



SEMINARUNTERLAGEN.

GRUNDLAGEN ELEKTROTECHNIK FÜR FESTGELEGTE TÄTIGKEITEN.

Thema: Elektromobilität

Seminar-Nr.: **35006**

Vorwort

Durch die Neuerungen in der Fahrzeugtechnik ist die Elektronik nicht mehr wegzudenken. Nun sieht es auch so aus als wird der Verbrennungsmotor mit Wirkungsgraden um die 30% durch Elektromotoren mit Wirkungsgraden um 90% ersetzt. Dies bedeutet aber auch dass der klassische Mechaniker so in Zukunft nicht mehr existieren wird. Es ist eine Verschmelzung von Elektrikern und Mechanikern zum sogenannten Mechatroniker notwendig um die zukünftigen Anforderungen der Instandhaltung der Fahrzeuge zu verwirklichen

Die bestehenden Mechaniker müssen an die Elektronik und deren Gefahren herangeführt werden. In der BGV A3, der sogenannten Unfallverhütungsvorschriften der Pflichtversicherung ist genau geregelt, dass ab HV (Hochvolt) im Kraftfahrzeug eine Qualifikation notwendig ist.

Dies bedeutet, dass ab Gleichspannungen von 60 Volt oder Wechselspannungen von 25 Volt eine Schulung zur Elektrofachkraft für HV an Kraftfahrzeugen notwendig ist. Auch bestehende Elektriker bedürfen einer Sensibilisierung da Elektrotechnik nicht gleich Elektrotechnik ist (siehe Spezialkenntnisse EFK).

Es ist ebenfalls erforderlich, die Qualifikationen nach Art und Umfang genau festzulegen, je nachdem welche Vorkenntnis die betreffende Person vorher schon hatte. Dies kann dann Kurse von Tagen bis mehreren Wochen nach sich ziehen, bis er sich EFKffT für HV an Kraftfahrzeugen bezeichnen und damit Arbeiten am HV-System im freigeschalteten Zustand durchführen darf.

Dies wünscht die Berufsgenossenschaft zusammen mit dem Arbeitgeber nach Arbeitsschutzgesetz und Betriebssicherheitsverordnung um sicheres und gefahrloses Arbeiten am Kraftfahrzeug auch in Zukunft umsetzen zu können.

Die Fachkraft muss durch Ihre Qualifikation die Grundkenntnisse der Elektrik-Komponenten verstehen können um auch die Arbeiten mit möglichen Gefahren einschätzen zu können. Deshalb hier nachfolgend die Grundlagen der Elektrotechnik erklärt, die am Fahrzeug vorkommen kann.

Dies dient somit begleitend zum Grundmodul oder Vorkurs um nachfolgend ein Fachmodul durchführen zu können mit praktischen Übungen am Fahrzeug, damit man nach erfolgreich bestandener Prüfung den Titel

„Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten (EFK ffT)“ erreichen kann.

Inhaltsverzeichnis

1	Elektrotechnische Grundkenntnisse	5
1.1	Elektrische Spannung	5
1.2	Elektrischer Strom	7
1.3	Ohmsches Gesetz	8
1.4	Elektrische Leistung	9
1.4.1	Wirkleistung, Scheinleistung und Blindleistung	10
1.4.2	Messen der elektrischen Leistung	11
1.5	Elektrische Arbeit.....	11
1.6	Energie E.....	11
1.7	Wirkungsgrad	13
1.8	Elektrischer Wirkungsgrad	14
2	Auswahl richtiger Meßgeräte.....	15
2.1	Analoges Meßgerät	15
2.2	Digitale Meßgeräte	15
2.3	Spannungsprüfer	16
2.3.1	Einpoliger Spannungsprüfer	16
2.3.2	Zweipolige Spannungsprüfer	16
2.4	Strom-/Spannungsrichtige Messung	16
2.5	Widerstandsmessung	18
2.6	Messung von Leistung und Arbeit.....	18
3	Grundlegende Bauelemente	19
3.1	Widerstände	19
3.1.1	Berechnung der Widerstandsreihen	19
3.1.2	Kennzeichnung von Widerständen.....	21
3.1.3	NTC - Heißleiter	21
3.1.4	PTC - Kaltleiter.....	22
3.1.5	VDR - Varistor.....	24
3.1.6	Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen.....	25
3.2	Spulen	26
3.2.1	Spule an Gleichspannung	26
3.2.2	Spulen an Wechselspannung.....	27
3.2.3	Reihen und Parallelschaltung von Spulen	27
3.3	Kondensatoren.....	27
3.3.1	Kondensator an Gleichspannung	28
3.3.2	Kondensator an Wechselspannung	28
3.3.3	Reihen- und Parallelschaltung von Kondensatoren	29
3.4	Transformatoren (Trafo).....	29
3.5	Dioden	30
3.5.1	Dioden als Gleichrichter	30
3.5.2	Fotodioden	31
3.5.3	Leuchtdioden	31

3.6	Transistoren	32
3.6.1	Stromgeführte Transistoren (Bipolare)	32
3.6.2	IGBT (insulated gate bipolar transistor)	33
3.6.3	Spannungsgeführte Transistoren (FET's)	33
3.7	MOSFET	34
3.7.1	Funktionsweise	34
3.7.2	Verarmungsprinzip.....	35
3.8	Relais	35
4	Drehstromsystem.....	37
4.1	Grundprinzip	37
5	Elektromotoren.....	39
5.1	Grundlagen	39
5.2	Gleichstrommotoren.....	39
5.3	Wechselstrommotoren.....	40
5.4	Weitere Motoren	41
6	Installationstechnik	43
6.1	Leitungen und Verlegung	43
6.2	Stromlaufpläne	44
7	Schutzmaßnahmen und Prüfungen	46
7.1	Schutzmaßnahmen.....	46
7.1.1	Schutzmaßnahmen gegen Überlast	47
7.1.2	Schutzmaßnahmen gegen Berühren	47
7.1.3	Grundlegende Sicherheitsregeln	49
7.1.4	Netzformen:	50
7.2	Prüfungen	51
8	Links, Verweise und Rechtliches.....	52
9	Anhang.....	54
9.1	Messprotokoll.....	54

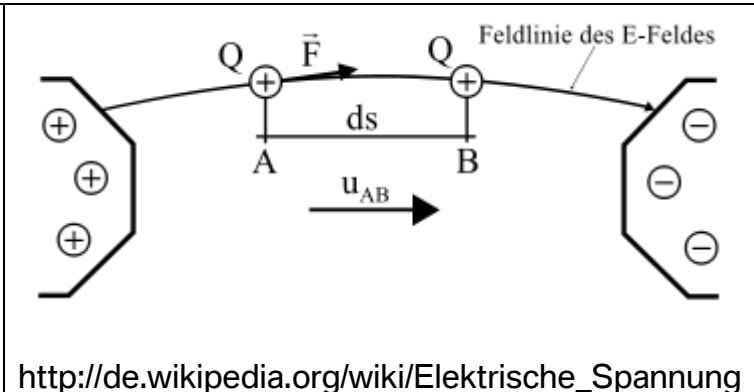
1 Elektrotechnische Grundkenntnisse

1.1 Elektrische Spannung

Alle Stoffe sind aus Atomen aufgebaut. Jedes davon besteht aus Protonen (positiv geladen) und, Neutronen (neutral) und Elektronen (negativ geladen). Wenn ein Atom die gleiche Anzahl enthält ist es neutral nach außen. Falls es ein Elektron mehr besitzt negativ geladen. Protonenüberschuss (positiv geladen) könnte man auch als Elektronenmangel definieren. [WP]

Durch bestimmte Prozesse kann man das Ladungsgleichgewicht eines Körpers verändern, z.B. durch die Kraft eines Elektromotors der als Generator die Ungleichheit erzeugt.

Ein Maß für die Stärke des Ladungsüberschusses ist das elektrische Potential. Hat man zwei geladene Platten, zwischen denen ein Isolator steckt hat man somit eine Potentialdifferenz (Spannung).



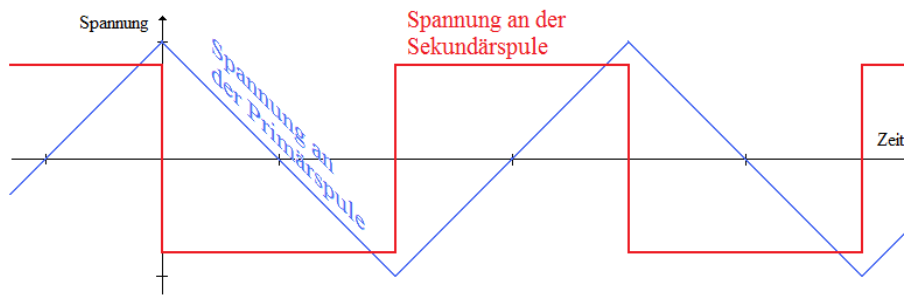
So wie bei der Batterie, bei der mit chemischer Reaktion die Ionen (geladene Teilchen) auf die andere Seite über einen Elektrolyten wandern und so die Spannung (Potentialdifferenz) erzeugen.

Die elektrische Spannung (=Potentialdifferenz) wird mit Formelzeichen U und Einheit V (Volt) angegeben. In Stromkreisen wird die Spannung meist mit Pfeilen gezeichnet wobei die Spitze meist auf Masse zeigt. Oft ist auch nur eine Spannungsangabe am Messpunkt. Die bezieht sich wiederum auf die Masse (Potential 0 V).

Bei den Angaben wird auch oft mit Untereinheiten gerechnet. Als Beispiel anbei einige Angaben:

$1 \text{ kV} = 1000 \text{ V} = 1 \cdot 10^3 \text{ V} = 1 \text{ Kilovolt}$
 $1 \text{ MV} = 1000000 \text{ V} = 1 \cdot 10^6 \text{ V} = 1 \text{ Megavolt}$
 $1 \text{ mV} = 0,001 \text{ V} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ V} = 1 \text{ Millivolt}$

Neben der Spannungsangabe ist auch die Form entscheidend. So gibt es neben der Gleichspannung die oft auch als Strich nach der Einheit V oder mit DC als Abkürzung für Direct Current angegeben wird und als Beispiel die Batterie mit 12 V- zu nennen wäre noch die Wechselspannung wie z.B. die 230 V AC für Alternating Current, manchmal auch mit Wellenform nach der Einheit V . [WP]

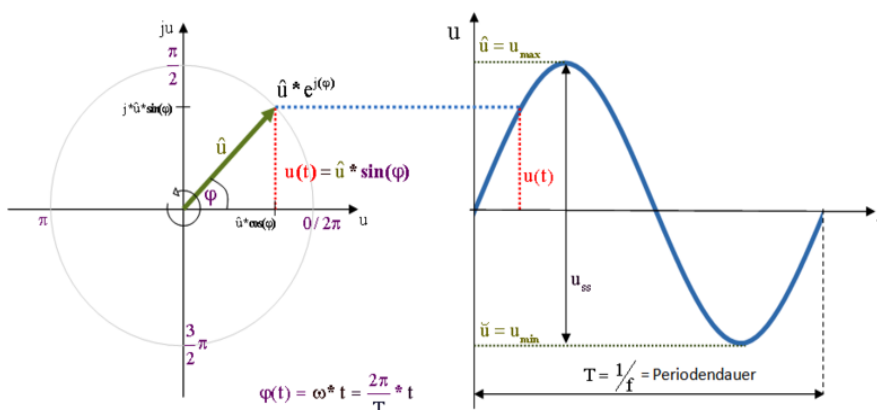


Quelle: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/6/63/Dreiecksspannung.png>

Bei der Wechselspannung gibt es Kurvenformen wie die Rechteckspannung, Dreiecksspannung, Sägezahnspannung und die am häufigsten vorkommende Sinusspannung des Hausnetzes 230 Volt mit einer Frequenz von 50 Hz.

Falls eine Wechselspannung auf einer Gleichspannung sitzt redet man von einer Mischspannung. Dies wird oft in der Elektronik zur Signalübertragung genutzt auf ein und derselben Leitung. Beispiel hier auch der Internetempfang über Sender und Empfänger die einfach an die Steckdose angeschlossen werden und hier die hochfrequenten Signale in einer anderen Frequenz überlagert übertragen und später wieder trennen. Also eine Wechselspannung über die andere drüber gelegt wäre in dem Fall auch eine Mischspannung.

Anbei ein Beispiel der Netzspannung mit 230 Volt und 50 Hertz :



$U_{ss} = U_{pp} =$ Spitzen-Spitzen-Spannung

$U_s = \hat{U} = U_p =$ Spitzen-Spannung

$U_{eff} = U_{rms} =$ Effektiv-Wert

Frequenz $f = 1/T$

Periode $T = 1/f =$ eine Schwingung

<http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Spannungsdarstellung.png>

Effektivwert ist der 0,707 fache Faktor vom Spitzenwert (= Peak Wert) oder anders ist der Spitzenwert Wurzel 2 mal 230 Volt also 325 Volt.

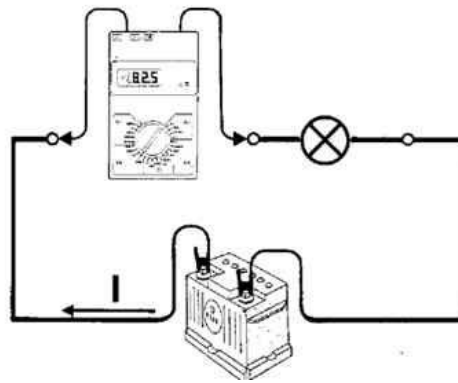
Der Spitzen-Spitzenwert (Peak-Peak-Wert oder auch Gesamtspannung) ist der doppelte Wert, also positive und negative Halbwelle. Die ganze Schwingung wird auch als Periode T bezeichnet. $1/T$ ist die Frequenz. Also Anzahl Schwingungen pro Sekunde. [WP]

1.2 Elektrischer Strom

Der elektrische Strom wird auch als Elektronenfluss oder Elektronenwanderung bezeichnet. Er kommt zustande bei geschlossenem Stromkreis und Potentialdifferenz. Ist also somit das Bestreben der Ladungen sich auszugleichen. Die Elektronen wandern vom Minuspol zum Pluspol, was auch als die wahre physikalische Stromrichtung bezeichnet wird. Die technische Stromrichtung ist dann von Plus nach Minus. Könnte man auch als die Richtung bezeichnen wie die „Löcher“ (Elektronenmangel) durch die Elektronen wieder befüllt werden. [WP]

Die Einheit vom Strom ist Ampere mit Kurzform A und dem Formelzeichen I. Als Beispiel 230 mA AC was für den Menschen schon absolut lebensgefährlich ist falls der durch den menschlichen Körper fließt.

Auch beim Strom kann man wieder mit Untereinheiten rechnen.



<http://www.elearnforum.net/Bilder/SiteEt/strom.jpg>

Anbei paar Beispiele:

$$1 \mu\text{A} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ A} = 10 \text{ mikro-Ampere}$$

$$1 \text{ mA} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 10 \text{ milli-Ampere}$$

$$1 \text{ kA} = 1 \cdot 10^3 \text{ A} = 10 \text{ kilo-Ampere}$$

Andere Einheiten wie femto, piko, Mega, Terra beim Strom unwahrscheinlich – siehe dazu Kapazität des Kondensators, Spannung im Höchst-Bereich, Widerstände im Mega-Ohm-Bereich. Bei der Frage warum wieviel Strom fließt und welche Auswirkung dabei höhere Spannung hat kann man sich mit dem ohmschen Gesetz beantworten.

$$\text{Mega} = 10^6 = 1\,000\,000 \quad \text{z.B. } 10 \text{ MAmpere}$$

$$\text{Giga} = 10^9 = 1\,000\,000\,000 \quad \text{z.B. } 2 \text{ GAmpere}$$

Zum Strom ist der Leitungsquerschnitt entscheidend, sprich was ein Kabel „aushalten“ muss. Es darf nicht zu warm werden und der Spannungsabfall nicht zu groß werden. Es gibt dazu Tabellen nach VDE 0298 aber bei PKW's stellt sich die Frage nach der spezifischen Formel da der Strom nicht dauernd in derselben Höhe fließt sondern quasi der Effektivwert ausgerechnet werden muss.

Spez. Widerstand und Spannungsabfall über die Leitung:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{l}{\chi \cdot A} \text{ dann nach A umgestellt mit } R = U/I$$

$$R = \frac{l}{\chi \cdot A} = \frac{60}{56 \cdot 1,5} = 0,7 \text{ Ohm} \rightarrow \text{Spannungsabfall über die Leitung (30m hin und zurück) nach dem}$$

Ohmschen Gesetz: $U=R*I$ bei 10 A: $U=0,7 * 10 = 7 \text{ V}$

Querschnittsauslegung ohne Überlegung des Spannungsabfalls über die Leitung:

$A_{\text{spezifisch}} = \frac{\rho * l * I}{U} = \frac{l * I}{\chi * U} = \frac{20\text{m} * 100\text{A}}{56 * 6\text{V}} = 5,96 \text{ mm}^2$ (entspricht 10 m Vor- und 10 m Rückleiter bei einem Spannungsabfall von 6V gegenüber Anfangsspannung)

Leitfähigkeit χ von Kupfer $56 \frac{\text{A} * \text{m}}{\text{mm} * \text{mm} * \text{V}}$ und von Aluminium $36 \frac{\text{A} * \text{m}}{\text{m} * \text{m} * \text{V}}$

Bei Drehstrom ist der Mindestquerschnitt noch bisschen anders:

$A = (\text{Wurzel}3 * \text{Strom} * \text{Länge} * \cos \phi) / (\text{Leitfähigkeit} * \text{erlaubten Spannungsabfall in Volt})$

bei Wechselstrom berechnet er sich ohne Verkettungsfaktor:

$A = (2 * \text{Strom} * \text{Länge} * \cos \phi) / (\text{Leitfähigkeit} * \text{erlaubten Spannungsabfall in Volt})$

Die angegebenen Formeln berücksichtigen aber noch nicht die Normen und Vorschriften sowie die erlaubte Stromdichte (Temperatur). Sie berücksichtigen nur den Spannungsabfall auf der Leitung.

So würde bei einer 1m langen $1,5\text{mm}^2$ Leitung 500A fließen dürfen. Also muss man zusätzlich ins Tabellenbuch der Elektrotechnik und/oder DIN VDE 0298 für Deutschland suchen.

Dabei gibt es weitere Faktoren:

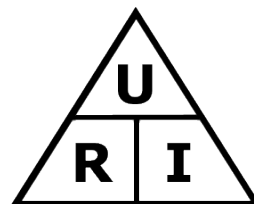
Neben Temperatur die Anzahl der belasteten Adern, Häufung, Verlegeart, Anwendung. Deshalb ist hier vielleicht auch ein Datenblatt des Leitungsherstellers oder spezieller Anfrage über die Belastbarkeit seinen Kabels sinnvoll. Man sollte sich anfangs folgende Fragen stellen:

1. Wie viel Strom brauche ich? 8A oder eher 100 A ?
2. Wie sichere ich ab? Gibt es keine 8A Sicherung dann ist die nächste 10 A
3. Damit muss mein Kabel auf 10A berechnet werden (beim Kurzschluss)
4. Nun in die Tabelle blicken --> VDE0100/0298 für D, EN8001 für A, NIN für CH. Damit ergibt sich der Mindestquerschnitt bei 10A nach Anwendung (Verlegung, Temp, etc)
5. Nun als Letztes den Spannungsabfall berechnen und den Mindestquerschnitt ermitteln der größer sein muss als der Mindestquerschnitt aus der Tabelle. Bei kleinen Längen (20m) ist der Spannungsabfall vernachlässigbar

1.3 Ohmsches Gesetz

Das Ohmsche Gesetz beschreibt den Zusammenhang zwischen Spannung und Strom. Es ist eins der wichtigsten Formeln der Elektrotechnik. [WP]

Erhöht man die Spannung bei gleichbleibenden Widerstand so erhöht sich damit auch der Strom. Erniedrigt man bei gleicher Spannung den Widerstand so erhöht sich damit auch der Strom.



http://wiki.zum.de/Ohmsches_Gesetz

Formel ohmsches Gesetz: $U = R \cdot I$

Einheit $[V] = [\Omega] \cdot [A]$

Formel ohmsches Gesetz: $R = \frac{U}{I}$

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

Formel ohmsches Gesetz: $I = \frac{U}{R}$

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

Beispiel Mild-Hybrid-Reihenschaltung:

$U = 144 \text{ V}$

$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + R_3 = 50 \Omega + 20 \Omega + 30 \Omega = 100 \Omega$

$I_{\text{ges}} = \frac{U_{\text{ges}}}{R_{\text{ges}}} = \frac{144 \text{ V}}{100 \Omega} = 1,44 \text{ A}$

$U_1 = R_1 \cdot I_1 = 50 \Omega \cdot 1,44 \text{ A} = 72 \text{ V}$

$U_2 = R_2 \cdot I_2 = 20 \Omega \cdot 1,44 \text{ A} = 28,8 \text{ V}$

$U_3 = R_3 \cdot I_3 = 30 \Omega \cdot 1,44 \text{ A} = 42,2 \text{ V}$

1.4 Elektrische Leistung

Die elektrische Leistung ist das Produkt aus anliegender Spannung und fließendem Strom. Elektrische Verbraucher haben dies meist auf ihrem Leistungsschild angegeben z.B. Rückseite auf dem Fernseher. Danach lässt sich dann auch durch die Zeit die elektrische Arbeit (=Energie) berechnen und so mit dem Strompreis ausrechnen wieviel man pro Jahr dafür zahlen muss. Mehr dazu in 1.5 [WP]

Bei einem Widerstand hat man durch die höhere Leistung auch eine höhere Wärme, die dieser aushält. Dafür ist meist auch seine Größe proportional der Leistung. Der Wärmeverlust wird auch in Watt angegeben was die Einheit der elektrischen Leistung ist.

Formel: $P = U \cdot I$

Einheit: $[W] = [V] \cdot [A]$

Beispiel Elektromotor Voll-Hybrid

$I_{\text{motor}} = \frac{P_{\text{motor}}}{U_{\text{motor}}} = \frac{60000 \text{ W}}{330 \text{ V}} = 181,81 \text{ A}$

Verfügbare Leistung:

Die verfügbare Leistung ist die Leistung, die eine Strom- bzw. Spannungsquelle liefern kann. Ein Gleichspannungsnetzteil mit den Maximalwerten 30 V und 2 A hat eine Ausgangsleistung von maximal 60 W. Allerdings nur bei einer Ausgangsspannung von 30V.

Nutzleistung:

Die Nutzleistung ist die Leistung, die ein Verbraucher im Normalbetrieb (!) benötigt bzw. verbraucht.

Durch eine Glühlampe mit 60 W, die in einer Lampe an 230 V betrieben wird, fließt ein Wechselstrom von 0,261 A.

Leistung P_{tot}

Elektronische Bauelemente haben Maximalwerte innerhalb denen sie betrieben werden dürfen. Werden diese Werte nicht berücksichtigt, so führt das zur Zerstörung des Bauelementes.

Die Leistung P_{tot} gibt an, ab welcher Leistung das Bauelement zerstört wird. Fallen an einem Widerstand eine Spannung von 10 V ab und fließt ein Strom von 0,5 A durch ihn hindurch, dann muss er eine Leistung von 5 W vertragen können (eher mehr).

Bei der Dimensionierung von Schaltungen und Bauelementen ist auf eine ausreichende Reserve bis zur Leistung P_{tot} zu sorgen.[EK]

Verlustleistung:

Die Verlustleistung ist die in einem Bauelement in Wärme umgesetzte Leistung. Die Verlustleistung spielt hauptsächlich in Halbleiterbauelementen, wie z.B. dem Transistor eine Rolle. Es ist deshalb bei einer großen Wärmeentwicklung für ausreichende Kühlung durch Kühlbleche oder Kühlkörper zu sorgen. Bei Prozessoren wird aktiv, mit Lüfter, gekühlt.

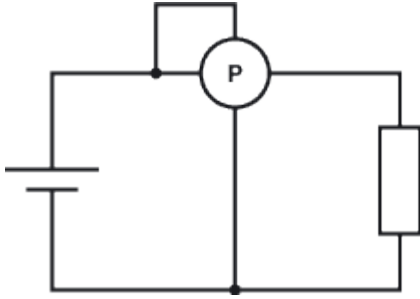
1.4.1 Wirkleistung, Scheinleistung und Blindleistung

Ein ohmscher Widerstand setzt seine aufgenommene Leistung vollständig in Wärme um. Man nennt das Wirkleistung. Diese Leistung ist in der Einheit Watt (W) angegeben. Hat ein Verbraucher neben dem ohmschen Widerstand auch induktive und kapazitive Anteile, dann entsteht zwischen Strom und Spannung eine zeitliche Verschiebung, auch Phasenverschiebung genannt. Neben der Wirkleistung ist deshalb auch eine Blindleistung vorhanden, die nicht in Wärme umgewandelt wird. Stattdessen wird die Blindleistung mit der Frequenz der Wechselspannung hin- und hergeschoben. Die Blindleistung wird nicht verbraucht, also auch nicht als Stromverbrauch berechnet. Sie muss trotzdem vom Stromlieferanten bereitgestellt werden. [WP]

Ist bei der Leistungsaufnahme eines Geräts Blindleistung dabei, dann wird diese Leistung als Scheinleistung bezeichnet. Die Scheinleistung wird, gemäß DIN 40110-1, in Voltampere (VA) angegeben. Voltampere soll zum Ausdruck bringen, dass in der Leistung neben der Wirkleistung auch Blindleistung enthalten ist. Üblicherweise spricht man bei Wechselstrom- und Wechselspannungsverbraucher von Scheinleistung. Auf vielen elektrischen Verbrauchern ist die Scheinleistung auf dem Typenschild angegeben. Häufig wegen dem eingebauten Transformator.

