

Distrikt Ostbayern U



Grundlagen der Elektrotechnik

Kurs 2020/21 zur Erlangung der Amateurfunk Lizenz Klasse E

Klaus Scheibel DF5RO

Weitergabe ohne Änderung und mit Angabe der Quelle erlaubt

Größen und Einheiten

Volt, Watt, Amper Henry, Farad, Siemens, Tesla, Hz

Zehnerpotenzen

Milli, Kilo, μ , ppm, %

Strom – und Spannungsquelle

Innenwiderstand, Stromkreis, Wechselspannung

Leiter, Nichtleiter, Isolator, Halbleitermaterial

Ohm'scher Widerstand

Widerstand, Leitfähigkeit,

Ohm'sches Gesetz

Leistung, Belastbarkeit,

Grundschaltungen

Reihenschaltung, Parallelschaltung, Spannungsteiler

Spule

Die Induktivität

Spule bei Gleichstrom / Wechselstrom

Verlustfaktor

Phasenbeziehung

Spulenschaltungen

Transformator

Kondensator

Kapazität

Kondensator bei Gleichstrom / Wechselstrom

Verlustfaktor

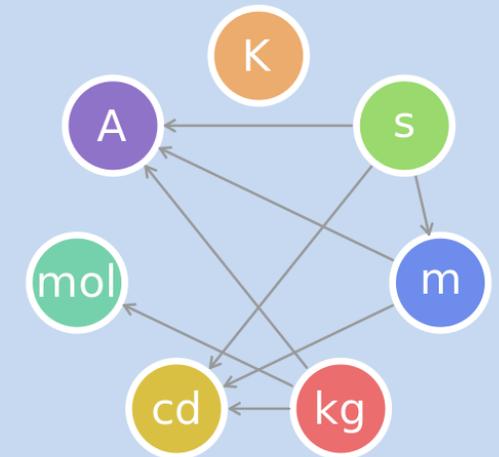
Phasenbeziehung

Kondensatorschaltungen

Internationales Einheitensystem SI (=systeme international d'unites)

Mit einem Gesetz wurden diese Grundeinheiten 1970 in der Bundesrepublik Deutschland gesetzlich vorgeschrieben.

Masse	m	Kilogramm	kg	Masse des internationalen Kilogrammprototyps
Zeit	t	Sekunde	s	Das 9.192.631.770-fache der Periodendauer einer Cäsium ¹³³ CS Schwingung / Strahlung
Thermodynamische Temperatur	T	Kelvin	K	1/273,16 der Temperatur des Tripelpunktes von Wasser bei genau spezifizierten Rahmenbedingungen
Länge	l	Meter	m	
Stromstärke	I	Ampere	A	
Stoffmenge	n	Mol	mol	
Lichtstärke	I _v	Candela	cd	



Alle anderen Einheiten werden von diese 7 Basiseinheiten abgeleitet.

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

Spannung	U	Volt	V	
Strom	I	Ampere	A	
Widerstand	R	Ohm	Ω	$\Omega=V/A$
Impedanz	Z	Ohm	Ω	
Leitwert	G	Siemens	S	$S=1/\Omega$
Leistung	P	Watt	W	$W=V \cdot A$
Arbeit	W	Wattsekunde	Ws	
Frequenz	f	Hertz	Hz	$Hz=1/s$
Kapazität	C	Farad	F	$F=As/V$
Induktivität	L	Henry	H	$H=Vs/A$
Elektrische Feldstärke	E	Volt pro Meter	V/m	
Magnetische Feldstärke	H	Ampere pro Meter	A/m	
Magnetische Flussdichte	T	Tesla	Vs/m ²	
Lichtstrom		Lumen	lm	$lm=sr \cdot cd$
Beleuchtungsstärke	E _v	Lux	lx	$lx=lm/m^2$

1.1.2 Größen und Einheiten

TA201 Welche Einheit wird für die elektrische Spannung verwendet?

A Volt (V) B Ampere (A) C Ohm (Ω) D Amperestunden (Ah)

TA202 Welche Einheit wird für die elektrische Ladung verwendet?

A Amperesekunde (As) B Kilowatt (kW) C Joule (J) D Ampere (A)

TA204 In welcher Einheit wird der elektrische Widerstand angegeben?

A Ohm B Farad C Siemens D Henry

TA205 Welche der nachfolgenden Antworten enthält nur Basiseinheiten nach dem internationalen Einheitensystem?

A Ampere, Kelvin, Meter, Sekunde B Sekunde, Meter, Volt, Watt
C Farad, Henry, Ohm, Sekunde D Grad, Hertz, Ohm, Sekunde

TA206 0,22 μ F sind

A 220 nF. B 22 nF. C 220 pF. D 22 pF.

TA207 3,75 MHz sind

A 3750 kHz. B 375 kHz. C 0,0375 GHz. D 0,375 GHz.

TA208 Welche Einheit wird für die Kapazität verwendet?

A Farad (F) B Ohm (Ω) C Siemens (S) D Henry (H)

Größen und Einheiten

Volt, Watt, Amper Henry, Farad, Siemens, Tesla, Hz

Zehnerpotenzen

Milli, Kilo, μ , ppm, %

Strom – und Spannungsquelle

Innenwiderstand, Stromkreis

Leiter, Nichtleiter, Isolator, Halbleitermaterial

Zehnerpotenzen

Zehnerpotenzen sind eine übliche Darstellung von sehr großen oder sehr kleinen Zahlen. Sie basieren auf unserem Zehnersystem und werden als **Potenzen der Zahl 10** dargestellt: 10^n (gesprochen: 10 hoch n)

	Dezimal	Exponential	SI-Präfix	SI-Symbol		
Billionstel	0,000.000.000.001	10^{-12}	piko	p		
Milliardstel	0,000.000.001	10^{-9}	nano	n		
Millionstel	0,000.001	10^{-6}	mikro	μ	-> ppm	
Tausendstel	0,001	10^{-3}	milli	m	-> Promille	0/00
Hundertstel	0,01	10^{-2}	zenti	c	-> Prozent	%
Zehntel	0,1	10^{-1}	dezi	d		
Eins	1	10^0				
Zehn	10	10^1	deka	da		
Hundert	100	10^2	hekto	h		
Tausend	1000	10^3	kilo	k		
Million	1.000.000	10^6	mega	M		
Milliarde	1.000.000.000	10^9	giga	G		
Billion	1.000.000.000.000	10^{12}	tera	T		

Im Englischen Sprachraum werden z.T. unterschiedliche Bezeichnungen verwendet.

Deutsch: Milliarde -> Englisch: Billion

Zehnerpotenzen: Beispiele

1 kg	=	10^3 g	=	1.000 g	1 hl	=	10^2 l	=	100 l
100 kHz	=	$100 \cdot 10^3$ Hz	=	100.000 Hz	145 MHz	=	$145 \cdot 10^6$ Hz	=	145.000.000 Hz
2,4 GHz	=	$2,4 \cdot 10^9$ Hz	=	2.400.000.000 Hz					
1 mg	=	$1 \cdot 10^{-3}$ g	=	0,001 g	10 cm	=	$10 \cdot 10^{-1}$ m	=	0,10 m
4,7 pF	=	$4,7 \cdot 10^{-12}$ F	=	0,000.000.000.004.7 F	100 μ F	=	$100 \cdot 10^{-6}$ F	=	0,000.001 F
10 %	=	$10 \cdot 10^{-2}$	=	0,10	0,5 ‰	=	$0,5 \cdot 10^{-3}$	=	0,005
5 ppm	=	$5 \cdot 10^{-6}$	=	0,000.005					

Zehnerpotenzen haben den großen Vorteil, dass man mit ihnen auch astronomisch große Zahlen einfach ausdrücken kann.

$9.460.730.472.580.800 \text{ m} \approx 9,461 \cdot 10^{15} \text{ m} \approx 9,461 \text{ Billionen Kilometer} \rightarrow 1 \text{ Lichtjahr.}$

*Wie lange braucht ein Flugzeug (1000km/h) für ein Lichtjahr? $\rightarrow 9,461 \cdot 10^{15} \text{ m} = 9,461 \cdot 10^{12} \text{ km} / 1000 \text{ km/h} = 9,461 \cdot 10^9 \text{ h} \rightarrow 1.080.023 \text{ Jahre}$
 \rightarrow mehr als 1 Million Jahre*

Wie lange hätte Apollo 11 gebraucht? (11km/s) $\rightarrow 9,461 \cdot 10^{12} \text{ km} / 11 \text{ km/s} = 239 \cdot 10^6 \text{ h} = 27.273 \text{ Jahre}$

1.1.1 Allgemeine mathematische Grundlagen

TA101 0,042 A entspricht

A $42 \cdot 10^{-3}$ A.

B $42 \cdot 10^3$ A.

C $42 \cdot 10^{-2}$ A.

D $42 \cdot 10^{-1}$ A.

TA102 0,00042 A entspricht

A $420 \cdot 10^{-6}$ A.

B $420 \cdot 10^6$ A.

C $420 \cdot 10^{-5}$ A.

D $42 \cdot 10^{-6}$ A.

TA103 100 mW entspricht

A 10^{-1} W.

B 0,001 W.

C 0,01 W.

D 10^{-2} W.

TA104 4 200 000 Hz entspricht

A $4,2 \cdot 10^6$ Hz.

B $4,2 \cdot 10^5$ Hz.

C $42 \cdot 10^6$ Hz.

D $42 \cdot 10^{-5}$ Hz.

