

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Einweisung

Vielfachmessinstrument
Einweisung Electronic Circuits
Board 32 100

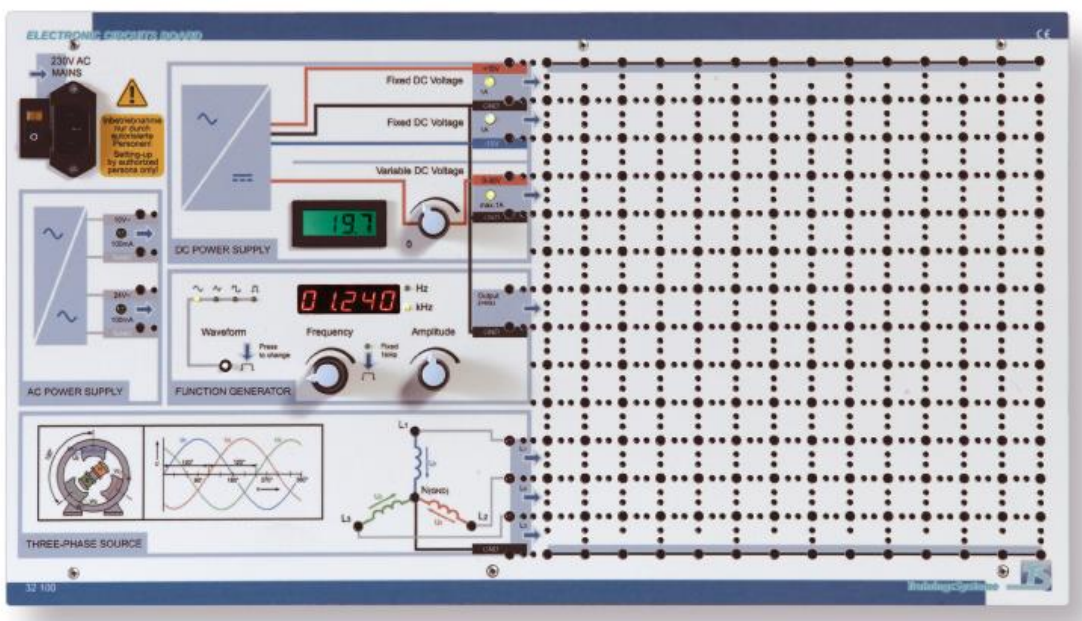
Bearbeitet am

Durch

Klasse / Gruppe



Messung	Buchse / Farbe Leitung	Buchse / Farbe Leitung	Steller auf	Beachten
Gleichspannungs Messung	⊥ GND Schwarz	V Rot	V DC	Parallel Schaltung
Wechselspannungs Messung	⊥ GND Schwarz	V Rot	V AC	Parallel Schaltung
Gleichstrom Messung	⊥ GND Schwarz	mA Rot	mA DC	Reihen Schaltung
Wechselstrom Messung	⊥ GND Schwarz	mA Rot	mA AC	Reihen Schaltung
Widerstands Messung	⊥ GND Schwarz	Ω	Ω	Parallel Schaltung ohne Spg



Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Messung 1

Spannungsmessung mittels
Digitalem Vielfachmessinstrument
an der Spannungsquelle

Bearbeitet am

Durch

Klasse / Gruppe

Wiederholung: 2.3 Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge)

Gleichnamige elektrische Ladungen stoßen sich ab

Ungleichnamige elektrische Ladungen ziehen sich an.

Die elektrische Ladung Q ist die Ursache für alle elektrischen Vorgänge



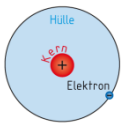
Aufbau der Atome (bohrsches Atommodell)

Atome bestehen aus einem Kern und einer Hülle.

Protonen sind positiv geladene Elementarteilchen des Atomkerns

Elektronen sind negativ geladene Elementarteilchen der Atomhülle

Anzahl der Elektronen ist gleich Anzahl der Protonen (elektr. Neutral)



b) vereinfachte Darstellung

Elementarladung, Elektrische Ladung Formel

Protonen und Elektronen sind Ladungsträger.

Sie tragen die kleinste elektrische Ladung, die möglich ist.

Diese Ladung nennt man Elementarladung e. Einheit Coulomb = As

Tabelle: Träger der Elementarladung		
Elementarteilchen	Elektronen	Protonen
Ladungsart	negativ	positiv
Formelzeichen	e	e
Zahlenwert	$-1,602 \cdot 10^{-19}$	$+1,602 \cdot 10^{-19}$
Einheitenname	Coulomb	Coulomb
Einheitenzeichen	C	C

$$Q = n \cdot e \quad \{C = As = C\}$$

Charles A. de Coulomb, franz. Physiker 1739 bis 1806

Ionen

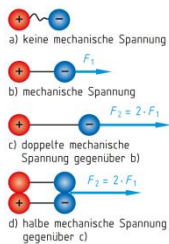
Ionen sind negativ oder positive Ladungsträger,

die aus neutralen Atomen oder Molekülen durch Anlagerung oder Abgabe von Elektronen entstehen.

Abgabe Elektronen (Loch) positives Ion

Aufnahme Elektron negatives Ion

Wiederholung: 2.4 Elektrische Spannung



$$U = \frac{W}{Q} = \frac{F \cdot s}{Q} \left\{ V = \frac{VAs}{As} = \frac{N \cdot m}{As} \right\}$$

2.4.1 Spannungsquelle

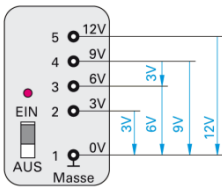
In Spannungsquellen werden elektrische Ladungen unter Energieaufwand

(Fremdenergie) voneinander getrennt.

Dabei entsteht an den Klemmen ein Elektronenüberschuss (Minuspole = Schwarz)

Bzw. ein Elektronenmangel (Pluspol = Rot) gilt nur bei Gleichspannung DC

2.4.2 Potenzial und Spannung
Spannung nennt man auch Potenzialdifferenz



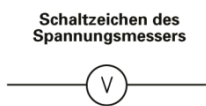
$$U_{21} = \varphi_2 - \varphi_1$$

2.4.3 Arten der Spannungserzeugung

Induktion	Chemisch	Wärme	Licht	Druck

2.4.4 Messen der elektrischen Spannung

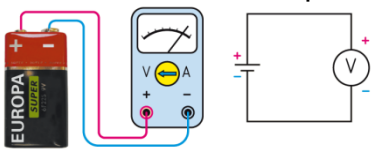
Elektrische Spannung wird mit einem Spannungsmesser gemessen.
Spannung besteht zwischen zwei Punkten (Parallel) dort wird der Spannungsmesser angeschlossen



Vorgehensweise bei der Spannungsmessung

Siehe Vorgehensweise Spannungsmessung in der fpT Elektrotechnik

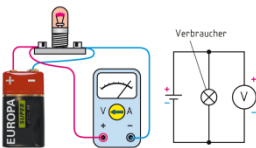
Spannungsmessung an der Spannungsquelle



Der Spannungsmesser wird Parallel zum Erzeuger angeschlossen.
Siehe Vorgehensweise Spannungsmessung in der fpT Elektrotechnik

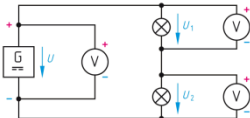
Spannungsmessung am Verbraucher

Der Spannungsmesser wird Parallel zum Verbraucher angeschlossen. Siehe Vorgehensweise Spannungsmessung in der fpT Elektrotechnik



Spannungsrichtung

Die Richtung der Spannung wird durch einen Bezugspfeil dargestellt.
Sie ist immer vom höheren zum niederen Potenzial gerichtet.
Technische Stromrichtung von Plus (Rot) nach Minus (Schwarz)



Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik
Grundbegriffe Lösungen

Wiederholung 2.1 Tabelle 1 Vorsätze für Vielfache und Teile der Einheiten (Auswahl)

Vorsatz	Giga	Mega	Kilo	Dezi	Zenti	Milli	Mikro	Nano	Piko
Zeichen	G	M	K	d	c	m	μ	n	p
Faktor	10^9	10^6	10^3	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}
	1 000 000 000	1 000 000	1 000	0,1	0,01	0,001	0,000 001	0,000 000 001	0,000 000 000 001

Berechnung Volumen eines Rechtecks inkl. Einheitengleichung

$$V = l * b * h \{m^3 = m * m * m\}$$

Berechnung der Masse inkl. Einheitengleichung

$$m = \rho * V \left\{ kg = m^3 * \frac{kg}{m^3} \right\}$$

Berechnung der Gewichtskraft FG inkl. Einheitengleichung

$$F_G = m * g \left\{ N = kg * 9,81 \frac{m}{s^2} \right\}$$

Berechnung der Mechanischen Arbeit inkl. Einheitengleichung

$$W = F * s \{Nm = N * m\}$$

$$W = m * g * h \left\{ Nm = kg * \frac{m}{s^2} * m \right\}$$

Energie

$$Nm = J = Ws = VAs$$

Berechnung Mechanische Leistung inkl. Einheitengleichung

$$P = \frac{W}{t} \left\{ W = \frac{Ws}{s} \right\}$$

$$P = \frac{F * s}{t} \left\{ W = \frac{N * m}{s} \right\}$$

$$P = F * v \left\{ W = N * \frac{m}{s} \right\}$$

Rechenübung Mechanische Arbeit

- 1 Das Speicherbecken eines Kraftwerkes hat eine Länge von 320 m, eine Breite von 85 m und eine mittlere Tiefe von 16,5 m. Die nutzbare Fallhöhe beträgt 283 m. Wie groß ist die gespeicherte potenzielle Energie?
($\rho_{H_2O} = 1 \text{ kg/dm}^3$)
Energieverbrauch jährlich / Single ca. 1600 kWh / 2 Personen Haushalt ca. 2500 kWh /
4 Personenhaushalt ca. 4000 kWh

Ges: W_P in kWh (**346 103 kWh**)

Rechenübung Mechanische Leistung

- 1 Eine Pumpe fördert 120 Liter Wasser in der Minute 51 m hoch. Die Verluste werden vernachlässigt. Mit welcher Leistung muss die Pumpe angetrieben werden? ($\rho_{H_2O} = 1 \text{ kg/dm}^3$)

Ges: P in W (**1000 W**)

- 2 Welche Schubkraft bringt eines der Triebwerke eines Langstreckenflugzeuges bei der Geschwindigkeit von 850 km/h auf, wenn die Leistungsabgabe des Triebwerkes 160 MW beträgt? Welche Masse kann damit bewegt werden.
Airbus A 380-800 / max. Gewicht 577 Tonnen / 4 Turbinen a 310 kN / Max. Geschwindigkeit 850 km/h

Ges: F in N (**677 650 N**)

m in kg (**69 077 kg**)

Rechenübung Elektrische Spannung

1: Eine Ladung Q von $30 \mu\text{C}$ wird mit der Kraft $F = 6 \text{ mN}$ über eine Strecke von 60 mm transportiert. Berechnen Sie

A) Die Arbeit in μNm und (360)

