe Lagerfähigkeit	Hörgeräte Weidezaun
Alkalische Mangandioxid-Zelle	Pulverzink Mangandioxid	Kalilauge	1,4V	hohe Belastung tiefe Temperatur	Universal, Foto Uhren, Rechner
Magnesiumchloridzelle	Zink Kohle	Magnesiumchlorid	1,5V	gut lagerfähig	
Magnesium-Mangandioxid	Magnesium-Mangandioxid	MgClO ₄	1,7V	Torpenver. Militärzwecke	Hohe Strombelastung
Quecksilberoxid-Zelle	Zinkamalgame Quecksilberoxid	Kaliumhydroxid	1,35V	hohe Energiedichte	Foto, Uhren Hörgeräte

1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Silberoxid-Zink-Zelle	Zink Silberoxid AgO	Kalilauge	1,6V	hohe Ener- gie- dichte	Foto, Uhren Rechner
Lithium- Zelle	Lithium SO₂	LiBr in Acetonnitrat	3,5V	höchste Energiedichte	Geräte (Militär)



5 Spannungserzeugung

Wir können zusätzlich zur Batterie und zum Akkumulator auch noch unterscheiden zwischen:

- Netzteile,
Elektronische Geräte müssen im Allgemeinen durch interne bzw. externe Netzteile mit Gleichstrom versorgt werden.

- Lineare Netzteile,
Man unterscheidet Geräte mit Parallelstabilisierung und Reihenstabilisierung.

- Schaltnetzteile,
Beim Schaltnetzteil wird die Netzwechselfspannung gleichgerichtet.

5 Spannungserzeugung

Überprüfen Sie das angeeignete Wissen, indem Sie den folgenden Selbsttest lösen.



Wie wird reiner Gleichstrom bzw. Wechselstrom erzeugt?

Bitte verwenden Sie für Ihren Lösungsvorschlag das vorbereitete Antwortdokument.

6 Stromversorgung

Kapitelbezogene Eingangsfragen:

Welche Arten von Kraftwerken kennen Sie?

Welche zwei Energieträger sind in Deutschland hauptsächlich bei der Stromerzeugung beteiligt?

Themen:

6.1 Stromerzeugung (allg.)

6.2 Kraftwerksarten

6.3 Regenerative Energien

6.4 Selbsttest 6

6 Stromversorgung

Die Stromversorgung ist die Belieferung aller Verbraucher mit elektrischer Energie durch Wasser- und Wärmekraftwerke, ein dichtes Netz von Höchst- und Mittelspannungsleitungen, Umspannstationen u. a.

- Netzspannung
- Wärmekraftwerke (konventionell)
- Regenerative Energien
- Stromerzeugungsstruktur in Deutschland

Interaktionsfragen

- *Welche zwei Energieträger sind in Deutschland hauptsächlich bei der Stromgewinnung beteiligt?*

Netzspannung

Im Gegensatz zu der verhältnismäßig niedrigen Erzeuger- und Verbraucherspannung (bis ca. 20kV) wird elektrische Energie mit sehr hoher Spannung übertragen! Die Höhe der Übertragungsspannung richtet sich nach der zu überbrückenden Entfernung.

Man unterscheidet:

- **Niederspannung (bis 1000V)**
- **Mittelspannung (bis ca. 20kV)**
- **Hochspannung (bis ca. 100kV)**
- **Höchstspannung (bis ca. 400kV)**

Die Verbrauchernetzspannung beträgt 400V/230V (50Hz).

Die geringsten Übertragungsverluste ergeben bei der sog. "Hochgespannten Gleichstrom Übertragung (HGÜ)". Man arbeitet hier mit Spannung von 600kV bis 1000kV. Zusätzlich ist im Gegensatz zur Wechselstromübertragung nur ein Leiter erforderlich (Rückleiter generell: Erde). HGÜ wird bei Distanzen über 1000km verwendet.