Größen und Einheiten

Volt, Watt, Amper Henry, Farad, Siemens, Tesla, Hz

Zehnerpotenzen

Milli, Kilo, μ , ppm, %

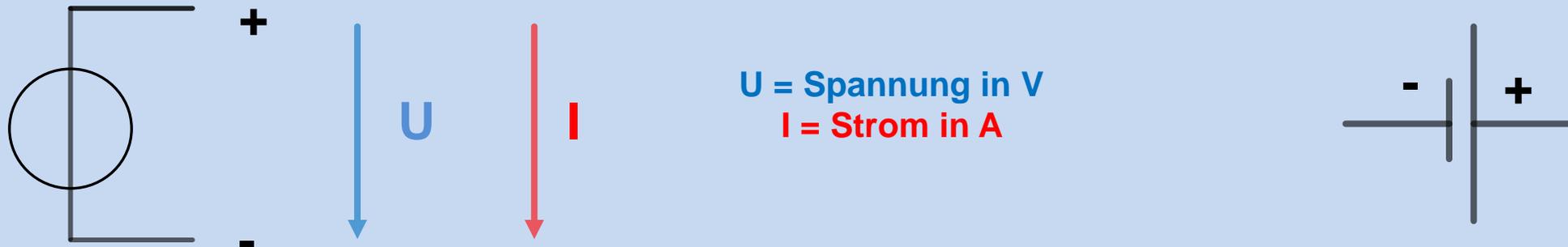
Strom – und Spannungsquelle

Innenwiderstand, Stromkreis

Leiter, Nichtleiter, Isolator, Halbleitermaterial

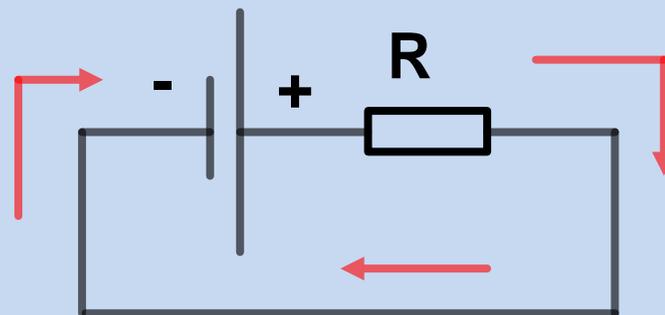
Gleichstrom - Spannungsquelle

Eine **Spannungsquelle** bzw. **Stromquelle** ist ein Gerät, das an seinen Anschlüssen eine **Spannung** oder einen **Strom** liefert.



Bei der **technischen Stromrichtung** fließt der Strom vom **Pluspol** zum **Minuspol**.

Dazu muss der **Stromkreis geschlossen** sein d.h. der Strom muss vom Pluspol zum Minuspol fließen können.



1.2.2 Strom und Spannungsquellen

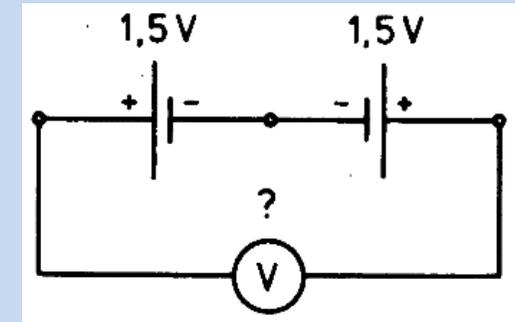
TB201 Welche Spannung zeigt der Spannungsmesser in folgender Schaltung?

A 0 V

B 3 V

C -3 V

D 1,5 V



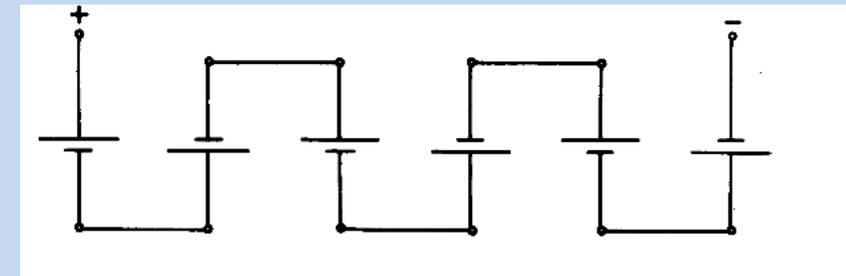
TB202 Folgende Schaltung eines Akkus besteht aus Zellen von je 2 V. Jede Zelle kann 10 Ah Ladung liefern. Welche Daten hat der Akku?

A 12 V / 10 Ah

B 12 V / 60 Ah

C 2 V / 10 Ah

D 2 V / 60 Ah



TB203 Was versteht man unter „technischer Stromrichtung“ in der Elektrotechnik?

A Man nimmt an, dass der Strom vom Pluspol zum Minuspol fließt.

B Man nimmt an, dass der Strom vom Minuspol zum Pluspol fließt.

C Es ist die Flussrichtung der Elektronen vom Minuspol zum Pluspol.

D Es ist die Flussrichtung der Elektronen vom Pluspol zum Minuspol.

1.2.2 Strom und Spannungsquellen

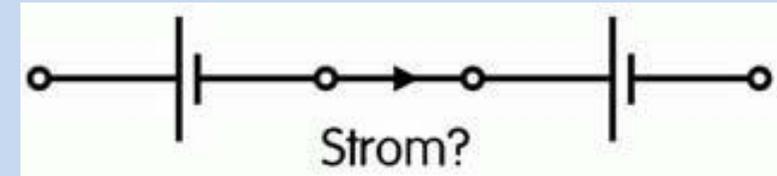
TB204 Kann in folgender Schaltung von zwei gleichen Spannungsquellen Strom fließen? Welche Begründung ist richtig?

A Nein, weil kein geschlossener Stromkreis vorhanden ist.

B Nein, weil der Pluspol mit dem Minuspol verbunden ist.

C Ja, sogar Kurzschlussstrom, weil der Pluspol mit dem Minuspol verbunden ist.

D Ja. Der Strom hängt vom Innenwiderstand der Batterien ab.



TB205 Wie lange könnte man mit einem voll geladenen Akku mit 55 Ah einen Amateurfunkempfänger betreiben, der einen Strom von 0,8 A aufnimmt?

A 68 Stunden und 45 Minuten

B Genau 44 Stunden

C 6 Stunden 52 Minuten und 30 Sekunden

D 69 Stunden und 15 Minuten

1.2.2 Strom und Spannungsquellen

TD301 Welche Eigenschaften sollten Strom- und Spannungsquellen aufweisen?

A Spannungsquellen sollten einen möglichst niedrigen Innenwiderstand und Stromquellen einen möglichst hohen Innenwiderstand haben.

B Strom- und Spannungsquellen sollten einen möglichst niedrigen Innenwiderstand haben.

C Strom- und Spannungsquellen sollten einen möglichst hohen Innenwiderstand haben.

D Spannungsquellen sollten einen möglichst hohen Innenwiderstand und Stromquellen einen möglichst niedrigen Innenwiderstand haben.

TD302 Die Leerlaufspannung einer Gleichspannungsquelle beträgt 13,5 V. Wenn die Spannungsquelle einen Strom von 1 A abgibt, sinkt die Klemmenspannung auf 12,4 V. Wie groß ist der Innenwiderstand der Spannungsquelle?

A 1,1 Ω

B 13,5 Ω

C 12,4 Ω

D 1,2 Ω

TD303 Die Leerlaufspannung einer Gleichspannungsquelle beträgt 13,5 V. Wenn die Spannungsquelle einen Strom von 2 A abgibt, sinkt die Klemmenspannung auf 13 V. Wie groß ist der Innenwiderstand der Spannungsquelle?

A 0,25 Ω

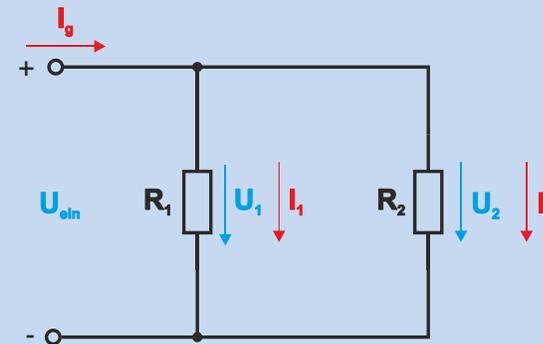
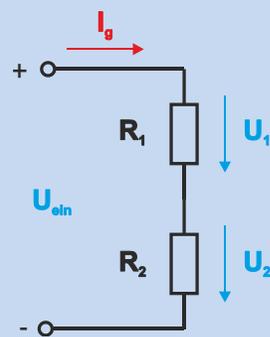
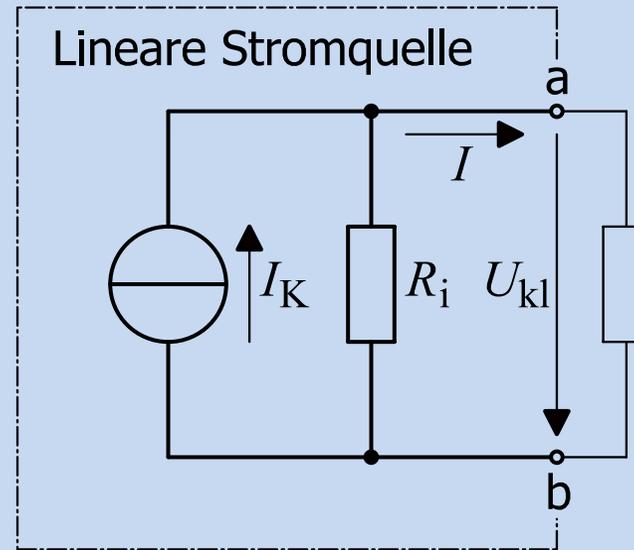
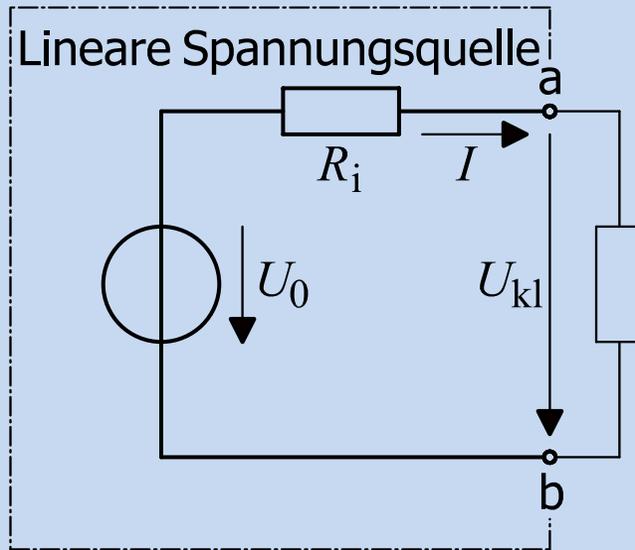
B 6,75 Ω