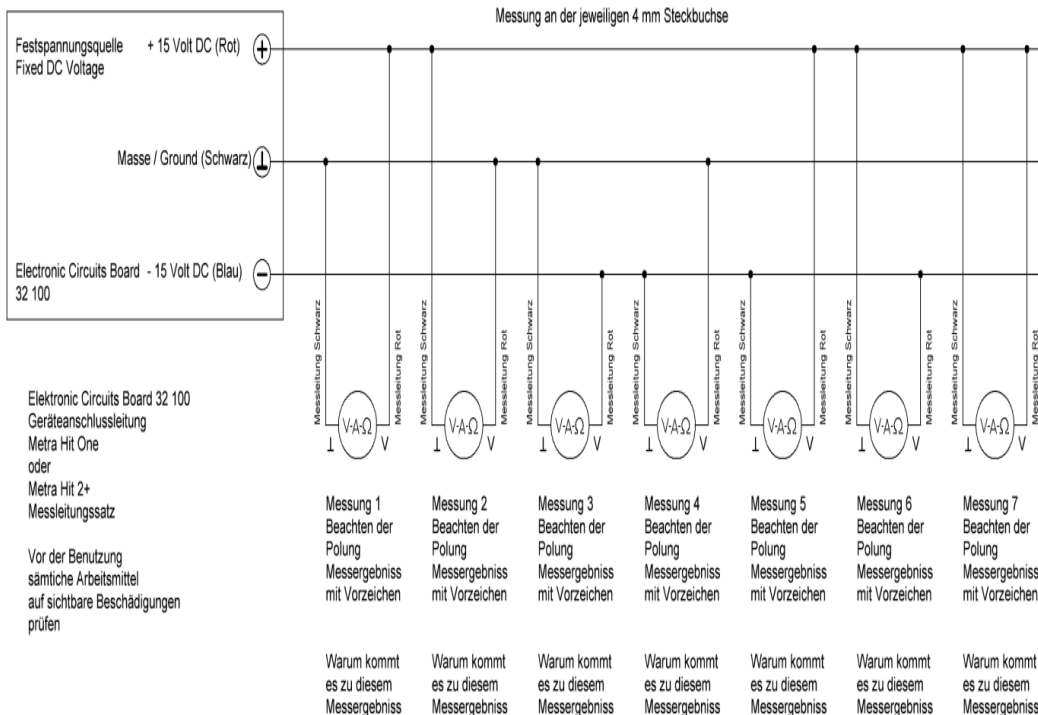
B) die Spannung U in V (12)

2: Bei der Erzeugung einer Spannung wird zum Verschieben der Ladung $Q = 30 \mu\text{C}$ eine Arbeit $W = 0,36 \text{ mJ}$ aufgewendet. Berechnen Sie die

Spannung U in V (12)

Messübung

Einstellung des Vielfachmessinstrumentes gemäß Einweisung und Vorgaben auf VDC
 Anschluss der Vielfachmessinstrumentes gemäß Vorgaben (Anschlusskabel)



	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Messung 4	Messung 5	Messung 6	Messung 7
Messwert in V und Vorzeichen	+ 15	-15 V	-15 V	+ 15 V	+ 30 V	-30 V	0

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Messübung 3

Erstellung eines einfachen elektrischen Stromkreises (Lampe und Taster)

Bearbeitet am

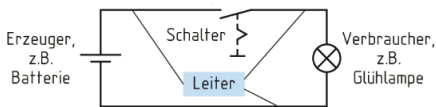
Durch

Klasse / Gruppe

Wiederholung 2.2 Arten von Stromkreisen

Gleichstromkreis DC	Einphasen-Wechselstromkreis bzw. Wechselstromkreis AC	Dreiphasen-Wechselstromkreis Drehstromkreis AC
Elektronik / Automobil	Haustechnik / Beleuchtungsstromkreise / Steckdosenstromkreise	Spannungsversorgung Haus / Gebäude und große Maschinen

Einfacher elektrischer Stromkreis

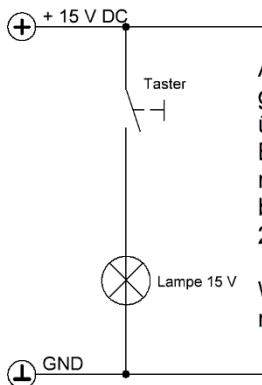


Ein Stromkreis besteht mindestens aus Erzeuger, Verbraucher und aus dem Hin- und Rückleiter. Ggf. einem Schalter

Elektrischer Strom fließt nur in einem geschlossenen Stromkreis

Schaltzeichen und Schaltpläne

Schaltzeichen verwendet man zur Darstellung von Betriebsmitteln in Schaltplänen. Schaltzeichen sind genormte Sinnbilder elektrischer Betriebsmittel. Schaltzeichen sollen die elektrische Eigenschaft des Betriebsmittels zum Ausdruck bringen. Ob die einzelnen Schaltzeichen groß oder klein gezeichnet werden, hängt vom optischen Gesamteindruck des Schaltplanes ab. Man bevorzugt jedoch die waagrechte und senkrechte Lage. Die Funktion der Schaltung muss auf alle Fälle gut erkennbar sein. In einem Schaltplan werden die Schaltzeichen so zusammengestellt, wie die Teile der Stromkreise miteinander verbunden sind



Aufbau der Schaltung gemäß Vorgaben über die gesamte Breite des Steckbrettes mit Steckbrücken 2 mm bzw. flexiblen Leitungen 2 mm

Wenn der Taster betätigt wird, muss die Lampe leuchten

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Messübung 4

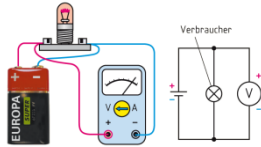
Spannungsmessung am Verbraucher
(Aufbau Messübung 3)

Bearbeitet am

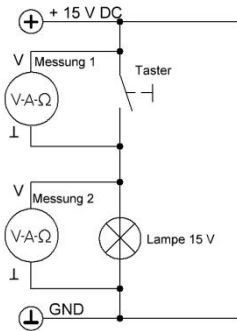
Durch

Klasse / Gruppe

Spannungsmessung am Verbraucher



**Sie Vorgehensweise Spannungsmessung fpT Elektrotechnik
Und Messübung 1**



Schaltung von Messübung 3

Spannungsmessung am Verbraucher

Messung 1 Messen der Spannung am Taster wenn dieser unbetätigt bzw. betätigt ist

Messung 2 Messen der Spannung an der Lampe wenn der Taster unbetätigt bzw. betätigt ist.

Beachtung der Polarität

	Taster betätigt	Taster unbetätigt
Spannung am Taster	0 Volt	15 Volt
Spannung an der Lampe	15 Volt	0 Volt

Warum kommt es zu diesen Messergebnissen

Taster betätigt (Tasterspannung)

Spannungsmesser liegt parallel an einen sehr kleinen Widerstand bzw. auf dem selben Potential Spannungsmesser liegt parallel an 15 V DC Versorgungsspannung

Taster unbetätigt (Tasterspannung)

Taster betätigt (Lampenspannung)

Spannungsmesser liegt parallel an 15 V DC Versorgungsspannung

Taster unbetätigt (Lampenspannung)

Spannungsmesser liegt parallel an einen sehr kleinen Widerstand bzw. auf dem selben Potential

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Messübung 5

Messung des elektrischen Stromes (Aufbau Messübung 3)

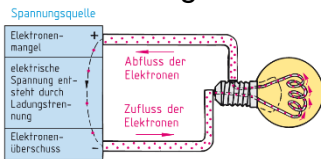
Bearbeitet am

Durch

Klasse / Gruppe

Wiederholung

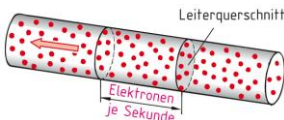
2.5 Elektrischer Strom



Der elektrische Strom in einem metallischen Leiter ist die gerichtete Bewegung von freien Elektronen

Das Ausgleichsbestreben der Ladungsträger (Spannung) vom Minuspol zum Pluspol ist die Ursache für den Stromfluss

Elektrische Stromstärke inkl. Einheitengleichung



$$I = \frac{Q}{t} \left[A = \frac{As}{s} \right]$$

Die elektrische Stromstärke I

ist die durch einem Leiterquerschnitt bewegte Ladung Q pro Zeit t.

Die Stromstärke wird in der Einheit Ampere angegeben

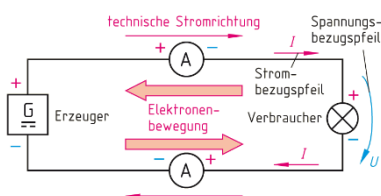
Festlegung der Stromstärke

Fließt durch zwei parallel Leiter,

die einen Abstand von 1 m haben, eine Stromstärke von 1 A,

so tritt zwischen ihnen je Meter Leitungslänge eine Kraft $F = 2 \cdot 10^{-7}$ N (Newton) auf

Stromrichtung

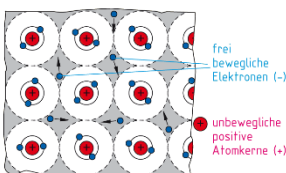


Technische Stromrichtung: Außerhalb des Erzeugers fließt der Strom vom Pluspol zum Minuspol.

Elektronenbewegung: Außerhalb des Erzeugers bewegen sich die freien Elektronen vom Minuspol (Elektronenüberschuss) zum Pluspol (Elektronenmangel)

Wiederholung

2.5.1 Elektrischer Strom in Metallen



Die freien Elektronen im Leiter stoßen sich wie bei einer Kettenreaktion fast gleichzeitig an.

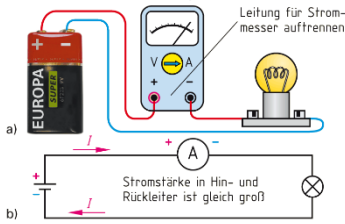
Diese erfolgt mit annähernd Lichtgeschwindigkeit ca. 300 000 km/s

Elektronenbewegung ca. 0,1 bis 10 mm/s

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Wiederholung

2.5.2 Messen der elektrischen Stromstärke



Zum Messen der elektrischen Stromstärke verwendet man einen Strommesser.

Der Gesamtstrom muss durch das Messinstrument fließen. Die Leitung kann man an beliebiger Stelle trennen, (Nur in der Reihenschaltung).

In die Trennstelle wird der Strommesser eingeschließen.

Vorgehensweise siehe Strommessung fpT Elektrotechnik

Wiederholung

2.5.3 Wirkungen des elektrischen Stromes

Wärmewirkung	Magnetische Wirkung	Lichtwirkung	Chemische Wirkung	Wirkung auf Lebewesen
Tritt immer auf	Tritt immer auf	In Gasen und Halbleitern	In leitenden Flüssigkeiten	Bei Menschen und Tieren
Der elektrische Strom erwärmt jeden Leiter	Der elektrische Strom verursacht in seiner Umgebung immer eine magnetische Wirkung	Der elektrische Strom bringt Gase zum Leuchten, erwärmt diese aber nur gering	Der elektrische Strom zerlegt leitende Flüssigkeiten	Beim Berühren blanker elektrischer Leitungen kann durch den menschlichen Körper ein lebensgefährlicher Strom fließen
Elektroherd, Bügeleisen, Lötkolben	Elektromagnet, Türklingel, Lautsprecher	Leuchtstofflampe, Glühlampe	Elektrolyse, Galvanisierung	Elektromedizin, E-Stuhl

Wiederholung

2.5.4 Stromarten

Gleichstrom DC Direct Current	Wechselstrom AC Alternating Current	Mischstrom UC Universal Current
Elektrischer Strom, der nur in eine Richtung und gleichbleibender Stärke fließt	Elektrischer Strom, der ständig seine Richtung und seine Stromstärke ändert	Setzt sich zusammen aus einem Wechselstromanteil und einem Gleichstromanteil
Batterie, Akkumulator, Fernseher, Elektronik, Auto	Energienetz, Dynamisches Mikrofon	Gleichgerichteter Wechselstrom

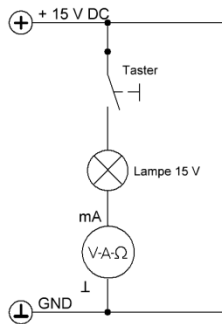
Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Rechenübung Stromstärke und Ladung

- 1: In der Zeit $t = 25 \text{ s}$ wird die Ladung $Q = 78 \text{ C} = 78 \text{ As}$ durch einen Leiter bewegt.
Berechnen Sie a) die Stromstärke I und b) die Anzahl n der Elektronen in 25 Sekunden.