Wärme­kraftwerke (konventionell)

Wir entnehmen unseren Strom zwar ganz bequem aus der Steckdose, aber damit bedienen wir uns nur eines Produktes, das bereits einen aufwendigen Wandlungsprozess hinter sich hat.

Bei der Stromherstellung wird immer Energie in eine andere Form umgewandelt.

So wird beispielsweise im Wärmekraftwerk bei der Verbrennung von Kohle chemische Energie, die in der Kohle gespeichert ist, in Wärmeenergie umgewandelt.

Bei Wärmekraftwerken, die mit Kernenergie betrieben werden, ist es genauso. Hier wird atomare Energie in Wärme verwandelt, die dann wieder in Strom umgewandelt wird.

**Ablauf: Chemisch gebundene
/
Kernenergie**



Wärmeenergie



Bewegungsenergie



Elektrische Energie

Regenerative Energien

Lediglich bei den regenerativen Energien wird aus Sonne, Windkraft oder Wasserkraft direkt Strom erzeugt. Diese macht aber nur 5 % der Gesamtstromerzeugung in der Bundesrepublik aus. Photovoltaik ist bei "Insellösungen" eine sinnvolle Alternative zur herkömmlichen leitungsgebundenen Stromversorgung.

Da wir also hauptsächlich Strom aus nichtregenerativen Primärenergieträgern wie Kohle und Kernenergie verbrauchen, sollten wir damit sehr sparsam umgehen. Denn bei jedem Umwandlungsprozess kann nur etwa ein Drittel der Primärenergie in Strom überführt werden.

Der nicht genutzte Anteil bei der Stromumwandlung durch Wärme ist nicht unerheblich. Ursache hierfür ist die enge physikalische Grenze im Wärmeprozess. Außerdem wird sehr viel Kohlendioxid produziert das bekanntlich die Hauptursache des Treibhauseffektes ist.

Strom ist eine sehr hochwertige Energie, die sehr sparsam eingesetzt werden sollte.

Stromerzeugungsstruktur in Deutschland

Nach wie vor wird der meiste Strom in Deutschland aus Kohle erzeugt. Insgesamt entfallen 55 % auf diesen Bereich. Zweiter wichtiger Energieträger für die Stromerzeugung ist die Kernenergie mit 34 %. Letztlich werden also 89 % unseres Stroms aus diesen beiden Energieträgern erzeugt.

Erdgas und Heizöl werden kaum zu Strom umgewandelt. Ihnen kommt eine größere Bedeutung bei der Gebäudeheizung zu.

Auch regenerative Energien, wie Wind- und Sonnenenergie, sowie Wasserkraft, spielen nur eine untergeordnete Rolle. Dies liegt z. T. daran, dass sie nur zu bestimmten Zeiten verfügbar sind und die erzeugte Energie nur sehr unzureichend gespeichert werden kann. Auch ist der Flächenbedarf sehr hoch.

6 Stromversorgung

- **Kernkraftwerk**
In einem Kernkraftwerk wird Uran in einer kontrollierten Kettenreaktion in kleinere chemische Elemente gespalten. Der Spaltprozess wird im Reaktor durch Steuerstäbe in seiner Stärke geregelt. Damit legt man die freigesetzte Wärmeenergie fest.

- **Kohlekraftwerk**
In einem Kohlekraftwerk wird Kohle verbrannt, um Wasserdampf zu erzeugen. Dieser wird dann wie beim Kernkraftwerk von einer Turbine und einem Generator in Strom umgeformt und anschließend wieder abgekühlt.
Da bei der Verbrennung von Kohle große Mengen Rauchgase mit umweltschädlichen toxischen Bestandteilen entstehen, benötigt man eine mehrstufige Reinigungsanlage. Dort wird aus den Abgasen u. a. der in der Kohle enthaltene Schwefel (der zu Schwefelsäure verbrennt) herausgefiltert.
Ein Abfallprodukt dieser Rauchgasentschwefelung ist der REA-Gips (REA=RauchgasEntschwefelungsAnlage), der dann zum Bauen eingesetzt werden kann.