Bei Gleichspannung, ist die Scheinleistung gleich der Wirkleistung P . Die Scheinleistung ist in der Regel größer als die Wirkleistung.[EK]

1.4.2 Messen der elektrischen Leistung



Durch separates Messen des Stromes und der Spannung kann indirekt die elektrische Leistung eines Bauelementes innerhalb einer Schaltung bestimmt (berechnet) werden.

Es gibt aber auch reine Leistungsmessgeräte, also Leistungsmesser, die über 4 Anschlüsse verfügen. Der Leistungsmesser hat ein elektrodynamisches Messwerk. Zur Messung muss der Stromkreis aufgetrennt werden,

um den Strom Messkreis einzubauen.

Vorsicht ist bei dieser Art der Leistungsmessung geboten: Spannungs- bzw. Strompfad könne schon während der Messung überlastet sein, ohne dass der Endausschlag des Messgerätes erreicht ist. Deshalb muss vor der Leistungsmessung Strom- und Spannung separat gemessen werden und die Messbereiche vor der Leistungsmessung eingestellt werden. [WP]

1.5 Elektrische Arbeit

Die Arbeit ist das Produkt aus Leistung mal Zeit und wird meist in Ws angegeben kann aber auch in Wh oder kWh umgerechnet werden um so wieder die Kosten pro Tag oder Jahr auszurechnen. Anbei dafür ein Beispiel für die täglichen Elektrogeräte im Haushalt

Formel: $W = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$ Einheit: $[Ws] = [W] \cdot [s]$

Beispiel Fernseher LCD 32'' entspricht 80cm Diagonale:

$P = 250 \text{ W}$ Zeit pro Tag 4 Std. Strompreis 0,18 €/kWh Betrieb 350 Tage

Arbeit pro Jahr: $250 \text{ W} \cdot 4 \text{ Std./Tag} \cdot 350 \text{ Tage/Jahr} = 350000 \text{ Wh/Jahr} = 350 \text{ kWh/Jahr}$

Strompreis: $\frac{350 \text{ kWh} \cdot 0,18 \text{ €}}{\text{kWh} \cdot \text{Jahr}} = 63 \text{ €/Jahr}$

1.6 Energie E

Energie ist eine physikalische Zustandsgröße. Üblicherweise wird für die Energie das Formelzeichen E verwendet. Die Energie E eines Systems lässt sich selbst nicht messen. Sie wird berechnet. Elektrische Energie E ist gleich die Elektrische Arbeit W. [WP]

Maßeinheit:

Die Maßeinheit für Energie ist gesetzlich auf Joule (J) festgelegt. Da Arbeit und Energie als gleichwertig gelten ist Joule (J) auch für die Arbeit die Maßeinheit. Häufig wird für die elektrische Arbeit die Maßeinheit Wattsekunde (Ws) verwendet. [WP]

$$1 \text{ Ws} = 1 \text{ J}$$

In der Energietechnik ist Wattsekunde (Ws) zu klein. Daher wird die Einheit Kilowattstunde (kWh) angewendet.

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws}$$

Für die mechanische Arbeit wird Newtonmeter (Nm) verwendet. Sie setzt sich aus den Einheiten Newton (N) für die Kraft und die Einheit Meter (m) für die Länge zusammen.

[WP]

$$1 \text{ Nm} = 1 \text{ J}$$

Für Wärmeenergie wird normalerweise auch Joule (J) angegeben. Hin und wieder werden die Maßeinheiten Kalorie (cal) oder Kilokalorie (kcal) für die Wärmeenergie angegeben.

Energie	J / Ws / Nm	kWh	kcal
1 J = 1 Ws = 1 Nm	1	$0,278 \cdot 10^{-6}$	$0,239 \cdot 10^{-3}$
1 kWh	$3,6 \cdot 10^6$	1	860
1 kcal	4186	$1,16 \cdot 10^{-3}$	1

Energieformen:

- Mechanische Energie
 - Kinetische Energie
 - Potentielle Energie
 - Schwingung
 - Elastische Energie
 - Schall
 - Wellen
- Thermische und innere Energie
 - Thermodynamik (umgangssprachlich Wärmeenergie)
- Elektrische und magnetische Energie
 - Elektrische Energie
 - Magnetismus
 - Elektromagnetische Schwingungen
- Bindungsenergie
 - Chemische Energie
 - Kernenergie

Energieumwandlung:

Die einzelnen Energieformen können ineinander umgewandelt werden, ohne dass sich die Energiemenge ändert. Man muss dann aber bei der Umwandlung von einem Wirkungsgrad von 100% ausgehen. [WP]

Energie kann nicht erzeugt, sondern nur umgewandelt werden.

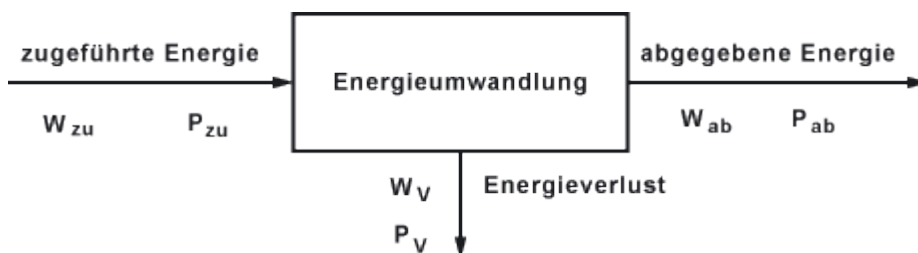
Beispiele:

- Motor = elektrische/chemische Energie in Bewegungsenergie
- Generator = Bewegungsenergie in elektrische Energie
- Batterie = chemische Energie in elektrische Energie
- Tauchsieder = elektrische Energie in Wärmeenergie
- Thermoelement = Wärmeenergie in elektrische Energie
- Bremse = Bewegungsenergie in Wärme

Motor Beim Motor wird elektrische oder chemische Energie in Bewegungsenergie umgesetzt. Entweder als Elektromotor oder Verbrennungsmotor mit Kraftstoff. Häufig entsteht bei dieser Energieumwandlung auch Wärmeenergie. Entweder durch Reibung und/oder durch die Verbrennung. [WP]

Energieumwandlung	Leistung	Wirkungsgrad
Wechselstrommotor	500 W	0,7
Drehstrommotor	1 kW	0,8
Drehstrommotor	50 kW	0,9
Drehstrommotor	1000 kW	0,95
Blei-Akkumulator	-	0,75
Transformator	1 kVA	0,9
Transformator	50.000 kVA	0,995
Glühlampe	40 W	0,015
Rundfunkgerät	-	0,05

1.7 Wirkungsgrad



Die Energieumwandlung hat in der Praxis häufig große Nachteile. Im Prinzip ist es nicht möglich eine Energieform in eine andere Energieform verlustfrei zu wandeln. Bei der Umwandlung von Energieformen, entsteht immer ein Energieverlust W_v . Es handelt sich dabei um eine Energieform die nicht gewünscht ist (z. B. Wärme).

Deshalb ist der Wirkungsgrad immer kleiner als 1. Besonders bei hohen Leistungen ist man bestrebt den Wirkungsgrad möglichst nahe an 1 zu halten. [WP]

$$\text{Wirkungsgrad } \eta = \frac{\text{abgegebene Arbeit } W}{\text{zugeführte Arbeit } W} \quad \eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}}$$

$$\text{Wirkungsgrad } \eta = \frac{\text{abgegebene Leistung } P}{\text{zugeführte Leistung } P} \quad \eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

$$W_{ab} = W_{zu} - W_v$$

$$W_{zu} = W_{ab} + W_v$$

$$W_v = W_{zu} - W_{ab}$$

1.8 Elektrischer Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis aus abgegebener durch zugeführter Leistung. Die Differenz dazu ist die Verlustleistung und ist meist die Wärme die dabei entsteht z.B. beim DC-DC-Wandler in einem Kraftfahrzeug. [WP]

Formel: $\eta_{\text{ges}} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$ Rest wird als P_{Verlust} in Wärme abgeführt

1 wäre dabei 100 Prozent - 0,8 wären dann 80 % Wirkungsgrad, 20 % Verlust

Rechenbeispiel eines DC-DC-Wandlers im PKW:

$$\eta_{\text{ges}} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{400 \text{ V} * 1,5 \text{ A}}{12 \text{ V} * 60 \text{ A}} = 0,83 = 83 \text{ Prozent (720 W zu, 120 W Verlust)}$$

Dies ist ein Beispiel für die Aufwärtswandlung, die nicht jeder DC-DC-Wandler haben muss. Abwärtswandlung dagegen auf jeden Fall zum Laden der 12 V Batterie. Damit kann man sich die Lichtmaschine sparen.

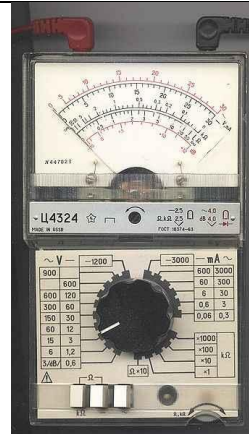
$$\eta_{\text{ges}} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{12 \text{ V} * 60 \text{ A}}{400 * 2} = 0,90 = 90 \text{ Prozent (800 W zu, 80 W Verlust)}$$

2 Auswahl richtiger Messgeräte

2.1 Analoges Messgerät

Hier erfolgt die Anzeige von Strom, Spannung und Widerstand über einen Zeiger. Dies könnte somit auch Ablesefehler beinhalten wenn man von der Seite und nicht gerade drauf schaut. Eingebaut ist ein Drehspulmesswerk, das einen drehbar gelagerten Dauermagneten beinhaltet. Eine mechanische Feder hält den Zeiger im Nullpunkt (ohne Belastung). Bei angelegter Spannung fließt durch die Spule ein Strom und infolge des erzeugten Magnetfeldes wird der Zeiger ausgelenkt.

Mit Drehspulmesswerken kann man nur Gleichspannung messen, Wechselspannung muss durch einen zuvor gesetzten Gleichrichter erst gewandelt werden. Strom und Spannungsausschlag des Zeigers ist jeweils proportional zu höherem Strom bzw. Spannung. Auch bei Wechselstrom muss ein Gleichrichter vorgeschaltet werden. [WP]



(Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Multimeter>)

2.2 Digitale Meßgeräte

Digitale Meßgeräte haben den Vorteil, dass es keine Ablesefehler wie bei den analogen Messgeräten gibt. Die Anzeige erfolgt direkt im LCD-Display als Ziffer. Eine negative Spannung wird durch ein Minus angezeigt. Ein Umpolen ist deshalb nicht nötig.

Digitalmessgeräte gibt es viele. Die Unterscheidung liegt sowohl im Preis, als auch der Ausstattung und ihrer Qualität (Schutzbeschaltung gegen vVerpolen, Überspannung). Manche Messgeräte piepsen auch bei Fehleinstellung um z.B. Messen der Spannung im Stromsteck-Modus zu verhindern, was durch den niedrig geschalteten Innenwiderstand sofort zur Zerstörung des Messgerätes führen würde).

Features wie automatische Messbereichumschaltung, Diodentester, Durchgangsprüfer, Speicherung von Messwerten, Kapazitäts- und Frequenzbestimmung gehören ebenso zu den Dingen eines modernen Multimeters (digitales Messgerät). [WP]



(Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Multimeter>)

2.3 Spannungsprüfer

Oft ist in der Praxis kein Multimeter erforderlich sondern nur die Prüfung der sogenannten Spannungsfreiheit. Dies kann durch einen ein- oder zweipoligen Spannungsprüfer sichergestellt werden. [NEB]

2.3.1 Einpoliger Spannungsprüfer

Sind meist als Schraubenzieher mit durchsichtigen Griffen ausgeführt. Es führt eine leitende Verbindung über einen hochohmigen Widerstand von der Messspitze zur Glühlampe. Am anderen Kontakt dann eine Verbindung ans obere Ende geführt daß man als Mensch berühren kann um einen geschlossenen Stromkreis und somit ein leuchten der Glühlampe zu erzeugen.



http://www.conelek.com/images/101218_SP01_100s.JPG

2.3.2 Zweipolige Spannungsprüfer

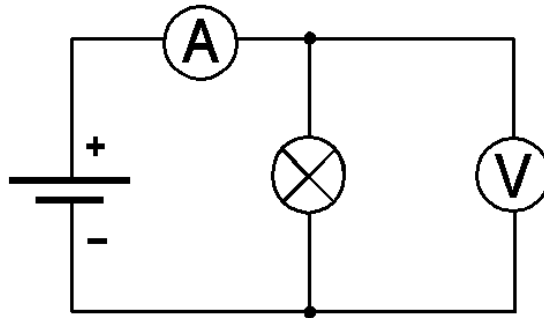
Er besteht aus zwei isolierten Griffen, die mit einer Messleitung verbunden sind. Eine Seite davon hat dann die Messanzeige, die sowohl digital als auch analog mit LED's ausgeführt sein kann.



<http://de.wikipedia.org/wiki/Spannungspr%C3%BCfer>

2.4 Strom-/Spannungsrichtige Messung

Die Spannung wird mit einem Spannungsmesser parallel zur Messstelle angeschlossen, man kann auch ein Multimeter benutzen dass auf Volt (Gleich- oder Wechselspannungseinstellung beachten) eingestellt ist. Der Innenwiderstand des Meßgerätes ist sehr groß um selber nicht die Messung zu beeinflussen.[NEB]

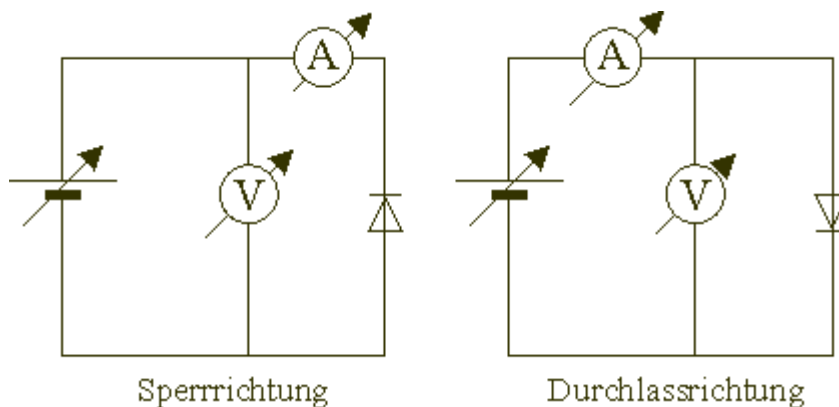


Quelle: <http://www.bnhof.de/~ho1645/ampvolt.gif>

Ströme werden in Reihe zum Verbraucher (Messstelle) gemessen. Dazu muss der Stromkreis aufgetrennt und das Multimeter dazwischen geschaltet werden. Es muss vorher auf Strom gesteckt und eingestellt werden. Dadurch wird dessen Innenwiderstand sehr klein um die Messung durch sich selbst nicht zu verfälschen. [NEB]

Schließt man ein Voltmeter falsch an, also in Reihe so fällt aufgrund seines großen Innenwiderstandes die ganze Spannung an ihm ab und man misst somit den falschen Wert.

Schließt man ein Amperemeter falsch an, also z.B. parallel in die Steckdose ist es sofort defekt weil durch seinen kleinen Innenwiderstand so ein großer Strom fließt dass sofort alles durchbrennt.

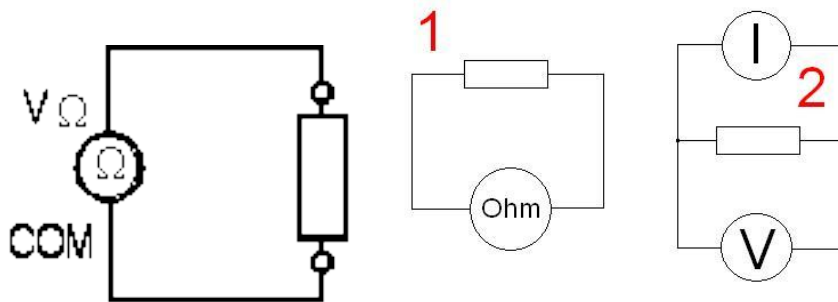


Quelle: http://leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph10/musteraufgaben/15_halbleiter/kennlinie/kennlinie02.gif

Es ist grundsätzlich nicht möglich mit zwei Messgeräten (eins auf Strom und eins auf Spannung gestellt) beide Größen richtig zu messen wenn die gemessenen Verbraucher (Widerstände) annähernd den gleichen Wert wie des Messgerätes hat. Dazu gibt es dann eine spannungs- und stromrichtige Messmöglichkeit. Dies ist aber bei uns meist zu vernachlässigen da die gemessenen Widerstände meist nicht in dem Bereich sind. [NEB]

2.5 Widerstandsmessung

Zur Widerstandsmessung wird in dem Messgerät ein bekannter Strom oder Spannung eingepreßt und dann über das ohmsche Gesetz der Widerstand berechnet. Indirekt ist das auch über einen bekannten Innenwiderstand möglich bei dem durch den Spannungsabfall mit dem angeschlossenen unbekannten Widerstand in der Reihenschaltung über den Strom wieder der unbekannte Widerstand ausgerechnet wird. [NEB]



Quelle: http://www.biat.uni-flensburg.de/msc/system/images/widerstand_mess.gif

2.6 Messung von Leistung und Arbeit

Die elektrische Leistung ist Produkt aus Spannung mal Strom und lässt sich dadurch leicht mit einem Multiplikator errechnen und anzeigen. Es sind also in so einem Gerät ebenso ein Spannungs- wie auch ein Strommesser zu finden.

Formel: $P = U \cdot I$

Einheit: $[W] = [V] \cdot [A]$

Baut man noch eine Uhr dazu und misst man damit die Leistung über die Zeit so ist man bei einem Zähler der die Arbeit oder Energie erfasst. Bei privaten Haushalten wird mit einem Zähler meist die Wirkleistung gezählt und bei den Industrien ist zusätzlich noch ein Scheinleistungszähler oder Blindleistungszähler eingebaut. Deshalb sind diese daran interessiert den Blindanteil durch Spulen und Kondensatoren (in der Wechselspannung, nicht bei Gleichspannung zu finden) möglichst gering zu halten. [NEB]

Formel: $W = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$

Einheit: $[Ws] = [W] \cdot [s]$

Das Produkt aus Leistung mal Zeit ist somit die Energie oder Arbeit, die die Einheit Ws hat und bei uns meist als umgerechnete kWh bekannt sind, da damit unser Strompreis (meist 0,2 Euro pro kWh) auszurechnen ist.

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh} = 3600 \cdot 10^3 \text{ Ws} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws}$$

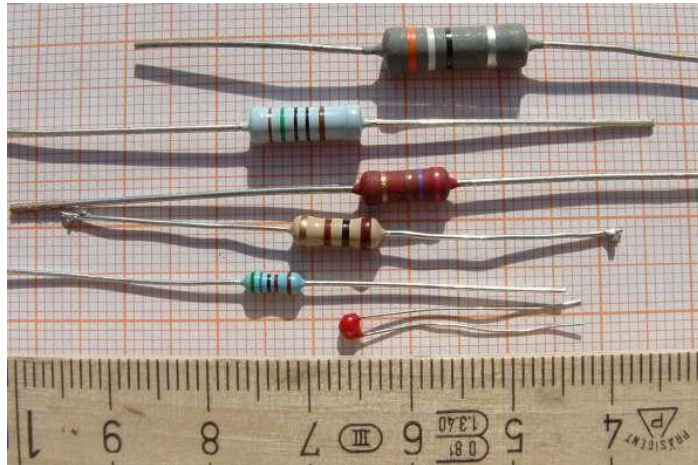
Beispiel: Fernseher mit 200 W und 5 Std täglich an 365 Tagen in Betrieb:

$$\text{Preis/Jahr: } 200 \text{ W} \cdot 5 \text{ h/Tag} \cdot 365 \text{ Tage/Jahr} \cdot 0,2 \text{ Euro/kWh} = 72 \text{ Euro/Jahr}$$

3 Grundlegende Bauelemente

3.1 Widerstände

Für den Strom ist alles nur wie Widerstände. Ist die Spannung hoch genug und die Messgeräte fein genug könnte man sogar sagen dass Isolatoren auch leitend sind. Sie haben nur einen sehr hohen Widerstand. Ebenso könnte man sagen, dass auch Leiter wie Kupfer oder Aluminium einen hohen Widerstand erreichen können wenn sie nur dünn genug und recht lang verlegt werden. Widerstände gibt es in verschiedenen Bauformen und Eigenschaften. So gibt es Festwiderstände und veränderliche Widerstände, die man auch zur Temperaturmessung einsetzen kann. [NEB]



Quelle: http://www.amplifier.cd/Tutorial/Grundlagen/images/bedrahteter_Widerstand.jpg

Bei den Festwiderständen gibt es Kohleschichtwiderstände, Metallschichtwiderstände und Drahtwiderstände, die sich durch ihre Toleranz und Verlustleistung und unterschiedlichen Aufbau unterscheiden.

3.1.1 Berechnung der Widerstandsreihen

Nichts scheint so kompliziert wie die Berechnung der Widerstandsreihen (E3 bis E96). Bei der Ermittlung der Widerstandswerte wird ein sehr umständliches Berechnungsverfahren angewendet, das sich für den Nicht-Mathematiker nur sehr schwer nachvollziehen lässt. Ich habe deshalb versucht dieses System zu verstehen und möchte hier die Berechnung Schritt für Schritt durchgehen. [EK]

Berechnung des Faktors k :

Wichtiger Bestandteil für die Berechnung der Widerstandsreihen ist der Faktor k. Jede Widerstandsreihe (E3 bis E96) hat einen anderen Faktor k.

Für die nun folgenden Berechnungen wird die Widerstandsreihe E3 verwendet. [EK]

Für den Faktor k gilt folgende Formel:

$$k = \sqrt[x]{10}$$

Ausgesprochen: k ist die x-te Wurzel aus 10

x ist die Anzahl der Werte in der Widerstandsreihe innerhalb einer Dekade (z. B. von 1 bis 10). Die Widerstandsreihe E3 hat drei Widerstandswerte. Deshalb gilt bei E3, x ist gleich 3 (x = 3).

Hinweis zur Mathematik: Wenn innerhalb einer Dekade der Quotient zwischen den einzelnen Werten immer gleich groß ist, heißt das nichts anderes, wenn man beginnend von 1, diesen und jeder nächste Wert mit der n-ten Wurzel der Dekade multipliziert, kommt man nach zehn Schritten auf den 10fach höheren Wert. n ist die Anzahl äquiquotienter Schritte. [EK]

Für E3 gilt für den Faktor k folgende Formel:

$$k = \sqrt[3]{10}$$

Ausgesprochen: k ist die dritte Wurzel aus 10

Derjenige, der in Mathematik aufgepasst hat, der weiß, wie er diese Formel mit dem Taschenrechner berechnen muss.

Wer es nicht weiß, der kann die folgende Vereinfachung verwenden.

Vereinfachung der Formel für E3:

$$k = 10^{\frac{1}{3}}$$

Die Berechnung des Faktors k ergibt bei E3 2,1544.. . Die nachfolgenden Stellen spielen für die weitere Berechnung keine Rolle.

Für die Widerstandsreihen E6, E12, E24, etc. gibt es jeweils andere Werte für den Faktor k.

Widerstandsreihe	Faktor k
E3	2,1544..
E6	1,4677..
E12	1,2115..
E24	1,1006..
E48	1,0491..
E96	1,0242..

Beispiel für die Berechnung der Widerstandsreihen:

Die einzelnen Werte der Widerstandsreihe E3 werden folgendermaßen berechnet: Egal welche Widerstandsreihe, der erste Wert ist immer 1,0. Dieser Wert wird mit dem Faktor k multipliziert.

$$2,1544.. = 1,0 \times 2,1544..$$

$$R = 2,2 \text{ (gerundet)}$$

Heraus kommt der äquiquotiente Wert 2,1544.. . Aufgerundet ergibt das 2,2.

Der zweite Wert ergibt sich wiederum aus dem ungerundeten Ergebnis multipliziert mit dem Faktor k. [EK]

$$4,6416.. = 2,1544.. \times 2,1544..$$

$$R = 4,7 \text{ (gerundet)}$$

Heraus kommt der dritte äquiquotiente Wert mit 4,6414.. . Aufgerundet ergibt das den Widerstandswert 4,7.