Ges: I in A **3,12 A**

n in $10^{18} = 486 * 10^{18}$



Schaltung von Messübung 3

Strommessung und Berechnung
der Elektronenanzahl

Beachten der Sicherheitsvorschriften
beim Öffnen des Stromkreises

Beachten der Messanleitung
zur Strommessung

Beachtung der Polarität

Formeln

$$Q = I * t$$

$$30 \text{ mA} * 1 \text{ s} = 30 \text{ mAs}$$

$$Q = n * e$$

$$n = Q / e$$

$$30 \text{ mAs} / 1,602 * 10^{-19} \text{ As} = n = 187,27 * 10^{15}$$

Elementarladung e

$$e = 1,602 * 10^{-19} \text{ As}$$

Berechnung (Weltbevölkerung 8 Milliarden)

$$23\,408 * 10^6$$

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Messübung 6

Messung des elektrischen Stromes Spannung in der Reihenschaltung von Widerständen

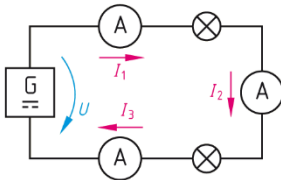
Bearbeitet am

Durch

Klasse / Gruppe

Wiederholung

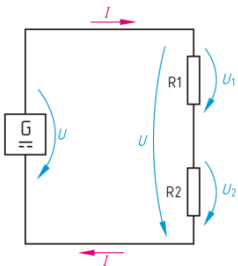
3.1 Reihenschaltung



Bei der Reihenschaltung sind die Verbraucher so geschaltet, das sie vom selben Strom durchflossen werden. Die Reihenschaltung wird auch Hintereinanderschaltung genannt.

Eingang – Ausgang – Eingang – Ausgang usw.

3.1.1 Gesetze der Reihenschaltung



$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$$

In der Reihenschaltung fließt überall derselbe Strom

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

Bei der Reihenschaltung ist die Summe der Teilspannungen an den Verbrauchern so groß wie die angelegte Spannung

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Bei der Reihenschaltung ist der Gesamtwiderstand gleich der Summe der Einzelwiderstände

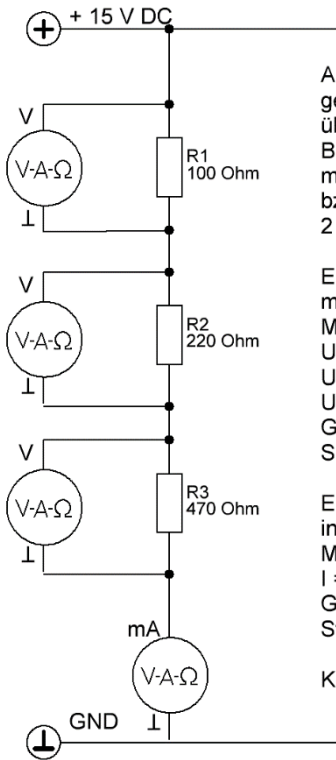
$$\frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \dots \quad \frac{U}{U_1} = \frac{R}{R_1}$$

In der Reihenschaltung verhalten sich die Spannungen proportional den dazugehörigen Widerständen

Anwendungen der Reihenschaltung

Christbaumbeleuchtung, Sicherungen im Stromkreis, Spannungserzeuger (mehr Spannung), Strom durch den menschlichen Körper

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen



Aufbau der Schaltung
gemäß Vorgaben
über die gesamte
Breite des Steckbrettes
mit Steckbrücken 2 mm
bzw. flexiblen Leitungen
2 mm

Einzeichnen des Spannungsmessers inkl. Anschlüsse
Messung der Teilspannungen
U1 in Volt
U2 in Volt
U3 in Volt
Gemäß Messanweisung zur Spannungsmessung

Einzeichnen des Strommessers inkl. Anschlüsse
Messung des Gesamtstromes
 $I = I_1 = I_2 = I_3$ in mA
Gemäß Messanweisungen zur Strommessung

Kontrolle durch Berechnung

Messwerte der Spannungen

U1 =

U2 =

U3 =

Messwert des Stromes

I in mA =

Ggf. Widerstandsmessung der Schaltung

R in Ohm = **790**

Kontrollrechnung

R1 = 100 Ohm	U1 = 1,89 V	I1 = 18,98 mA
R2 = 220 Ohm	U2 = 4,17 V	I2 = 18,98 mA
R3 = 470 Ohm	U3 = 8,92 V	I3 = 18,98 mA
R = 790 Ohm	U = 15 V	I = 18,98 mA

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik

Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Messübung 7

Messung des elektrischen Stromes bzw. Spannung in der Parallelschaltung von Widerständen

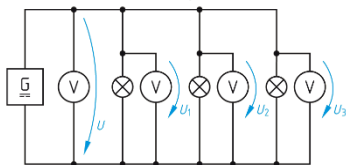
Bearbeitet am

Durch

Klasse / Gruppe

Wiederholung

3.2 Parallelschaltung



Bei der Parallelschaltung sind jeweils alle Stromeintrittsklemmen und alle Stromaustrittsklemmen miteinander verbunden.

Alle Eingänge sind zusammen
Alle Ausgänge sind zusammen

Gesetze der Parallelschaltung

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$$

An parallel geschalteten Verbrauchern liegt dieselbe Spannung

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

Bei der Parallelschaltung ist der Gesamtstrom gleich der Summe der Teilströme (Zweigströme)
An jedem Knotenpunkt ist die Summe der zufließenden Ströme so groß wie die Summe der abfließenden Ströme

$$R = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \right)$$

In der Parallelschaltung ergibt sich der Gesamtwiderstand durch die Addition der Leitwerte

$$U = I * R = I_1 * R_1 = \dots \quad \frac{I}{I_1} = \frac{R_1}{R}$$

In der Parallelschaltung ist die Stromstärke umgekehrt proportional wie der dazugehörige Widerstandswert.

Der größte Strom fließt also durch den kleineren Widerstand.

Bei der Parallelschaltung ist der Ersatzwiderstand stets kleiner als der kleinste Einzelwiderstand

Anwendungen der Parallelschaltung

Glühlampen, elektrische Haushaltsgeräte werden für genormte Spannungen hergestellt z.B. 230 V AC.
Sie werden daher parallel an das Stromnetz geschaltet

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Berechnungsübung Parallelschaltung

Werkstattausbilder an der Tafel

4 Widerstände, $R_1 = 100 \text{ Ohm}$, $R_2 = 200 \text{ Ohm}$, $R_3 = 400 \text{ Ohm}$ und $R_4 = 800 \text{ Ohm}$ sind Parallel an 100 V DC angeschlossen.

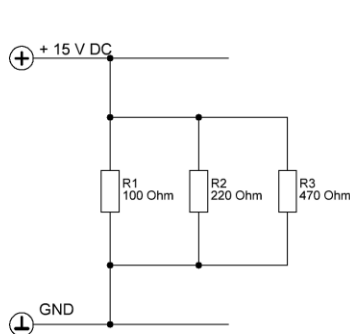
Erstellen Sie Den Schaltplan inkl. aller Eintragen für die Spannungs- Strom und Widerstandswerte

Berechnen Sie Alle Spannungs- Strom und Widerstandswerte

U in V	U1 in V	U2 in V	U3 in V	U4 in V
100	100	100	100	100

I in A	I1 in A	I2 in A	I3 in A	I4 in A	I234 in A	I34 in A
1,875	1	0,5	0,25	0,125	0,875	0,375

R in Ohm **53,33 Ohm**



Aufbau der Schaltung gemäß Vorgaben über die gesamte Breite des Steckbrettes mit Steckbrücken 2 mm bzw. flexiblen Leitungen 2 mm

Einzeichnen des Spannungsmessers inkl. Anschlüsse
Messung der Teilspannungen
U1 in Volt
U2 in Volt
U3 in Volt
Gemäß Messanweisung zur Spannungsmessung

Einzeichnen des Strommessers inkl. Anschlüsse
Messung des Gesamtstromes
I in mA
I1 in mA
I2 in mA
I3 in mA
I23 in mA
Gemäß Messanweisungen zur Strommessung
Kontrolle durch Berechnung

Messwerte

Strommessung in mA				
I	I1	I2	I3	I23
250	150	68,18	31,9	100

Spannung in Volt			
U	U1	U2	U3
15	15	15	15

Ggf Widerstandsmessung

59,97 Ohm

Kontrollrechnung

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Messübung 8

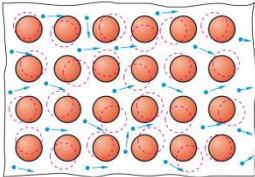
Ohmsches Gesetz 1,
Abhängigkeit des Stromes von der Spannung bei konstantem Widerstand.
Einweisung Variabler Spannungsquelle im Vorfeld

Bearbeitet am

Durch

Klasse / Gruppe

Wiederholung 2.6 Elektrischer Widerstand und Leitwert



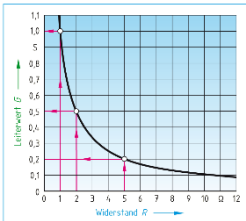
$$R = \frac{1}{G} \quad \left[\Omega = \frac{1}{S} \right] \quad G = \frac{1}{R} \quad \left[S = \frac{1}{\Omega} \right]$$

Jeder Leiter setzt dem elektrischen Strom I einen Widerstand R entgegen, der durch eine elektrische Spannung U überwunden werden muss.

Der elektrische Widerstand hat das Formelzeichen R und die Einheit Ohm Ω

Der elektrische Leitwert (Formelzeichen G) hat die Einheit Siemens (Einheitenzeichen S)

Zusammenhang zwischen Leitwert G und Widerstand R



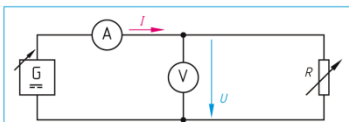
Ein Leiter mit einem kleinen Widerstand leitet den elektrischen Strom gut, er hat einen großen Leitwert.

Umgekehrt gehört zu einem großen Widerstand ein kleiner Leitwert

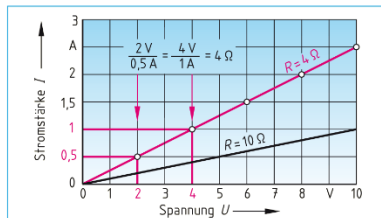
1: Wie groß ist der Leitwert G des Widerstandes einer Heizwendel von $R = 40 \Omega$?