- **Blockheizkraftwerk**
Im Gegensatz zum Kernkraftwerk oder zum Kohlekraftwerk ist ein Blockheizkraftwerk recht klein. Es wird immer da eingesetzt, wo ein einzelner Verbraucher, z.B. eine Fabrik oder ein Schwimmbad, viel Energie benötigt.
Überschüssige Energie kann ins Stromversorgungsnetz eingespeist werden, was die Wirtschaftlichkeit erhöht.

Interaktionsfragen

- *Welche Arten von Kraftwerke kennen Sie?*

- *Nennen Sie zwei alternative Stromgewinnungsarten!*

6 Stromversorgung

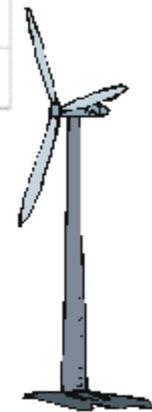
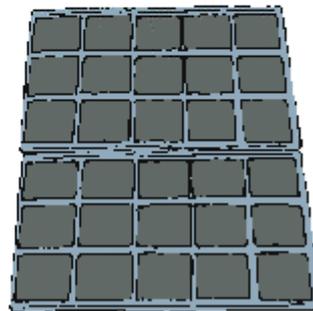
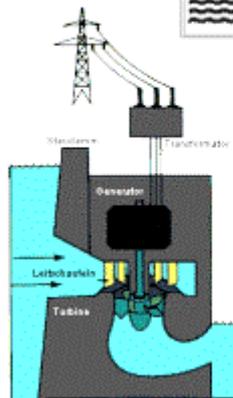


Stromversorgung

Stromerzeugung mit regenerativen Energien

Bei der Wasserkraft macht man sich meist Gefälle zunutze und leitet das mit hoher Geschwindigkeit fließende Wasser durch eine Turbine zur Stromerzeugung.

	1,1 kg Braunkohle		0,2 kg schweres Heizöl
	0,3 kg Steinkohle		1,5 bis 3,5 kg Müll (je nach Zusammensetzung)
	0,22 m ³ Erdgas		15 m ² Solarzellenfläche bei einstündigem Peakleistungsbetrieb (Mittagszeit)
	0,0045 gr angereichertes Uran		2,5 m ² Rotorfläche bei einstündigem Nennleistungsbetrieb einer 500 kW-Anlage
	410 m ³ Wasser bei 1 m Fallhöhe		



Daneben gibt es aber auch regenerative Stromquellen, deren Rohstoff nicht aufgebraucht werden kann.

Wasserkraft

Bei der Wasserkraft macht man sich meist Gefälle zunutze und leitet das mit hoher Geschwindigkeit fließende Wasser durch eine Turbine zur Stromerzeugung.

Oft wird das Wasser auch vorher noch aufgestaut, um einen höheren Wasserdruck und dadurch eine bessere Stromausbeute zu erzielen.



Solarenergie

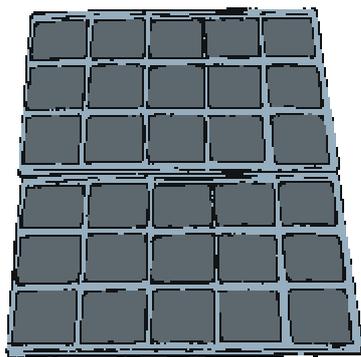
Photovoltaikzellen bestehen aus Halbleitern. Werden diese mit Licht bestrahlt, findet in ihrem Inneren durch Energiezufuhr eine Freisetzung und Trennung von Ladungsträgern statt.

Dies hat eine abgreifbare Spannung zur Folge.

Wirkungsgrad: $\eta = 0,1 \dots 0,2$

Anwendung:

Sog. "Insellösungen", d.h. der Verbraucher ist weit vom nächsten Netzanschluss entfernt.