C 13 Ω

D 6,5 Ω

TD301 Welche Eigenschaften sollten Strom- und Spannungsquellen aufweisen?

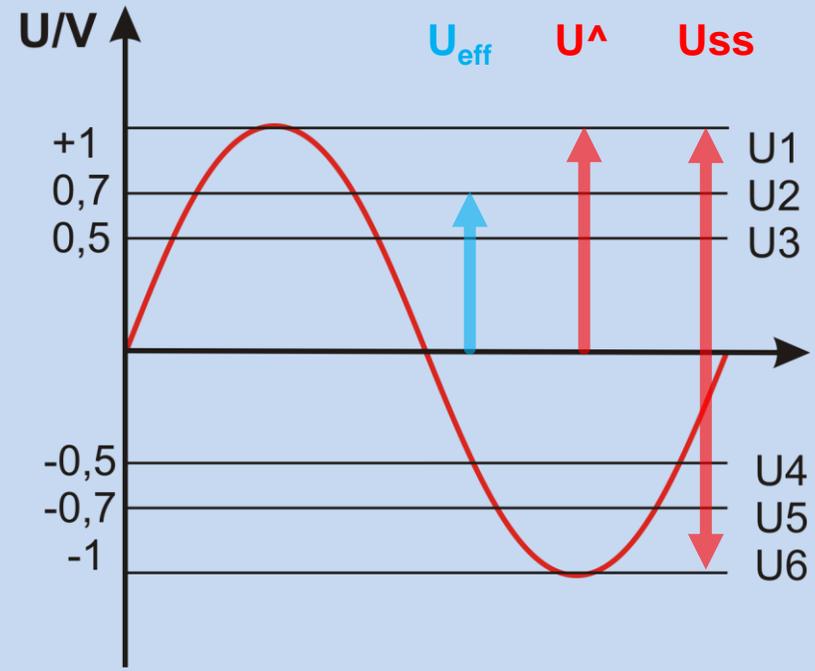
A Spannungsquellen sollten einen möglichst niedrigen Innenwiderstand und Stromquellen einen möglichst hohen Innenwiderstand haben.



[https://de.wikipedia.org/wiki/Stromquelle_\(Schaltungstheorie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Stromquelle_(Schaltungstheorie))

Wechselspannung: Spitzenwert und Effektivwert

Sinusförmige Spannungen (**Wechselspannung**) werden durch die Frequenz durch ihre Amplitudenwerte bestimmt.
 Man unterscheidet zwischen **Spitzenwert** und **Effektivwert**.



Spitzenwert

Maximale Amplitude der Schwingung.
 Hier: U1 bzw. U6

Spitzen-Spitzen Wert U_{ss}

Doppelter Spitzenwert

Effektivwert

Entspricht dem Spannungswert, der eine Wirkleistung erzeugt d.h. eine Gleichspannung mit dem Wert der Effektivspannung erzeugt die gleiche Wirkleistung.
 Hier: U2 bzw. U5

$$U_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}} * U^{\wedge}$$

Ca. 0,707

Englischer Begriff :

RMS (Root Mean Square, Quadratischer Mittelwert)

Größen und Einheiten

Volt, Watt, Amper Henry, Farad, Siemens, Tesla, Hz

Zehnerpotenzen

Milli, Kilo, μ , ppm, %

Strom – und Spannungsquelle

Innenwiderstand, Stromkreis

Leiter, Nichtleiter, Isolator, Halbleitermaterial

Man unterscheidet:

- **Leiter** (Silber, Kupfer, Aluminium, Zinn)
- **Nichtleiter / Isolatoren** (Kunststoffe, Gummi, Glas, Keramik, Holz, destilliertes Wasser,)
- **Halbleiter** (z.B. Silizium, Germanium,,)

In einem **Leiter** gibt es **freie Ladungsträger (Elektronen)**. Er ist zum Transport von Ladungsträgern geeignet. (= elektrischer Strom) Metalle leiten Strom, da ihre Atome eine **Kristallgitterstruktur** eingehen, in der die Elektronen schwach gebunden sind. (= **Elektronengas**)

Leiter haben einen geringen Widerstand.

Nichtleiter haben einen hohen Widerstand – sie isolieren.

TB101 Welche Gruppe enthält insgesamt die besten gut leitenden Metalle?

A Silber, Kupfer, Aluminium

B Silber, Kupfer, Blei

C Kupfer, Eisen, Zinn

D Aluminium, Kupfer, Quecksilber

TB102 Welches der genannten Metalle hat die beste elektrische Leitfähigkeit?

A Silber

B Kupfer

C Gold

D Zinn

TB103 Welches der genannten Metalle hat die schlechteste elektrische Leitfähigkeit?

A Zinn

B Kupfer

C Gold

D Aluminium

TB104 Welche Gruppe von Materialien enthält nur Nichtleiter (Isolatoren)?

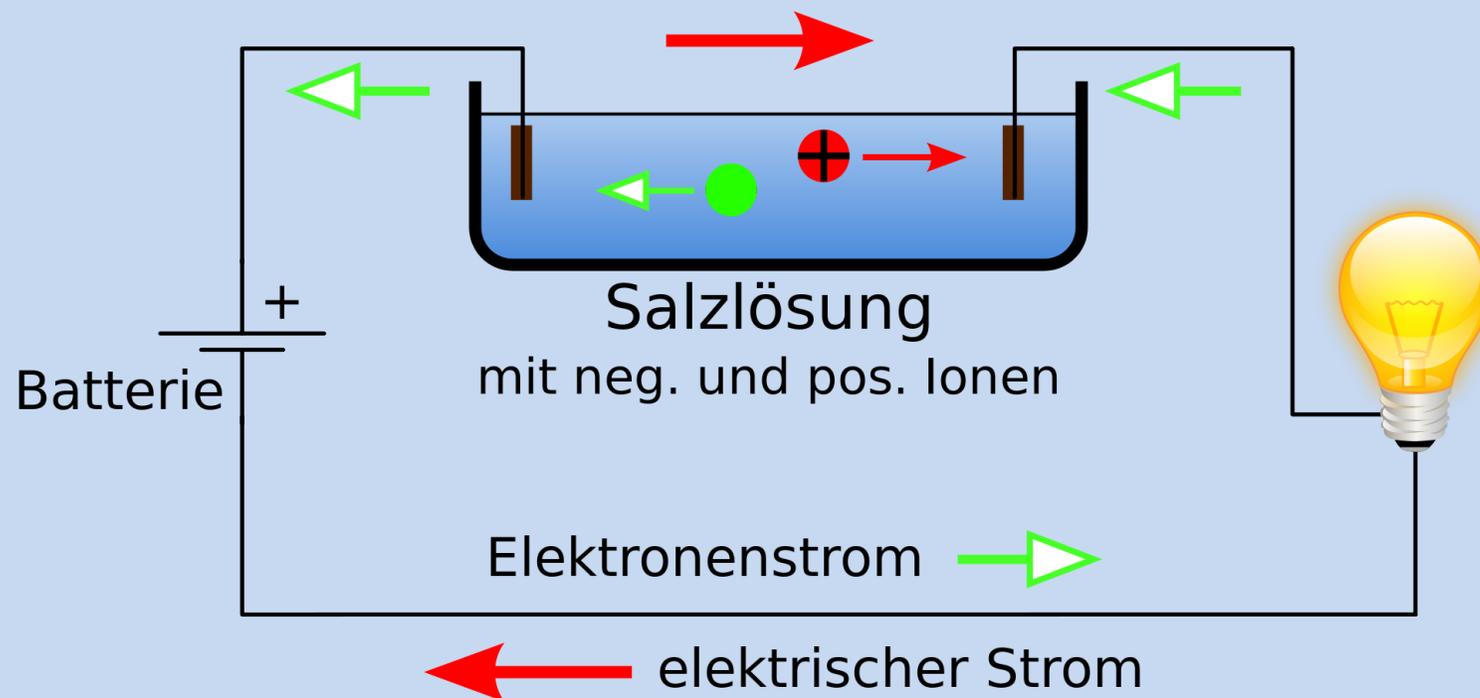
A Epoxid, Polyethylen (PE), Polystyrol (PS)

B Pertinax, Polyvinylchlorid (PVC), Graphit

C Polyethylen (PE), Messing, Konstantan

D Teflon, Pertinax, Bronze

Stromrichtung im Stromkreis



Aus historischen Gründen gibt es eine **physikalische Stromrichtung** (**Elektronenstrom**) und eine **technische Stromrichtung** (**elektrischer Strom**). Alle Schaltungen und Berechnungen beziehen sich immer auf die technische Stromrichtung. Strom kann nur dann fließen, wenn **freie Ladungsträger (Elektronen)** vorhanden sind.