Ges: G in mS **25 mS**

Wiederholung 2.7 Ohmsches Gesetz



Versuch 1: Widerstand konstant $R = 4 \Omega$		Versuch 2: Spannung konstant $U = 10 V$	
Spannung in V	Strom in A	Widerstand in Ω	Strom in A
2	0,5	2	5,0
4	1,0	4	2,5
6	1,5	6	1,67
8	2,0	8	1,25
10	2,5	10	1,0



Bei konstantem Widerstand R ist die Stromstärke I proportional der Spannung U

Je höher die Spannung ist, desto größer ist die Stromstärke: $I \sim U$
 $\frac{\text{Spannung}}{\text{Stromstärke}} = \text{Widerstand} = \text{konstant}$

$$I = \frac{U}{R} \quad U = R * I \quad R = \frac{U}{I} \quad \left[A = \frac{V}{\Omega} = \frac{V}{V/A} \right]$$

Rechenübung Ohmsches Gesetz

- 1: Im Stromkreis liegt ein Widerstand von $R = 10 \Omega$ an der Spannung $U = 24 \text{ V}$. Berechnen Sie die Stromstärke I .

Ges: I in A **2,4 A**

- 2: Die Heizspirale eines Heizlüfters für 230 V hat einen Widerstand von 40Ω . Berechnen Sie den Strom.

Ges: I in A **5,75 A**

- 3: Welche Spannung muss an einem Anlasswiderstand von 265Ω liegen, wenn ein Strom von $0,3 \text{ A}$ fließen soll?

Ges: U in V **79,5 V**

- 4: Eine Spule nimmt an Gleichspannung von 12 V einen Strom von 150 mA auf. Berechnen Sie den Widerstand des Spulendrahtes.

Ges: R in Ω **80 Ω**

- 5: Ein veränderbarer Widerstand ist an die Spannung 12 V angeschlossen. Es werden nacheinander die Widerstandswerte $R_1 = 20 \Omega$ und $R_2 = 100 \Omega$ eingestellt.

a) Berechnen Sie die jeweils fließenden Ströme.

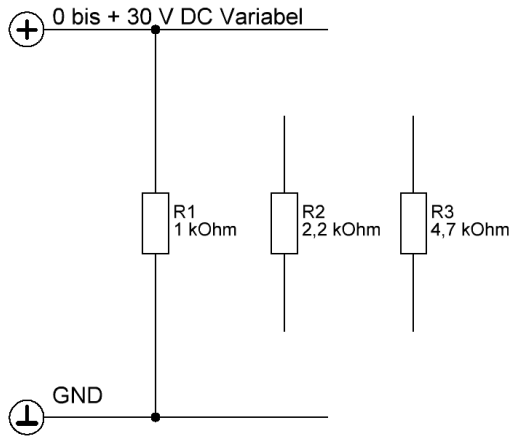
b) Wie ändern sich die Ströme, wenn die Spannungen halbiert wird?

Ges	a)	I_1 in mA	600 mA	I_2 in mA	120 mA
	b)	I_1 in mA	300 mA	I_2 in mA	60 mA

- 6: Ein Spannungsmesser hat einen Widerstand von $45 \text{ k}\Omega$. Welcher Strom fließt bei der gemessenen Spannung von 30 V durch das Messgerät?

Ges: I in μA **666 μA**

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen



Aufbau der Schaltung gemäß Vorgaben über die gesamte Breite des Steckbrettes mit Steckbrücken 2 mm bzw. flexiblen Leitungen 2 mm

Einzeichnen des Spannungsmesser inkl. Anschlüsse
Messung der Eingangsspannung U
Gemäß Messanweisung zur Spannungsmessung

Einzeichnen des Strommesser inkl. Anschlüsse.
Messung der Stromstärke I in mA
Gemäß Messanweisung
Bei verschiedenen Eingangsspannung bzw. Widerständen siehe Tabelle

ggf. EXCELL Übung

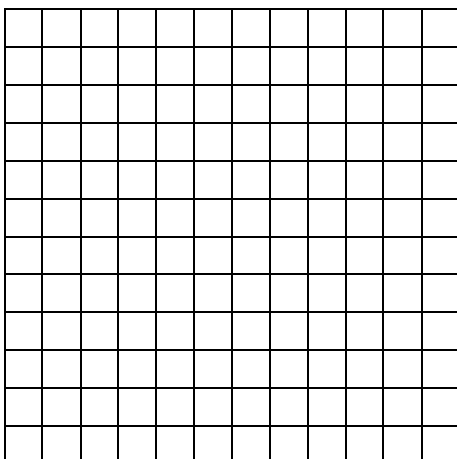
Messung

	U in V	0	2	4	6	8	10
R1 = 1,0 kΩ	I1 in mA	0	2	4	6	8	10
R2 = 2,2 kΩ	I2 in mA	0	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5
R3 = 4,7 kΩ	I3 in mA	0	0,4	0,85	1,27	1,7	2,1

Kontrollrechnung

	U in V	0	2	4	6	8	10
R1 = 1,0 kΩ	I1 in mA	0	2	4	6	8	10
R2 = 2,2 kΩ	I2 in mA	0	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5
R3 = 4,7 kΩ	I3 in mA	0	0,4	0,85	1,27	1,7	2,1

Diagramm X-Achse Spannung / Y-Achse Strom Werte aus der Kontrollrechnung



Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Messübung 9

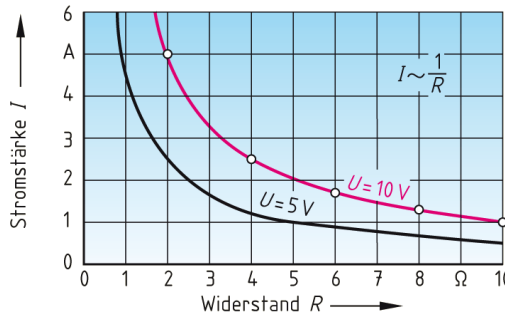
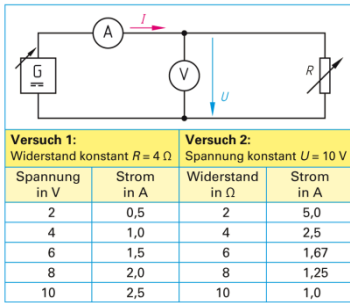
Ohmsches Gesetz 2,
Abhängigkeit des Stromes vom
Widerstand bei Konstanter
Spannung

Bearbeitet am

Durch

Klasse / Gruppe

Wiederholung 2.7 Ohmsches Gesetz



Die konstanter Spannung U ist die Stromstärke I umgekehrt proportional dem Widerstand R

$$I = \frac{U}{R} \quad U = R * I \quad R = \frac{U}{I} \quad \left[A = \frac{V}{\Omega} = \frac{V}{V/A} \right]$$

Wiederholung 2.8 Leiterwiderstand

Material	Leiterlänge	Leiterquerschnitt
<p>Kupfer: viele freie Elektronen Konstantan: wenig freie Elektronen</p>	<p>doppelte Leiterlänge \Rightarrow doppelter Widerstand</p>	<p>großer Querschnitt \Rightarrow kleiner Widerstand kleiner Querschnitt \Rightarrow großer Widerstand</p>
Der Leiterwiderstand ist umso größer, je größer der spezifische Widerstand ρ ist. $R \sim \rho$	Der Leiterwiderstand ist umso größer, je länger die Leiterlänge l ist. $R \sim l$	Der Leiterwiderstand ist umso größer, je kleiner der Leiterquerschnitt A ist. $R \sim \frac{1}{A}$
Leiterwiderstand $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \text{m} = \Omega$ $[R] = \frac{\text{m}}{\text{mm}^2} = \Omega$	$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$	

Tabelle 1: Spezifischer Widerstand und Leitfähigkeit (Beispiele bei 20 °C)		
Material	Spezifischer Widerstand ρ in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	Leitfähigkeit γ in $\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$
Aluminium (Al)	0,0278	36,0
Kupfer (Cu)	0,0178	56,0
Silber (Ag)	0,0167	60,0
Gold (Au)	0,022	45,7

$$R = \frac{l}{\gamma * A} \quad R = \frac{\rho * l}{A} \quad A = r^2 * \pi$$

Rechenübung Leiterwiderstand

- 1: Der Draht für einen Vorwiderstand aus CuMn12Ni mit $\gamma = 2,3 \text{ m}/(\Omega * \text{mm}^2)$ in einem Messgerät hat den Durchmesser 0,1 mm und ist 1,81 m lang.
- a) Berechnen Sie den Widerstandswert des Vorwiderstandes
- b) Wie lange müsste ein CuNi44 Draht mit $\gamma = 2,01 \text{ m}/(\Omega * \text{mm}^2)$ von 0,12 mm Durchmesser mit gleichem Widerstand sein?

Ges: R_{Ltg} in Ω **100,19 Ω**
A bei $d = 0,1 \text{ mm}$ $7,85 * 10^{-3} \text{ mm}^2$

Länge in m **2,27 m**
A bei $d = 0,12 \text{ mm}$ $0,011 \text{ mm}^2$

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

2: Auf einem Stellwiderstand sind 150 m Konstantandraht CuNi44 mit $\gamma = 2,01 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$ mit einem Querschnitt von $0,196 \text{ mm}^2$ aufgewickelt. Berechnen Sie den Leiterwiderstand R.

Ges: R_{Ltg} in Ω **380,75 Ω**

3: Ein Bund Kupferdraht $\gamma = 56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$ mit $1,5 \text{ mm}^2$ Querschnitt hat einen Widerstand von $0,6 \Omega$. Ermitteln Sie die Länge des Drahtes.

Ges: Länge in m **50,4 m**

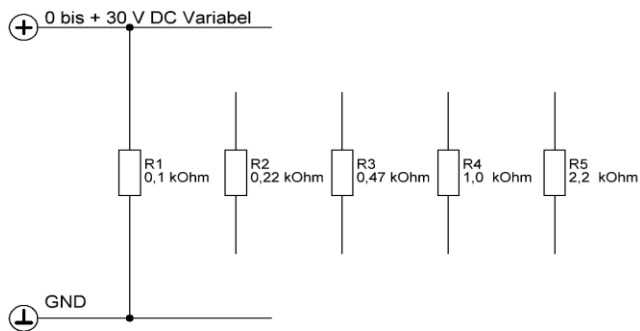
4: Welchen Querschnitt haben Drähte von je 100 m Länge aus

a) Kupfer $\gamma = 56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$

b) Aluminium $\gamma = 35 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$, deren Widerstand jeweils $0,3 \Omega$ betragen soll.