Windenergie

Ebenso wie eine Turbine durch fließendes Wasser angetrieben wird, lässt sich ein Windkraftrad durch strömende Luft (Wind) antreiben.

Der Rotor muss hoch angebracht werden, um in den Bereich starker Luftströmung zu kommen.

Der Generator wird direkt von dem Rotor angetrieben.

Die Windkraftanlage benötigt eine Mindestwindgeschwindigkeit zur Energieerzeugung.

Bei zu großer Windgeschwindigkeit schaltet sie sich ab, um nicht überlastet zu werden.



1 - Grundlagen der Elektrotechnik

Energieaufwand für die Erzeugung von 1 kWh Strom

Die fast unbegrenzte und leichte Verfügbarkeit von Strom, verleitet schnell dazu zu glauben, Strom käme aus der Steckdose. Dass er über ein weit verzweigtes Netz, aus einem unter Umständen viele hundert Kilometer entfernten Kraftwerk kommt, muss man sich manchmal erst wieder bewusst machen.

Auch dass man mit jeder verbrauchten Kilowattstunde eine entsprechende Menge Kohle oder Uran verbraucht und somit auch entsprechende Mengen an Abgasen und Reststoffen verursacht, merkt man auf diese Weise nicht.

Die folgende **Aufzählung** zeigt, wieviel Rohstoffe für die Erzeugung einer Kilowattstunde Strom eingesetzt werden müssen.

	1,1 kg Braunkohle		410 m ³ Wasser bei 1m Fallhöhe
	0,3 kg Steinkohle		0,2 kg schweres Heizöl
	0,22 m ³ Erdgas		15 m ² Solarzellenfläche bei 1h Peakleistungsbetrieb
	0,0045 gr angereichertes Uran		2,5 m ² Rotorfläche bei 1h Nennleistungsbetrieb (500KW-Anlage)

Energieaufwand für die Erzeugung von 1 kWh Strom

Mit einer Kilowattstunde (kWh) Strom können Sie:

- 1 Stunde Staub saugen (Staubsauger 1000W)
- 83 Kuchen in einer Kompaktküchenmaschine (400W) in jeweils 2 Minuten rühren
- 6 mal 10 Minuten die Haare trocknen (Haartrockner 1000W)
- 70 Tassen Kaffee kochen (Kaffeemaschine 850W)
- 7 Stunden fernsehen (Fernseher 140W)
- 15 Hemden mit dem Dampfbügeleisen bügeln (Dampfbügeleisen 1000W)
- 10 Stunden mit einer 100W Glühlampe den Raum beleuchten (mit einer Energiesparlampe könnten Sie dies bei gleicher Helligkeit sogar 50 Stunden lang tun)
- 40 Stunden CD's abspielen (CD-Player 25W)

6 Stromversorgung

Überprüfen Sie das angeeignete Wissen, indem Sie den folgenden Selbsttest lösen.



Erklären Sie kurz in eigenen Worten, wie in den einzelnen Kraftwerken Strom gewonnen wird.

- Kernkraftwerk
- Blockheizkraftwerk
- Kohlekraftwerk
- Wasserkraftwerk

Verwenden Sie das vorbereitete Antwortdokument zur Beantwortung der Fragen. Sie finden das Antwortdokument in den Anlagen am Ende des Skripts.

Trainingsaufgaben



Bauen Sie einen Stromkreis auf, in dem sich eine Lampe befindet. Die Lampe soll durch einen Schalter ein- und ausgeschaltet werden können. Die Schaltung besteht also aus Stromerzeuger, Lampe und einem Schalter.

1. Skizzieren Sie diese Schaltung!
2. In dem Stromkreis soll noch ein Amperemeter geschaltet werden, um die Stromstärke zu messen. Wo muss dieses platziert werden?
3. Die Versorgungsspannung beträgt 220 Volt und die Lampe hat einen Widerstand von 1000 Ohm. Was zeigt das Amperemeter an?
4. Welche Wirkungen des elektrischen Stroms können Sie dabei beobachten?