Fragenkatalog TB203 : Was versteht man unter „technischer Stromrichtung“ in der Elektrotechnik ?

Einschub: Geschwindigkeit der Elektronen im Metall

Die **Driftgeschwindigkeit** der Elektronen ist abhängig vom Leiterwerkstoff, von seinem Querschnitt, von der Stromstärke und der Temperatur. Mit steigender Temperatur nimmt die **Brownsche Molekularbewegung** zu und verkürzt die **mittlere freie Weglänge** der Elektronen.

Sie geraten öfter in die abstoßenden elektrischen Felder benachbarter Elektronen, wodurch ihre relative Geschwindigkeit abnimmt.

Es soll die mittlere Driftgeschwindigkeit der Elektronen im Kupferdraht berechnet werden. Der Draht hat einen Querschnitt von 1 mm^2 . Der Strom beträgt 1 A .

Die Elektronen bewegen sich in diesem Beispiel nur sehr langsam mit $v = 0,074 \text{ mm / s}$ durch den Leiter.

*Für die Strecke von Amberg nach Sulzbach würde Elektronen in diesem Beispiel $16 * 10^9 \text{ s}$ brauchen. Ca. 188 Tage.*

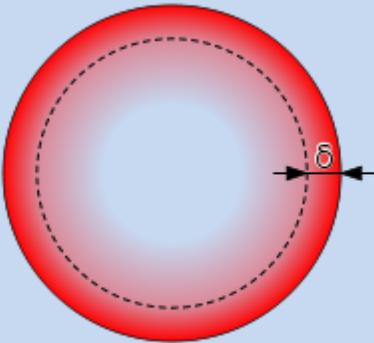
Wenn die mittlere freie Weglänge in der Sonne ca. 1 mm beträgt, wird es mehr als eine halbe Million Jahre dauern, bis ein Photon der Sonne entkommt. Wenn die freie Weglänge ca. 1 cm beträgt, dann dauert es ungefähr 5.000 Jahre, bis das Photon aus der Sonne kommt.

Quelle: <https://www.elektroniktutor.de/elektrophysik/strom.html>

Einschub: Der Skin-Effekt

Der **Skin-Effekt** (*Skin* = Haut) ist ein **Stromverdrängungs-Effekt** in von höherfrequentem Wechselstrom durchflossenen elektrischen Leitern, durch den die Stromdichte im Inneren eines Leiters niedriger ist als in äußeren Bereichen.

Die Ursache für den Skin-Effekt ist, dass die in den Leiter eindringenden Wechselfelder aufgrund der hohen Leitfähigkeit des Materials schon vor dem Erreichen des Leiterinneren weitgehend gedämpft werden.



Bei der **Energieübertragung** durch einen elektrischem Leiter mit Wechselstrom dringt ein Teil der elektromagnetischen Welle (Energie) in den Leiter ein.
Das **bindet die Welle an den Leiter**.

Frequenzabhängige Eindringtiefe (Abfall auf $1/e$, ca. 37 %) in einer Kupferleitung

Frequenz	Eindringtiefe
5 Hz	29,7 mm
50 Hz	9,38 mm
5 MHz	29,7 μm
16 MHz	16,6 μm
50 MHz	9,38 μm
160 MHz	5,24 μm
500 MHz	2,97 μm
1,6 GHz	1,66 μm
5 GHz	938 nm

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Skin-Effekt>

Halbleiter: Werkstoffe

Das **Halbleitermaterial** z.B. Silizium wird durch ein spezielles Herstellungsverfahren sehr rein und sehr gleichmäßig in der Kristallstruktur hergestellt.

Silizium Einkristall

Dieses Material ist neutral und fast ein **Isolator**.

Weitere Halbleiterelemente sind **Germanium** und **Selen**.

Auch Verbindungen aus Elementen können zum Bau von Halbleitern verwendet werden. Dazu werden z.B. Elemente aus der Gruppe 3 des Periodensystems mit Elementen aus der Gruppe 5 zusammengebracht. (sogen. **3-5 Verbindungen**.)

Ein sehr häufig verwendetes Material ist **GaAs** (Gallium-Arsenid). Es wird z.B. bei **Hochfrequenz Transistoren** verwendet.

Fragenkatalog TB105 : Was verstehen Sie unter Halbleitermaterialien?



Quelle: www.planet-wissen.de/alltag_gesundheit/werkstoffe/sand/

Einschub: Periodensystem

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
CAS-Gruppe	I A	II A	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII B	VIII B	VIII B	I B	II B	III A	IV A	V A	VI A	VII A	VIII A		
Periode																			Schale	
1	1 H																	2 He	K	
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	L	
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	M	
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	N	
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	O	
6	55 Cs	56 Ba	* Lanthanoide	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	P	
7	87 Fr	88 Ra	** Actinoide	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo	Q	
			↓																	
			* Lanthanoide	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
			** Actinoide	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr		

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Periodensystem>

Werden ganz gezielt eine sehr geringe Menge an Fremdatomen in das Kristallgefüge eingebaut, so bilden sich Fehlstellen im Atomgefüge aus. (1 Donator/ 10^6 oder 10^7 Atome; bei schwacher Dotierung)

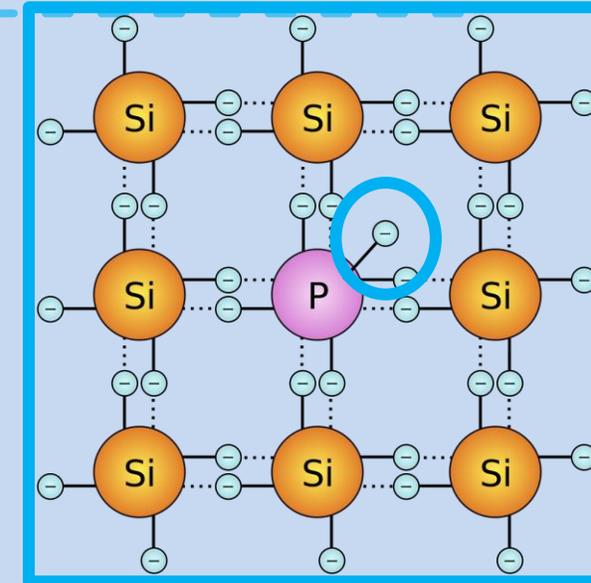
Es sind dann entweder zu viele Elektronen da (**Elektronenüberschuss, N-dotiert**), oder zu wenig. (**Elektronenmangel, P-dotiert.**)

Wird **P-dotiertes** Material mit **N-dotiertem** Material zusammengebracht, so bildet sich an der Trennfläche eine neutrale Zone aus.

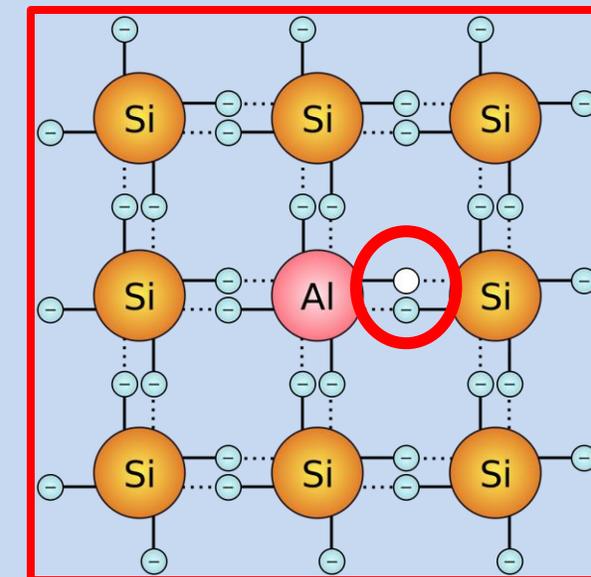
Diese Zone entsteht durch **Rekombination** der **Ladungsträger** und ist nicht leitend.

Diese Zone wird deshalb **Sperrschicht** genannt.

N

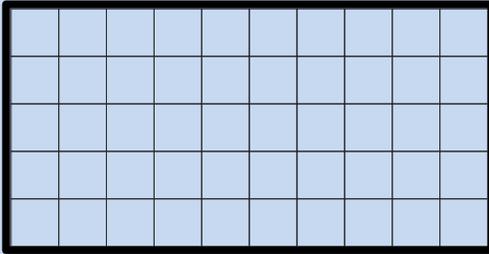


P



Bilder: <http://de.wikipedia.org/wiki/Dotierung>

Halbleiter: Dotieren 2



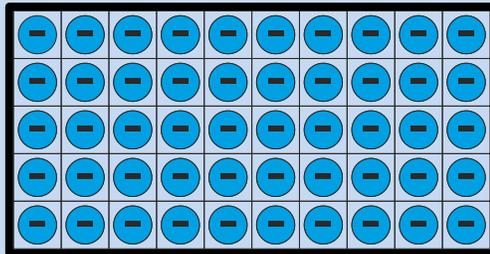
Neutrales Silizium

Gleichmäßige Anordnung aller Atome im Gitter.
(„Einkristall“)
Keine freien Ladungsträger.