Ges: A_{Cu} in mm^2 **5,95 mm^2**

A_{Al} in mm^2 **9,52 mm^2**



Aufbau der Schaltung gemäß Vorgaben über die gesamte Breite des Steckbrettes mit Steckbrücken 2 mm bzw. flexiblen Leitungen 2 mm

Einzeichnen des Spannungsmesser inkl. Anschlüsse
Messung der Eingangsspannung U
Gemäß Messanweisung zur Spannungsmessung

Einzeichnen des Strommesser inkl. Anschlüsse.
Messung der Stromstärke I in mA
Gemäß Messanweisung
Bei verschiedenen Eingangsspannung bzw. Widerständen siehe Tabelle

ggf. EXCELL Übung

Messung

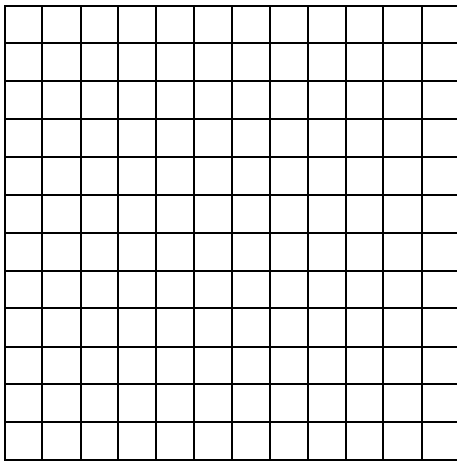
	R in k Ω	0,1	0,22	0,47	1,0	2,2
U1 = 3 V	I in mA	30	13,6	6,38	3	1,36
U2 = 6 V	I in mA	60	27,2	12,7	6	2,72
U3 = 9 V	I in mA	90	40,9	19,1	9	4,04

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik
Grundbegriffe Lösungen

Kontrollrechnung

	R in $k\Omega$	0,1	0,22	0,47	1,0	2,2
U1 = 3 V	I in mA	30	13,6	6,38	3	1,36
U2 = 6 V	I in mA	60	27,2	12,7	6	2,72
U3 = 9 V	I in mA	90	40,9	19,1	9	4,04

Diagramm X-Achse Widerstand R / Y-Achse Strom Werte aus der Kontrollrechnung



Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Messübung 10

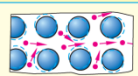
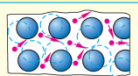
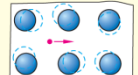
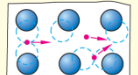
PTC Widerstand, Abhängigkeit
des Widerstandes von der
Temperatur (Glühlampe)

Bearbeitet am

Durch

Klasse / Gruppe

Wiederholung 2.9 Temperaturabhängigkeit des Widerstandes

Tabelle 1: Temperaturabhängigkeit des Widerstands			
		niedrige Temperatur	hohe Temperatur
		geringer Atomabstand	
Metalle			
		geringe Behinderung der freien Elektronen	starke Behinderung der freien Elektronen
		großer Atomabstand	
Halbleiter			
		wenig freie Ladungsträger entstehen	viele freie Ladungsträger entstehen

Der Widerstand von Metallen nimmt bei Temperaturerhöhung zu. Stoffe die im kalten Zustand besser leiten nennt man Kaltleiter PTC Positiver Temperatur Koeffizient

Der Widerstand von Kohle nimmt bei Temperaturerhöhung ab. Stoffe die im heißem Zustand besser leiten nennt man Heißleiter NTC Negativer Temperatur Koeffizient

Temperaturkoeffizient

Tabelle 2: Temperaturbeiwerte von Werkstoffen bei 20 °C			
Werkstoff	α in 1/K	Werkstoff	α in 1/K
Eisen	0,00657	Kupfer	0,0039
Zinn	0,0046	Aluminium	0,004
Blei	0,0042	Messing	0,0015
Zink	0,0042	Manganin	0,00001
Gold	0,00398	Konstantan	0,00004
Silber	0,0041	Kohle	-0,00045

Der Temperaturkoeffizient α gibt an, um wieviel Ohm der Widerstand von 1 Ω bei einer Temperaturänderung von 1K (Kelvin) größer (PTC) oder kleiner (NTC) wird.

Formeln

$$\Delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1$$

$$\Delta R = R_{20} * \alpha * \Delta\vartheta$$

$$R\vartheta = R_{20} + \Delta R$$

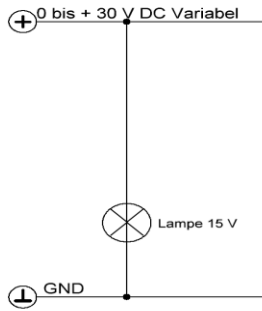
$$R\vartheta = R_{20}(1 + \alpha * \Delta\vartheta)$$

Rechenübung zu Leiterwiderstand

1: Eine Aluminiumfreileitung ($\alpha = 0,004$ 1/K) hat bei 20°C einen Widerstand von 10,2 Ω . Im Sommer wird sie auf 50°C erwärmt.

a) Wie groß ist dann ihr Widerstandswert? Ges: R_{Ltg} in Ω **11,424 Ω**

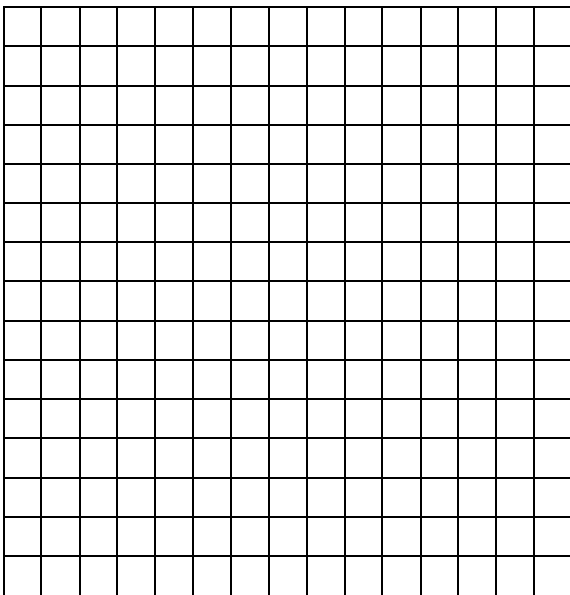
Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen



- Aufbau der Schaltung gemäß Vorgaben über die gesamte Breite des Steckbrettes mit Steckbrücken 2 mm bzw. flexiblen Leitern 2 mm
- Einzeichnen Strom- und Spannungsmesser inkl. Anschlüsse
- Eingangsspannung Messung gemäß Anleitung
- Strommessung gemäß Anleitung
- Berechnung des Widerstandes mittels Ohmschen Gesetz

U in Volt	0,0	0,5	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0
I in mA		3,8	6,25	9	16	17	21	24		
R in Ohm berechnet		130	160	220	240	340	380	410		

Diagramm X-Achse Widerstand / Y-Achse Spannung



Siehe Gefährdungsbeurteilung

Widerstandsmessung mittels

Bearbeitet am

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

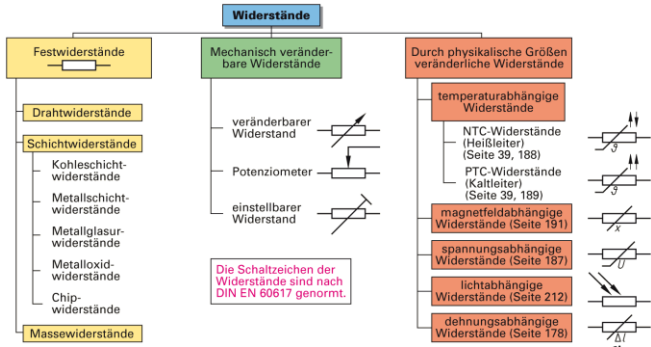
Messübung 11

Vielfachmessinstrument am Widerstandsbrett. Bestimmung des Farbcodes inkl. Kontrollmessung

Durch

Klasse / Gruppe

Wiederholung 2.10 Bauarten von Widerständen



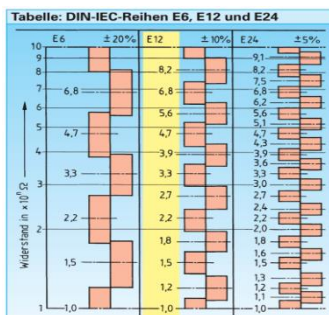
Festwiderstände

Festwiderstände haben genormte Bemessungswerte (Nennwerte) mit einer zulässigen Toleranz, die in Prozent vom Bemessungswert angeben wird. Die Normreihen dieser Nennwiderstände sind so aufgebaut, dass sie jeden Zwischenbereich abdecken können

Mechanisch veränderbare Widerstände

Werden als Stellwiderstände und als Drehwiderstände hergestellt. Die drei Anschlüsse bezeichnet man mit E (Eingang), S (Schleifer) und A (Ausgang). Je nach Einstellung des Schleifkontaktes ändert sich der abgegriffene Widerstandswert zwischen S und A bzw S und E.

DIN-IEC Reihen



Die nach DIN-IEC festgelegten E-Reihen und deren Toleranzen sind E6 $\pm 20\%$, E12 $\pm 10\%$, E24 $\pm 5\%$, E48 $\pm 2\%$, E96 $\pm 1\%$ und E192 $\pm 0,5\%$

Widerstände bis einschließlich Reihe E48 haben vier Farbringe

Sind Widerstände mit 5 Farbringen versehen, geben die ersten drei Farbringe die ersten drei Ziffern des Widerstandswertes, der vierte Ring gibt den Multiplikator an und der fünfte Farbring die Toleranz.

Belastbarkeit von Widerständen

Die Belastbarkeit aller Widerstände hängt von der Baugröße und der Umgebungstemperatur ab. Wird die Belastbarkeit überschritten, führt dieses zur Zerstörung des Widerstandes

Farbkennzeichnung für Widerstände

Tabelle: Farbkennzeichnung für Widerstände

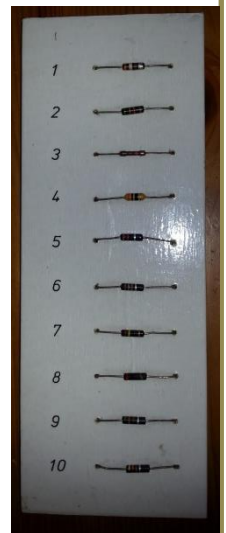
Kennfarbe	1.Ziffer	2.Ziffer	Multiplikator	Widerstandswert in Ω		Toleranz in %
keine	—	—	—	—	—	±20
silber	—	—	10 ⁻²	—	—	±10
gold	—	—	10 ⁻¹	—	—	±5
schwarz	—	0	1	—	—	—
braun	1	1	10 ¹	—	—	±1
rot	2	2	10 ²	—	—	±2
orange	3	3	10 ³	—	—	—
gelb	4	4	10 ⁴	—	—	—
grün	5	5	10 ⁵	—	—	±0,5
blau	6	6	10 ⁶	—	—	±0,25
violett	7	7	10 ⁷	—	—	±0,1
grau	8	8	10 ⁸	—	—	—
weiß	9	9	10 ⁹	—	—	—

Widerstandswerte und Fertigungstoleranzen werden durch Farbringe auf den Widerstand gekennzeichnet.

Widerstände bis einschließlich Reihe E48 haben vier Farbringe

Sind Widerstände mit 5 Farbringen versehen, geben die ersten drei Farbringe die ersten drei Ziffern des Widerstandswertes, der vierte Ring gibt den Multiplikator an und der fünfte Farbring die Toleranz.

Widerstand	Ring 1 / Farbe	Ring 2 / Farbe	Ring 3 / Farbe	Ring 4 / Farbe	Wert / Toleranz	Messergebnis
R1						390
R2						510
R3						560
R4						30
R5						12
R6						180
R7						24
R8						20
R9						5,1
R10						4,3



Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Messübung 12

Widerstandsmessung am
Potentiometer

Bearbeitet am

Durch

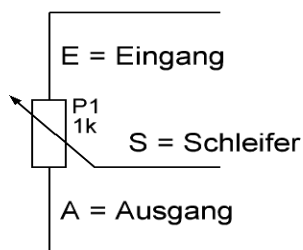
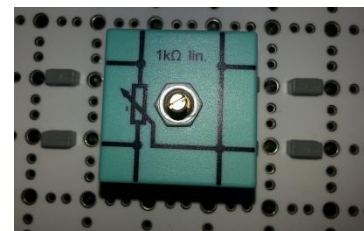
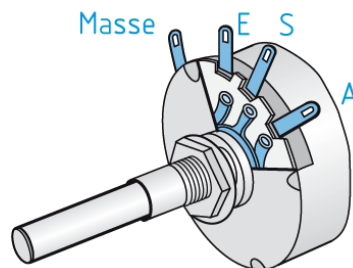
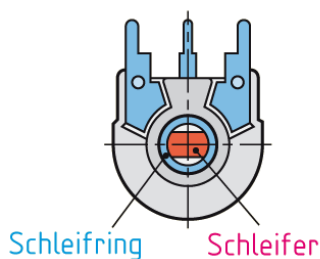
Klasse / Gruppe

Wiederholung 2.9 Bauformen von Widerständen

Festwiderstände **Mechanisch veränderbare Widerstände** **und Sensoren**

Mechanisch veränderbare Widerstände

Werden als **Stellwiderstände** und als **Drehwiderstände** hergestellt.
Die drei Anschlüsse bezeichnet man mit **E (Eingang)**, **S (Schleifer)** und **A (Ausgang)**.
Je nach Einstellung des Schleifkontaktes ändert sich der abgegriffene Widerstandswert zwischen **S** und **A** bzw **S** und **E**.