Verwenden Sie das vorbereitete Antwortdokument zur Beantwortung der Fragen. Sie finden das Antwortdokument in den Anlagen am Ende des Skripts.

Trainingsaufgaben



Erklären Sie folgende Begriffe:

- Valenzband
- Supraleiter
- Isolator
- Selbstinduktion

Verwenden Sie das vorbereitete Antwortdokument zur Beantwortung der Fragen. Sie finden das Antwortdokument in den Anlagen am Ende des Skripts.

Trainingsaufgaben



Welche zwei Arten von Schaltungen unterscheidet man in der Elektrotechnik?

Erklären Sie anhand der Schaltungen die Kirchhoffschen Regeln!

Wie verhalten sich Spannungen und Stromstärken in den verschiedenen Schaltungen?

Verwenden Sie das vorbereitete Antwortdokument zur Beantwortung der Fragen. Sie finden das Antwortdokument in den Anlagen am Ende des Skripts.

Trainingsaufgaben



Wie unterscheiden sich folgende Bauteile, oder welche bestimmten Merkmale haben sie?

- Kondensator
- Widerstand
- Spule
- Transistor

Verwenden Sie das vorbereitete Antwortdokument zur Beantwortung der Fragen. Sie finden das Antwortdokument in den Anlagen am Ende des Skripts.

Trainingsaufgaben



Erklären Sie den Unterschied zwischen Gleich- und Wechselstrom.

Verwenden Sie dazu auch eine Skizze.

Mit welchen Geräten kann man Gleich- bzw. Wechselstrom erzeugen?

Verwenden Sie das vorbereitete Antwortdokument zur Beantwortung der Fragen. Sie finden das Antwortdokument in den Anlagen am Ende des Skripts.

Trainingsaufgaben



Welche herkömmlichen Kraftwerksarten kennen Sie?

Welche alternativen Energien haben sich im Laufe der Zeit durchgesetzt?

Verwenden Sie das vorbereitete Antwortdokument zur Beantwortung der Fragen. Sie finden das Antwortdokument in den Anlagen am Ende des Skripts.

Abschluss Lerneinheit

Bitte bearbeiten Sie zur Fallstudie folgende Aufgabe:

Im Büro sollen vier neue Computer und vier Peripheriegeräte (Drucker) aufgestellt werden. Die Steckdosenkreise sind mit 13A Sicherungsautomaten abgesichert.

Ist die Sicherung von 13A für den Betrieb der Geräte ausreichend?

Begründen Sie Ihre Antwort.

Bedenken Sie, welche Verhältnisse hinsichtlich der Anzahl der Stromkreise vor Ort möglich sind! Welche Lösungen ergeben sich jeweils?

Verwenden Sie das vorbereitete Antwortdokument zur Beantwortung der Fragen. Sie finden das Antwortdokument in den Anlagen am Ende des Skripts.

Anlagen

LEITFRAGEN



Was ist Strom?
Von welchen Größen ist der Widerstand eines Leiters abhängig?
Welche grundsätzliche Aussage gilt für die Reihenschaltung von Widerständen?
Welche grundsätzliche Aussage gilt für die Parallelschaltung von Widerständen?
Wie lautet die Knotenregel?
Wie lautet die Maschenregel?
Wie müssen mehrere Kondensatoren zusammenschaltet werden, um eine größere Gesamtkapazität zu erhalten? Warum sind Meilensteine wichtig?
Wie ist die Induktivität definiert?
Wie ist das Stromverhalten eines Kaltleiters bei steigender Temperatur?

Hinweis:

Anhand dieser Leitfragen werden Sie die Qualifizierungseinheit erarbeiten. Notieren Sie die Antworten zu den Fragen, die Ihnen spontan einfallen.