Nichtleiter

Dotieren

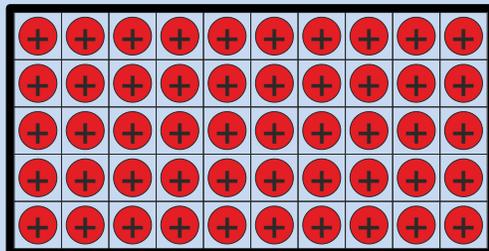
Durch das **Dotieren** entsteht entweder **P-Silizium** oder **N-Silizium**. Das jetzt elektrisch polarisiert Material besitzt **freie Ladungsträger**. Das ist die Grundvoraussetzung, das **Strom fließen** kann.



N-dotiertes Silizium

Jedes Atom hat ein Elektron zu viel.
Freien Ladungsträger: **Elektronen**

Leiter

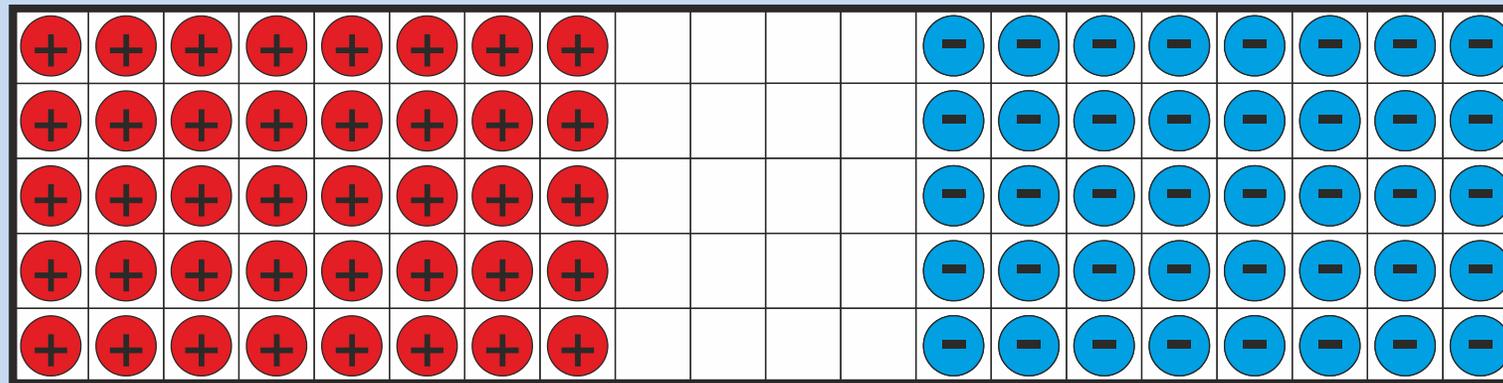


P-dotiertes Silizium

Jedem Atom fehlt ein Elektron.
Freien Ladungsträger: Elektronen Mangel = „**Löcher**“

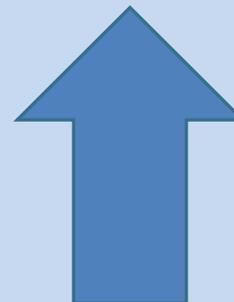
Leiter

Nach dem **Zusammenfügen** der beiden Materialien (auf atomarer Ebene) gleichen benachbarte Atome ihr Ungleichgewicht an Ladungsträgern aus. Es entstehen wieder **neutrale Atome** ohne freie Ladungsträger. In dieser Zone ist somit keine Stromleitung möglich. Es entsteht eine **Verarmungszone**, die sogenannte **Sperrschicht**.



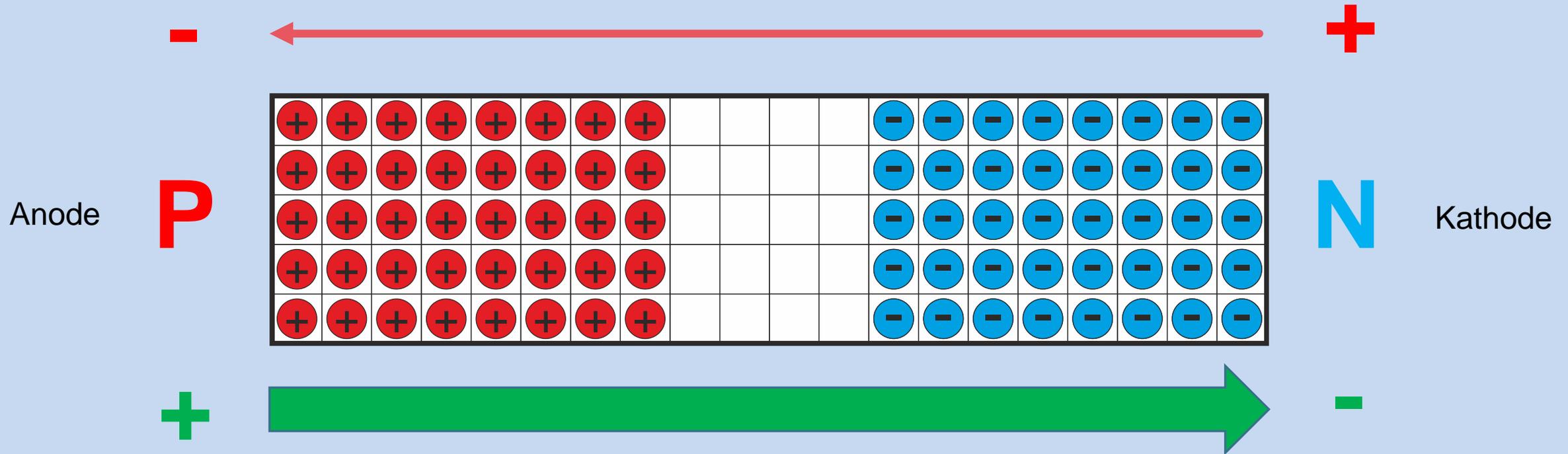
Auf der P-Seite wird der Elektronenmangel neutralisiert.

Auf der N-Seite wird der Elektronenüberschuß abgebaut.



Rekombination
Es bildet sich die Sperrschicht

Legt man Spannung in **Sperrrichtung** an, dann wird die Sperrschicht verstärkt. Die Verarmungszone wird vergrößert. Elektronen und Löcher werden von der Sperrschicht „weggezogen“.
Es fließt nur ein sehr geringer Sperrstrom.



Legt man Spannung in **Durchlassrichtung** an, dann wird die Sperrschicht abgebaut. Neue Ladungsträger fließen in die Sperrschicht. Es kommt zur ständigen Rekombination. Es fließt der Durchlassstrom. Er kann sehr groß sein und muss begrenzt werden.

TB105 Was verstehen Sie unter Halbleitermaterialien?

A Einige Stoffe (z.B. Silizium, Germanium) sind in reinem Zustand bei Raumtemperatur gute Isolatoren. Durch geringfügige Zusätze von geeigneten anderen Stoffen oder bei hohen Temperaturen werden sie jedoch zu Leitern.

B Einige Stoffe (z.B. Silizium, Germanium) sind in reinem Zustand bei Raumtemperatur gute Leiter. Durch geringfügige Zusätze von geeigneten anderen Stoffen oder bei hohen Temperaturen nimmt jedoch ihre Leitfähigkeit ab.

C Einige Stoffe wie z.B. Indium oder Magnesium sind in reinem Zustand gute Isolatoren. Durch geringfügige Zusätze von Silizium, Germanium oder geeigneten anderen Stoffen werden sie jedoch zu Leitern.

D Einige Stoffe (z.B. Silizium, Germanium) sind in trockenem Zustand gute Elektrolyten. Durch geringfügige Zusätze von Wismut oder Tellur kann man daraus entweder N-leitendes- oder P-leitendes Material für Anoden bzw. Kathoden von Halbleiterbauelementen herstellen.

TC501 P-dotiertes Halbleitermaterial ist solches, das mit einem zusätzlichen Stoff versehen wurde, der

A weniger als vier Valenzelektronen enthält.

B mehr als vier Valenzelektronen enthält.

C genau vier Valenzelektronen enthält.

D keine Valenzelektronen enthält.

TC502 N-leitendes Halbleitermaterial ist gekennzeichnet durch

A Überschuss an freien Elektronen.

B das Fehlen von Dotierungsatomen.

C das Fehlen von Atomen im Gitter des Halbleiterkristalls.

D bewegliche Elektronenlücken.

Ohm'scher Widerstand

Widerstand, Leitfähigkeit,

Ohm'sches Gesetz

Leistung, Belastbarkeit,

Grundsaltungen

Reihenschaltung, Parallelschaltung, Spannungsteiler

Spule

Die Induktivität

Spule bei Gleichstrom / Wechselstrom

Verlustfaktor

Phasenbeziehung

Spulenschaltungen

Transformator

Kondensator

Kapazität

Kondensator bei Gleichstrom / Wechselstrom

Verlustfaktor

Phasenbeziehung

Kondensatorschaltungen

Ohm'scher Widerstand eines Objektes

Der **ohm'sche Widerstand** eines Bauteils ist unabhängig von der anliegenden **Spannung**, dem fließenden **Strom** und der **Frequenz** der anliegenden Spannung.