Grundsätzlich wird der Äquiquotient großzügig aufgerundet, auch wenn sich das aus dem berechneten Ergebnis nicht ergibt.[EK]

3.1.2 Kennzeichnung von Widerständen

Widerstände werden entweder mit dem Aufdruck oder durch Farbringe gekennzeichnet. Hierzu Tabelle und Beispiel. Drahtwiderstände sind normalerweise mit Klartext bedruckt. Metall- und Kohlschichtwiderstände sind meist durch Farbcode mit Farbringen gekennzeichnet. Der erste Ring ist dabei der der dem Ende am Nächsten ist. [EK]

$47 \cdot 10^1 \pm 5\% =$

Kennfarbe	1.Ziffer	2.Ziffer	Multiplikator	Toleranz in %
keine	—	—	—	± 20
silber	—	—	10^{-2}	± 10
gold	—	—	10^{-1}	± 5
schwarz	—	0	1	—
braun	1	1	10^1	± 1
rot	2	2	10^2	± 2
orange	3	3	10^3	—
gelb	4	4	10^4	—
grün	5	5	10^5	$\pm 0,5$
blau	6	6	10^6	$\pm 0,25$
violett	7	7	10^7	$\pm 0,1$
grau	8	8	10^8	—
weiß	9	9	10^9	—

Erster Farbring näher am Anschlussdraht

4 7 x $10^1 \pm 5\% \Rightarrow 470 \Omega \pm 5\%$

Quelle: http://www.pc-max.de/forum/upload/release/3302_1.jpeg

3.1.3 NTC - Heißeiter

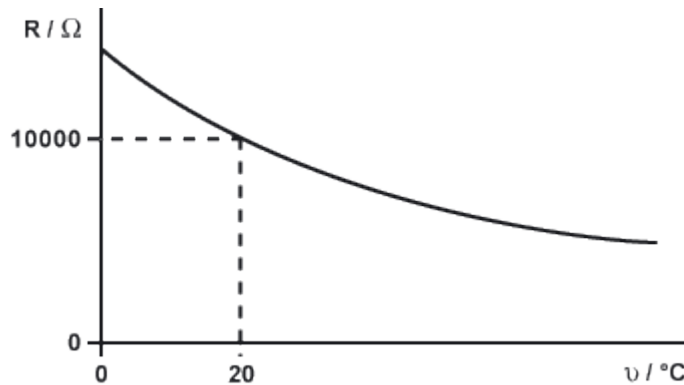
Heißeiter sind temperaturabhängige Halbleiterwiderstände. Sie haben einen stark negativen Temperaturkoeffizienten (TK). Deshalb werden sie auch NTC-Widerstände genannt (NTC = Negative Temperature Coefficient).

Heißeiter werden aus den Halbleiterwerkstoffen Eisenoxid (Fe_2O_3), ZnTiO_4 und Magnesiumdichromat (MgCr_2O_4) gefertigt.

Wichtigster Kennwert eines NTCs ist der Widerstand R_{20} , sein Widerstandswert bei 20

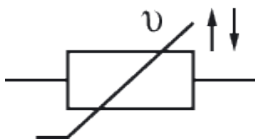
°C, also der Widerstand des NTCs im kalten Zustand.

Da die Widerstandswerte temperaturabhängig sind, werden sie nicht berechnet, sondern von den Kennlinien aus den Datenblättern abgelesen. [EK]



Das Diagramm beschreibt den Widerstandsverlauf in Abhängigkeit der Temperatur eines NTC-Widerstands. NTC-Widerstände verringern ihren Widerstandswert bei steigender Temperatur und leiten dann besser. Bei sinkender Temperatur steigt der Widerstandswert und sie leiten schlechter. NTC-Widerstände leiten bei hohen Temperaturen besser als bei niedrigen Temperaturen. Der Grund ist, dass bei steigender Temperatur mehr Elektronen aus ihren Kristallbindungen herausgerissen werden. [EK]

Schaltzeichen:



Anwendungen:

- Temperaturfühler bei Temperaturmessung
- Temperaturstabilisierung von Halbleiterschaltungen als Arbeitspunkteinstellung
- Anzugsverzögerung (in Reihe zum Relais)
- Abfallverzögerung (parallel zum Relais)
- Reduzierung des Einschaltstromes in Stromkreisen

3.1.4 PTC - Kaltleiter

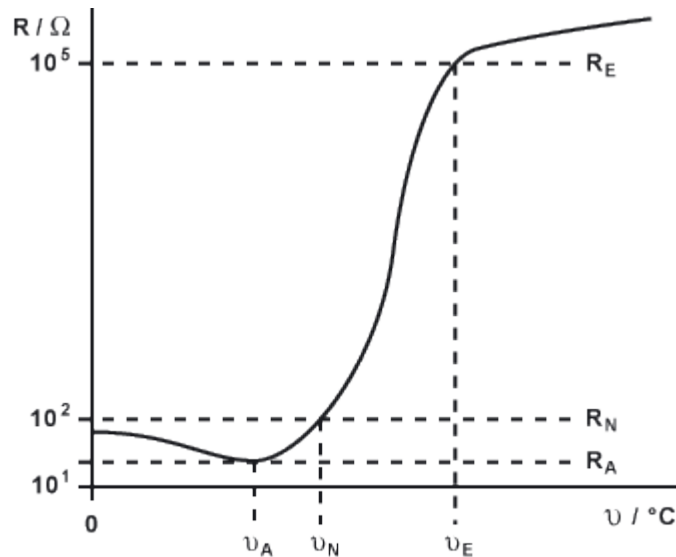
Kaltleiter sind Halbleiterwiderstände, die temperaturabhängig sind. Kaltleiter haben einen positiven Temperaturkoeffizienten (TK) und werden deshalb auch PTC-Widerstände genannt (PTC = Positive Temperature Coefficient).

Bei dieser Art von Halbleiter erhält man durch die Gitteranordnung der Atome je ein freies Valenzelektron pro Atom. Diese Elektronen sind leicht beweglich. An einer Stromquelle angeschlossen, bewegen sich die freien Valenzelektronen zum Pluspol und bewirken die elektrische Leitfähigkeit.

Nahezu alle Metalle sind Kaltleiter, da sie bei niedrigeren Temperaturen besser leiten.

PTCs bestehen aus polykristallinen Titanat-Keramik-Sorten, die mit Fremdatomen verunreinigt werden (Dotieren).

Das Ergebnis dieses Versuchs ergibt, dass Kaltleiter im kalten Zustand einen kleinen Widerstand, also eine gute elektrische Leitfähigkeit haben. Beim Erhitzen nimmt die Leitfähigkeit ab, der Widerstand wird größer (vgl. Messergebnisse). [EK]

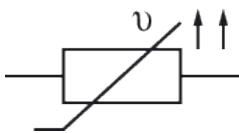


Das Diagramm beschreibt den Widerstandsverlauf in Abhängigkeit der Temperatur eines PTC-Widerstands.

Der Widerstandswert beginnt bei der Anfangstemperatur t_A zu steigen. Dieser Punkt ist der Anfangswiderstand R_A . Durch die Temperaturerhöhung werden Ladungsträger freigesetzt. Bis zur Nenntemperatur t_N steigt der Widerstand nichtlinear an. Ab dem Nennwiderstand R_N nimmt der Widerstand stark zu. Für die Widerstandszunahme ist die Sperschichtbildung zwischen den Werkstoffkristallen verantwortlich. Bis zur Endtemperatur t_E erstreckt sich der Arbeitsbereich des PTC.

Der PTC hat ab einer bestimmten Spannung eine relativ hohe Eigenerwärmung. Diese macht man sich für Messungen und in der Regeltechnik zu nutze. Vorher reagiert er wie ein ganz normaler linearer Widerstand. [EK]

Schaltzeichen:



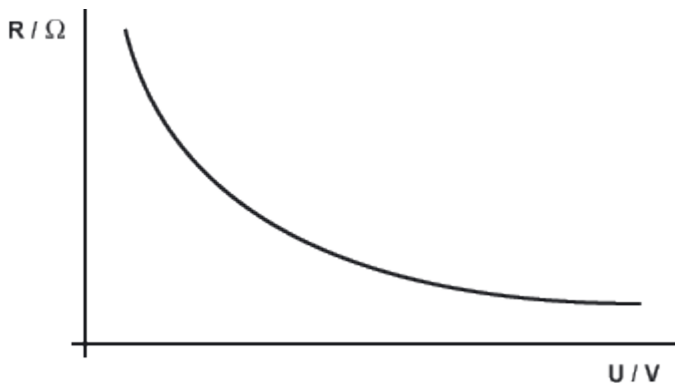
Anwendungen:

- Flüssigkeitsniveaufühler (Flüssigkeit kühlt den eigenerwärmten PTC ab)
- Temperaturregelung für eine Heizung
- Leistungs-PTCs werden zum Schutz gegen Überstrom alternativ zu Schmelzsicherungen eingesetzt. Vorteil: Leistungs-PTCs sind reversibel

3.1.5 VDR - Varistor

Varistoren sind spannungsabhängige Widerstände. Sie verändern ihren Widerstandswert in Abhängigkeit der anliegenden Spannung. Daher werden sie auch VDR = Voltage Dependent Resistor genannt. Ein Varistor besteht aus gesintertem Siliziumkarbid.

Die elektrischen Eigenschaften werden durch die Sinterzeit und Sintertemperatur beeinflusst. [EK]

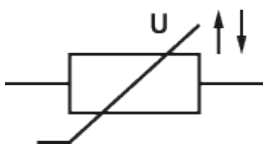


Das Siliziumkarbid setzt sich aus Halbleiterkristallen und vielen kleinen Halbleiterzonen unterschiedlicher Leitfähigkeit zusammen. Zwischen den Halbleiterzonen entstehen Sperrschichten, wie z. B. auch bei Halbleiterdioden. Die Polung der Sperrschichten ist unregelmäßig.

Durch eine angelegte Spannung entsteht ein elektrisches Feld, das die Sperrschichten teilweise abbaut. Wird die Spannung erhöht baut die elektrische Feldstärke immer mehr Sperrschichten ab.

Der Widerstandswert eines Varistors nimmt bei zunehmender Spannung ab. Bei sinkender Spannung steigt der Widerstandswert. [EK]

Schaltzeichen:



Anwendungen:

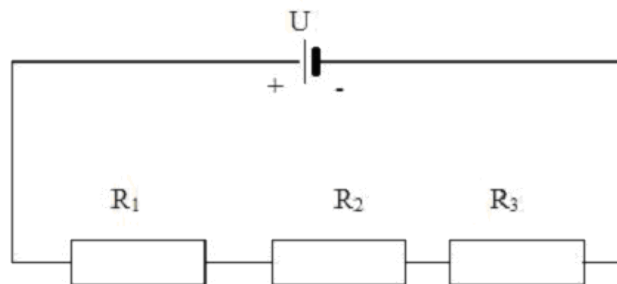
- Spannungsstabilisierung
- Überspannungsschutz
- Schaltfunkenunterdrückung
- Spannungsbegrenzung (paralleler Schutzwiderstand)
- Absorption der Schaltenergie von Spulen
- Verformung von Spannungs- und Stromkurven in der Impuls-, Fernseh-, Steuer- und Regeltechnik

3.1.6 Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen

Widerstände können in Reihe und Parallel geschaltet werden. Gemischte Schaltungen sind die Regel bei Elektronikplatinen.

Bei der Reihenschaltung ergibt die Addition der Einzelwiderstände den Gesamt-widerstand. Er ist somit immer größer als der kleinste Einzelwiderstand. Die Ströme in einer Reihenschaltung sind überall gleich. Die Summe der Einzelspannungen an den Einzelwiderständen ergibt die Gesamtspannung. [EK]

Reihenschaltung:



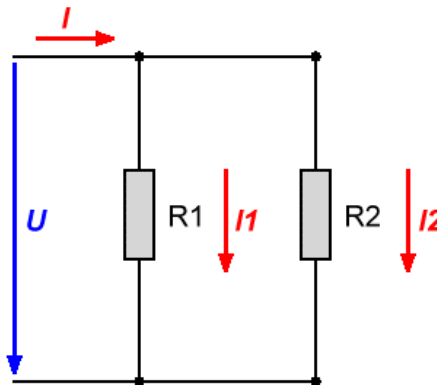
Quelle: Quelle: <http://www.hobby-bastelecke.de/bilder/schaltungen/reihenschaltung.gif>

Wichtige Formeln der Reihenschaltung:

$$R_{\text{Ges}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_n \quad U_{\text{Ges}} = U_1 + U_2 + U_3 + U_n \quad I_{\text{Ges}} = I_1 = I_2 = I_3 = I_n$$

Parallelschaltung:

Bei der Parallelschaltung ist die Summe der Kehrwerte der Einzelwiderstände gleich der Kehrwert des Gesamt-widerstandes. Er ist somit immer kleiner als der kleinste Einzelwiderstand. Die Addition der Einzelströme ergibt den Gesamtstrom. Die Spannungen sind überall gleich.



Quelle: <http://www.hobby-bastelecke.de/bilder/schaltungen/parallelschaltung.gif>

Wichtige Formeln der Parallelschaltung:

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_n} \quad I_{Ges} = I_1 + I_2 + I_3 + I_n \quad U_{Ges} = U_1 = U_2 = U_3 = U_n$$

Um nicht mit den Kehrwerten rechnen zu müssen rechnen manche mit dem Leitwert, der den Kehrwert des Widerstandes darstellt. Aber die Eingabe ist mit dem Taschenrechner in der richtigen Form mit der heutigen 1/x-Taste auch sehr einfach. [EK]

$$G_{ges} = G_1 + G_2 + G_3 + G_n \text{ (Rechnen mit Leitwerten bei der Parallelschaltung)}$$

3.2 Spulen

Fließt in einem Leiter ein Strom, so wird dabei ein magnetisches Feld erzeugt. Ist ein Leiter aufgewickelt, so ist das magnetische Feld konzentriert und man spricht von einer Spule. Die Anzahl der Windungen ist dabei proportional zur Induktivität L mit Einheit H (Henry). [EK]



Quelle: <http://www.elektro-spulen.de/resources/Image/elektro-spule-2026a-600px-web-72.jpg>

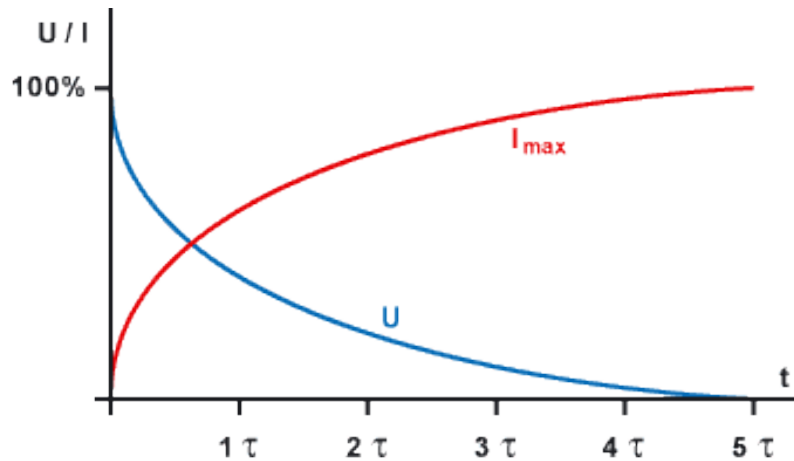
$$\text{Formel : } L = \frac{N^2 \cdot A \cdot \mu}{l}$$

Einheit: H (oft mH für milli-Henry)

3.2.1 Spule an Gleichspannung

An einer Gleichspannung wirkt die Spule beim Einschalten dagegen, d. h. der Strom kommt erst später nach. An Gleichspannung ist die Spule ein Magnet (wenn sie vom Strom durchflossen wird).

Tau (Lade/Entladezeit zu 63%) ist hier L/R , $5 \cdot \text{Tau} = 5 \cdot L/R$ (damit zu 100% voll bzw. leer).



Quelle: <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/diagramm/02072211.gif>

3.2.2 Spulen an Wechselspannung

An einer Wechselspannung verhält sich die Spule wie ein induktiver frequenzabhängiger Widerstand. Der Widerstand errechnet sich aus

$$X_{Spule} = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

3.2.3 Reihen und Parallelschaltung von Spulen

Reihenschaltung von Spulen vergrößert sich die Induktivität

$$L_{gesamt} = L_1 + L_2 + L_3$$

Bei der Parallelschaltung

$$\frac{1}{L_{ges}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

3.3 Kondensatoren

Kondensatoren speichern Energie. Sie bestehen aus 2 Metallplatten, die durch einen Isolator (Dielektrikum) getrennt sind. Die Speicherefähigkeit wird als Kapazität bezeichnet. Die Größe hängt vom Plattenabstand, der Plattengröße und den Eigenschaften des Dielektrikums ab.

3.3.3 Reihen- und Parallelschaltung von Kondensatoren

Die Gesamtkapazität von Kondensatoren in Reihenschaltung ist der Kehrwert der Einzelkapazitäten:

$$\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

Für lediglich 2 Kondensatoren kann man auch die vereinfachte Formel benutzen:

$$C_{ges} = \frac{C_1 * C_2}{C_1 + C_2}$$

Die Gesamtspannung aus mehreren Kondensatoren berechnet sich aus der Reihenschaltung der Einzelspannungen, die jeder Kondensator meistern kann.

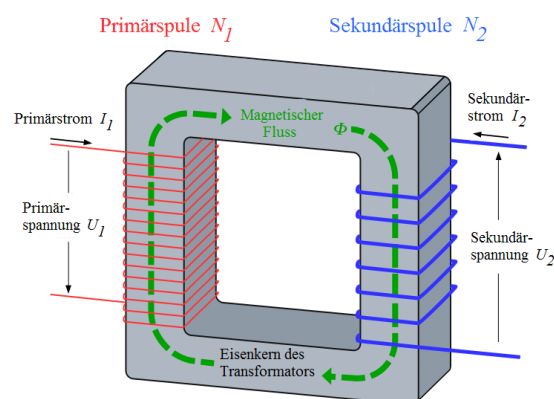
$$U_{C_{ges}} = U_{C_1} + U_{C_2} + U_{C_3}$$

Die Gesamtkapazität von Kondensatoren in Parallelschaltung ist $C_{ges} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$

3.4 Transformatoren (Trafo)

Ein Transformator besteht im Prinzip aus zwei gegenübergestellten Spulen. Bei wechselnden Strömen entsteht ein Induktionsfeld an einer Spule das ihre Ströme und Spannungen auf die andere Seite überträgt. Um die Streuverluste des Feldes gering zu halten wird ein Eisenkern in die Spulen gesetzt. Da die Spulen mit Isolierlack versehen sind und auch der Eisenkern meist isoliert ist muss man sich hier keine Gedanken um die elektrische Leitfähigkeit machen. Meist ist der Eisenkern noch aus isolierten Blechen aufgebaut um die Wirbelströme gering zu halten. Dies verursacht dann ein Brummen wenn diese Bleche mit der Zeit locker werden. Abhilfe könnte Kompositmaterial mit leitfähigen Partikel machen. So sind die modernen HF-Überträger (Trafos) aufgebaut. [EK]

Die übertragene Spannung von Primärseite (Eingangswicklung) zu Sekundärseite (Ausgangswicklung) ist proportional zu Windung. Da das Verhältnis von eingehender Leistung (Primärseite) zu abgegebener Leistung (Sekundärseite) höchstens 1 also 100 % sein kann ist das Verhältnis von Wicklung zu Strom oder Spannungen zu Strom somit umgekehrt.



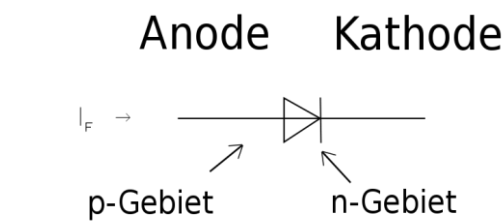
<http://de.wikipedia.org/wiki/Transformator>

Formel Trafo: $\ddot{u} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$ Einheitenlos, idealer Trafo Wirkungsgrad 1 = 100%

3.5 Dioden

Dioden werden aus Halbleitermaterial wie Silizium (Si) oder Germanium (Ge) gefertigt. Da reines Silizium eigentlich ein Nichtleiter ist, muss die gewünschte Leitfähigkeit durch Dotierung (gezielte Verunreinigung mit Fremdatomen) erreicht werden. Damit kann man eine N-Leitfähigkeit (n-Dotierung) oder P-Leitfähigkeit (p-Dotierung) erzeugen. [EK]

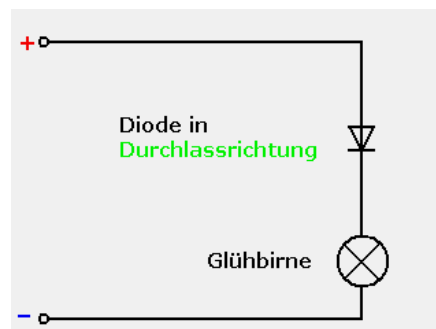
Im Übergangsbereich entsteht dabei eine Grenzschicht, die auch Sperrschicht genannt wird. Die N-Schicht wird als Kathode, die P-Schicht als Anode bezeichnet. Ist die Spannung der Anode negativer als die Kathode so vergrößert sich die Sperrschicht und die Diode sperrt. Dies wird auch als Sperrrichtung bezeichnet. Ist die Spannung der Anode positiver als die der Kathode so wird die Sperrschicht kleiner und die Diode leitet. Dies wird auch als Durchlassrichtung bezeichnet. [WP]



<http://de.wikipedia.org/wiki/Diode>

3.5.1 Dioden als Gleichrichter

Da Dioden in eine Richtung durchlassen und in die andere Richtung sperren, kann man damit wunderbar eine Halbwelle einer Wechselspannung sperren und die andere durchlassen. Einzig die Durchlassspannung fällt somit noch an der Diode ab. Dies wäre aber dann mit einer Diode nur eine Einweggleichrichtung mit einem schlechten Wirkungsgrad. [WP]

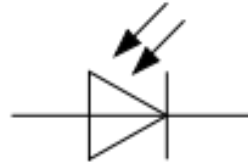


http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Diode_animation.gif

Besser ist hier schon die Brückenschaltung die mit dem Spiegeln der negativen Halbwelle durch richtige Verschaltung der Dioden somit einen höheren Wirkungsgrad erreicht. Dazu anbei die Schaltung. [EK]

3.5.2 Fotodioden

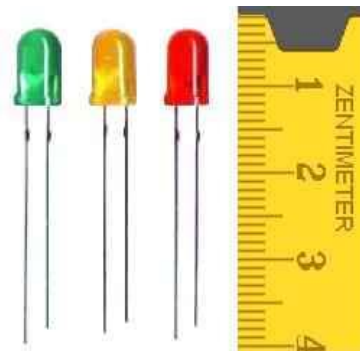
Fotodioden bzw. Photodioden sind Halbleiter-Dioden, die sichtbares Licht in manchen Ausführungen auch Infrarot, UV oder Röntgenstrahlen an einem pn-Übergang durch den inneren Fotoeffekt in einen elektrischen Strom umwandeln. Sie werden unter anderem verwendet, um Licht in ein Spannungssignal umzusetzen, oder um mit Licht übertragene Informationen weiterverarbeiten zu können. Fotodioden werden in Sperrrichtung betrieben



<http://de.wikipedia.org/wiki/Fotodiode>

3.5.3 Leuchtdioden

Leuchtdioden werden in Durchlassrichtung betrieben und haben eine kleine transparente Kunststoffscheibe durch die das erzeugte Licht an den Halbleiterschichten sichtbar gemacht wird. Somit könnte man gezielt Informationen aussenden durch Licht oder einfach nur einen Raum mit genügend LED beleuchten oder auch eine LCD Anzeige für ein digitales Multimeter bauen. Die Farben sind rot, grün, gelb. Aus den blauen entwickelten sich die weißen LED's die heutzutage die neueste Technik für Beleuchtung sind.



<http://de.wikipedia.org/wiki/Leuchtdiode>

Vorteil sind ihre lange Lebensdauer bei geringen Strom und wenig Watt (wenig Wärmeentwicklung).

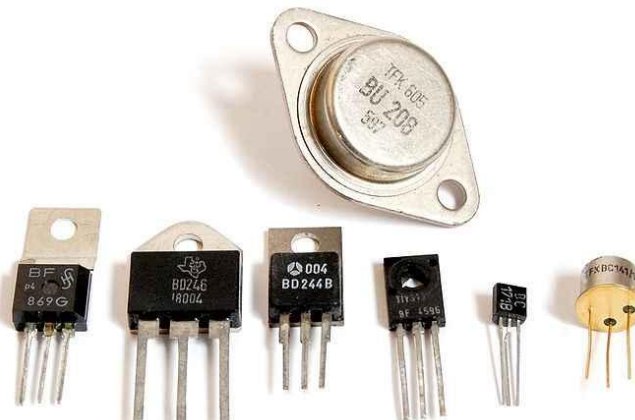
LED-Scheinwerfer ersetzen zunehmend andere Scheinwerfer weil sie langlebiger und gegenüber Glühlampen etwa zwei- bis dreimal effizienter sind und entsprechend weniger Wärmestrahlung aussenden. Anwendungsgebiete sind Lichtshows, Bühne und Diskotheken, sowie auch Operationsleuchten. Die Lichtmikroskopie nutzt seit langem kleine LED-Strahler.



http://www.solartechnik-shop.de/images/aussenstrahler_goliath.jpg

3.6 Transistoren

Transistoren sind im Wesentlichen Bauteile mit denen ein Hauptstromkreis durch einen Steuerstromkreis gesteuert werden kann. Also ein elektronisches Relais das keinem mechanischen Verschleiß unterliegt und Millionen von Schaltspielen auch in höherer Frequenz problemlos meistern kann. Nur der geschaltene Strom ist meist um ein Vielfaches geringer als von mechanischen Relais. Hochleistungstransistoren können dies aber auch. Man muss dann nur auf hinreichende Kühlung achten. [EK]

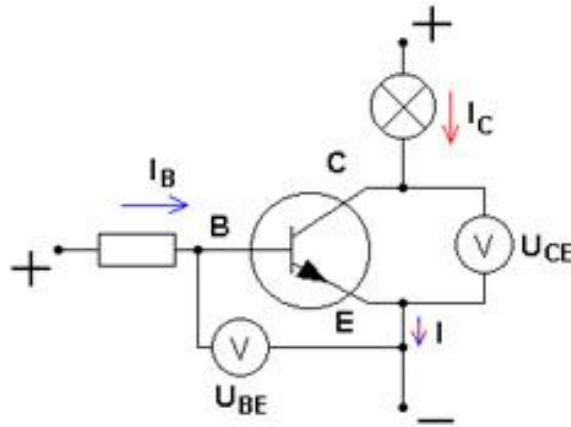


<http://de.wikipedia.org/wiki/Transistor>

3.6.1 Stromgeführte Transistoren (Bipolare)

Bipolaren Transistoren bestehen aus 3 aneinandergesetzte Halbleiterschichten (nnp oder pnp). Dadurch wird der Steueranschluss (Basis) entweder positiv oder negativ angesteuert um die Hauptstromeins (Collector und Emitter) leitfähig zu machen.