Messung 1
Widerstand zwischen E & A
Messung 2
Widerstand zwischen E & S
Messung 3
Widerstand zwischen A & S

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Messübung 13

Widerstandsmessung am PTC-Kalbleiter Temperaturfühler

Bearbeitet am

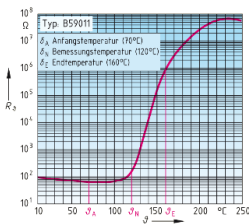
Durch

Klasse / Gruppe

Wiederholung 9.2 Halbleiterwiderstände

Halbleiterwiderstände ändern ihren Widerstandswert in Abhängigkeit von einer physikalischen Größe. Sie werden darum häufig als Messumformer in Überwachungsschaltungen, Regelungen oder Steuerungen eingesetzt.

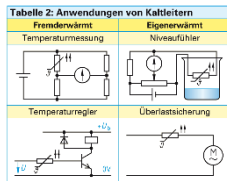
9.2.3 Kaltleiter PTC Widerstände



Kalbleiter (PTC-Widerstände) sind temperaturabhängige Widerstände mit einem positiven Temperaturbeiwert. In einem begrenzten Temperaturbereich steigt der Widerstandswert steil an. Dies ist auch der Arbeitsbereich des Temperaturfühlers

Fremderwärmter Kaltleiter

dürfen vom Durchfließenden Strom nur wenig erwärmt werden. Dann beeinflusst nur die Umgebungstemperatur den Kaltleiterwiderstand.



Eigenerwärmter Kaltleiter

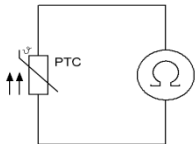
Erhitzt der Durchfließende Strom auf eine Temperatur, bei der die abgeführte Wärme die zugeführte elektrische Energie ausgleicht. Sinkt die Temperatur, nimmt der Kaltleiter wegen dem abfallenden Widerstands mehr Strom und damit eine höhere Leistung auf. Umgekehrt setzt der Kaltleiter bei Temperaturanstieg seine Leistung herab.

Anwendungsbeispiele von eigenerwärmten Kaltleiter

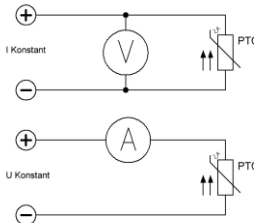
Eigenerwärmter: Lichterkette, Relais Anzugsverzögerung Einschaltstrombegrenzung

Fremderwärmter: Überlastungsschutz Kurzschlusschutz Strömungsmessung Flüssigkeitsniveau

Grenzwertgeber Überfüllsicherung



Steckbauelement passt direkt in das Messgerät
Messung 1 Raumtemperatur
Widerstandswert
Messung 2 Finger auf Pille
Widerstandswert



Verweis auf das Ohmsche Gesetz, wenn U konstant ist I umgekehrt zum Widerstand
Verweis auf das Ohmsche Gesetz, wenn I konstant ist U proportional zum Widerstand

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Messübung 14

Widerstandsmessung am NTC
Heißleiter Temperaturfühler

Bearbeitet am

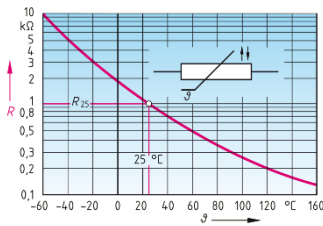
Durch

Klasse / Gruppe

Wiederholung 9.2 Halbleiter

Halbleiterwiderstände ändern ihren Widerstandswert in Abhängigkeit von einer physikalischen Größe. Sie werden darum häufig als Messumformer in Überwachungsschaltungen oder Steuerungen eingesetzt.

9.2.2 Heißleiter NTC Widerstand



Heißleiter (NTC-Widerstände) sind temperaturabhängige Widerstände mit einem negativen Temperaturbeiwert. Sein Widerstandswert nimmt mit steigender Temperatur ab.

Fremderwärmter Heißleiter

Ein Heißleiter kann seinen Widerstand durch zwei Einflüsse verändern:
Von außen Fremderwärmert
Von innen Eigenerwärmert

Tabelle: Anwendungen von Heißleitern	
Eigenerwärmert	Fremderwärmert
<p>Christbaum-Beleuchtung</p>	<p>Temperaturmessung</p>
<p>Relais-Anzugsverzögerung</p>	<p>Temperaturkompensation</p>

Fremderwärmte Heißleiter betreibt man im Anstiegsbereich der Kennlinie

Anwendungsbeispiele für fremderwärmte Heißleiter

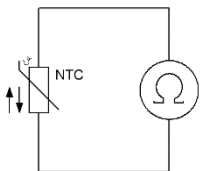
Temperaturmessung, Leistungsmessung

Eigenerwärmte Heißleiter

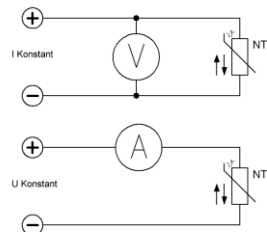
Werden durch den durchfließenden Strom aufgeheizt. Die Temperatur des Heißleiters steigt solange an, bis sich ein Gleichgewicht zwischen zugeführter elektrischer Energie und der Wärmestrahlung eingestellt hat.

Anwendungsbeispiele für eigenerwärmte Heißleiter

Lichterkette, Reais Anzugsverzögerung, Einschaltstrombegrenzung



Steckbauelement passt direkt in das Messgerät
Messung 1 Raumtemperatur
Widerstandswert
Messung 2 Finger auf Pille
Widerstandswert



Verweis auf das Ohmsche Gesetz, wenn U Konstant ist I umgekehrt zum Widerstand
Verweis auf das Ohmsche Gesetz, wenn I Konstant ist U proportional zum Widerstand

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Messübung 15

Widerstandsmessung am LDR
Beleuchtungsabhängiger Widerstand

Bearbeitet am

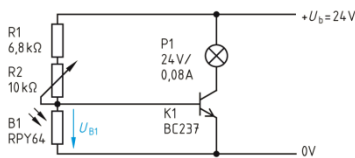
Durch

Klasse / Gruppe

Wiederholung 9.6 Optoelektronik

Die Optoelektronik befasst sich mit Optoelektronischen Bauelementen, die im infrarotem, sichtbaren und ultravioletten Bereich der elektromagnetischen Strahlung eingesetzt werden, Licht das vom Auge optisch wahrgenommen werden kann, hat eine Wellenlänge von 380 nm bis 780 nm.

9.6.2 Optoelektronische Empfänger (Dektoren)

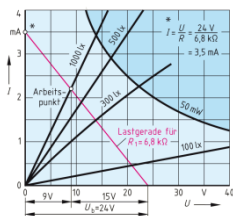


Wandeln elektromagnetische Strahlung, in eine verarbeitbare elektrische Größe um. Die kann ein Spannungswert oder auch ein Widerstandswert sein. Dieser ist proportional dem Eingangswert

Fotodioden

Im Betrieb wird die Fotodiode in Sperrrichtung geschaltet. Ohne Beleuchtung fließt ein sehr geringer Dunkelstrom. Bei Beleuchtung fließt der Hellstrom. Fotodioden verwendet man z.B. zur Lichtstärkenmessung und für Lichtsensoren.

Fotowiderstände



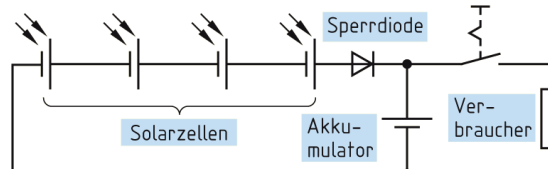
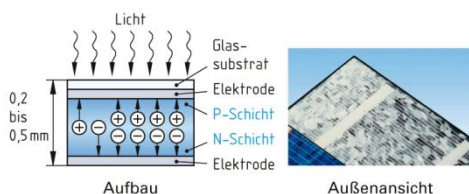
Aufbau	Schaltzeichen und Anwendung	Elektrische Daten (Beispiel: RPY 64)
	<p>Prinzipschaltung: Belichtungsmesser</p>	<p>Grenzwerte: Verlustleistung $P_{tot} = 50 \text{ mW}$ Grenzspannung $U_G = 50 \text{ V}$</p> <p>Kennwerte: Dunkelwiderstand $R_d \geq 100 \text{ M}\Omega$ Hellwiderstand $R_h < 3 \text{ k}\Omega$</p>

Fotowiderstände ändern ihren Widerstandswert mit der Beleuchtungsstärke. Fotowiderstände verwendet man z.B. als Lichtsensoren in Dämmererschalter.

Fotoelement

Fotoelemente geben eine elektrische Spannung von etwa 0,4 V ab, wenn Licht auf sie fällt. Man verwendet Fotoelemente z.B. zur Lichtmessung, bei Lichtsteuerungen und Lichtregelungen

Solarzelle

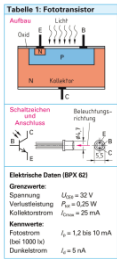


Solarzellen sind Halbleiterbauelemente, vergleichbar mit Fotoelementen, die Lichtstrahlung direkt in elektrische Energie umwandeln. Allerdings können Solarzellen nur einen geringen Teil des einfallenden Lichtes (etwa 17%) in elektrische Energie umwandeln.

Anwendungen von Solarzellen

Spannungserzeugung mit Solarzellen erfolgt für viele Anwendungen, von Solar-Taschenrechnern bis zur Energieerzeugung im Kilowattbereich (Fotovoltaikanlagen). Beträgt die Fläche der Solarzelle ca. 100m^2 , so kann bei voller Sonneneinstrahlung eine Leistung von ca. $1,7\text{ W}$, eine Spannung von etwa $0,5\text{ V}$ und ein Strom von 3 A entnommen werden. Höhere Spannungen erhält man durch Reihenschaltung, größere Ströme durch Parallelschaltung, einzelner Solarzellen.

Fototransistoren



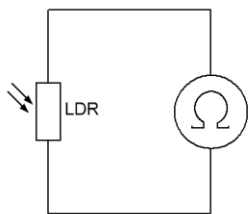
Fototransistoren sind Silicium Transistoren mit einer Lichteintrittsöffnung von einigen mm^2 . Das Licht beeinflusst die Basis-Kollektor-Strecke. In der Wirkungsweise entspricht ein Fototransistor einer Fotodiode mit eingebauten Verstärker. Der Fototransistor weist eine 100- bis 500-mal größere Lichtempfindlichkeit auf als vergleichbare Fotodioden.