Speichern Sie diese Datei anschließend in einem Ordner, auf den Sie stets zugreifen können und ergänzen jeweils diese Fragen um das erlernte Wissen.

Am Ende der Qualifizierungseinheit sollten Sie die Antworten komplett überarbeitet haben.

Ausbildung zum Mechatroniker

Grundlagen der Elektrotechnik

TA	Trainingsaufgabe 1 zum Themenblock Physikalische und elektronische Größen (Teil 1)
----	---

Name:	
Vorname:	
Klasse/Kurs:	
Datum:	

Bauen Sie einen Stromkreis auf, in dem sich eine Lampe befindet. Die Lampe soll durch einen Schalter ein- und ausgeschaltet werden können. Die Schaltung besteht also aus Stromerzeuger, Lampe und einem Schalter.

- 1. Skizzieren Sie diese Schaltung!**
- 2. In dem Stromkreis soll noch ein Amperemeter geschaltet werden, um die Stromstärke zu messen. Wo muss dieses platziert werden?**
- 3. Die Versorgungsspannung beträgt 220 Volt und die Lampe hat einen Widerstand von 1000 Ohm. Was zeigt das Amperemeter an?**
- 4. Welche Wirkungen des elektrischen Stroms können Sie dabei beobachten?**

Ausbildung zum Mechatroniker

Grundlagen der Elektrotechnik

TA	Trainingsaufgabe 2 zum Themenblock Physikalische und elektronische Größen (Teil 2)
----	---

Name:	
Vorname:	
Klasse/Kurs:	
Datum:	

Erklären Sie folgende Begriffe:

- Valenzband
- Supraleiter
- Isolator
- Selbstinduktion

Ausbildung zum Mechatroniker

Grundlagen der Elektrotechnik

TA	Trainingsaufgabe 3 zum Themenblock Grundsaltungen der Elektrotechnik
----	---

Name:	
Vorname:	
Klasse/Kurs:	
Datum:	

Welche zwei Arten von Schaltungen unterscheidet man in der Elektrotechnik?

Erklären Sie anhand der Schaltungen die Kirchhoff'schen Regeln!

Wie verhalten sich Spannungen und Stromstärken in den verschiedenen Schaltungen?

Ausbildung zum Mechatroniker

Grundlagen der Elektrotechnik

TA	Trainingsaufgabe 4 zum Themenblock Elektrische Bauelemente
-----------	---

Name:	
Vorname:	
Klasse/Kurs:	
Datum:	

Wie unterscheiden sich folgende Bauteile, oder welche bestimmten Merkmale haben sie?

- **Kondensator**
- **Widerstand**
- **Spule**
- **Transistor**

Ausbildung zum Mechatroniker

Grundlagen der Elektrotechnik

TA	Trainingsaufgabe 5 zum Themenblock Spannungserzeugung
----	--

Name:	
Vorname:	
Klasse/Kurs:	
Datum:	

Erklären Sie den Unterschied zwischen Gleich- und Wechselstrom.

Verwenden Sie dazu auch eine Skizze.

Mit welchen Geräten kann man Gleich- bzw. Wechselstrom erzeugen?

Ausbildung zum Mechatroniker

Grundlagen der Elektrotechnik

TA	Trainingsaufgabe 6 zum Themenblock Stromversorgung
----	--

Name:	
Vorname:	
Klasse/Kurs:	
Datum:	

Welche herkömmlichen Kraftwerksarten kennen Sie?

Welche alternativen Energien haben sich im Laufe der Zeit durchgesetzt?

Ausbildung zum Mechatroniker

Grundlagen der Elektrotechnik

	Bearbeitung der Fallstudie
--	-----------------------------------

Name:	
Vorname:	
Klasse/Kurs:	
Datum:	

Im Büro sollen vier neue Computer und vier Peripheriegeräte (Drucker) aufgestellt werden. Die Steckdosenkreise sind mit 13 A Sicherungsautomaten abgesichert.

Ist die Sicherung von 13 A für den Betrieb der Geräte ausreichend?