Liegt bei einem npn somit positive Spannung an der Basis, so dass ein bestimmter Strom über seinen inneren Widerstand fließt, so fließt um ein Vielfaches der Strom vom n zu n Übergang von Collector (plus) zu Emitter (minus – Masse auch gegenüber Basis). [EK]



Quelle: <http://larskrusche.de/Transistor%20npn.JPG>

3.6.2 IGBT (insulated gate bipolar transistor)

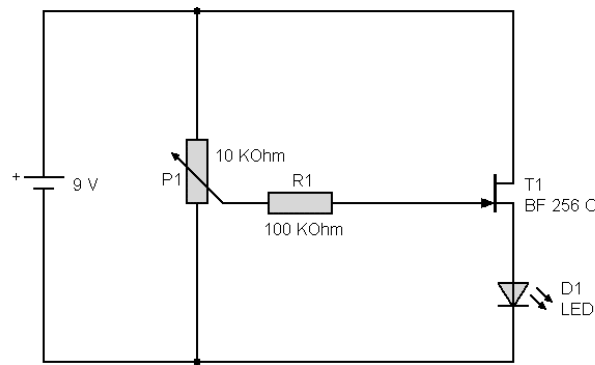
Ein Bipolartransistor mit isolierter Gate-Elektrode (engl. insulated-gate bipolar transistor, kurz IGBT) ist ein Halbleiterbauelement, das zunehmend in der Leistungselektronik verwendet wird, da es Vorteile des Bipolartransistors (gutes Durchlassverhalten, hohe Sperrspannung, Robustheit) und Vorteile eines Feldeffekttransistors (nahezu leistungslose Ansteuerung) vereinigt. Vorteilhaft ist auch eine gewisse Robustheit gegenüber Kurzschlüssen, da der IGBT den Laststrom begrenzt. [WP]



Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Insulated_Gate_Bipolar_Transistor

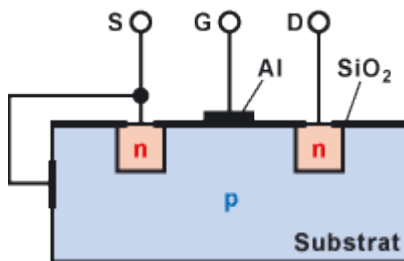
3.6.3 Spannungsgeführte Transistoren (FET's)

Spannungsgeführte Transistoren haben einen viel höheren Steuerwiderstand (Eingangswiderstand) da sie nur mit Hilfe des aufgebauten elektrischen Feldes den Hauptstromkreis steuern und somit viel weniger Strom (mikro-Ampere) als wie die stromgeführten Transistoren (milli-Ampere) dafür benötigen[EK]



Quelle: <http://www.hobby-bastelecke.de/bilder/schaltungen/fet1.gif>

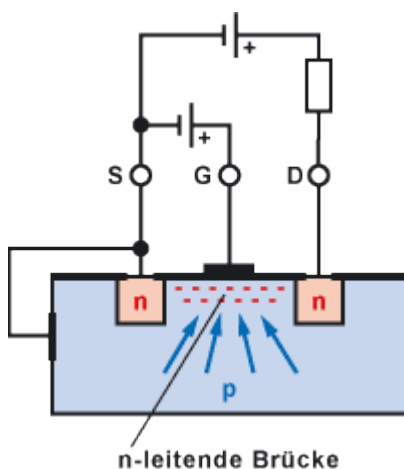
3.7 MOSFET



Die Bezeichnung MOS bedeutet Metal-Oxide-Semiconductor, was so viel bedeutet, wie Metall-Oxid-Halbleiterbauteil. Der MOS-FET ist auch als IG-FET bekannt. Diese Bezeichnung kommt von Insulated Gate und bedeutet isoliertes Gate. Das hängt mit dem Aufbau des MOS-FET zusammen.

Auf dem Bild ist die Grundstruktur eines MOS-FET (n-Kanal-Anreicherungstyp) dargestellt. Dieser Feldeffekttransistor besteht aus einem p-leitenden Kristall, dem Substrat. In das Substrat sind zwei n-leitende Inseln eindotiert. Der Kristall ist mit Siliziumdioxid (SiO_2) abgedeckt (Isolierschicht). Die n-leitenden Inseln sind aber noch freigelegt und über Kontakte nach außen geführt (S und D). Auf dem Siliziumdioxid ist eine Aluminiumschicht (Al) als Gate-Elektrode aufgedampft. [EK]

3.7.1 Funktionsweise



Diese Beschreibung des MOS-FET bezieht sich auf den Anreicherungstyp. Es gibt auch noch den Verarmungstyp. Der MOS-FET befindet sich immer im Sperr-Zustand (deshalb selbstsperrend), wenn keine positive Spannung zwischen Gate- und Source-Anschluss anliegt.

Wird zwischen Gate und Source (Substrat bei n-MOS-FET) eine positive Spannung U_{GS} angelegt, dann entsteht im Substrat ein elektrisches Feld. Die Elektronen im p-leitenden Substrat (viele Löcher, sehr wenige Elektronen) werden vom positiven Gate-Anschluss angezogen. Sie wandern bis unter das Siliziumdioxid (Isolierschicht).

Die Löcher wandern in entgegengesetzter Richtung. Die

Zone zwischen den n-leitenden Inseln enthält überwiegend Elektronen als freie Ladungsträger. Zwischen Source- und Drain-Anschluss befindet sich nun eine n-leitende Brücke.

Die Leitfähigkeit dieser Brücke lässt sich durch die Gatespannung U_{GS} steuern.

Die Vergrößerung der positiven Gatespannung führt zu einer Anreicherung der Brücke mit Elektronen. Die Brücke wird leitfähiger. Die Verringerung der positiven Gatespannung führt zu einer Verarmung der Brücke mit Elektronen. Die Brücke wird weniger leitfähig.

Dadurch dass die Siliziumdioxid-Schicht isolierend zwischen Aluminium und Substrat wirkt, fließt kein Gatestrom I_G . Zur Steuerung wird nur eine Gatespannung U_{GS} benötigt. Die Steuerung des Stromes I_D durch den MOS-FET erfolgt leistungslos. [EK]

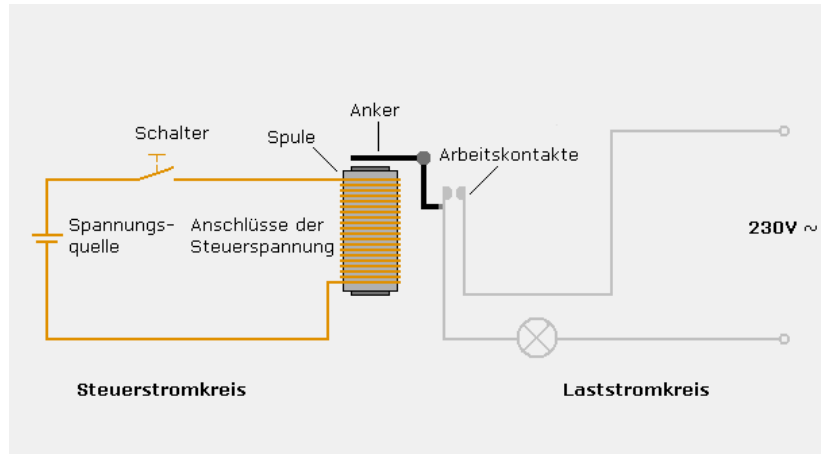
3.7.2 Verarmungsprinzip

Der oben beschriebene MOS-FET ist ein Anreicherungstyp. Er ist selbstsperrend. Es gibt aber auch MOS-FETs als Verarmungstypen. Sie sind selbstleitend, weil sie schon nach angelegter Spannung U_{DS} leitend sind. Das wird durch eine schwache n-Dotierung zwischen den n-leitenden Inseln (Source und Drain) erzeugt. Dieser MOS-FET sperrt nur vollständig, wenn die Gatespannung U_{GS} negativer ist als die Spannung am Source-Anschluss.

Der selbstleitende MOS-FET wird durch eine negative, wie auch eine positive Gatespannung U_{GS} gesteuert. [EK]

3.8 Relais

Ein Relais hat im Steuerstromkreis eine Spule, die durch Stromfluss einen Nord- und Südpol ausprägt und damit einen Schalter anzieht. Der wird dann je nach Ausführung geöffnet (Öffner) oder geschlossen (Schließer). Meist nicht nur ein sondern mehrere Kontakte. Diese Kontakte liegen am Hauptstromkreis. [EK]



<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Relais.gif&filetimestamp=20070110195459>

Somit kann mit einem geringen Steuerstrom (z.B. 100 mA) und geringer Steuerspannung (z.B. 5 V DC oder 24 V AC) ein Hauptstromkreis mit hoher Spannung oder hohem Strom oder beides gesteuert werden. Aufgrund des mechanischen Aufbaus kann ein Relais somit weniger oft schalten wie z.B. einen Transistor. Ebenso ist der Kontakt nur auf oder zu und somit keine Stromstärkeregelung möglich, also nur ein Schalter, dafür mit höchsten Leistungen schaltbar (Beispiel hierfür die Hochleistungsschütze der HV-Batterie die unter Last durch aktive Funkenentladungsstrecken schalten können).

[WP]



<http://de.wikipedia.org/wiki/Relais>

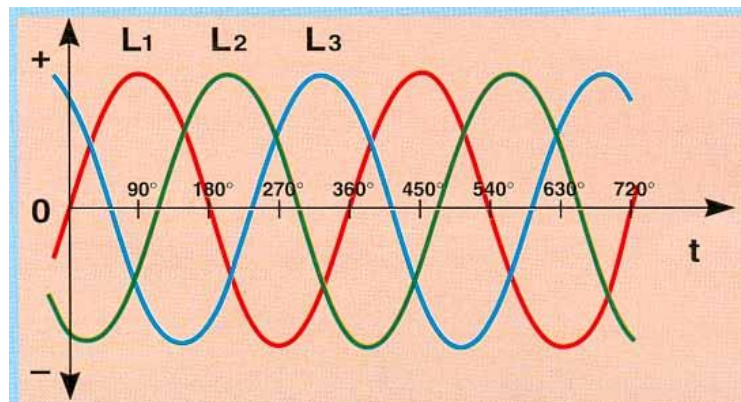
4 Drehstromsystem

4.1 Grundprinzip

Da der Erzeuger der Kraftwerke über eine sogenannte Sternschaltung einen Dreiphasenstrom erzeugt werden diese in Gruppen symmetrisch aufgeteilt und in den Häusern nochmals verteilt in Außenleitern (Phasen) L1, L2 und L3. Auch größere Verbraucher kommen mit dem Einphasenstrom nicht mehr aus und verlangen seinerseits Drehstrom.

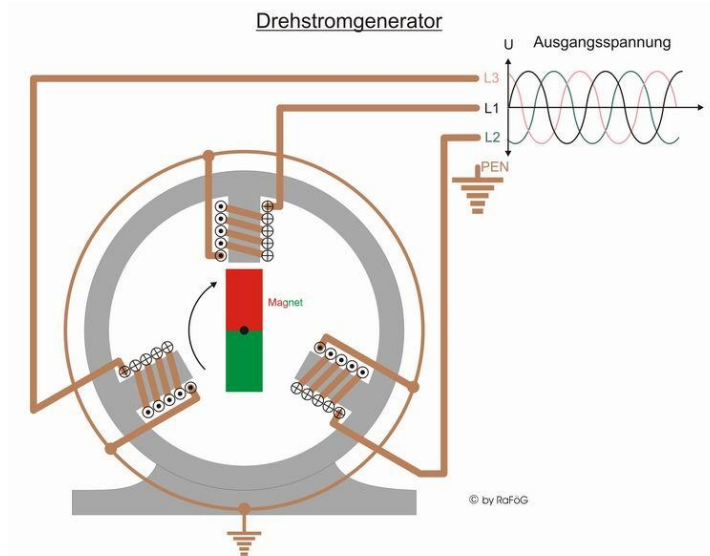
Alle Spannungen haben einen sinusförmigen Verlauf, jeweils um 120 Grad verschoben. Der Effektivwert der Spannung zwischen Phase und Neutralleiter (N) oder Schutzleiter (PE) beträgt 230 Volt, der Spitzenwert hingegen ist um Wurzel 2 höher und beträgt 325 Volt.

Genauso verhält es sich zwischen den Phasen. Die Effektivspannung beträgt hier 400 Volt und als Spitzenwert um den Faktor Wurzel 2 höher als 565 Volt. Der Effektivwert ist das was ein Verbraucher als Wärme erfährt oder der Mensch mitbekommt. Der Spitzenwert ist für die Auslegung der Bauteile, also das was sie aushalten müssen. [NEB]



Quelle: <http://www.udo-leuschner.de/basiswissen/SB123-phasen.jpg>

Betrachtet man die Verschaltung vom Generator, also von der Stromquelle (der Energieerzeuger) so ist hier ein Motor in Stern verschaltet. Wird dieser durch Dampfturbinen angetrieben entsteht an den einen Enden eine Spannung um 120 Grad verschoben (weil 3 Spulen im Kreis symmetrisch angeordnet).

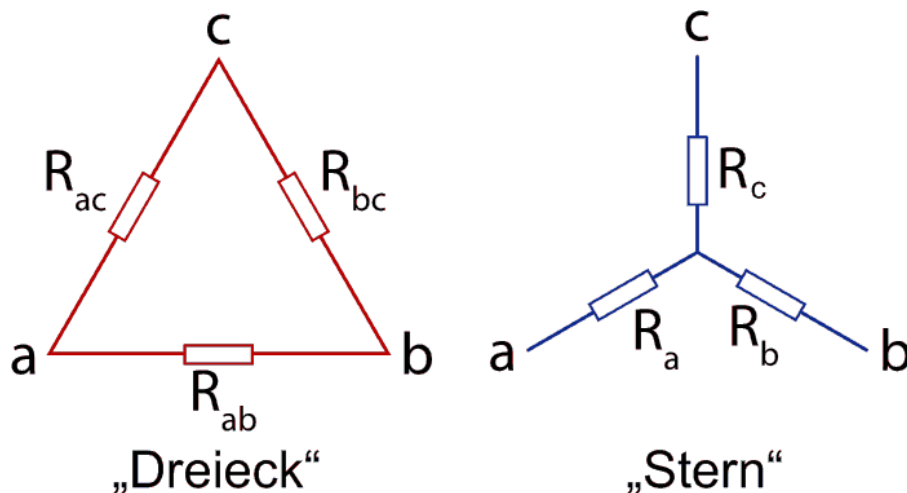


http://www.rafoeg.de/10,Forschungsprojekte/20,Generatoren/Images/drehstromgenerator_schema.jpg

An den anderen zusammengeschalteten Enden entsteht bei symmetrischer Belastung der Spulen der künstliche Sternpunkt der auf Erde gelegt wird und somit auch unser Rückleiter (Neutralleiter) bzw. Schutzleiter (PE) darstellt. [NEB]

Später beim Antreiben kann ein Motor sowohl im Stern als auch im Dreieck verschaltet werden. Dann haben wir einen Verkettungsfaktor um Wurzel 3. Teilt man 400 Volt durch 230 Volt hat man ebenso den Faktor Wurzel 3. Da bei Stern zwei Spulen Reihe sind fließt sowohl weniger Strom wie auch Spannung anliegt.

Deshalb ist die Leistung im Dreieck bei gleicher Netzspannung auch 3x höher als bei Sternschaltung, aber auch der Anlaufstrom 3x so hoch. Deshalb gibt es hier im Hausnetz die sogenannten Stern-Dreieck-Schalter damit die Sicherungen bei einem großen anlaufenden Motor (z.B. Heugebläse) nicht auslösen. [NEB]



Quelle: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5f/Stern-Dreieck-Transformation.png>

5 Elektromotoren

5.1 Grundlagen

Die Kraftwirkung zwischen 2 Elektromagneten oder Dauermagnet mit Elektromagnet wird zur Erzeugung einer Drehbewegung ausgenutzt. Der feststehende Teil wird als Stator (Ständer) und der drehende Teil als Rotor oder Läufer bezeichnet. Es wird im wesentlichen zwischen Drehstrom, Wechselstrom und Gleichstrommotoren unterschieden. Es gibt aber noch viele weitere Motoren in diesen einzelnen Gruppen wofür somit für jedes Antriebsproblem ein Spezialmotor vorhanden ist. Neben den elektrischen Daten wie Anlaufstrom, Nennstrom und Betriebsspannung sind auch mechanische Daten wie Drehmoment, Drehzahl und mechanische Leistung an der Welle von Bedeutung.

Zur Kosteneinsparung und Vereinheitlichung der Motoren sind diese Größen weitgehend genormt. Für spezielle Aufgaben kann man aber auch Motoren erhalten, die davon abweichen, was sich auch im Preis bemerkbar macht wegen Einzelfertigung. Auf den meisten Motoren sind genormte Leistungsschilder angebracht um schnell grundlegende wichtige Informationen zu erhalten. [NEB]

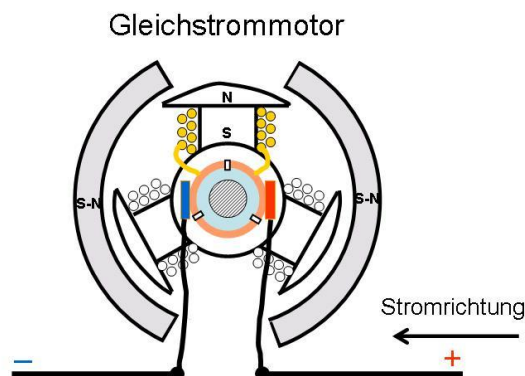
Anbei ein Leistungsschild mit Angaben der Felder:

Motor & Co GmbH	
Typ 160 I	
3 ~ Mot.	Nr. 12345-88
Δ/Y 400/690 V	29/17 A
S1 15 kW	cos φ 0,85
1430 U/min	50 Hz
Isol.-Kl. F	IP 54
IEC34-1/VDE 0530	

Quelle: http://www.schaltungsbuch.de/images/00060939_0.gif

5.2 Gleichstrommotoren

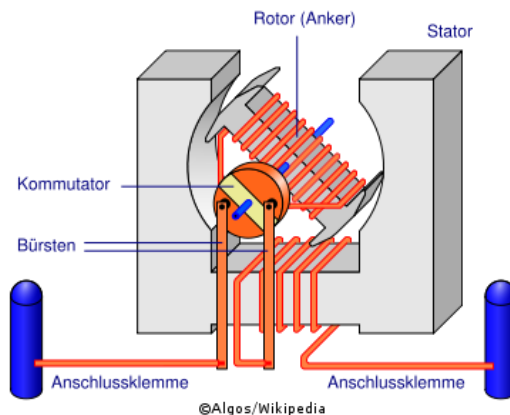
Gleichstrommotoren arbeiten mit einem konstanten Ständerfeld. Bei kleineren Motoren durch einen Dauermagnet, bei größeren Motoren durch eine Spule dargebracht.



Quelle: http://www.fremo-hemsbach.de/G_motor1_b3.jpg

Ein Stromwender (Kommutator) hat dabei die Aufgabe den Plus- und Minuspol der Spule nach 180 Grad umzudrehen damit auch Nord- und Südpol sich drehen. Ansonsten würde sich der Motor nur um 180 Grad drehen und dann stehenbleiben wenn sich Nord- und Südpol von Ständer und Rotor gegenüber stehen. [NEB]

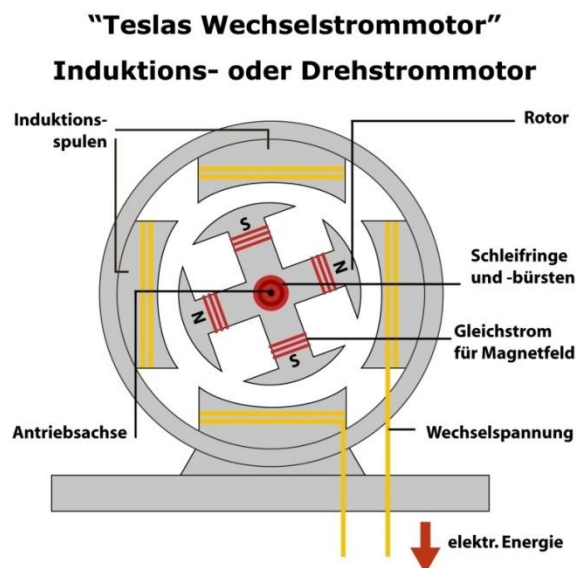
Stromwender und Kohlebürsten sind die empfindlichsten Teile von Gleichstrommotoren, da sie mit der Zeit verschleifen. Sie müssen mit der Zeit ausgewechselt und teilweise der Rotor (Anker) neu abgedreht werden. Dies ist aufwendig. Deshalb werden die Gleichstrommotoren immer mehr durch Wechselstrommotoren mit Frequenzumrichter ersetzt (Kostenrechnung entscheidet).



Quelle: http://www.stromtip.de/UserFiles/Image/Gleichstrommotor_420x290.png

5.3 Wechselstrommotoren

Alleine durch einen einphasigen Wechselstrom lässt der Ständer eines Motors kein Drehfeld zu. Deshalb muss eine Hilfswicklung mit eingebaut werden die mit einem Kondensator oder einer Induktivität in Reihe geschaltet und so die nötige Phasenverschiebung für ein Drehfeld erzeugt. Bei einem solchen Motor mit Hilfsphase ist der Läufer wie ein Drehstrom-Asynchronmotor aufgebaut. Unterschieden werden die Wechselstrommotoren in Kondensator oder Spaltmotor.