Schaltung	Funktion
	Bei Lichteinfall leiten der Fotowiderstand B1 und der Transistor K1 mehr; U_s wird kleiner.
	Bei Lichteinfall entsteht am Fotoelement G1 eine Spannung. Der Transistor K1 leitet weniger. U_s wird größer.
	Bei Lichteinfall werden der Fototransistor B1 und der Transistor K1 leitend; U_s wird kleiner.
	Bei Lichteinfall leitet der Fototransistor B1, der Transistor K1 dagegen nicht; U_s wird größer.

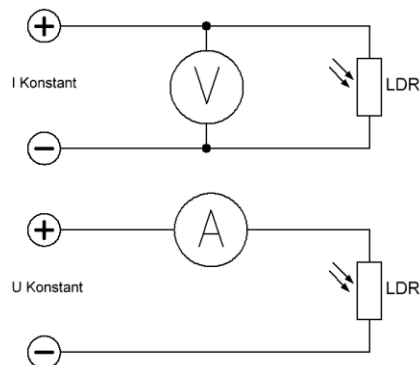
9.6.4 Optokoppler

--	--	--	--

Optokoppler ermöglichen die Übertragung von Signalen zwischen zwei galvanisch getrennten Stromkreisen. Im inneren des Optokopplers befindet sich eine Leuchtdiode als Sender und z.B. ein Fototransistor als Empfänger. Sender und Empfänger sind lichtdicht nach außen abgeschirmt. Der Optokoppler überträgt Informationen durch Lichtstrahlung von der Leuchtdiode zum Fototransistor.



Steckbauelement passt direkt in das Messgerät
Messung 1 Offen bei Raumlicht
Widerstandswert
Messung 2 Abgedeckt mit der Hand
Widerstandswert



Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Messübung 16

Reed Schalter,
Magnetfeldabhängiger Schalter
MK28-1C Wechsler Kontakt

Bearbeitet am

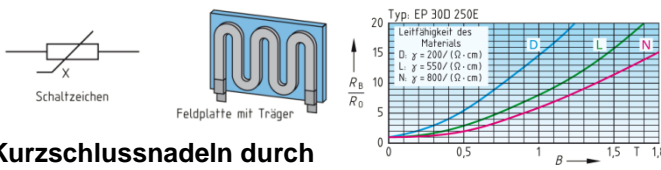
Durch

Klasse / Gruppe

Wiederholung 9.2 Halbleiterwiderstände

Halbleiterwiderstände ändern ihren Widerstandswert in Abhängigkeit von einer physikalischen Größe. Sie werden darum häufig als Messumformer in Überwachungsschaltungen, Regelungen oder Steuerungen eingesetzt.

9.2.4 Feldplatte



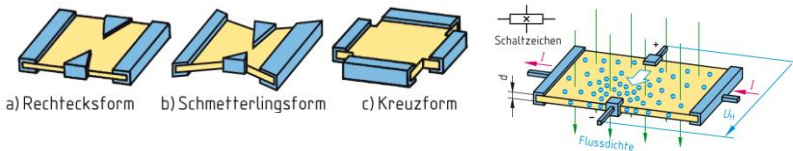
Feldplatten werden auch magnetfeldabhängige Widerstände oder MDR genannt. Sie bestehen aus sehr dünnen Halbleiterplättchen, die mäderförmig auf eine Trägerplatte geklebt sind. In den Halbleiterplättchen werden den Einfluss eines äußeren Magnetfeldes aus

Kurzschlussnadeln durch der Ruhelage gebracht und behindern so den Stromfluss. Der Widerstand einer Feldplatte steigt mit der magnetischen Flussdichte B.

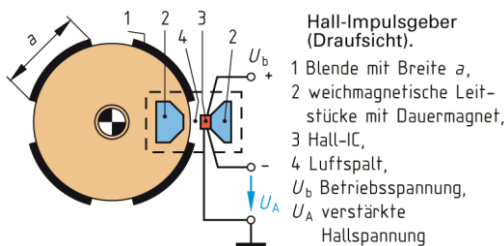
Anwendungen der Feldplatte

Kontaktlose steuerbare Widerstände, Kontakt- und berührungslose Schalter, Drehzahl- und Drehrichtungserfassung, Messung von Magnetfeldern und Gleichstrommessung von Strommesszangen.

9.3 Hallgenerator



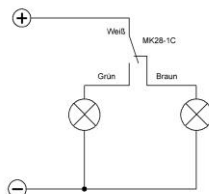
Der Hallgenerator wird auch Hallsensor genannt. Der Hallgenerator erzeugt aus einem Strom und einem Magnetfeld eine Spannung (Hall-Spannung)



Anwendungen von Hallgeneratoren
Magnetfeldmessung, potenzialfreie Strommessung, berührungs- und kontaktlose Signalgeber.
In der Automobilindustrie finden Hallgeneratoren vielfältige Anwendungen. Im Gurtschluss, Türschließsystem, Pedalzustandserkennung, in Getriebeschaltern oder zur Steuerung des Zündzeitpunktes.



Wird ein Dauermagnet in die Nähe des REED Schalter gebracht ca. 5 mm Schaltet der Wechsler um
Messinstrument Anschluss wie Widerstandsmessung Mit Funktionstaster Umschaltung auf Durchgangsmessung



Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Messübung 17

Reed Schalter,
Magnetfeldabhängiger Schalter
MK07 1A66B Schließer Kontakt

Bearbeitet am

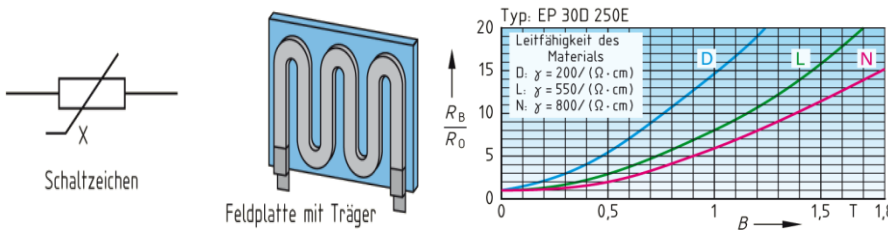
Durch

Klasse / Gruppe

Wiederholung 9.2 Halbleiterwiderstände

Halbleiterwiderstände ändern ihren Widerstandswert in Abhängigkeit von einer physikalischen Größe. Sie werden darum häufig als Messumformer in Überwachungsschaltungen, Regelungen oder Steuerungen eingesetzt.

9.2.4 Feldplatte



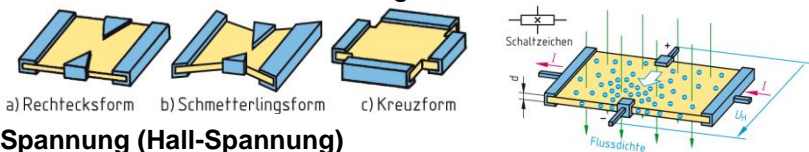
Feldplatten werden auch magnetfeldabhängige Widerstände oder MDR genannt. Sie bestehen aus sehr dünnen Halbleiterplättchen, die mäderförmig auf eine Trägerplatte geklebt sind. In

den Halbleiterplättchen werden Kurzschlussnadeln durch den Einfluss eines äußeren Magnetfeldes aus der Ruhelage gebracht und behindern so den Stromfluss. Der Widerstand einer Feldplatte steigt mit der magnetischen Flussdichte B .

Anwendungen der Feldplatte

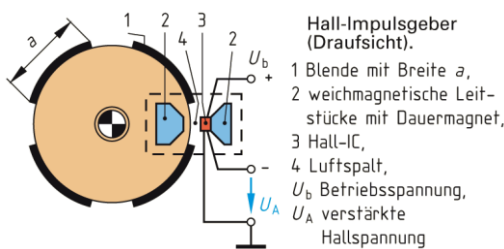
Kontaktlose steuerbare Widerstände, Kontakt- und berührungslose Schalter, Drehzahl- und Drehrichtungserfassung, Messung von Magnetfeldern und Gleichstrommessung von Strommesszangen.

9.3 Hallgenerator

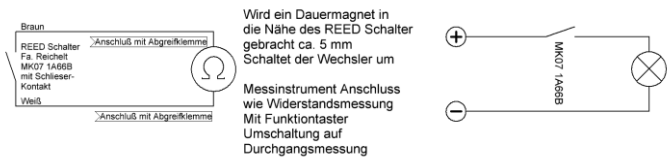


Der Hallgenerator wird auch Hallensensor genannt. Der Hallgenerator erzeugt aus einem Strom und einem Magnetfeld eine

Spannung (Hall-Spannung)



Anwendungen von Hallgeneratoren
Magnetfeldmessung, potenzialfreie Strommessung, berührungs- und kontaktlose Signalgeber. In der Automobilindustrie finden Hallgeneratoren vielfältige Anwendungen. Im Gurtschluss, Türschließsystem, Pedalzustandserkennung, in Getriebeschaltern oder zur Steuerung des Zündzeitpunktes.



Wird ein Dauermagnet in die Nähe des REED Schalter gebracht ca. 5 mm Schaltet der Wechsler um

Messinstrument Anschluss wie Widerstandsmessung Mit Funktionstaster Umschaltung auf Durchgangsmessung

Siehe Gefährdungsbeurteilung

Strom- Spannungsmessung zur

Bearbeitet am

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel

Messübung 18

Leistungsberechnung bei versch. Spannungen

Durch

- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung

- ! Sicherheitsbelehrung

Klasse / Gruppe

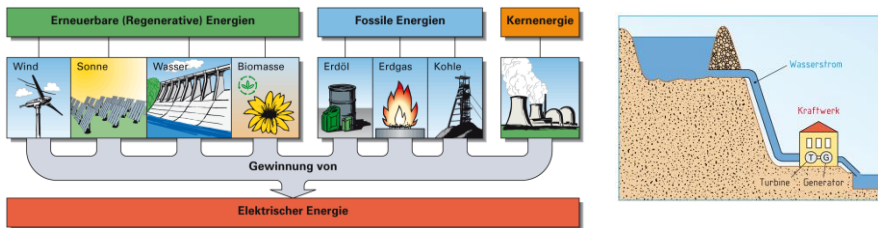
- ! Theorie / Fachkunde

Wiederholung 2.11 Elektrische Energie und Arbeit

Elektrische Energie lässt sich aus mechanischer Energie gewinnen.

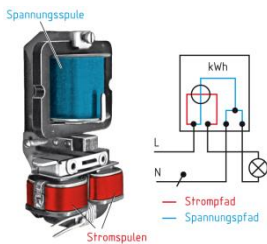
Energie ist die Fähigkeit Arbeit zu verrichten. Energie lässt sich nicht erzeugen nur umwandeln.

Die Umwandlung von elektrischer Energie in eine andere Energieform wird als elektrische Arbeit bezeichnet.



2.11.2 Elektrische Arbeit

$$W = U * I * t = P * t \quad \{Ws = V * A * s\}$$



Die elektrische Arbeit W ist das Produkt aus der Spannung U, der Stromstärke I und der Zeit t.

Messen der elektrischen Arbeit Indirekte Messung

Bei der Messung der elektrischen Arbeit W unterscheidet man die indirekte und die direkte Messung.

Messen der elektrischen Arbeit Direkte Messung

Die direkte Messung der elektrischen Arbeit erfolgt mit einem Elektrizitätszähler.

Ein Zählwerk zählt die Umdrehungen und zeigt die elektrische Arbeit W direkt in kWh an.

Kosten der elektrischen Arbeit

Der Abnehmer elektrischer Energie muss die verbrauchte elektrische Arbeit dem Netzbetreiber bezahlen.