Bei homogenen Materialien kann der Widerstand aus den geometrischen Abmessungen und der Materialkonstante ρ errechnet werden.

$$R = \rho * \frac{l}{A};$$

ρ = spezifischer Widerstand; (gesprochen : rho)

l = Länge des Objekts (z. B. Draht)

A = Querschnittsfläche des Objekts (z. B. Draht)

$$\text{Querschnitt eines Drahtes: } A = r^2 * \pi = d^2 * \frac{\pi}{4};$$

d = Durchmesser des Drahtes

Für den spezifischen Widerstand gibt es Materialtabellen.

z.B.

Kupfer $17 \cdot 10^{-3} \text{ } (\Omega \cdot \text{mm}^2)/\text{m}$

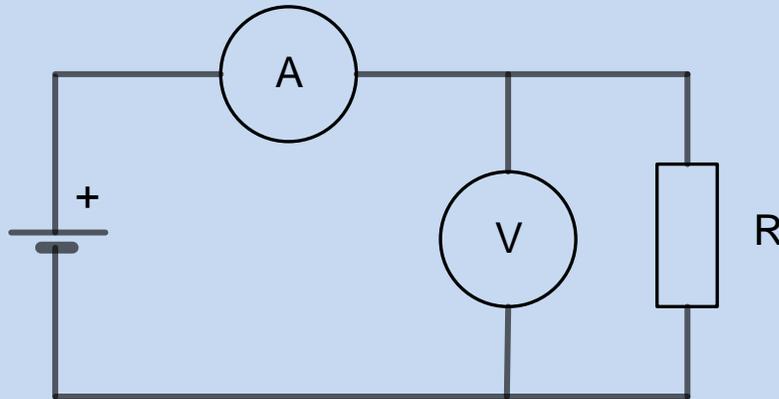
Silber $16 \cdot 10^{-3} \text{ } (\Omega \cdot \text{mm}^2)/\text{m}$

Georg Simon Ohm (16. März 1789 in Erlangen; † 6. Juli 1854 in München) deutscher Physiker.*

Schaltbild eines ohm'schen Widerstandes R



Messung eines ohm'schen Widerstandes R



*Spannung = Widerstand * Strom;*

$$U = R * I; \quad R = \frac{U}{I}; \quad I = \frac{U}{R};$$

Ohmsches Gesetz

Der ohm'sche Widerstandes R ist ein **reeller Widerstand** oder **Wirkwiderstand**. Die an ihm abfallende Spannung oder Strom „bewirkt“ eine Leistung. (z.B. Erzeugung von Wärme)

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

Ohm'scher Widerstand : Bauteilkennzeichnung

Schaltbild eines ohm'schen Widerstandes R

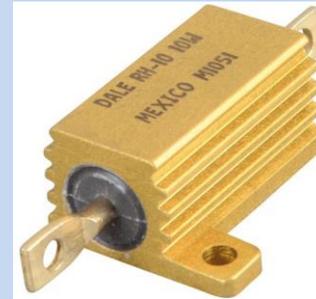


Der Wert eines Widerstands wird über farbige Ringe angegeben:

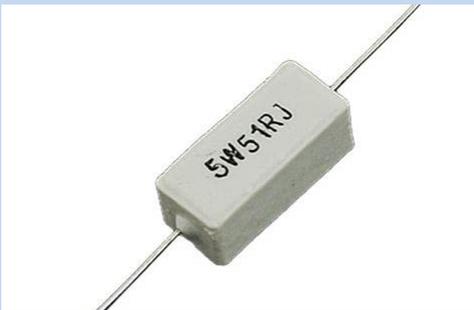
Farbe	Wert	Multiplikator	Toleranz	Temperaturkoeffizient
Silber	-	x 0,01	± 10%	-
Gold	-	x 0,1	± 5%	-
Schwarz	0	x 1	-	200 ppm
Braun	1	x 10	± 1%	100 ppm
Rot	2	x 100	± 2%	50 ppm
Orange	3	x 1.000	-	15 ppm
Gelb	4	x 10.000	-	25 ppm
Grün	5	x 100.000	± 0,5%	-
Blau	6	x 1.000.000	± 0,25%	10 ppm
Violett	7	x 10.000.000	± 0,1%	5 ppm
Grau	8	x 100.000.000	± 0,05%	1 ppm
Weiß	9	x 1.000.000.000	-	-



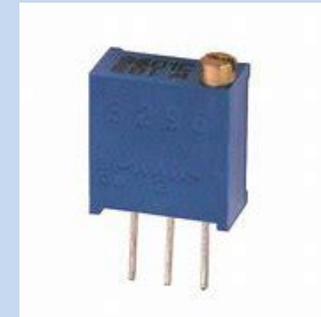
Standard Widerstand



Draht Widerstand



Keramik Widerstand



Potentiometer / Trimmwiderstand

Einschub: Formeln umstellen

Die Grundrechenarten ändern sich, wenn ein Faktor die Seite des Gleichheitszeichen ändert.

$$A = B$$

- Aus + wird -
- Aus * wird /
- Aus Potenz wird Wurzel und umgekehrt.

$$U = R * I; \quad \rightarrow \quad I = \frac{U}{R};$$

$U = R * I;$ Beide Seiten mit „U“ dividieren -> $\frac{U}{U} = \frac{R * I}{U};$ Alles was man beiden Seiten einer Gleichung gleich antut, ändert ihren Wert nicht.

$\frac{U}{U} = \frac{R * I}{U};$ Beide Seiten mit „I“ dividieren -> $\frac{U}{U * I} = \frac{R * I}{U * I};$

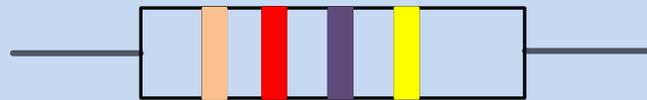
$\frac{U}{U * I} = \frac{R * I}{U * I};$ Jetzt kürzen -> $\frac{1}{I} = \frac{R}{U};$ Kürzen geht nur bei * oder /.

$\frac{1}{I} = \frac{R}{U};$ Jetzt stürzen -> $I = \frac{U}{R};$ Alles was man beiden Seiten einer Gleichung gleich antut, ändert ihren Wert nicht.

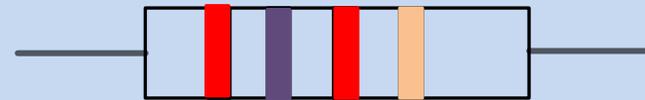
TC102 Die Farbringe gelb, violett und rot auf einem Widerstand mit 4 Farbringen bedeuten einen Widerstandswert

TC103 Die Farbringe rot, violett und orange auf einem Widerstand mit 4 Farbringen bedeuten einen Widerstandswert

TC104 Die Farbringe rot, violett und rot auf einem Widerstand mit 4 Farbringen bedeuten einen Widerstandswert von



4 7 0 0



2 7 0 0

Schwarz	0
Braun	1
Rot	2
Orange	3
Gelb	4
Grün	5
Blau	6
Violett	7
Grau	8
Weiß	9

TC108 Ein Widerstand hat eine Toleranz von 10 %. Bei einem nominalen Widerstandswert von 5,6 k Ω liegt der tatsächliche Wert zwischen

A 5040 und 6160 Ω .

B 4760 und 6440 Ω .

C 4,7 und 6,8 k Ω .

D 5,2 und 6,3 k Ω .

TC109 Welche Bauart von Widerstand folgender Auswahl ist am besten für eine künstliche Antenne (Dummy Load) geeignet?

A Ein Metalloxidwiderstand

B Ein Kohleschichtwiderstand

C Ein keramischer Drahtwiderstand

D Ein frei gewickelter Drahtwiderstand aus Kupferdraht

TC110 Welchen Wert hat ein SMD-Widerstand mit der Kennzeichnung 221?

A 220 Ω

B 221 Ω

C 22 Ω

D 22 k Ω

TC111 Welchen Wert hat ein SMD-Widerstand mit der Kennzeichnung 223?

A 22 k Ω

B 221 Ω

C 22 Ω

D 220 Ω

TJ109 Eine künstliche Antenne für den VHF Bereich könnte beispielsweise aus
A ungewendelten Kohleschichtwiderständen zusammengebaut sein.

B hochbelastbaren Drahtwiderständen zusammengebaut sein.

C Glühbirnen zusammengebaut sein.

D temperaturfesten Blindwiderständen bestehen.

TJ110 Welche der folgenden Bauteile könnten für eine genaue künstliche Antenne, die bei 28 MHz eingesetzt werden soll, verwendet werden?

A 10 Kohleschichtwiderstände von 500 Ω

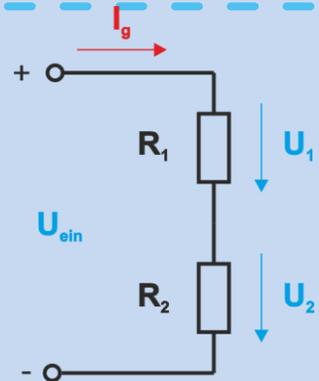
B ein 50- Ω -Drahtwiderstand

C 2 parallel geschaltete Drahtwiderstände von 100 Ω

D ein Spulenanpassfilter im Ölbad

Ohm'scher Widerstand: Grundschaltungen

Reihenschaltung



I_g fließt durch beide Widerstände; U_{ein} teilt sich auf.