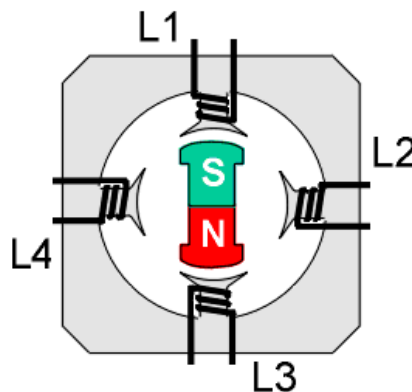
Quelle:

http://www.teslasociety.ch/TES_DOKU/Erster_Wechselstrommotor_Fotoskizze.jpg

Beim Spaltemotor wird das Drehfeld durch Kurzschlussringe in den Spalten erzeugt. Diese bilden zusammen mit dem Magnetfeld des Hauptpoles ein magnetisches Drehfeld. Es ist allerdings nicht völlig gleichmäßig wie bei einem Drehstrommotor. Die Drehrichtung ist dabei durch den mechanischen Aufbau des Spaltemotors festgelegt und kann nicht geändert werden. [NEB]

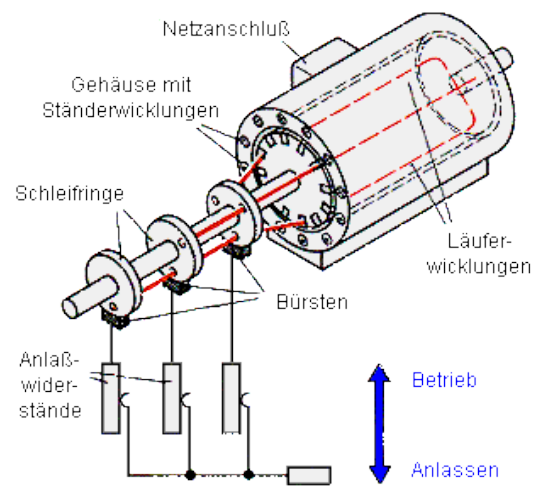
5.4 Weitere Motoren

In der Steuerungs- und Regelungstechnik werden viele Servomotoren (Schrittmotoren) eingesetzt. Es handelt sich dabei in der Regel um kleinere Gleichstrommotoren, deren Ständer meist durch einen Dauermagneten erzeugt wird. Die Drehbewegung kann schrittweise durch einzelne Ansteuerung der äußeren Spulen ausgeführt werden. Dadurch kann er sich bei 4 Spulen um jeweils 90 Grad drehen oder durch gleichzeitige Ansteuerung zweier Spulen um 45 Grad. [NEB]



Quelle: http://www.tuf-ev.de/workshop/schrittmotor/images/schritt_aufbau.gif

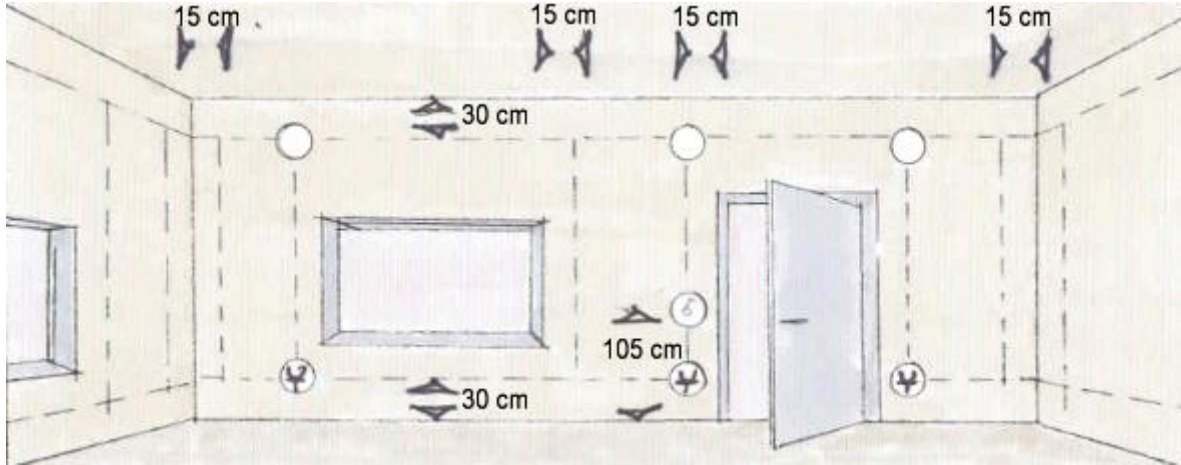
Bei Schwerstanlauf wird meist ein sogenannter Schleifringläufer eingesetzt. Dies ist ein Drehstrommotor der am Läufer echte Wicklungen hat. Deren Anschluss ist über Schleifringe nach außen geführt und kann hier über Kohlebürsten zusätzlich Anlasswiderstände in Reihe schalten. Sie bewirken eine Verringerung des Anlassstromes bei gleichzeitiger Erhöhung des Anzugsmomentes. Während des Hochlaufens werden dann die Anlasswiderstände durch besondere Schutz Verschaltung verkleinert. Eine automatische Bürstenabhebe und Kurzschlussvorrichtung schließt schließlich die Läuferwicklung kurz um normalen Betrieb aufzunehmen. Da dieses Verfahren komplizierter und die Motoren samt Steuerung deutlich teurer sind als normale Asynchronmotoren werden diese nur bei speziellen Hebemaschinen auf Baustellen und Maschinen mit großen Schwungmassen (Volksfest) eingesetzt und im Zuge der Halbleitertechnik langsam durch Leistungselektroniken (Frequenzumrichter) mit normalen Asynchronmaschinen ersetzt. [NEB]



Quelle: http://mechatronik.tu-ilmenau.de/lernmodul_mechatronik/komponenten/aktoren/wechsl_asynch_bild.gif

6 Installationstechnik

Zu den Grundverständnissen der Elektrotechnik gehört auch das Lesen von Schaltpläne, wissen wie grundlegend ein Haus verdrahtet wurde und welches Kabel dafür benutzt wurde. Leitungen werden generell senkrecht oder waagrecht verlegt und das auch mit speziellen Abständen von der Wand



Quelle: http://www.hobbyatelier.de/images_zeichnungen/elect_leitungsverlegung.jpg

6.1 Leitungen und Verlegung

Kabeln und Leitungen werden zur Übertragung von Steuersignalen und Energieübertragung verwendet. Je nach Einsatzgebiet sind die Anforderungen unterschiedlich. Deshalb gibt es eine Vielzahl von Leitungen mit verschiedenen Querschnitten und Materialien (ölbeständig, hitzebeständig...) Deshalb gibt es von der VDE Prüfstelle genau erteilte Kennzeichnungen die durch einen fortlaufenden Mantelaufdruck, schwarz-roten (nationale Norm) oder schwarz-rot-gelben Kennfaden (harmonisierte Norm) bezeichnet sind. Leitungen und Kabel müssen auch ein Herstellerzeichen tragen. Kann ebenso ein Faden oder ein Aufdruck fortlaufend sein. Die Kennzeichnung ist in der Norm VDE 0293 festgehalten.[NEB]

Typenkurzzeichen	
Beispiel:	H 07 RR - F 3 G 1,5
Kennzeichnung der Bestimmung	
H: Harmonisierter Typ	
A: anerkannter nationaler Typ	
Nennspannung in kV	
03: 300/300 V	
05: 300/500 V	
07: 450/750 V	
Isolier- und Mantelwerkstoff	
V: PVC	
R: Natur- und Synthetischer Kautschuk	
K: Chloropren - Kautschuk	
J: Glasfasergeflecht	
T: Textilgewebe	
Aufbauart	
H: flache, aufteilbare Leitung	
H2: flache, nicht aufteilbare Leitung	
	Leiterquerschnitt
	Schutzleiter
	X: ohne grün/gelben Schutzleiter
	G: mit grün/gelben Schutzleiter
	Aderzahl
	Leiterart
	U: einadrätig
	R: mehradrätig
	K: feindrätig, Leitungen fest verlegt
	F: feindrätig, Leitungen flexibel
	H: feindrätig
	Y: Loholitzenleiter

Quelle: <http://content.grin.com/binary/wi24/99154/4.gif>

Leitungen setzen sich meistens aus mehreren Adern zusammen, die mit einer farbigen Isolierung aus Kunststoff oder Gummi je nach Anwendung versehen sind. Die Kunststoffe werden bei Niederspannung (bis 1000V AC/1500V DC). Gummi mit Natur-, Kunst- oder Silikonkautschuk bei Hochspannungsanlagen oder flexiblen Verlegungen eingesetzt. Silikon ist dabei extrem hitzebeständig.

Die Farbe des Schutzleiters ist international mit grün-gelb festgelegt. Der blaue Leiter ist der Mittelleiter (Neutralleiter) eines Netzes. Dieser kann aber auch als Schalterleiter oder Außenleiter verwendet werden wenn kein anderer mehr frei ist. [NEB]

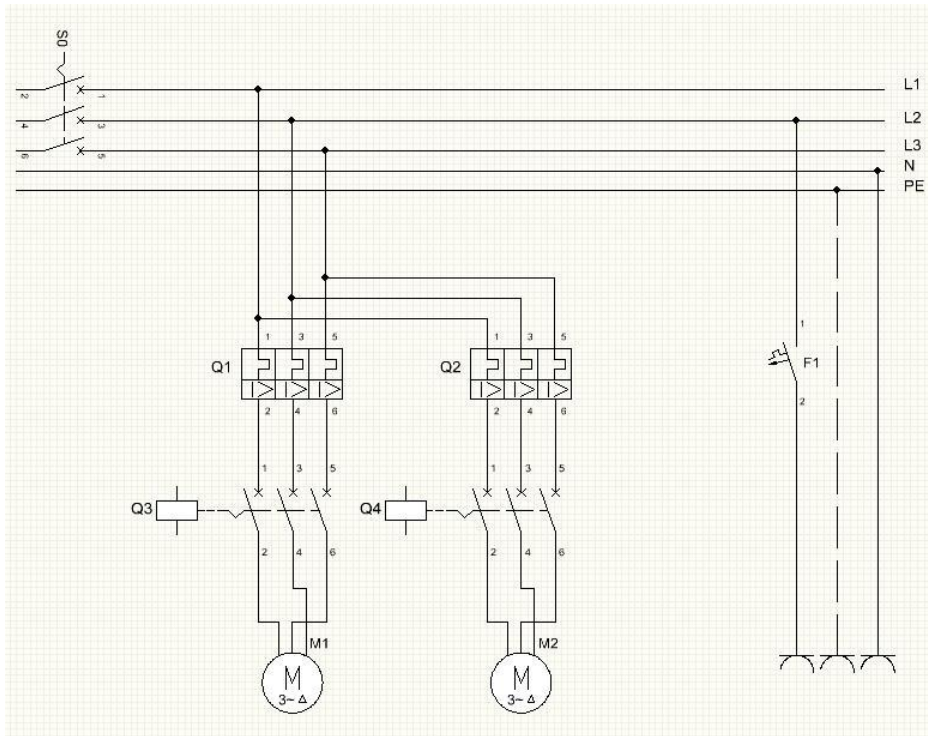
Flexible Leitungen bestehen aus fein oder feinstdrähtigen Leitungen und werden zum Anschluss von beweglichen Teilen eingesetzt. Alle wichtigen Dinge dazu stehen in der Norm VDE 0298.



Quelle: <http://sbaskoro.files.wordpress.com/2008/01/nyy-kabel.jpg>

6.2 Stromlaufpläne

Stromlaufpläne sollte jede Elektrofachkraft lesen und verstehen können. Dazu werden Übungen gemacht und Schaltungen besprochen. Beispiel IHK-Abschlussgestell der Elektriker oder Steuerung eines Aufzugs oder Ein/Aus, Serien- und Wechselschaltung einen Elektroinstallateurs.



Quelle: <http://img249.imageshack.us/i/unbenanntww5.jpg/>

7 Schutzmaßnahmen und Prüfungen

7.1 Schutzmaßnahmen

Zum Schutz von Personen, Nutztieren oder Sachen vor den Gefahren des elektrischen Stromes gibt es eine Vielzahl von Gesetzen, Normen, Verordnungen und Bestimmungen. Überstrom-Schutzeinrichtungen sollen die Brandgefahren beseitigen oder verringern die durch Kurzschluss oder Überlastung der Leitungen und Betriebsmittel entstehen können. [NEB]

Die Rechtsnormen werden vom Gesetzgeber verabschiedet. Dazu gehören Gesetze, Verordnungen und Unfallverhütungsvorschriften die auch verbindlich eingehalten werden müssen. Die Technischen Normen dienen der Sicherheit von Menschen und Sachen. Diese werden von privatrechtlich organisierten Institutionen herausgegeben sind aber ebenso Maßstab für einwandfreies technisches Verhalten und müssen daher im Rahmen der Rechtsordnung beachtet werden. Sie sind anerkannte Regeln der Technik, wenn sie in der Praxis erprobt und bewährt sind.

Die Unfallverhütungsvorschriften (UVV's) sind eigenständige Rechtsnormen und werden von den Berufsgenossenschaften aufgrund der Reichsversicherungsverordnung erlassen. Sie sind sowohl für das Unternehmen als auch für seine Mitarbeiter bindend. Insbesondere der Unternehmer bzw. die Vorgesetzten haben die besondere Fürsorgepflicht alle Maßnahmen zu ergreifen, um die Gefahren für Mitarbeiter und Kunden abzuwenden. [NEB]

Wichtige Vorschriften sind:

BGV A1 „Grundsätze der Prävention“

BGV A3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“

Nach BGV A3 und auch der VDE 0105 Teil 1 dürfen elektrische Anlagen und Betriebsmittel nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht entsprechend den elektrischen Regeln geändert und instandgehalten werden. Entscheidend ist, wer aufgrund seiner fachlichen Ausbildung ausreichend Kenntnis der einschlägigen Normen für elektrische Anlagen und Betriebsmittel hat z.B. Elektro-Geselle, -Meister, -Techniker oder -Ingenieur.

So kann er die ihm übertragenen Aufgaben eigenverantwortlich beurteilen, fachgerecht ausführen und mögliche Gefahren selbst erkennen und abwenden. Für bestimmte Aufgabengebiete müssen auch Elektrofachmänner Spezialkenntnisse erwerben, ohne diese sie auf dem Gebiet nur elektrotechnischer Laie sind. [NEB]

Bei Verstößen der Gesetze, Verordnungen und Sicherheitsnormen blühen Bußgelder sowie strafrechtliche Verfahren. Parallel dazu können noch zivilrechtliche Verfahren z.B. bei Schadensansprüchen auf den Verantwortlichen zukommen.

Neben den Rechtsnormen gibt es noch eine Reihe technischer Normen, die unbedingt beachtet werden müssen. Dies sind insbesondere die VDE Bestimmungen. Ziel dieser zahlreichen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln ist das Erreichen und Aufrechterhalten der Sicherheitsstandards bei einwandfreien elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen. Bei Nichteinhaltung entstehen Gefahren durch elektrische

Körperdurchströmung oder Folgen durch Lichtbögen, Leitungsüberhitzung oder Kurzschluss (Brandgefahr). [NEB]

Die wichtigsten VDE-Bestimmungen sind:

VDE 0100 „Errichtung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel bis 1000 V AC bzw. 1500 V DC“

VDE 0105 „Betrieb elektrischer Anlagen“

VDE 0298 „Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen“

7.1.1 Schutzmaßnahmen gegen Überlast

Bei Schmelzsicherungen erfolgt das Abschalten eines Überstromes durch Abschmelzen eines sehr dünnen Drahtes. Je größer der Überstrom, desto schneller schmilzt der Draht durch und bewirkt so eine Trennung des Stromkreises. Die VDE Bestimmungen bzw. DIN-Normen dazu sind die DIN 57636/VDE 0636 sowie die DIN41571/VDE 0800 und VDE 0820.

Eingeteilt sind die Niederspannungssicherungen in verschiedene Sicherungsklassen nach Funktionsmerkmalen und Bauarten. Diazed-Sicherungen (D-System) werden in der Haus- und Gewerbeinstallation eingesetzt. Hat eine Sicherung ausgelöst so ist das ohne Herausschrauben durch das durchsichtige Schutzfenster der Verschraubung am Unterbrechungsmelder (heraushängender Farbpunkt an Feder) erkennbar.

Anstelle von Schmelzsicherungen werden heutzutage in den Stromkreisverteilern nur noch Überstromschutzschalter (Leitungsschutzschalter LS) eingesetzt. Sie haben den Vorteil, dass sie nach jedem Auslösen wieder eingeschaltet werden können. Treten durch Kurzschluss hohe Ströme auf so erfolgt das Abschalten durch eine Kurzschluss-Schnellauslösung. Bei geringeren Strömen erfolgt eine verzögerte Abschaltung durch einen Bimetallschalter. [NEB]

7.1.2 Schutzmaßnahmen gegen Berühren

Zum Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile können Isolierungen, Abdeckungen oder Hindernisse dienen. Für die wie auch gegen indirektes Berühren kann eine Fehlerstromschutzeinrichtung (FI jetzt auch als RCD=Residual Current Device bezeichnet) benutzt werden. Gegen das direkte Berühren gibt es eine Schutzarteneinteilung:

Die erste Ziffer gibt Aussage über den Fremdkörperschutz und die zwei Ziffer kennzeichnet den Schutz gegen eindringendes Wasser. [NEB]

Schutzgrade für Berührungs- und Fremdkörperschutz (1. Ziffer)		
Ziffer	Schutz gegen Berührung	Schutz gegen Fremdkörper
0	kein Schutz	kein Schutz
1	Schutz gegen großflächige Körperteile Durchmesser 50 mm	große Fremdkörper (Durchmesser ab 50 mm)
2	Fingerschutz (Durchmesser 12 mm)	mittelgroße Fremdkörper (Durchmesser ab 12,5 mm, Länge bis 80 mm)
3	Werkzeuge und Drähte (Durchmesser ab 2,5 mm)	kleine Fremdkörper (Durchmesser ab 2,5 mm)
4	Werkzeuge und Drähte (Durchmesser ab 1 mm)	kornförmige Fremdkörper (Durchmesser ab 1 mm)
5(K)	Drahtschutz (wie IP 4) staubgeschützt	Staubablagerung




6(K)	Drahtschutz (wie IP 4) staubdicht	kein Staubeintritt
Schutzgrade Wasserschutz (2. Ziffer)		
Ziffer	Schutz gegen Wasser	
0	kein Schutz	
1	Schutz gegen senkrecht fallendes Tropfwasser	
2	Schutz gegen schräg (bis 15°) fallendes Tropfwasser	
3	Schutz gegen fallendes Sprühwasser bis 60° gegen die Senkrechte	
4	Schutz gegen allseitiges Spritzwasser	
4k	Schutz gegen allseitiges Spritzwasser unter erhöhtem Druck, gilt nur für Straßenfahrzeuge	
5	Schutz gegen Strahlwasser (Düse) aus beliebigem Winkel	
6	Schutz gegen starkes Strahlwasser (Überflutung)	
6k	Schutz gegen starkes Strahlwasser unter erhöhtem Druck (Überflutung), gilt nur für Straßenfahrzeuge	
7	Schutz gegen zeitweiliges Untertauchen	
8	Schutz gegen dauerndes Untertauchen	
9k	Schutz gegen Wasser bei Hochdruck- /Dampfstrahlreinigung, gilt nur für Straßenfahrzeuge	

Bei den Isolierungen gibt es neben einer Funktionsisolierung (Basisisolierung) noch eine verstärkte Isolierung (im Wesentlichen auch Doppelisolierung genannt). Schutz durch Hindernisse oder Abstand wird bei besonderen elektrischen Betriebsmitteln wie Hochspannungstrafos eingesetzt.

RCD-Schalter werden als zusätzlicher Schutz bei direktem und indirektem Berühren eingesetzt. Die Anlage schaltet dann sehr schnell ab wenn der Strom der rein fließt, nicht mehr zurückfließt sprich über einen Fehlerweg abfließt. Er schaltet innerhalb von 400ms ab, wenn der Fehlerstrom die Höhe des angegebenen Nennfehlerstromes erreicht. RCD Schalter gibt es in folgenden Werten: 10mA, 30mA, 0,1A, 0,5A und 1A sowie für Nennströmen von 16A, 25A, 40A, 63A, 125A, 160A und 224A.

Mindestens zweimal im Jahr sollte jeder RCD-Schalter überprüft werden. Dazu ist eine Prüftaste am Schalter zu drücken wodurch der RCD-Schalter über einen definierten Fehlerstrom ausgelöst wird. Dazu kann aber nur die Wirksamkeit des Gerätes selbst aber nicht der Fehlerweg überprüft werden. Grundsätzlich sollte man nie mutwillig versuchen ihn über z.B. Fallenlassen des Fönes über der Badewanne auszuprobieren. Denn wenn diese nichtleitend ist genauso wie der Abfluss dann funktioniert er nicht.

Bei indirekter Berührung (aufgrund eines Fehlers) gibt es die sogenannten Schutzklassen. Schutzklasse 1 ist dabei der Schutzleiteranschluss. Also wird das leitfähige Gehäuse auf den PE Leiter gelegt, damit bei einem Fehler wie z.B. Drahtbruch über den Kurzschluss ans Gehäuse die Sicherung auslöst. Schutzklasse 2 ist die Schutzisolierung (Doppelisolierung) wie z.B. die Bohrmaschine aus Plastikgehäuse. Die Zuleitung ist somit nur 2polig weil man ja eh nicht an leitfähige Teile auch bei einem Fehler kommen kann. Schutzklasse 3 ist die Schutzkleinspannung. Hier ist die Spannung so groß, dass bei Berührung kein lebensgefährlicher Strom fließen kann. [NEB]

Schutz- klasse I		Schutzleiteranschluss <ul style="list-style-type: none"> ■ Das Gerät verfügt über einen Schutzleiteranschluss. ■ Der Schutzleiter verbindet alle leitenden Teile, die im Fehlerfall unter Spannung stehen können.
Schutz- klasse II		Schutzisolierung <ul style="list-style-type: none"> ■ Eine zweite zusätzliche Isolierung übernimmt den Schutz beim Versagen der Basisisolierung. ■ Gerät besitzt keinen Schutzleiteranschluss.
Schutz- klasse III		Schutzkleinspannung <ul style="list-style-type: none"> ■ Gerät wird mit einer Spannung betrieben, die maximal der zulässigen Berührungsspannung entspricht. ■ max. Berührungsspannungen: normalDC: $U \leq 120 \text{ V}_{\text{=}}$ AC: $U \leq 50 \text{ V} \sim$ in Ställen/Tierhaltung DC: $U \leq 60 \text{ V}_{\text{=}}$ AC: $U \leq 25 \text{ V} \sim$ für Kinderspielzeug $u \leq 25 \text{ V}$ in Feuchträumen $u \leq 12 \text{ V}$ in der Medizintechnik $u \leq 6 \text{ V}$ (Spannungsangaben für Gleichstrom [DC] gelten nur bis zu einer max. Welligkeit von 10 %.)

7.1.3 Grundlegende Sicherheitsregeln

50% der Unfälle sind durch Routine und Leichtsinn zurückzuführen. Deshalb sollten immer die 5 Sicherheitsregeln nach DIN VDE 0105 befolgt werden. Auch wenn die Arbeiten nur gering sind.

Die fünf Sicherheitsregeln

1. **Freischalten** (VDE 0105 Teil 1, 9.4)
2. **Gegen Wiedereinschalten sichern** (VDE 0105 Teil 1, 9.5)
3. **Spannungsfreiheit feststellen** (VDE 0105 Teil 1, 9.6)
4. **Erden und Kurzschließen** (VDE 0105 Teil 1, 9.7)
5. **Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken und abschranken** (VDE 0105 Teil 1, 11)

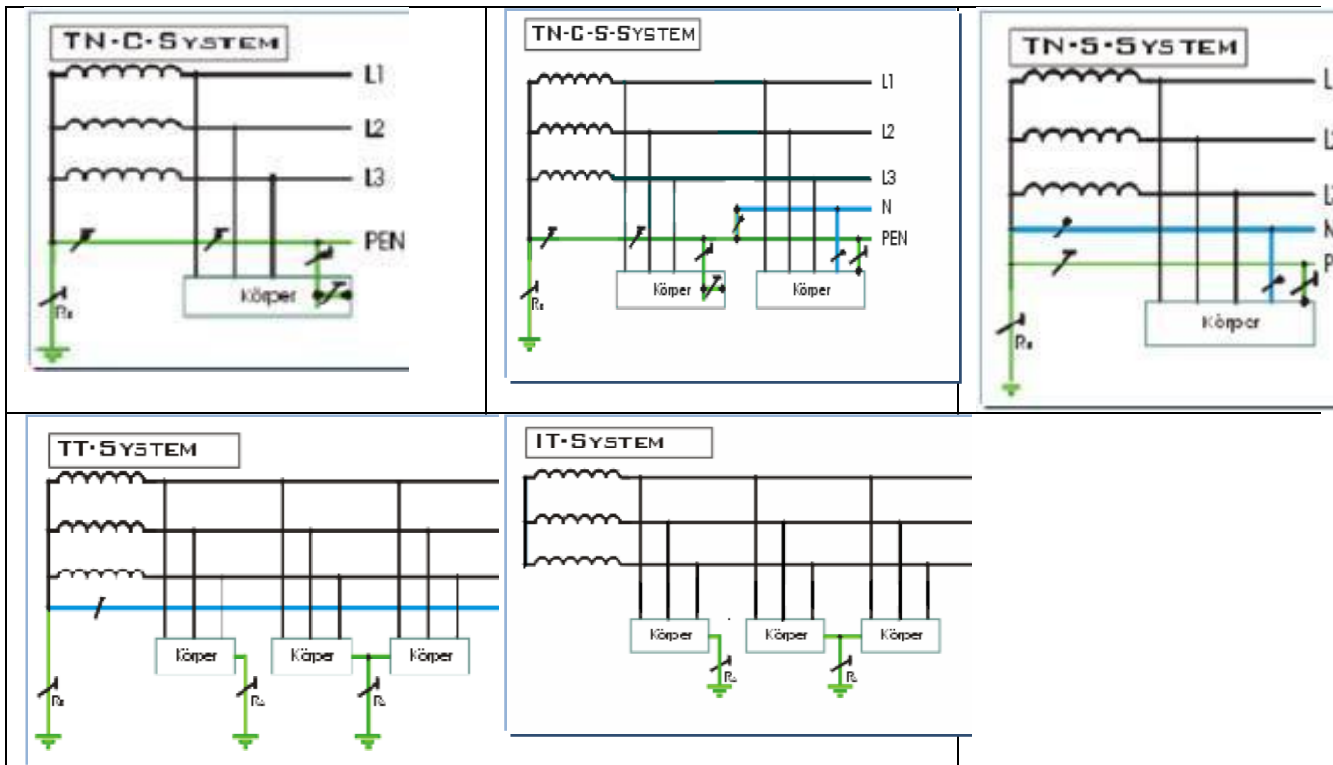
Falls die ersten 3 Sicherheitsregeln zu 100% eingehalten werden brauchen bis zu einer Spannung von 1000V AC oder 1500V DC die restlichen nicht mehr durchgeführt werden. Die 4. Sicherheitsregel soll sogar oftmals nicht durchgeführt werden um Fehler (Vergessen der Brücke beim Wiedereinschalten) zu vermeiden. Dies ist meistens in Abstimmung mit der verantwortlichen Elektrofachkraft bzw. nach der internen Arbeitsanweisung zu klären.

7.1.4 Netzformen:

Wohnhäuser und kleinere Betriebsstätten werden meist durch einen Vierleiter-Drehstromanschluss mit elektrischer Energie versorgt und dies mit verschiedenen Netzaufbauten. Sie werden im Wesentlichen in Erdungsverhältnisse des Erzeugers und Erdungsverhältnisse des Verbrauchers unterschieden. Daraus ergeben sich die verschiedenen Netzformen IT, TN und TT-Netz.