Begründen Sie Ihre Antwort.

Bedenken Sie welche Verhältnisse hinsichtlich der Anzahl der Stromkreise vor Ort möglich sind! Welche Lösungen ergeben sich jeweils?

Ausbildung zum Mechatroniker

Grundlagen der Elektrotechnik

Selbsttest 1 zum Themenblock

Physikalische und elektronische Größen (Teil 1)
--

Name:	
Vorname:	
Klasse/Kurs:	
Datum:	

An einem Gerät ist die Skalenbeleuchtung ausgefallen. Die Versorgungsspannung beträgt 24 V. Als Ersatz steht eine Skalenlampe von 6,3 V / 0,3 A zur Verfügung.

Was ist zu tun, um die Skalenbeleuchtung wieder funktionstüchtig zu bekommen?

Ausbildung zum Mechatroniker

Grundlagen der Elektrotechnik

Selbsttest 2 zum Themenblock

Physikalische und elektronische Größen (Teil 2)

Name:	
Vorname:	
Klasse/Kurs:	
Datum:	

Sie sollen bei normaler Temperatur (20 °C) einen Leiter wählen, der den Strom gut leitet.

- Aus welchem Stoff soll der Leiter sein?
- Dieser Leiter wird dann in einem geschlossenen Stromkreis verwendet. Was können Sie über sein Magnetfeld berichten?
- Wenn man zu diesem stromdurchflossenen Leiter nun einen Leiter legt, in dem der Strom entgegengesetzt fließt, was können Sie beobachten?

Ausbildung zum Mechatroniker

Grundlagen der Elektrotechnik

Selbsttest 3 zum Themenblock

Grundsaltungen der Elektrotechnik

Name:	
Vorname:	
Klasse/Kurs:	
Datum:	

Bei einer Christbaumbeleuchtung sind die Lampen ausgefallen. Erläutern Sie die Fehlerursache!

In welcher Schaltung wird die Lichterkette betrieben? Wie könnten Sie theoretisch die Lichterkette mit den restlichen Lämpchen (falls keine Ersatzlämpchen vorhanden sind) zum Leuchten bringen?

Die Lichterkette ist aus 10 Lämpchen aufgebaut und hat als Herstellerangabe: 230 V/ 0,3 A.

Wie groß sind Lampenspannung und -widerstand? Welche Leistung wird insgesamt umgesetzt? Welche Schaltung der Lämpchen wäre theoretisch noch möglich? (Schaltplan)

Bestimmen Sie ebenfalls, bei ansonsten gleichen Daten, Widerstand, Spannung, Strom und Leistung!

Ausbildung zum Mechatroniker

Grundlagen der Elektrotechnik

Selbsttest 4 zum Themenblock

Elektrische Bauelemente

Name:	
-------	--

Vorname:	
----------	--

Klasse/Kurs:	
--------------	--

Datum:	
--------	--

Sie haben nun einige Bauelemente kennen gelernt.

Warum muss man beim Aufbau von Schaltkreisen immer wieder auf solche Bauteile zurückgreifen?

Ausbildung zum Mechatroniker

Grundlagen der Elektrotechnik

Selbsttest 5 zum Themenblock

Spannungserzeugung

Name:	
-------	--

Vorname:	
----------	--

Klasse/Kurs:	
--------------	--

Datum:	
--------	--

Wie wird reiner Gleichstrom bzw. Wechselstrom erzeugt?

Ausbildung zum Mechatroniker

Grundlagen der Elektrotechnik

Selbsttest 6 zum Themenblock

Stromversorgung

Name:	
Vorname:	
Klasse/Kurs:	
Datum:	

Erklären Sie kurz in eigenen Worten, wie in den einzelnen Kraftwerken Strom gewonnen wird.

- **Kernkraftwerk**
- **Blockheizkraftwerk**
- **Kohlekraftwerk**
- **Wasserkraftwerk**