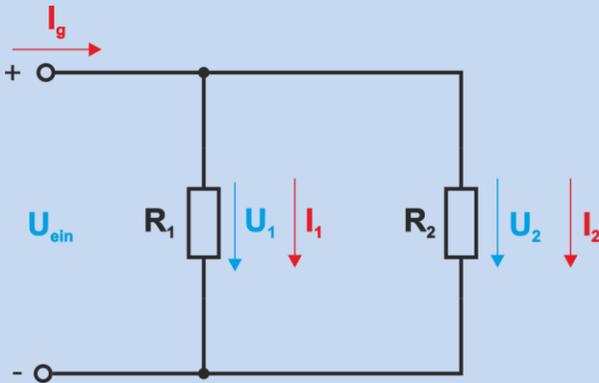
$$U_{ein} = U_1 + U_2;$$

$$R_g = \frac{U_{ein}}{I_g}; \quad R_1 = \frac{U_1}{I_g}; \quad R_2 = \frac{U_2}{I_g};$$

$$R_g = R_1 + R_2;$$

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

Parallelschaltung

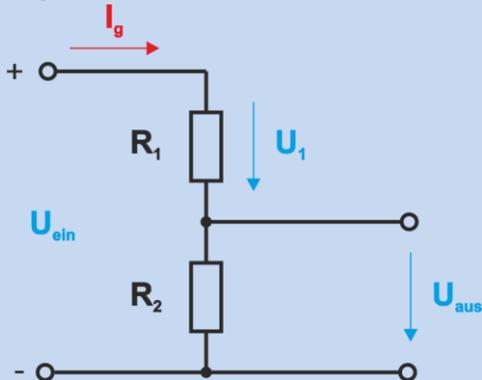


I_g teilt sich auf; U_{ein} liegt an allen Widerständen an.

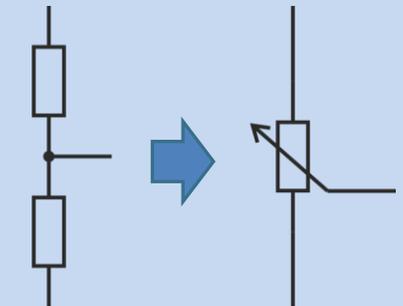
$$U_{ein} = U_1 = U_2; \quad I_g = I_1 + I_2;$$

$$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2};$$

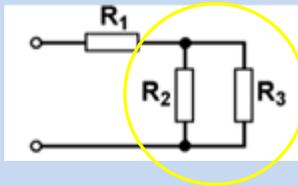
Spannungsteiler



$$U_{aus} = \frac{U_{ein}}{R_1 + R_2} * R_2; \quad I_g = \frac{U_{ein}}{R_1 + R_2};$$



Wie groß ist der Gesamtwiderstand dieser Schaltung, wenn $R_1 = 3,3k\Omega$, $R_2 = 4,7k\Omega$ und $R_3 = 27k\Omega$ beträgt?



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{4,7k\Omega} + \frac{1}{27k\Omega} = 0,25 * 10^{-3};$$

$$R = 4 * 10^3 = 4k\Omega;$$

$$R_{ges} = R_1 + 4k\Omega = 3,3k\Omega + 4k\Omega = 7,3k\Omega;$$

TD101 – TD 104 Wie groß ist der Ersatzwiderstand der Gesamtschaltung?

TD108 Die Gesamtspannung U an folgendem Spannungsteiler beträgt 12,2 V.
Die Widerstände haben die Werte $R_1 = 10 k\Omega$ und $R_2 = 2,2 k\Omega$. Wie groß ist die Teilspannung U_2 ?

TD109 Zwei Widerstände mit $R_1 = 20 \Omega$ und $R_2 = 30 \Omega$ sind parallel geschaltet. Wie groß ist der Ersatzwiderstand?

TD110 Zwei Widerstände mit $R_1 = 100 \Omega$ und $R_2 = 150 \Omega$ sind parallel geschaltet.
Wie groß ist der Ersatzwiderstand?

Passive Bauelemente und Anwendungen

Ohm'scher Widerstand

Widerstand, Leitfähigkeit,

Ohm'sches Gesetz

Leistung, Belastbarkeit,

Grundschaltungen

Reihenschaltung, Parallelschaltung, Spannungsteiler

Kondensator

Kapazität

Kondensator bei Gleichstrom / Wechselstrom

Verlustfaktor

Phasenbeziehung

Kondensatorschaltungen

Spule

Die Induktivität

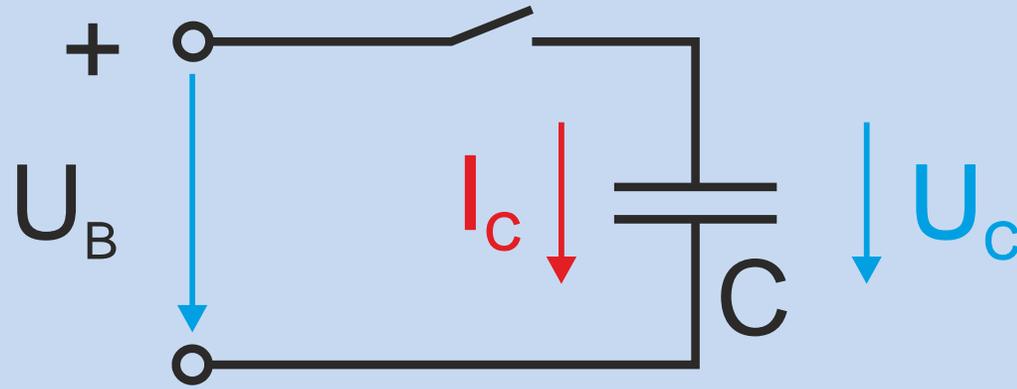
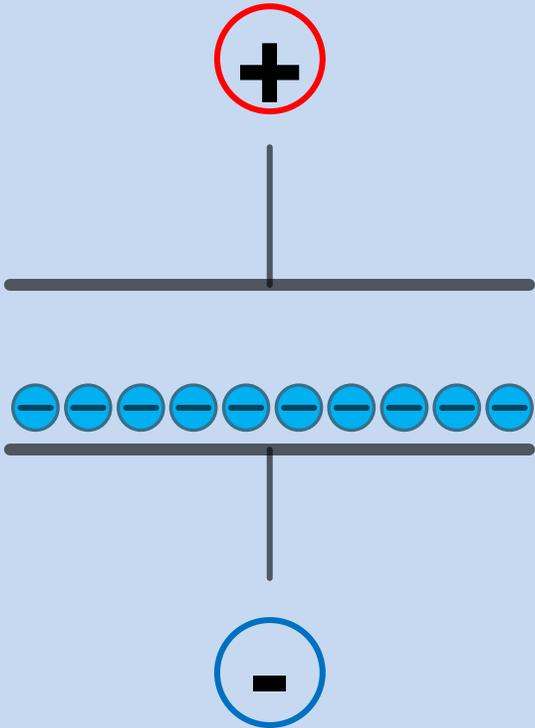
Spule bei Gleichstrom / Wechselstrom