Der erste Buchstabe beschreibt dabei die Erdungsverhältnisse der Stromquelle. Dabei steht T für Terra, also direkte Erdung eines Punktes und I für Isolated also keine Verbindung gegenüber der Erde oder einer Verbindung zu einer Erde. Der zweite Buchstabe beschreibt die Erdungsverhältnisse der Senke (Verbrauchers). Hier wieder T für Terra also direkte Verbindung des Verbrauchers zur Erde z.B. über ein Masseband beim PKW und N steht für direkte Verbindung des Verbrauchers zu der Erde mit einer Zwischenverbindung (Rückleiter zur PE-Schiene, hier dann weiter zur Erde).

Bei dem TN Netz gibt es dann noch zwei weitere Buchstaben. Beim TN-S Netz werden Schutzleiter und Neutralleiter von Anfang an getrennt verlegt. Also kommt das Kabel nicht mehr 4polig sondern 5 polig beim Haus an. Weiter das TN-C Netz. Hier werden Schutzleiter (PE) und Neutralleiter (N) in einem kombinierten Leiter (PEN) verlegt. Dies ist unter anderem die klassische „Nullung“. Wenn der Schutz- und Neutralleiter beim 4poligen Hausanschluss aufgetrennt wird in PE und N Leiter dann spricht man vom sogenannten TN-C-S-Netz. Dies ist das Netz das heutzutage am meisten in den Haushalten verwendet wird und die klassische „Nullung“ abgesetzt hat. [NEB]



7.2 Prüfungen

Bis zu den Hauptsicherungen erfolgt der Elektroanschluß durch die Energieversorgungswerke. Danach trägt laut BGV A3 der Bauherr die Verantwortung der nachstehenden Anlage. Daher soll er bei jeder Inbetriebnahme eines neuen Teils ein Abnahme- und Inbetriebnahmeprotokoll. Für die Prüfungen und Messungen gibt es dazu eine Vielzahl von Vorschriften. Damit wird bei der weiteren Übergabe an den Kunden festgehalten, dass zu diesem Zeitpunkt alle geltenden Sicherheitstechnischen und sonstigen Vorschriften eingehalten wurden was bei einem späteren Schadensfall wichtig werden könnte. Alle weiteren Änderungen, Erweiterungen oder Erweiterungen ziehen erneute Überprüfung nach sich damit alle Anforderungen für Schutz von Personen, Nutztieren oder Sachen eingehalten werden.

Laut BGV A3 sind auch elektrische Geräte grundsätzlich nach jeder Reparatur, Änderung oder Instandsetzung zu überprüfen. Die Vorgehensweise ist nach DIN VDE 0701 festgelegt. Eine Prüfung ist vor Erstinbetriebnahme nicht erforderlich falls der Hersteller oder Errichter bestätigt, dass das Betriebsmittel den Anforderungen der BGV A3 entspricht. [NEB]

In diesem Zusammenhang sind auf die Prüfsiegel (CE, GS ...) oder Protokolle bzw. Erklärungen zu achten. DIN VDE 0702 befasst sich dann mit den Wiederholungsprüfungen. Hier können allerdings andere Grenzwerte und Messungen zulässig sein als bei der Erstinbetriebnahme.

Die normgerechte Prüfung von elektrischen Geräten nach der DIN VDE 0701 besteht grundsätzlich aus Besichtigung, Messung und Funktionsprüfungen:

1. Sichtprüfung:

- Hier müssen alle sichtbaren Teile wie Gehäuse, Isolierungen und Komponenten auf Schäden oder Unstimmigkeiten überprüft werden.
2. Prüfung der Anschlussleitung:
Hier ist die Anschlussleitung nach möglichen Fehlerquellen zu untersuchen. Besonders Zugentlastung und Biegeschutz durch Zug und Biegen überprüfen.
 3. Prüfung des Schutzleiters:
Zuerst auf sichtbare Schäden zu überprüfen und den einwandfreien Zustand durch Zug und Biegung sowie Messung des Kabelwiderstandes mit Übergangsstelle mit einem geeigneten Messgerät zu prüfen.
 4. Prüfung der Isolation:
Bei der Isolationsmessung wird der Widerstand zwischen den Körpern der Schutzklasse 1 oder berührbaren Metallteilen der Geräte der Schutzklasse 2 und der Innenschaltung gemessen. Folgende Werte sind für den Isolationswiderstand erforderlich:

Schutzklasse 1 größer 0,5 Mohm
Schutzklasse 2 größer 2 Mohm
Schutzklasse 3 größer 250 kohm

Falls bei Schutzklasse 1 kleiner 0,5 Mohm kann auch mit der Ersatz-Ableitstrommessung das Gerät abgenommen werden.
 5. Prüfung der Funktion:
Hier soll die einwandfreie Funktion des Gerätes nach den Vorschriften oder Hinweisen des Herstellers geprüft und festgestellt werden, dass keine Mängel vorhanden sind.
 6. Prüfung der Aufschrift:
Die technischen Aufschriften der Geräte müssen auf ihre Richtigkeit überprüft und Gegebenfalls geändert werden.
 7. Nachweis der Prüfung:
Durch eine schriftliche Erfassung der Prüfungsergebnisse mit vollständigem und korrekt ausgefüllten Prüfungsprotokoll werden bei späteren Reklamationen oder Elektrounfällen vom Staatsanwalt wichtige Entlastungsbeweise geliefert. [NEB]

8 Links, Verweise und Rechtliches

Ein großer Teil dieses Werkes wurde entnommen aus

- dem sogenannten „Wikipedia“ (www.wikipedia.de) [WP]
- dem „ElektroKompendium“ (www.elektronikkompodium.de) [EK]
- dem Buch „Elektrotechnik/Elektronik für nicht-elektrotechnische Berufe“ [NEB]
- den Unterlagen für Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten von Oliver Schindler (Anhang)

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Das Fotokopieren dieses Werkes ist verboten. Für Falschanwendung der Elektrogrundkenntnisse übernehmen wir keine Kosten. Ebenso keine Gewähr, dass in diesem Werk Angaben patentpflichtig sind. Somit wird keine Lizenz auf bestehende Patente gewährt.

Bei der Zusammenstellung von Texten und Abbildungen wurde sehr sorgfältig gearbeitet. Da Fehler nicht ausgeschlossen werden können, können Verleger und Autor keine Haftung übernehmen. Wir sind deshalb für Hinweise auf Fehler dankbar um dies schnell beheben zu können. Alle Rechte vorbehalten.

Dazu einfach eine Email an info@itw-web.de mit Angabe Korrektur und Buchtitel.

Das Werk soll lediglich erste Ansatzpunkte und Grundverständnis für Elektrotechnik bieten und somit auf die weiteren Kurse vorbereiten um Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten zu werden.

Praktische Versuche sind nur mit der Aufsicht einer Elektrofachkraft durchzuführen. Aufgrund der Vielzahl von Links wurde darauf verzichtet an all diesen Stellen explizite Literaturhinweise anzugeben. Man findet sie alle unter den Verweisen der oben angegebenen „Haupt“-Links.

Wir möchten uns bei Ihnen bedanken und wünschen Ihnen jederzeit sicheres Arbeiten !

Messpraktikum
für die Ausbildung
zur:
**„Elektrofachkraft
für HV-Systeme im
Automobilbereich“**

Sehr geehrter Teilnehmer,

die folgende Unterlage soll das Verständnis für die Elektrotechnik weiter fördern. Mit Hilfe von einigen Messübungen soll der Umgang mit der elektrischen Messtechnik, ausgebaut und gefestigt werden.

Die Übungen, auf den nächsten 90 Seiten, sollen ein Grundanforderungen darstellen und können jeder Zeit erweitert oder verändert. Die hier dargestellten Aufbauten und Messübungen können in der Praxis durch unterschiedliche Bauteile ergänzt oder durch andere Werte ersetzt werden. Zu beachten ist dabei, dass die Spannung niemals größer als folgende Werte wird:

Gleichspannung: 60V

Wechselspannung: 25V

Des Weiteren beachten sie folgende Messregeln:

- Verwenden sie für jede Messung ein geeignetes Messgerät
- Achten Sie auf den Innenwiderstand des Vielfachmessgerätes insbesondere bei der Spannungsmessung.
- Sollten sie analoge Messgeräte benutzen, überprüfen sie vor gebrauch den Nullpunkt des Instrumentes.
- Bei jeder Messung zunächst im größten Messbereich einschalten, sofern ihnen die zu erwartende Größe nicht bekannt ist.
- Messen sie immer im oberen Drittel des Messbereiches, da der Messfehler dort am geringsten ist.
- Vermeiden sie Messfehler durch elektromagnetische Felder
- Relativ schnelle Veränderungen lassen sich dann nur mit einem analog anzeigenden Messgerät verfolgen.

Sowie auch die folgenden Sicherheitshinweise:

- Benutzen Sie nur ein Multimeter, das den allgemeinen Sicherheits-Standard entspricht.
- Benutzen Sie nur Multimeter mit gesicherten Stromeingängen und überprüfen sie die Sicherungen vor der Strommessung.
- Kontrollieren sie den Messaufbau auf mechanische Fehler.
- Nur Messproben mit geschützten Steckern und Handgriffen benutzen.
- Wählen sie die richtige Funktion und Messbereich für die Messung.
- Befolgen sie alle Sicherheitshinweise.
- Immer die heiße (rote) Messspitze zuerst nach der Messung entfernen.
- Bitte keine Lebensmittel im Bereich der Messaufbauten und bitte Essen und Trinken sie nicht am Laborplatz.
- Sollten Sie Fragen zum Aufbau haben, bitte wenden Sie sich umgehen an den Trainer.
- Bei defekten Bauteilen oder defektem Material, wenden sie sich bitte umgehen an den Trainer.

Arbeiten Sie auf keinen Fall unter Spannung und schalten bei jedem Versuchsumbau die Spannung aus!

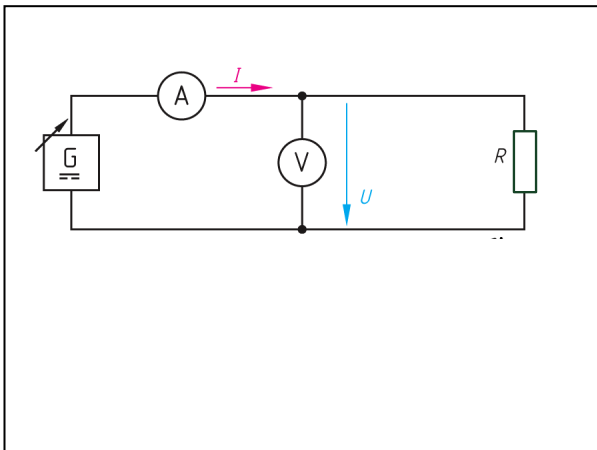
Viel Spaß und Erfolg bei den Messübungen

Das Ohmsche Gesetz

Aufgabe

1. Schließen Sie über ein Strommesser einen Widerstand $R = 100\Omega$ an ein Netzgerät an, dessen Spannung zwischen 0 und 12V eingestellt werden kann. Legen sie parallel zum Widerstand einen Spannungsmesser an. Messen sie die Stromstärken bei verschiedenen Spannungen. Werten Sie ihre Erkenntnisse aus und stellen sie eine Gesetzmäßigkeit auf.
2. Messen Sie bei gleich bleibender Spannung $U=10V$ die Stromstärken bei den Widerstandswerten $R_1 = 100\Omega$, $R_2 = 200\Omega$, $R_3 = 600\Omega$, $R_4 = 800\Omega$, $R_5 = 1000\Omega$. Wählen dafür das $1k\Omega$ Potentiometer.

Versuchsaufbau



benötigte Geräte

- Ein Elektrokasten
- 1 Multimeter

Durchführung

1. Bauen sie die Schaltung mit einem Widerstand auf
2. Nehmen sie die Schaltung in Betrieb und messen sie den Strom, bei den Spannungen aus dem Messprotokoll.
3. Dokumentieren Sie ihre Werte
4. Stellen Sie die Spannung von 10V ein und verändern Sie die Widerstände (Achtung bei dem Einstellen der Widerstände, immer im stromlosen Zustand!)
5. Dokumentieren Sie ihre Werte

Auswertung

Tragen Sie die Funktionen in die Diagramme ein. Beschriften Sie dabei die Achsen mit dne entsprechenden Werten. Stellen Sie eine Gesetzmäßigkeit für Strom Spannung und Widersand im Bezug auf das Ohmsche Gesetz auf.

Das Ohmsche Gesetz

Messprotokoll

Versuch 1 Widerstand konstant $R = 100\Omega$

Versuch 2 Spannung konstant $U = 10V$

Spannung in V	Strom in A		Widerstand in Ω	Strom in A
2			$R_1 = 100$	
4			$R_2 = 200$	
6			$R_3 = 400$	
8			$R_4 = 600$	
10			$R_5 = 800$	
12			$R_6 = 1000$	

Funktion

Stromstärke als Funktion der Spannung

Stromstärke als Funktion des Widerstandes

Gesetzmäßigkeiten

Der Zusammenhang zwischen Strom und Spannung wird durch das ohmsche Gesetz beschrieben.

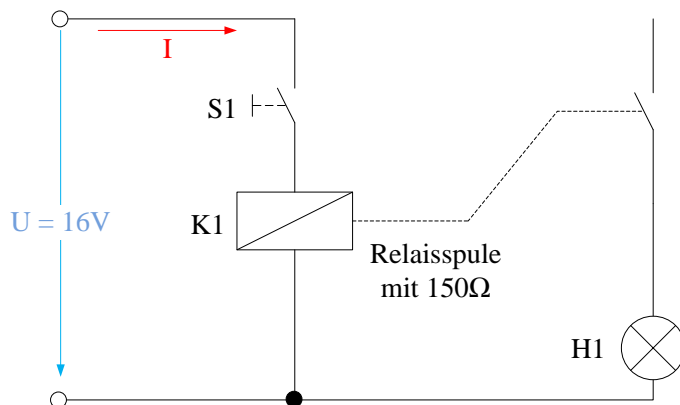
Die Stromstärke I ist der Spannung.

Die Stromstärke I ist dem Widerstand.

Das Ohmsche Gesetz

Vertiefung

- 1) Welche Stromstärke fließt durch eine Glühlampe mit 4,5V, die im Betrieb einen Widerstand von $1,5\Omega$ hat?
- 2) Ein Lötkolben nimmt an 230V den Strom 0,22A auf. Welchen Widerstand hat die Heizwicklung?
- 3) Welche Spannung liegt an einem Widerstand von 500Ω wenn durch ihn der Strom von 0,2A fließt?
- 4) Das Relais wird mit 16V betrieben. Sein Widerstand beträgt 150Ω . Wie groß ist der Strom zum Anziehen des Relais, der sich nach Betätigung von S1 einstellt?



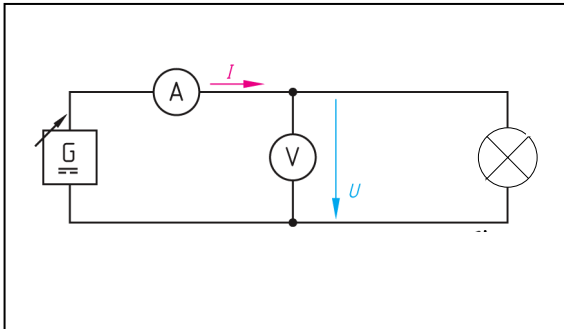
- 5) Die Größe eines Widerstandes wird durch eine Strom-Spannungs-Messung bestimmt. Die Messungen ergeben $U=4,3$ $I = 6,75A$. Welchen Widerstandswert hat der untersuchte Widerstand?
- 6) An den Anschlussklemmen zu einem Autoscheinwerfer hat sich durch Oxidation ein Übergangswiderstand von $0,4\Omega$ gebildet. Welche Spannung geht bei einer Stromaufnahme von 4,5A verloren? Welche Leistung wird an dem Übergangswiderstand umgesetzt?

Leistungsaufnahme von Bauteilen

Aufgabe

Ermitteln Sie wie sich die Ströme, Spannungen und Widerstände und vor allem die dazugehörigen Leistungen verhalten. Vergleichen Sie die beiden gemessenen Werte. Zeichnen Sie in den Versuchsaufbau die Messgeräte ein. Werten Sie ihre Erkenntnisse aus. Elektrische Leistung $P = U \cdot I$

Versuchsaufbau



benötigte Geräte

- Ein Elektrokasten
- 1 Multimeter

Durchführung

1. Bauen Sie die Schaltung auf
2. Messen Sie den Kaltwiderstand R_{20} (Kaltwiderstand bei 20°C Raumtemperatur) der Lampe. Die Messung erfolgt bei abgetrennter Stromversorgung
3. Führen Sie die Messungen nach dem Protokoll durch und tragen Sie die Ergebnisse ein.

Leistungsaufnahme von Bauteilen

Messprotokoll

Messen: $R_{20} =$

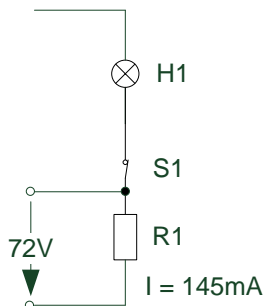
U_L (V)	0,5	1	2	3	4	6	8	10	12
I_L (mA)									
R_L (Ω)*									
P_L (W)*									

Errechnen Sie die jeweiligen Widerstandswerte und die Leistung der Glühlampe aus den jeweiligen Spannungs- und Stromwerten

*errechnen

Vertiefungsaufgabe

1. Wie groß ist der Strom einer Lampe bei einer Spannung von 230V, wenn eine Leistung von 60W umgesetzt wird.
2. Für welche elektrische Belastung muss der Widerstand R ausgelegt sein?



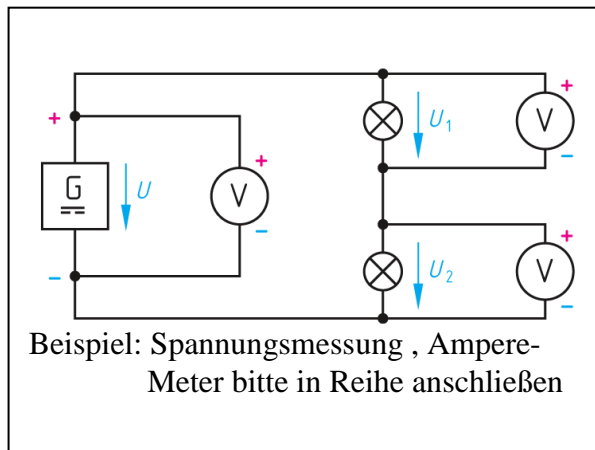
3. Ein Lötkolben nimmt bei einer Spannung von 230V eine Leistung von 30W auf. Berechnen Sie den Widerstand von diesem Lötkolben.

Reihenschaltung von Widerständen

Aufgabe

Ermitteln Sie wie sich die Ströme, Spannungen und Widerstände in einer Reihenschaltung verhalten. Bei der Strommessung bitte jeweils vor, zwischen und nach den beiden Verbrauchern messen. Wiederholen sie die Messung mit einer Lampe und einer Leuchtdiode. Vergleichen sie die beiden gemessenen Werte. Zeichnen Sie in den Versuchsaufbau die Messgeräte ein. Werten Sie ihre Erkenntnisse aus und stellen sie eine Gesetzmäßigkeit auf.

Versuchsaufbau



benötigte Geräte

- Ein Elektrokasten
- 1 Multimeter
- 2 Lämpchen
- 1 Leuchtdiode (rot) mit Vorwiderstand

Durchführung

1. Bauen sie die Schaltung mit 2 Lampen auf
2. Führen sie die Messungen der Ströme, Spannungen und Widerstände durch und dokumentieren sie die Ergebnisse. Achten sie auf die korrekten Messungen.
3. Ersetzen Sie eine Lampe gegen eine Leuchtdiode und führen sie das ganze nochmal durch

Auswertung

Stellen Sie eine Gesetzmäßigkeit für Strom Spannung und Widerstand im Bezug auf die Reihenschaltung auf.

Reihenschaltung von Widerständen

Messprotokoll

2 Lampen

Gesamtstrom	$I_{\text{ges}} =$		Gesamtstrom	$I_{\text{ges}} =$
Strom durch H_1	$I_{H1} =$		Strom durch H_1	$I_{H1} =$
Strom durch H_2	$I_{H2} =$		Strom durch H_2	$I_{H2} =$
Gesamtspannung	$U_{\text{ges}} =$		Gesamtspannung	$U_{\text{ges}} =$
Spannung an H_1	$U_{H1} =$		Spannung an H_1	$U_{H1} =$
Spannung an H_2	$U_{H2} =$		Spannung an H_2	$U_{H2} =$
Gesamtwiderstand	$R_{\text{ges}} =$		Gesamtwiderstand	$R_{\text{ges}} =$
Widerstand H_1	$R_{H1} =$		Widerstand H_1	$R_{H1} =$
Widerstand H_2	$R_{H2} =$		Widerstand H_2	$R_{H2} =$

* Widerstände bitte errechnen. Spannung so hoch dass nichts durchbrennt ;o)

1 Lampe, 1 Leuchtdiode

Gesetzmäßigkeiten

Bei einer Reihenschaltung liegen folgende Gesetzmäßigkeiten vor:

Skizze	
Strom	$I_{\text{ges}} =$
Spannung	$U_{\text{ges}} =$
Ersatzwiderstand	$R_{\text{ges}} =$

In einer Reihenschaltung fällt am größeren Widerstand die Spannung ab!

Vertiefungsaufgaben

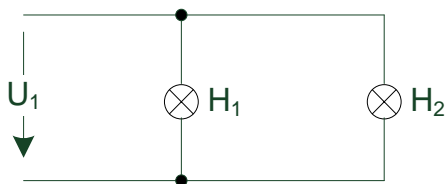
- Dimensionieren Sie einen Vorwiderstand für eine Lampe mit 12V die am 230V Netz betrieben wird! Der Strom durch die Lampe beträgt 0,5A
- An den Anschlussklemmen zu einem Autoscheinwerfer hat sich durch Oxidation ein Übergangswiderstand von $0,4\Omega$ gebildet. Welche Spannung geht bei einer Stromaufnahme von 4,5A verloren?

Parallelschaltung von Widerständen

Aufgabe

Ermitteln Sie wie sich die Ströme, Spannungen und Widerstände in einer Parallelschaltung verhalten. Bei der Strommessung bitte jeweils vor, zwischen und nach den beiden Verbrauchern messen. Des Weiteren messen sie bitte den Gesamtstrom in der Hinleitung, wie auch in der Rückleitung. Wiederholen sie die Messung mit einer Lampe und einer Leuchtdiode. Vergleichen sie die beiden gemessenen Werte. Zeichnen Sie in den Versuchsaufbau die Messgeräte ein. Werten Sie ihre Erkenntnisse aus und stellen sie eine Gesetzmäßigkeit auf.

Versuchsaufbau



benötigte Geräte

- Ein Elektrokasten
- 1 Multimeter
- 2 Lämpchen
- 1 Leuchtdiode (rot) mit Vorwiderstand

Durchführung

1. Bauen sie die Schaltung mit 2 Lampen auf
2. Führen sie die Messungen der Ströme, Spannungen und Widerstände durch und dokumentieren sie die Ergebnisse. Achten sie auf die korrekten Messungen.
3. Ersetzen Sie eine Lampe gegen eine Leuchtdiode und führen sie das ganze nochmal durch

Auswertung

Stellen Sie eine Gesetzmäßigkeit für Strom Spannung und Widerstand im Bezug auf die Parallelschaltung auf.

Parallelschaltung von Widerständen

Messprotokoll

2 Lampen

1 Lampe, 1 Diode

Gesamtstrom (hin)			Gesamtstrom (hin)	
Gesamtstrom (rück)			Gesamtstrom (rück)	
Strom durch H ₁			Strom durch H ₁	
Strom durch H ₂			Strom durch H ₂	
Gesamtspannung			Gesamtspannung	
Spannung an H ₁			Spannung an H ₁	
Spannung an H ₂			Spannung an H ₂	
Gesamtwiderstand			Gesamtwiderstand	
Widerstand H ₁			Widerstand H ₁	
Widerstand H ₂			Widerstand H ₂	

* Widerstände errechnen. Spannung bitte so hoch dass nichts durchbrennt, z.B. 8 Volt.

Gesetzmäßigkeiten

Bei einer Parallelschaltung liegen folgende Gesetzmäßigkeiten vor:

Skizze	
Strom	$I_{\text{ges}} =$
Spannung	$U_{\text{ges}} =$
Ersatzwiderstand	$R_{\text{ges}} =$

In einer Parallelschaltung fließt durch den größeren Widerstand der Strom!

Vertiefungsaufgabe

Behauptung: „In der Parallelschaltung ist der Ersatzwiderstand stets kleiner als der kleinste Einzelwiderstand!“ Erläutern sie diese Aussage

Gemischte Schaltung von Widerständen

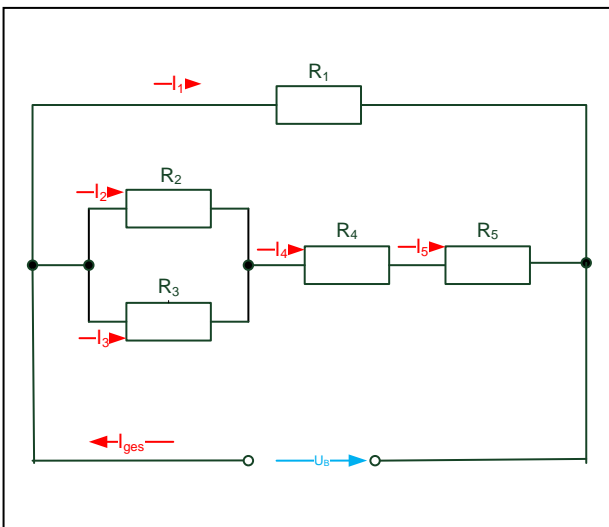
Aufgabe

Bauen Sie die Schaltung auf und tragen Sie die benutzten Widerstände ein. Ermitteln Sie nun zunächst rechnerisch die zu erwartenden Ströme und Spannungen. Anschließend messen Sie bitte die Schaltung durch und vergleichen die Werte.