Die Kosten der elektrischen Arbeit ergeben sich aus dem vom Zähler angezeigten verbrauchten elektrischen Arbeit und den Arbeitspreis je kWh.

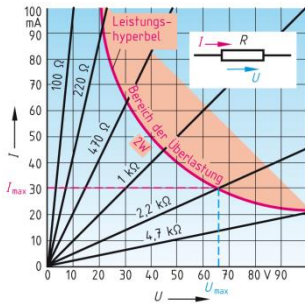
Zur Berechnung der Gesamtkosten müssen zum Verbrauchsendgeld noch der Leistungspreis (Bereitstellungspreis) und der Verrechnungspreis (Zählermiete) hinzugerechnet werden.

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Wiederholung 2.12 Elektrische Leistung

$$P = \frac{W}{t} \quad \left\{ W = \frac{W \cdot s}{s} \right\}$$

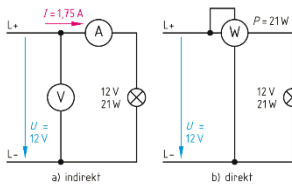
$$P = U * I * t \quad \{ W = V * A * s = W * s \}$$



$$P = \frac{U^2}{R} \quad P = I^2 * R$$

**Elektrische Leistung ist elektrische Arbeit pro Zeit
Die elektrische Leistung errechnet sich aus
Spannung mal Strom.**

Messung der elektrisch



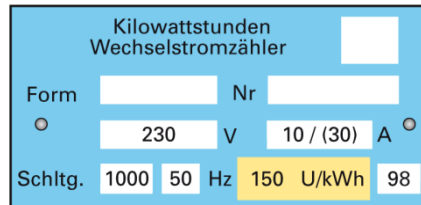
**Die elektrische Leistung P kann man direkt durch einen Leistungszähler
als auch indirekt durch Spannungs- und Strommessung berechnen.**

Messen Leistung Indirekt

**Die elektrische Leistung P kann man indirekt aus den Messwerten
einer Strom- und Spannungsmessung mit der Formel $P = U * I$ berechnen.**

Indirekte Leistungsmessung mithilfe eines Zähler

$$P = \frac{n}{C_z} \quad \left\{ P \text{ in Kw} = \frac{1/h}{1/kWh} \right\}$$



Messung der elektrischen Leistung Direkt

Die direkte Leistung kann man mit einem Leistungsmesser bestimmt werden.

Leistungsangabe / Bemessungsleistung

Tabelle: Leistungen von Verbrauchern (Beispiele)			
Verbraucher	Leistung	Verbraucher	Leistung
Haartrockner	2 000 W	Glühlampe	100 W
Fernsehgerät	150 W	LötKolben	60 W
ICE-Antrieb	8 000 kW	Quarz-Uhr	90 μW

**Bei elektrischen Betriebsmitteln ist auf den
Leistungsschild die Bemessungsleistung
angegeben.**

**Die Bemessungsleistung gibt die Leistung unter den
Betriebsbedingungen (z.B. Bemessungsspannung,
Bemessungsstrom) an.**

Nur bei Elektromotoren wird die abgegebene Leistung angegeben.

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Rechenübung Elektrische Arbeit

- 1: Die Heizwendel eines elektrischen Heizlüfters hat im aufgeheizten Zustand einen Widerstand von $26,5 \Omega$.
Wird der Heizlüfter 33 min. eingeschaltet, nimmt der Zählerstand um 1,1 kWh zu. Berechnen Sie
- die elektrische Leistung $P = U \cdot I$
 - die Stromstärke
 - die Nennspannung.

Ges: P in W **2000** I in A **8,68** U in V **230**

- 2: Ein Fernsehgerät hat eine Nennleistung von 240 W und ist täglich 4 Stunden und 15 min. in Betrieb.
- Berechnen Sie die aufgenommene elektrische Arbeit je Monat (1 Monat = 30 Tage)
 - Welche Kosten müssen sie pro Monat an den EVU verrichten wenn die Stromkosten 0,225 €/kWh betragen.

Ges: W in kWh **30,6** Kosten in € **6,885**

Rechenübungen zu elektrischer Leistung

- 1: Eine Halogenlampe nimmt an 12 V einen Strom von 6,25 A auf. Berechnen Sie
- den Betriebswiderstand
 - die Leistung der Lampe.

Ges: R in Ω **1,92** P in W **75**

- 2: Ein älteres Bügeleisen hat die Nennwerte 220 V, 1 kW.
Welche Leistung nimmt es auf, wenn es an 230 V betrieben wird.

Ges: P_{230} in W **1092** **48,4 Ω**

Rechenübung Leistungsbestimmung mit E-Zähler

- 1: Ein Zähler hat die Zählerkonstante $C_Z = 60 \text{ }^1/\text{kWh}$. Seine Zählerscheibe dreht sich nach Einschalten eines Heizlüfters in 2 Minuten 4 mal. Berechnen Sie die Leistung des Heizlüfters.

Ges: P in kW **2**

- 2: Nach dem Einschalten eines Fernsehgerätes dreht sich die Zählerscheibe 2 mal je Minute. Die Zählerkonstante beträgt $C_Z = 1200 \text{ }^1/\text{kWh}$. Welche Leistung nimmt das Gerät auf.

Ges: P in kW **0,1**

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Siehe Gefährdungsbeurteilung

- ! Unterweisungen / Einweisungen in Betriebsmittel
- ! Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung
- ! Sicherheitsbelehrung
- ! Theorie / Fachkunde

Rechnen 19

Wirkungsgrad

Elektrowärme

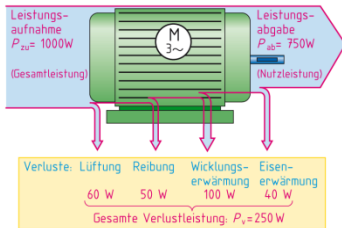
Bearbeitet am

Durch

Klasse / Gruppe

Wiederholung

2.13 Wirkungsgrad



$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \quad P_{zu} = P_{ab} + P_v$$

$$\eta = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \dots$$

Der Wirkungsgrad von abgegebener Leistung zu aufgenommen Leistung.

Den Teil der aufgenommen Leistung, der in unerwünschte Nebenwirkungen umgesetzt wird, nennt man Verlustleistung.

Den Gesamtwirkungsgrad einer Anlage, erhält man durch Multiplikation der Einzelwirkungsgrade.

Der Wirkungsgrad kann als Dezimalzahl oder in Prozent angeben werden.

Rechenübung Wirkungsgrad

- 1: Welchen Wirkungsgrad hat ein Drehstrommotor im Nennbetrieb bei einer Leistungsaufnahme von 24,3 kW und einer Leistungsabgabe von 22 kW.

Ges: η in % **0,9 bzw 90%**

- 2: Ein Motor mit einem Wirkungsgrad von 0,9 und gibt 30 kW ab. Berechnen Sie
a) die zugeführte Leistung
b) die Verlustleistung.

Ges: P_{zu} in kW **33,33** P_v in kW **0,90 bzw 90%**

Fachpraktische Tätigkeit FOS Erding Elektrotechnik Grundbegriffe Lösungen

Wiederholung 2.14 Elektrowärme

Tabelle 1: Elektrowärme (Beispiele)	
Nutzwärme	Verlustwärme
Raumheizung	Glühlampe
Kochplatten	Motor
Lötkolben	Transformator
Tauchsieder	Leitung

Tabelle 2: Spezifische Wärmekapazität c	
Stoff	Spezifische Wärmekapazität c in kJ/(kg · K)
Aluminium	0,92
Kupfer	0,39
Stahl	0,46
Polyvinylchlorid	0,88
Wasser	4,19

$$Q = m * c * \Delta\vartheta$$

$$\left\{ kJ = kg * \frac{kJ}{kg * K} K \right\}$$

Wärme

Wärme ist eine Energieform, die durch die ungeordnete Bewegung von Atomen oder Molekülen entsteht. Meist wird die elektrische Energie unmittelbar in Wärme umgewandelt. Wärme hat die gleichen Einheiten wie die Energie $Nm = Ws = J = VAs$

Temperatur

Den Wärmezustand eines Körpers kennzeichnet seine Temperatur. Als Einheit der Temperatur ist das Grad Celsius °C üblich. Temperaturdifferenzen werden immer in Kelvin abgegeben.

Wärmekapazität

Einen Körper muss man Wärme zuführen, um seine Temperatur zu erhöhen. Ein Rückgang der Temperatur bedeutet dagegen eine Abgabe von Wärme. Aufgenommene und abgegebene Wärme wird häufig als Wärmemenge bezeichnet.

Die spezifische Wärmekapazität c gibt die Wärmemenge Q an, die eine Masse m = 1 kg des Stoffes um 1 K erwärmt

Wärmeübertragung

Wärme wird immer von Stellen höherer Temperatur zu Stellen niedriger Temperatur übertragen. Dabei unterscheidet man Wärmeübertragung durch

- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| Wärmeleitung | z.B. in Metallen |
| Konvektion (Wärmeströmung) | z.B. in Gasen und Flüssigkeiten |
| Wärmestrahlung | z.B. Heizstrahlern |

Wärmenutzungsgrad

$$\xi = \frac{Q_N}{Q_S} = \frac{m * c * \Delta\vartheta}{P * t}$$

Stromwärme Q_S ist die zugeführte elektrische Energie $W = P * t$ in Ws bzw kWs
Nutzwärme Q_N ist die Wärmemenge die benötigt wird
Beispiel Wasserkocher

Wassermischung

$$m_m * \vartheta_m = m_k * \vartheta_k + m_w * \vartheta_w$$

Beispiel: 1 Liter 10 °C wir mit 1 Liter 50 °C Wasser gemischt
Es entstehen 2 Liter 30°C Wasser

Wärmemenge und Wassermischung

- 1: 300 Liter Wasser werden von 18°C auf 85°C erwärmt.
Berechnen Sie die zugeführte Wärmemenge

$$Q = 84\,219 \text{ kJ}$$

- 2: Zehn Liter Wasser von 15°C wurde eine Wärmemenge von 3000 kJ zugeführt.
Welche Temperatur hat das Wasser nach der Erwärmung.

$$\Delta\vartheta = 71,6 \text{ K} \quad \vartheta = 86,6 \text{ °C}$$

- 3: Für ein Vollbad werden 80 Liter Wasser mit 65°C und 70 Liter Wasser mit 9°C
gemischt. Berechnen Sie die Mischwassertemperatur.

$$150 \text{ Liter} \quad 38,86 \text{ °C}$$

Elektrowärme und Wärmenutzungsgrad

- 1: Ein 80W-LötKolben ist 20 Minuten eingeschaltet.
Berechnen Sie die erzeugte Stromwärme.

$$t = 0,33 \text{ h} \quad Q_N = 26,4 \text{ Wh} = 96\,000 \text{ Js}$$

- 2: Auf einer 2,2 kW Schnellkochplatte werden 2,5 Liter Wasser in 9 Minuten von 15°C
auf 68°C erwärmt.

Berechnen sie

- a) Die Nutzwärme
- b) die Stromwärme
- c) den Wärmenutzungsgrad

$$Q_N = 555,175 \text{ KJ} = 555,175 \text{ kWs} = 555\,175 \text{ Js} \quad Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$$

$$Q_S = 1\,188\,000 \text{ Js} \quad W = P \cdot t$$

$$\zeta = 0,467 = 46,7 \% \quad \zeta = Q_N / Q_S$$