Versuchsaufbau

benötigte Geräte

- Ein Elektrokasten
 - 1 Multimeter
 - $R_1 = 10\text{ k}$, $R_2 = 680$, $R_3 = 1\text{ k}$,
 $R_4 = 390$, $R_5 = 220\text{ Ohm}$
- Spannung = 12 V DC



Schaltungserklärung

Erklären Sie, wie die einzelnen Widerstände miteinander verschaltet sind.

- R_2 und R_3 sind geschaltet
- R_4 und R_5 sind geschaltet
- Der Ersatzwiderstand aus R_2 und R_3 ist zu den Widerständen R_4 und R_5 geschaltet.
- Der Gesamtwiderstand aus R_2 bis R_5 ist zu R_1 geschaltet

Gemischte Schaltung von Widerständen

Messprotokoll

$R_1 =$	$R_2 =$	$R_3 =$	$R_4 =$	$R_5 =$
---------	---------	---------	---------	---------

Betriebsspannung $U_0 =$

Messen sie Folgende Spannungen:

- Den Spannungsabfall über den Widerstand R_1 , $U_1 = \dots\dots\dots \text{V}$
- Den Spannungsabfall über den Widerstand $R_{2/3}$, $U_{2/3} = \dots\dots\dots \text{V}$
- Den Spannungsabfall über den Widerstand $R_{4/5}$, $U_{4/5} = \dots\dots\dots \text{V}$

Des Weiteren messen Sie bitte die Ströme, nachdem sie diese vorher berechnet haben.

Strom	Errechnet	Gemessen	Leistung	Errechnet
I_1			P_1	
I_2			P_2	
I_3			P_3	
I_4			P_4	
I_5			P_5	

Ermittlung des Innenwiderstandes einer Spannungsquelle

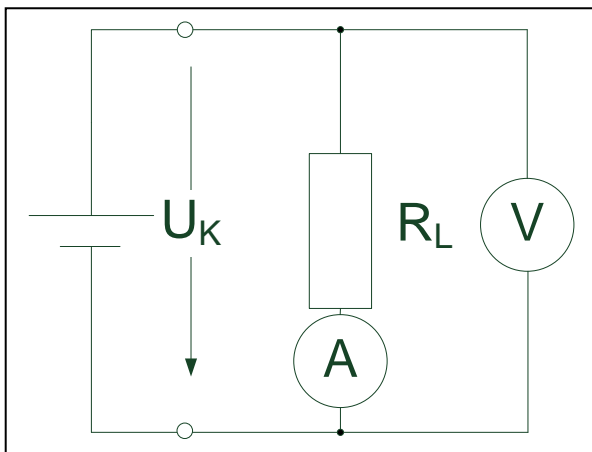
Aufgabe

Es sind der Innenwiderstand und die Leerlaufspannung einer Spannungsquelle zu bestimmen.

Theorie

Jede Spannungsquelle (z.B. Batterie, Netzgerät ...) besitzt einen Innenwiderstand, der durch die Reibung der Ladungsträger im Inneren der Spannungsquelle verursacht wird. Anschaulich kann man sich dies durch ein Ersatzschaubild mit einer konstanten elektromotorischen Kraft der Stärke U_0 (diese ist identisch mit der Leerlaufspannung) und einem ebenfalls konstantem Innenwiderstand R_i erklären.

Versuchsaufbau



benötigte Geräte

1 Koffer mit Spannungsversorgung
1 Gleichspannungsquelle,
1 Voltmeter
1 Amperemeter
7 verschiedene Widerstände.

Durchführung

1. Man belaste die Spannungsquelle nacheinander durch jeden der gegebenen Außenwiderstände R_a und messe die jeweils zugehörigen Werte der Klemmenspannung U_k und des Belastungsstromes I (Da es sich um Gleichspannungen bzw. Ströme handelt, ist die entsprechende DC- oder AC-Skala des Messgeräts zu benutzen). Da Strom und Spannung nicht gleichzeitig exakt messbar sind macht man hierbei entweder eine Strom- oder eine Spannungsfehlerschaltung (wieso?).
2. Man trage auf mm-Papier die Klemmenspannung U_k über der Stromstärke I auf. Anschließend extrapoliere man die erhaltene Gerade auf die Achsenschnittpunkte und ermittle so Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom, sowie den Innenwiderstand (=Geradensteigung) gemäß $R_i = U_0/I_K$.
3. Man errechne aus den Messwerten die von der Spannungsquelle abgegebene Leistung P und trage sie über den Strom auf.

Ermittlung des Innenwiderstandes einer Spannungsquelle

Messprotokoll

Stromrichtige Messung

Widerstand R [Ω]	Spannung U [V]	Strom I [A]

Spannungsrichtige Messung

Widerstand R [Ω]	Spannung U [V]	Strom I [A]

Alternative:

Alternativ kann auch der Spannungsabfall bei einem angelegten kleinen Widerstand gemessen werden. Die Differenz zur Quelle ist dann der Abfall am Innenwiderstand.

Nun kann mit dem gemessenen Strom der Innenwiderstand ausgerechnet werden.

Anmerkung:

Leider haben wir bei diesem Versuch keine so kleinen Widerstände, die unsere „gute Spannungsquelle“ ausreichend einknicken lassen und müssen deshalb diese Alternative anwenden.

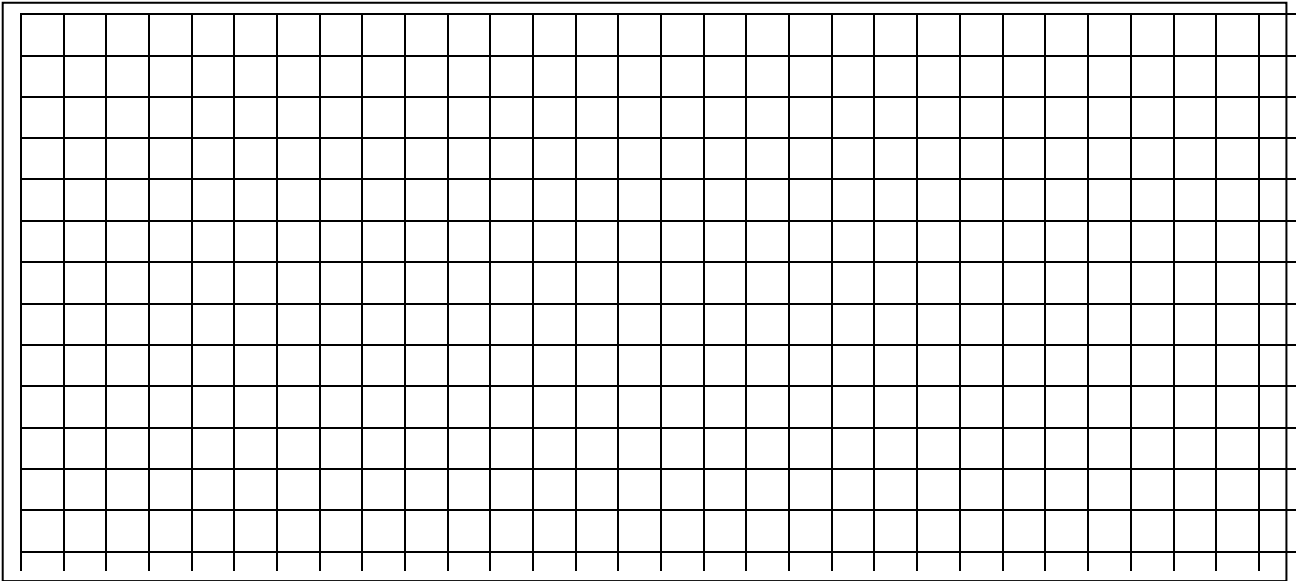
Sie können gerne auch mal den Innenwiderstand einer 9 Volt Batterie testen.

Hier zuerst Leerlaufspannung messen, dann kurzzeitig den Kurzschlussstrom und dann R_i ausrechnen

Stromrichtiger Aufbau oder spannungsrichtiger Aufbau kann bei unseren Widerständen stets vernachlässigt werden da diese nicht an die Innenwiderstände von Strom- und Spannungsmessgerät annähernd hinkommen.

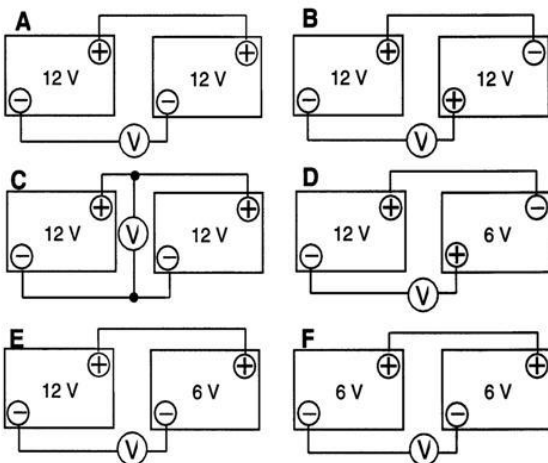
Ermittlung des Innenwiderstandes einer Spannungsquelle

Messdiagramm



Vertiefungsaufgabe

Geben Sie Die Spannungen für folgende Messschaltungen an:



Beantworten sie allgemein, d.h ohne Bezug auf die Messwerte die folgenden Fragen:

- Wie groß muss der äußere Widerstand R_a gewählt werden, um möglichst viel elektrische Leistung aus der Spannungsquelle entnehmen zu können (Leistungsanpassung)?
- Wie groß ist die Klemmenspannung U und der Strom I , wenn R_a gerade so gewählt ist, dass die Spannungsquelle maximale Leistung abgibt?
- Wie groß ist der Kurzschlussstrom I_K ?

2. unter Heranziehung der Messresultate:

- Für die obigen Fragen gebe man jetzt die Antworten in Zahlen für die ausgemessene

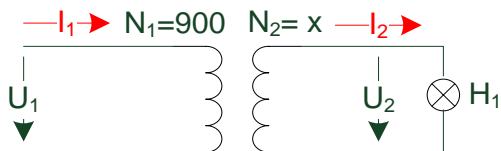
Ermitteln von Strömen und Spannungen bei Transformatoren

Aufgabe

Bauen sie einen Transformator (zunächst mit zwei gleichen Windungszahlen und dann mit unterschiedlichen Windungszahlen) auf und messen sie jeweils die Primären und die Sekundären Spannungen und Ströme. Führen Sie diese Messungen zum einen im Leerlauf und zum anderen unter Belastung durch. Dokumentieren sie die Ergebnisse und Formulieren sie im Anschluss die Gesetzmäßigkeiten für den Transformator.

Es ist drauf zu achten, dass die Spule N_1 immer 900 Windungen hat!

Versuchsaufbau



benötigte Geräte

1 Koffer mit Spannungsversorgung
2 Spulen $N=900$ und 1 Spule $N=300$
1 Lampe H_1 (12V/2W)
Verbindungsleitungen

Hier Wechselspannung 12 V oder 6 V verwenden. Falls keine 900er Spulen da sind, dann andere verwenden. Hauptsache einmal Verhältnis 1:1 und einmal 3:1

Durchführung

1. Bauen Sie die Schalung auf mit $N_2=900$ und ohne Lampe.
2. Führen sie die Messung der Ströme und Spannungen durch und dokumentieren sie die Ergebnisse in der angefügten Liste.
3. Setzen sie die Lampe H_1 ein und wiederholen sie die Messung
4. Bauen Sie die Schalung auf mit $N_2=900$ und ohne Lampe.
5. Führen sie die Messung der Ströme und Spannungen durch und dokumentieren sie die Ergebnisse in der angefügten Liste.
6. Setzen sie die Lampe H_1 ein und wiederholen sie die Messung

Ermitteln von Strömen und Spannungen bei Transformatoren

Messprotokoll

$N_1 = 900$; $N_2=900$ ohne Lampe (Leerlauf*)

$N_1 = 900$; $N_2=900$ mit Lampe

Strom durch N_1	$I_{N1} =$		Strom durch N_1	$I_{N1} =$
Strom durch N_2	$I_{N2} =$		Strom durch N_2	$I_{N2} =$
Spannung an N_1	$U_{N1} =$		Spannung an N_1	$U_{N1} =$
Spannung an N_2	$U_{N2} =$		Spannung an N_2	$U_{N2} =$

* Es kann hier auch volle Belastung gemessen werden in 3. Spalte

Bitte berechnen Sie jeweils die Leistung und den Wirkungsgrad:

Leistung auf der Primärseite			Leistung auf der Primärseite	
Leistung auf der Sekundärseite			Leistung auf der Sekundärseite	
Wirkungsgrad			Wirkungsgrad	

$N_1 = 900$; $N_2=300$ ohne Lampe (Leerlauf*)

$N_1 = 900$; $N_2=300$ mit Lampe

Strom durch N_1	$I_{N1} =$		Strom durch H_1	$I_{N1} =$
Strom durch N_2	$I_{N2} =$		Strom durch H_2	$I_{N2} =$
Spannung an N_1	$U_{N1} =$		Spannung an H_1	$U_{N1} =$
Spannung an N_2	$U_{N2} =$		Spannung an H_2	$U_{N2} =$

* Es kann hier auch volle Belastung gemessen werden in 3. Spalte

Bitte berechnen Sie jeweils die Leistung und den Wirkungsgrad:

Leistung auf der Primärseite			Leistung auf der Primärseite	
Leistung auf der Sekundärseite			Leistung auf der Sekundärseite	
Wirkungsgrad			Wirkungsgrad	

Ermitteln von Strömen und Spannungen bei Transformatoren

Gesetzmäßigkeiten

Bei dem Transformator liegt ein Übersetzungsverhältnis vor. Dies ist analog zu einer Übersetzung eines Getriebes. Wie könnte die Gesetzmäßigkeit für folgende Größen aussehen (idealer Transformator $\eta=1$)

Spannungsübersetzung	$\dot{U} =$
Stromübersetzung	$\dot{I} =$

Mit welcher Spannungsart ist der Betrieb eines Transformators möglich und warum?

Welche Regel steht hinter dem Transformatorprinzip? Erläutern sie dies mit ihren eigenen Worten!

Vertiefungsaufgabe

1. Bauen sie einen Transformator auf mit $N_1=900$ und $N_2=300$. Schließen Sie auf der Sekundärseite eine Lampe und ein Spannungsmessgerät an. Ziehen sie den Eisenkern heraus und achten sie dabei auf die Lampe, bzw. auf die Spannung. Erläutern sie kurz ihre Messergebnisse.
2. Im Hybridfahrzeug wird durch den DC/DC Wandler die Spannung Hochgesetzt.

Brückenschaltung zur Ermittlung von Widerständen

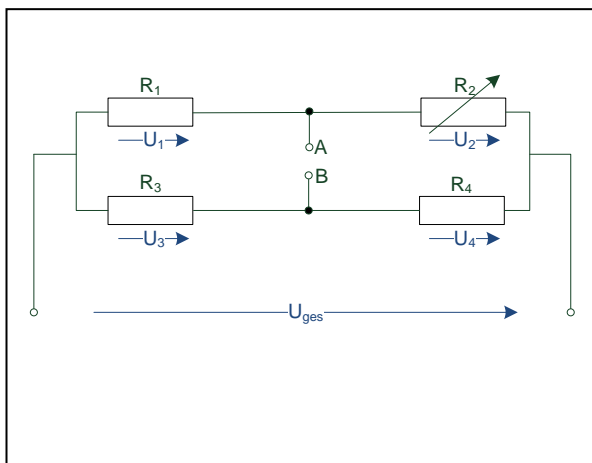
Aufgabe

Bauen Sie eine Brückenschaltung auf und messen Sie alle angegebenen Spannungen, sowie die Ströme. Dokumentieren Sie die Ergebnisse und formulieren Sie im Anschluss die Gesetzmäßigkeiten für den Transformator.

Hinweis: Die Brückenschaltung besteht aus einer Parallelschaltung zweier Spannungsteiler. Die Verbindungspunkte A und B nennt man Brückendiagonale.

Versuchsaufbau

benötigte Geräte



1 Koffer mit Spannungsversorgung
3 Widerstände
1 Poti
1 Multimeter

$R_1 = 22k$, $R_2 = 47k$, $R_3 = 330$ und $R_4 = 680 \text{ Ohm}$

Durchführung

1. Bauen Sie die Schaltung auf
2. Messen Sie die Spannungen $U_1 - U_4$, sowie U_{AB}
3. Versuchen Sie mit Hilfe des Potentiometers die Spannung $U_{AB}=0$ zu regeln (Nullpunktmethode)
4. Messen Sie die Widerstände und setzen Sie diese in der Auswertung ins Verhältnis

Brückenschaltung zur Ermittlung von Widerständen

Messprotokoll

$U_{AB} \neq 0$			$U_{AB} = 0$	
R_1	$U_1 =$		$R_1 =$	$U_1 =$
R_2	$U_2 =$		$R_2 =$	$U_2 =$
R_3	$U_3 =$		$R_3 =$	$U_3 =$
R_4	$U_4 =$		$R_4 =$	$U_4 =$
	$U_{AB} =$			$U_{AB} =$

Sie können nun die gemessenen Ergebnisse nachrechnen und vergleichen.

Widerstandsmessung (Poti) im ausgesteckten/spannungslosen Zustand messen

Gesetzmäßigkeiten

Formulieren Sie wovon eine abgegliche Brückenschaltung abhängig ist:

Formulieren Sie einen Satz der das Verhalten der Brückenschaltung wiedergibt:

Eine Brückenschaltung ist abgeglichen ($U_{AB} = 0$), wenn die Verhältnisse

.....

Des Weiteren ist die Brückenschaltung von der Versorgungsspannung abhängig?

Nennen Sie ein Beispiel, in welchem Umfeld eine Brückenschaltung eingesetzt werden könnte!

Vertiefungsaufgabe

Eine abgegliche Messbrücke hat die Widerstandswerte $R_2=40\Omega$, $R_3=25\Omega$, $R_4=50\Omega$, sowie einen unbekannten Widerstand R_1 . Bestimmen sie den Widerstandswert von R_1 .

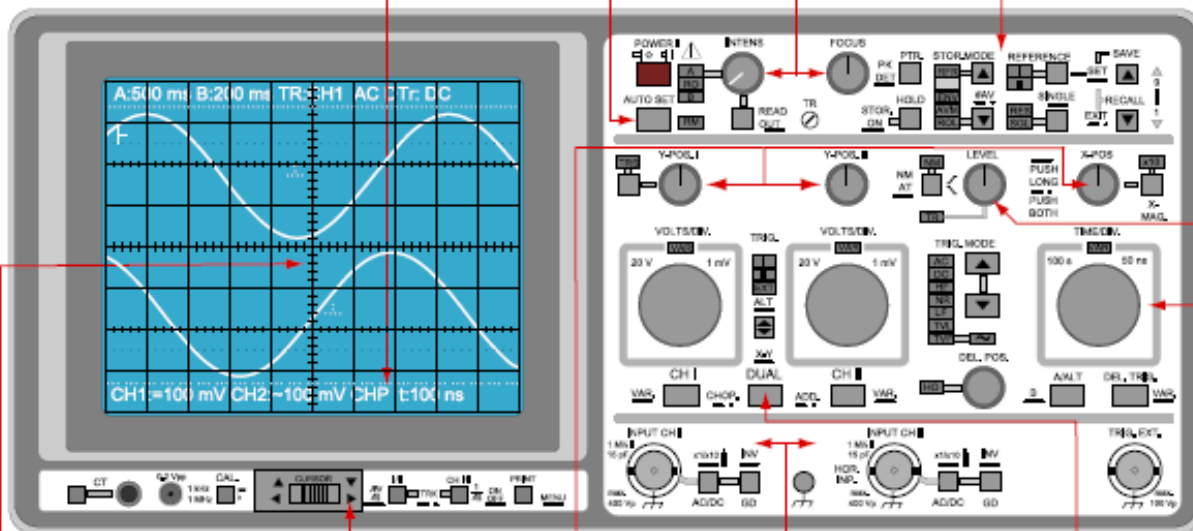
Grundlagen Oszilloskop

Digitalbereich: Einschalten erfolgt durch langes Drücken der Taste rechts neben "STOR, ON". Zur Speicherung eines Einzlvorgangs ist "SINGLE" lang zu drücken.

Auf dem Bildschirm erscheinen zwei Leuchtspuren, die unabhängig voneinander gesteuert werden können. Bei niedrigen Frequenzen springt der Strahl in schnellem Wechsel von einer Spur auf die andere (Einstellung CHP). Bei hohen Frequenzen werden die Spuren abwechselnd durchlaufen (Einstellung ALT).

Drehen des Knopfes "INTENS" im Uhrzeigersinn erhöht die Bildhelligkeit, mit dem Knopf "FOCUS" wird die Schärfe der geschriebenen Linien eingestellt. Achtung: Sehr hohe Bildhelligkeit kann die Elektronenstrahlröhre beschädigen, vor allem bei stehenden oder sich nur langsam bewegenden Bildern.

Drücken von "AUTO SET" passt die Einstellungen an das vorhandene Eingangssignal an.



In das Schirmbild kann ein waagrechtes oder ein senkrecht Linienpaar eingeblendet werden. Die Einzellinien (Cursor) jedes Paares sind verschiebbar, sodass sie auf bestimmte Positionen der auszumessenden Kurve gesetzt werden können. Auf diese Weise lassen sich waagerechte und senkrechte Abstände ausmessen.

Der Bildschirm ist mit einem Koordinatengitter versehen. Der Abstand der Gitterlinien wird mit "Division" (Div) bezeichnet. Einige Gitterlinien besitzen eine feinere Teilung mit einem Teilstrichabstand von 0,2 Div. Der kleinste auflösbare Abstand ist ein Pixelabstand. Dieser beträgt ungefähr 1/30 Div.

Stufenweise Einstellung der Ablenkfaktoren für die Y- bzw. Zeitablenkung mit den Drehschaltern "VOLTS/DIV." und "TIME/DIV.". Bei ihnen sind keine einzelnen Werte angegeben, die Einstellungen erscheinen in der Bildschirmanzeige.

In den BNC-Buchsen für die Eingänge der beiden Kanäle liegt der äußere Pol an der Netzterde. Bei Wahl von "DC" (Direct Current) besteht direkte Verbindung zum Eingangssignalverstärker, bei "AC" (Alternating Current) ist diesem ein Kondensator vorgeschaltet, und bei "GD" (Ground) ist der betreffende Kanal auf das Erdpotential gelegt.

Mit Wahl von "X-Y" ist die Zeitablenkung ausgeschaltet, und der Elektronenstrahl kann mithilfe der an die beiden Kanäle angelegten Spannungen in zwei zueinander senkrechten Richtungen abgelenkt werden.

Die Drehknöpfe mit der Bezeichnung "Y-POS. I", "Y-POS. II" und "X-POS." dienen zur Verschiebung der Nulllinien in Y- bzw. X-Richtung.

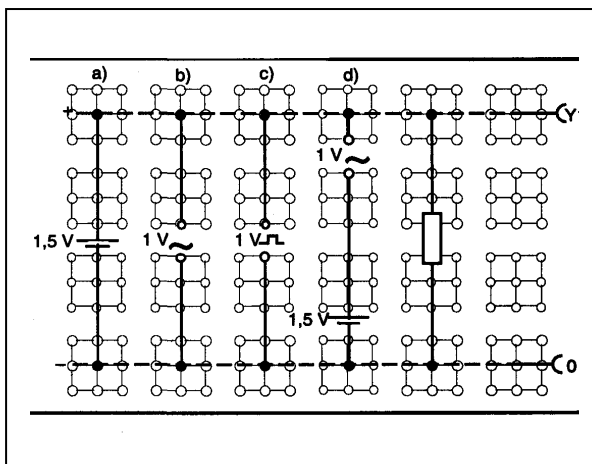
Einstellung der Triggerschwelle mit dem Drehknopf "LEVEL", auf steigende oder fallende Flanke durch kurzes Drücken der Taste links daneben.

Messen von verschiedenen Spannungen mit dem Oszilloskop

Aufgabe

Messen sie die im Versuchsaufbau dargestellten Spannungen und tragen die Ergebnisse im Messprotokoll ein. Testen Sie verschiedene Einstellungen und versuchen sie ein stehendes Bild zu bekommen. Sollten Sie Probleme mit dem Oszilloskop haben, sprechen sie bitte den Dozenten an. DIE „AUTOSET“-Taste ist anfangs in Ordnung, später tabu !!! ☺

Versuchsaufbau



benötigte Geräte

Einfach am Elektrokoffer direkt Gleichspannung, dann Wechselspannung messen. Danach kann der Funktionsgenerator (Out ist Pin 1 und Masse Pin2) verwendet werden. Bitte ohne Belastung. Denn Versuchsaufbau hier links Nebenan machen wir nicht ;o)

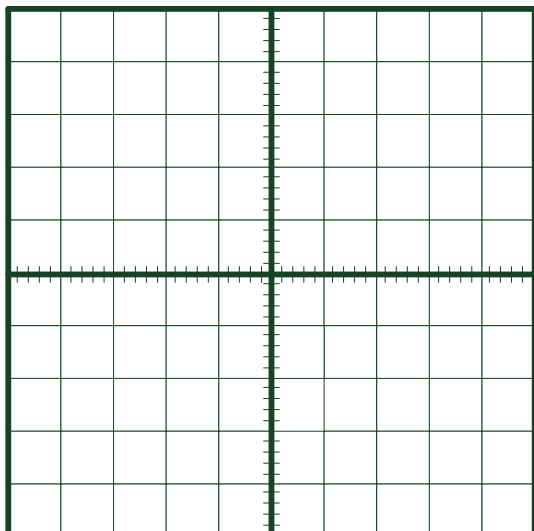
- 1 Koffer mit Spannungsversorgung
- 3 Widerstände
- 1 Poti
- 1 Multimeter

Durchführung

1. Nehmen sie das Oszilloskop in Betrieb
2. Führen sie die nachfolgenden Messungen durch und dokumentieren sie die Werte

Messen von verschiedenen Spannungen mit dem Oszilloskop

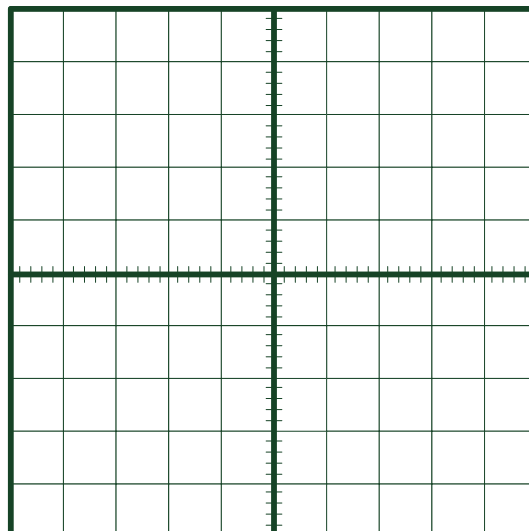
Messprotokoll



Gleichspannung:

Time/div=

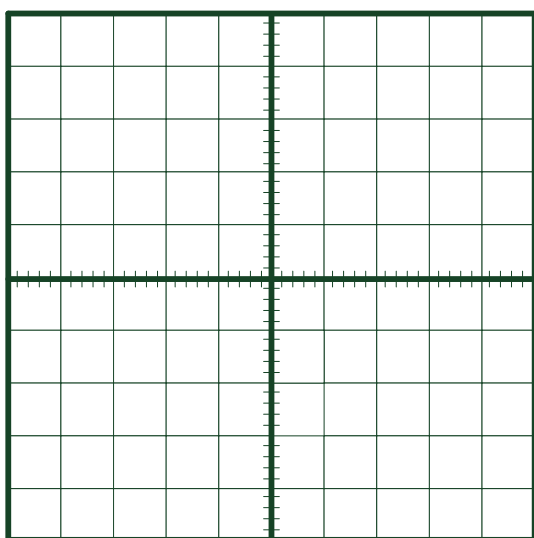
Volts/div=



Wechselspannung:

Time/div=

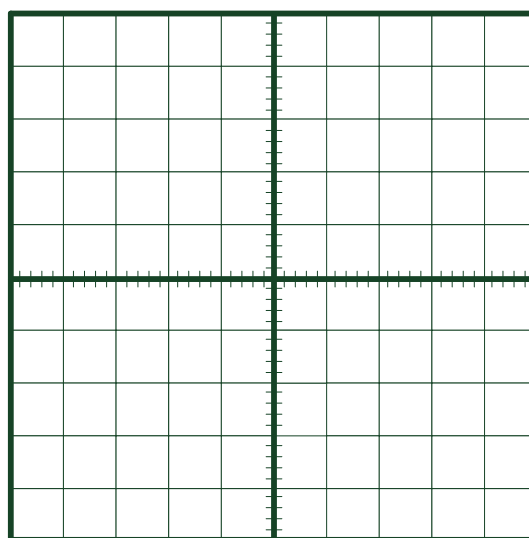
Volts/div=



Rechteckspannung:

Time/div=

Volts/div=



Mischspannung:

Time/div=

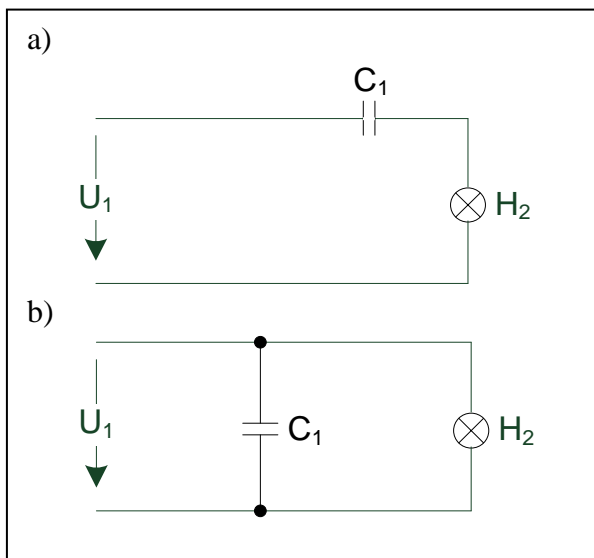
Volts/div=

Betrachten des Auf- und Entladevorgangs eines Kondensators

Aufgabe

Messen sie die Auf- und Entladekurven mit dem Oszilloskop. Beachten sie dabei, den Triggereingang richtig zu setzen. Testen Sie sowohl die Reihen- wie auch die Parallelschaltung von Kondensatoren. Messen sie zunächst mit dem Multimeter. Erklären sie die Zusammenhänge Kondensatoren in Reihen- und Parallelschaltung. Sollten sie Elektrolytkondensatoren benutzen (gepolt), achten Sie auf die Polarität!

Versuchsaufbau



benötigte Geräte

1 Koffer mit Spannungsversorgung
1 Leuchtmittel
1 Kondensator $220\ \mu\text{F}$
1 Multimeter
1 Oszilloskop

Nehmen Sie eine LED mit Vorwiderstand
Für die Lampe H1 und H2. Gepolte
Kondensatoren richtig rum anschliessen
An der Gleichspannung ;o)

Durchführung

1. Bauen sie die Schaltung auf und wählen sie Eingangsspannung $U_1=12\text{V}$ (DC)
2. Dokumentieren sie ihre Beobachtung bezüglich der Lampe bei beiden Schaltungen
3. Messen Sie Strom und Spannung mit dem Multimeter in beiden Fällen
4. Nehmen sie das Oszilloskop in Betrieb
5. Versuchen Sie beim Einschalten, bzw. beim Ausschalten die Kurve aufzunehmen (Hinweis Trigger richtig setzen)

Betrachten des Auf- und Entladevorgangs eines Kondensators

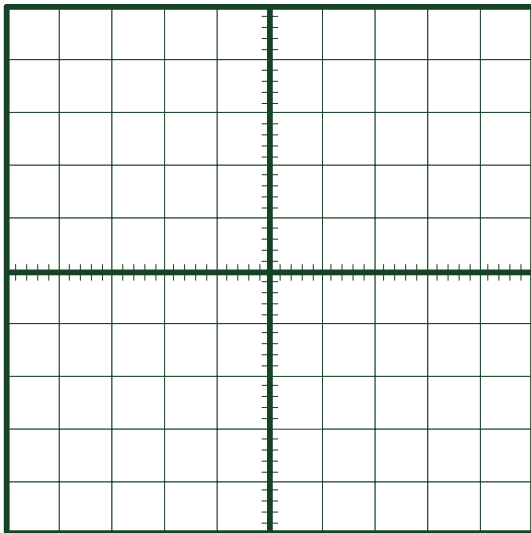
Messprotokoll

Schaltung A

$U_1 = 12V$			$U_1 = 12V$	
$U_{H2} [V]$			$U_{H2} [V]$	
$U_{C1} [V]$			$U_{C1} [V]$	
$I [A]$			$I [A]$	
Lampe leuchtet	Ja / nein		Lampe leuchtet	Ja / nein

Schaltung B

Aufladen des Kondensators

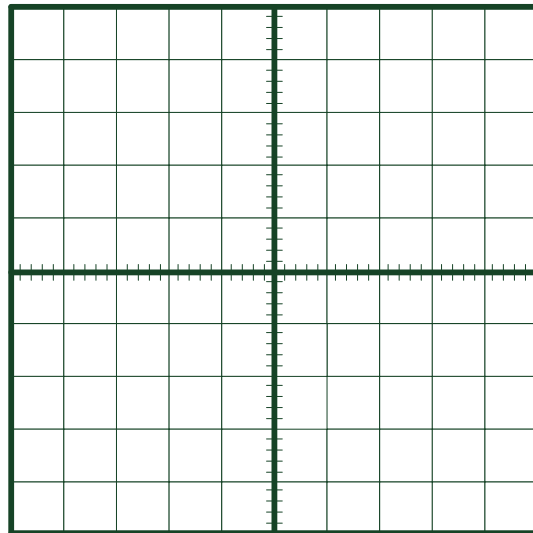


Rechteckspannung:

Time/div=

Volts/div=

Entladen des Kondensators



Mischspannung:

Time/div=

Volts/div=

Gesetzmäßigkeiten

In welcher Schaltungsart werden die Kondensatoren in der Elektrotechnik eingesetzt?

Wann ist ein Kondensator „voll“ geladen, bzw. völlig entladen?

Messen von Dioden und Diodenkennlinien

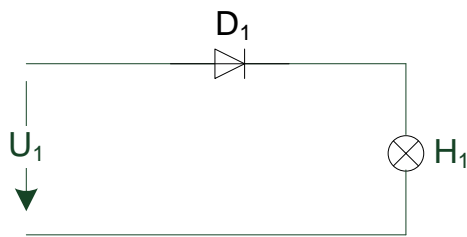
Aufgabe

Messen sie die Diodenkennlinie mit dem Multimeter, durch messen von Strom und Spannung. Des Weiteren können sie bei dem Messaufbau mit dem Oszilloskop den Spannungsverlauf darstellen. Um die Diode zu überbrücken ist es auch möglich einen Schalter Parallel zu schalten.

Versuchsaufbau

benötigte Geräte

a)



1 Koffer mit Spannungsversorgung
1 Leuchtmittel (Glühlampe)
1 Diode (Ge)
1 Diode (Si)
1 Multimeter
1 Oszilloskop

Weitere Aufgabe: mit Kondensator glätten !!
Dabei auf richtige Polung achten oder bipolar oder ungepolt benutzen.

Durchführung

1. Bauen sie die Schaltung mit einer Si Diode auf und wählen sie Eingangsspannung $U_1=12\text{V}$ (DC) sowie als zweiten Versuch $U_1=12\text{V}$ (AC).
2. Ändern sie bei dem ersten Versuch mit $U_1=12\text{V}$ (DC) die Polarität ->was stellen sie fest?
3. Verändern sie die Eingangsspannung von 0,1V bis 1V in 100mV Schritten und messen sie dabei den Strom
4. Dokumentieren sie ihre Beobachtung bei der Schaltungen
5. Nehmen Sie als nächstes eine Ge-Diode und wiederholen sie die Schritte 2 und 3.
6. Nehmen sie das Oszilloskop in Betrieb
7. Messen mit dem Oszilloskop an der Lampe

Messen von Dioden und Diodenkennlinien

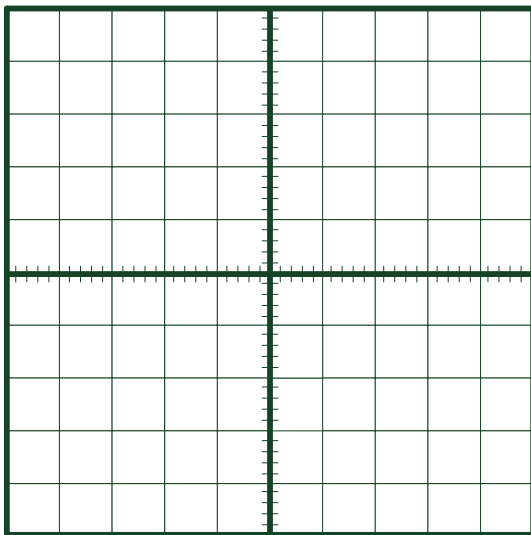
Messprotokoll

$U_1=12\text{V (DC)}$

Spannung U_1 [V]	Strom I in [mA]		Spannung U_1 [V]	Strom I in [mA]
0,1 V			0,1 V	
0,2 V			0,2 V	
0,3 V			0,3 V	
0,4 V			0,4 V	
0,5 V			0,5 V	
0,6 V			0,6 V	
0,7 V			0,7 V	
0,8 V			0,8 V	
0,9 V			0,9 V	
1 V			1 V	

$U_1=12\text{V (AC)}$

U_{HI} bei 12V (DC) Eingangsspannung

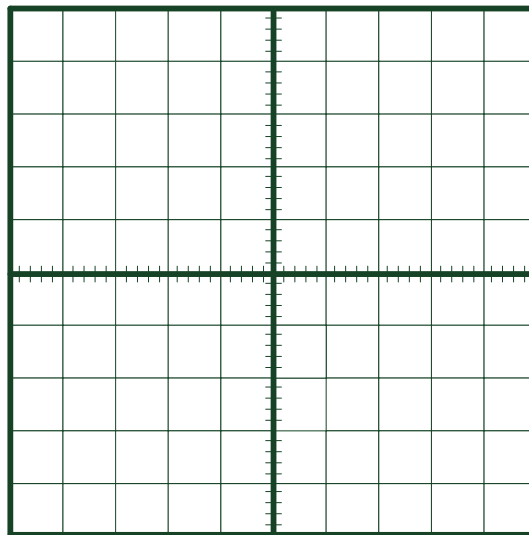


Rechteckspannung:

Time/div=

Volts/div=

U_{HI} bei 12V (AC) Eingangsspannung



Mischspannung:

Time/div=

Volts/div=

Gesetzmäßigkeiten

Eine Si Diode leitet ab einer Spannung von Volt
Eine Ge Diode leitet ab einer Spannung von Volt

Brückengleichrichter mit Dioden

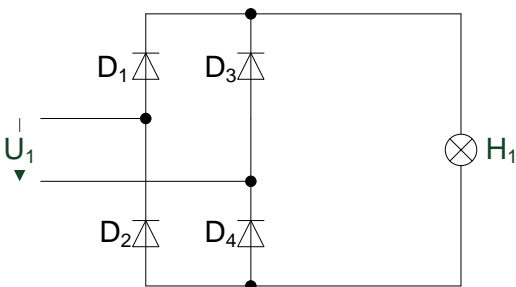
Aufgabe

Nachdem bei der einfachen Diode die untere Halbwelle der Wechselspannung abgeschnitten wird, soll diese nun genutzt werden, um den Wirkungsgrad zu erhöhen. Messen sie zunächst mit einem Multimeter Strom und Spannung. Des Weiteren messen sie mit dem Oszilloskop die Spannung.

In der Auswertung gehen sie bitte auf die Verläufe ein.

Versuchsaufbau

benötigte Geräte



1 Koffer mit Spannungsversorgung
1 Leuchtmittel (Glühlampe)
4 Diode
1 Multimeter
1 Oszilloskop

Weitere Aufgabe: mit Kondensator glätten !

Dabei auf richtige Polung achten oder bipolar oder unipolar benutzen.

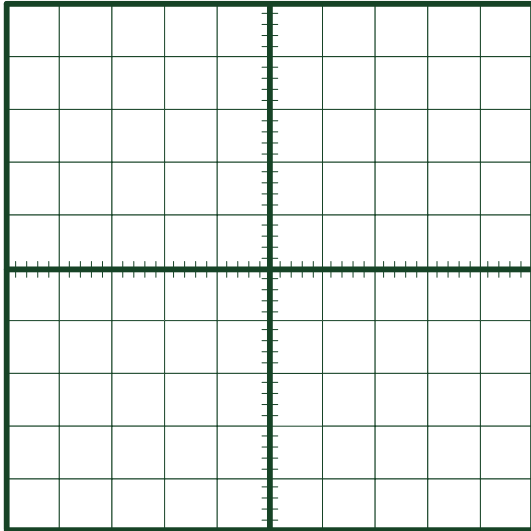
Durchführung

1. Bauen sie die Schaltung auf und wählen sie Eingangsspannung $U_1=12V$
2. Messen sie mit dem Multimeter Strom und Spannung durch die Lampe
3. Messen sie mit dem Oszilloskop die Spannung an der Lampe und skizzieren sie diese im Messprotokoll

Messen von Dioden und Diodenkennlinien

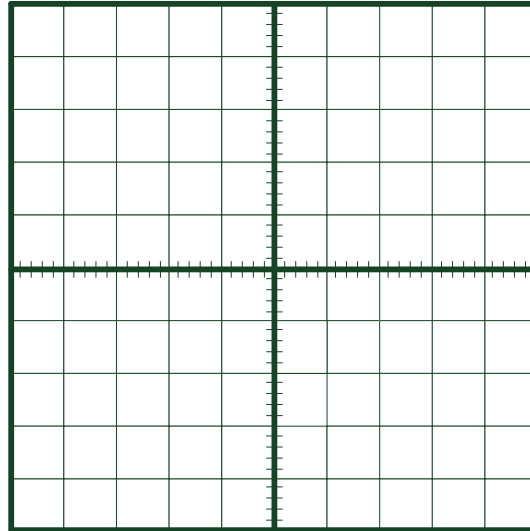
Messprotokoll

Spannungsverlauf Eingangsspannung U_1



Rechteckspannung:
Time/div=
Volts/div=

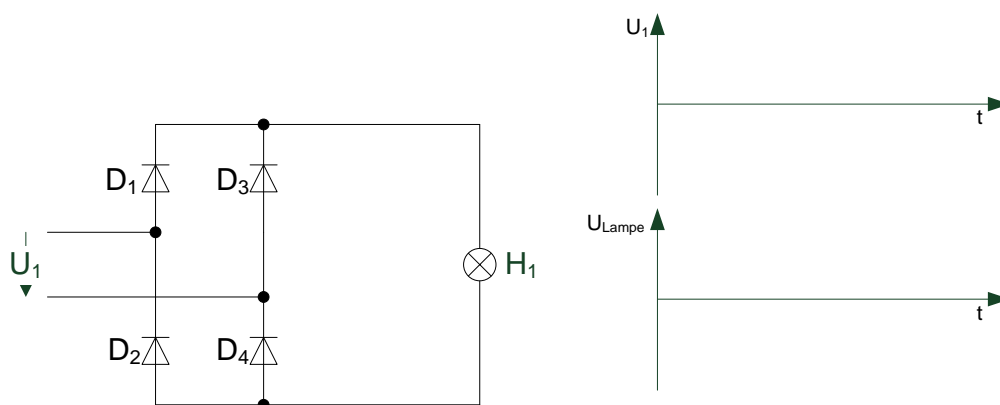
Spannungsverlauf Lampe U_H



Mischspannung:
Time/div=
Volts/div=

Vertiefungsaufgabe

Zeichnen Sie in den Spannungsverlauf des Gleichrichters nochmal und geben an, welche Dioden bei welcher Halbwelle aktiv sind.



Kann die Spannung an der Lampe noch weiter geglättet werden, wenn ja wie?

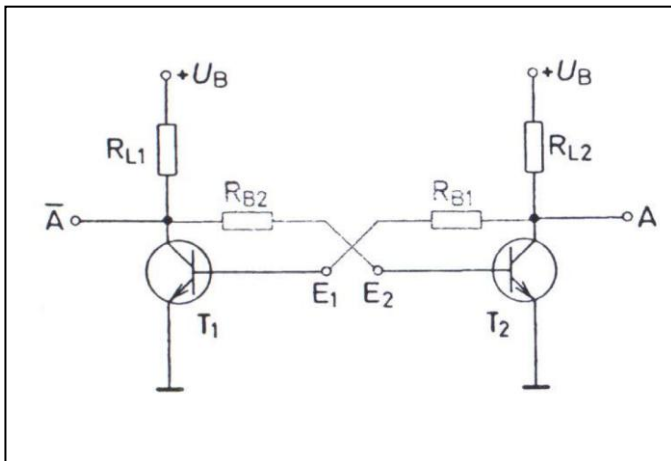
Bistabile Kippstufe

Aufgabe

Untersuchen sie das Verhalten einer Bistabilen Kippstufe. Treffen sie eine Aussage über das Betriebsverhalten und den Einsatzbereich.

Falls Sie nur einen Transistor haben bauen Sie einen Dimmer auf. Ein Poti (4,7k) ist in Reihe mit Schalter und Vorwiderstand (1k) zur Steuerung (Basis). Die Lampe vor dem Source Anschluss. Emittor auf 0 Volt. Source an 12 V Gleichspannung.

Versuchsaufbau



benötigte Geräte

1 Koffer mit Spannungsversorgung
1 Multimeter
1 Oszilloskop

$R(L1)$ ist wie $R(L2)$ eine Lampe

$R(B1)$ und $R(B2)$ kann mit 680 bzw. 820 Ohm gewählt werden. E1 zu Masse und E2 zu Masse kann ein Taster verbaut werden zum Umschalten.

Durchführung

1. Bauen Sie vorher bitte einen Dimmer mit einem Transistor auf an 12 V-
2. Wie könnte der Dimmer an Wechselstrom funktionieren ?
3. Bauen sie die Schaltung auf und wählen sie Eingangsspannung $U_1=12V$ -
4. Messen sie mit dem Multimeter Strom und Spannung am Ausgang
5. Messen sie mit dem Oszilloskop die Spannung an der Lampe und skizzieren sie diese im Messprotokoll
6. Überlegen sie welcher Transistor zuerst durchsteuert und warum
7. Kann daraus ein Blinklicht gebaut werden ? Tipp: Anstatt $R(B1)$ und $R(B2)$ einen Kondensator und von E1 bzw. E2 zu Masse den Widerstand anschliessen.

Bistabile Kippstufe

Erklärung Schaltung

Beim anlegen einer Spannung schaltet einer der Transistoren T_1 und T_2 schneller durch als der andere. Wenn T_1 durchsteuert, erhält T_2 immer weniger Basisstrom über R_{B2} . Je stärker T_1 durchsteuert, desto weniger steuert T_2 durch, bis T_2 schließlich sperrt.

=> **Erster stabiler Zustand: T_1 durchgesteuert, T_2 sperrt**

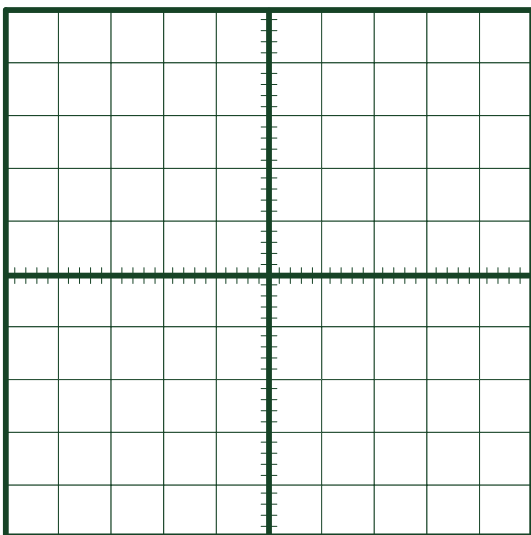
Dieser Zustand ändert sich nur durch einen äußeren Einfluss. Legt man an der Basis von T_2 kurzzeitig eine ausreichende positive Spannung an (an E_2), so steuert T_2 durch. Nun erhält T_1 über R_{B1} nicht mehr genügend Basisstrom und sperrt.

=> **Zweiter stabiler Zustand: T_2 durchgesteuert, T_1 sperrt**

Dies kann auch durch eine negative Spannung an E_1 erreicht werden, wodurch T_1 zum sperren gezwungen wird.

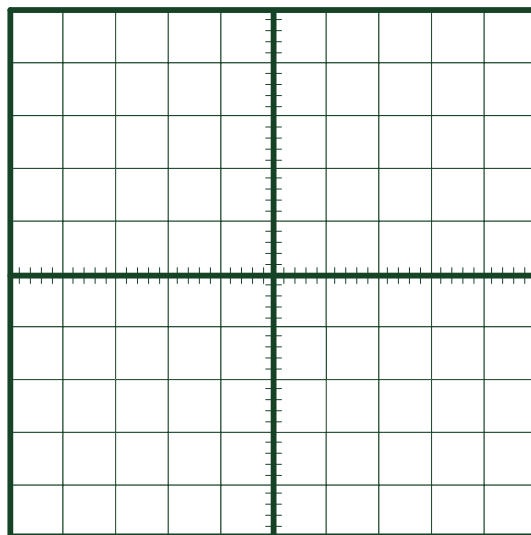
Meist werden zwischen E_1 bzw. E_2 und dem Stromkreis auch noch Widerstände eingebaut, um zu verhindern, dass eine zu hohe Spannung an den Basen der Transistoren anliegt.

Spannungsverlauf Punkt A



Spannung:
Time/div=
Volts/div=

Spannungsverlauf Punkt \bar{A}



Spannung:
Time/div=
Volts/div=