Verlustfaktor

Phasenbeziehung

Spulenschaltungen

Transformator

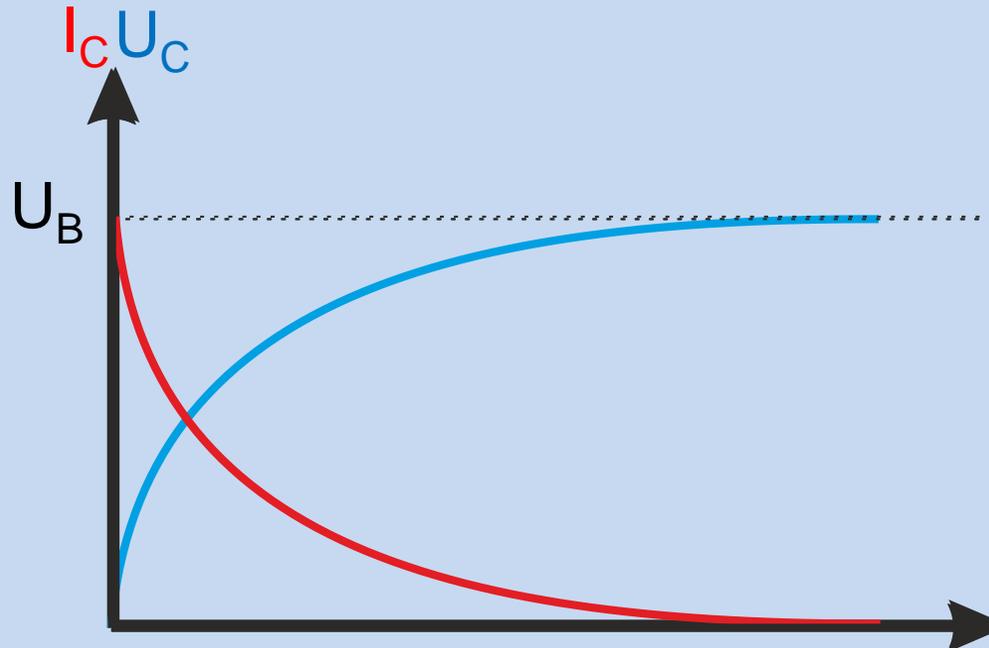


$$C = \frac{Q}{U};$$

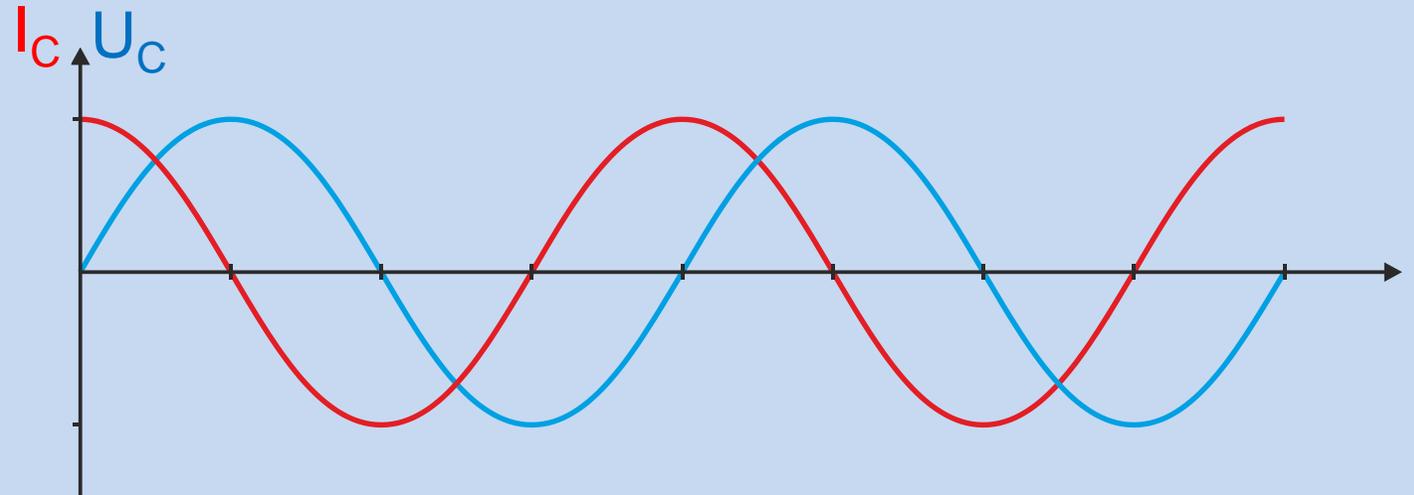
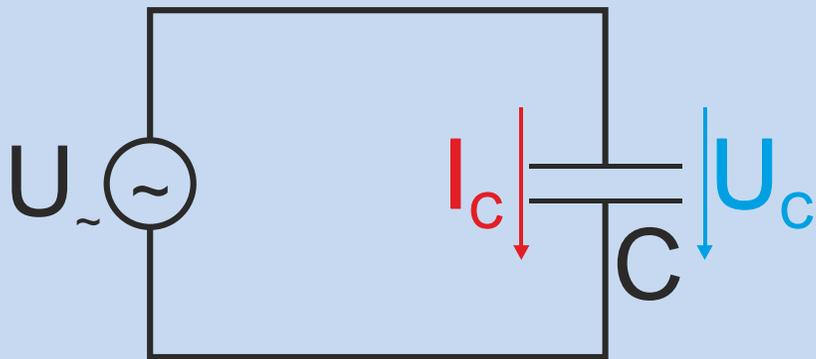
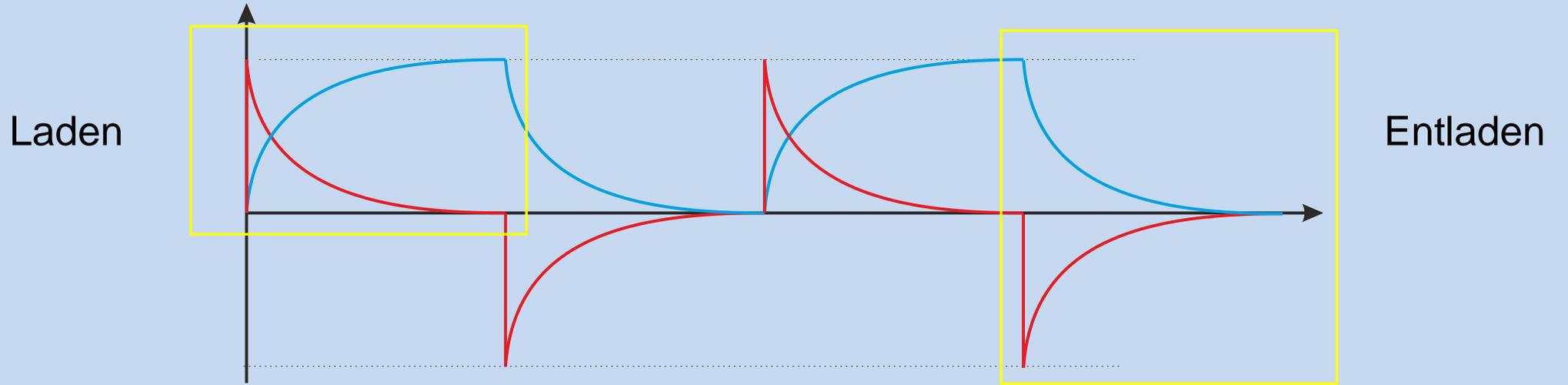
C = Kapazität;

Q = Ladungsmenge;

U = Spannung;

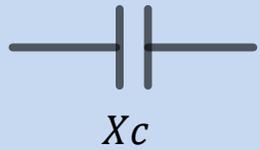


Kondensator: Wechselstrom



Am Kondensator – eilt der Strom vor

Kondensator: Kapazitiver Widerstand X_c



Der **ideale Kondensator** (= ohne Verluste) hat bei **Wechselstrom** einen **reinen Blindwiderstand** X_c .

$$X_c = \frac{1}{\omega * C};$$

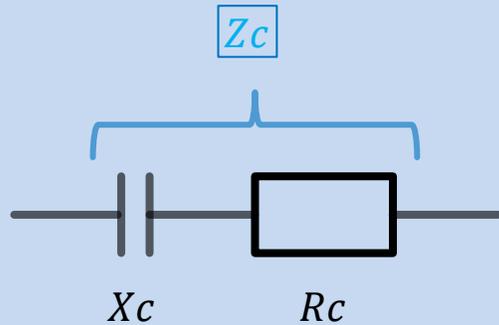
$\omega = \text{Kreisfrequenz}$

$$\omega = 2 * \pi * f;$$

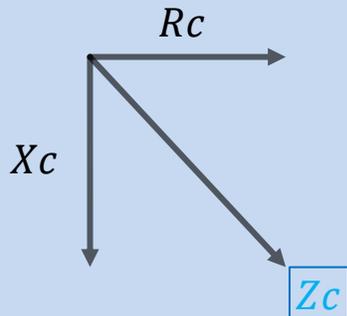
$\pi = 3,14159 \dots \dots$

$f = \text{Frequenz der Wechselspannung}$

$C = \text{Kapazität}$



Der **reale Kondensator** hat bei **Wechselstrom** auch einen **ohm'schen Widerstand** R_c (Wirkwiderstand). Der resultierende Widerstand ist Z_c . (**Scheinwiderstand**)



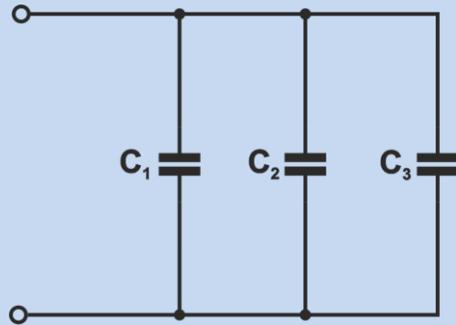
$$Z_c = \sqrt{R_c^2 + X_c^2};$$

Betrag des Vektors
Betrag des Scheinwiderstands

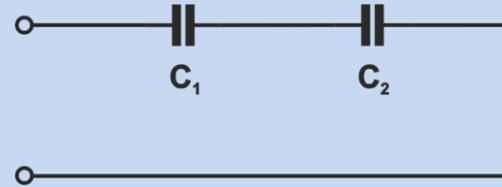
$$Z_c = R_c - jX_c;$$

Komplexer Widerstand

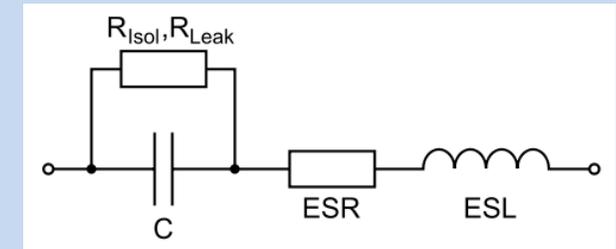
Kondensator: Grundschaltungen



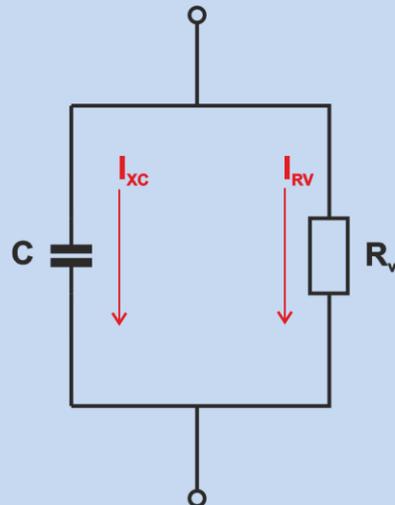
$$C_{ges} = C_1 + C_2 + C_3;$$



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



Allgemeines Ersatzschaltbild eines Kondensators



Es gibt auch einen Verlustwiderstand R_v der parallel zur Kapazität liegt. Daraus ergibt sich:

$$\text{Verlustfaktor } \tan(\delta) = \frac{I_{RV}}{I_{XC}} = \frac{X_c}{R_v};$$

Gesprochen: Tangens Delta

Kondensator: Verschiedene Bauformen



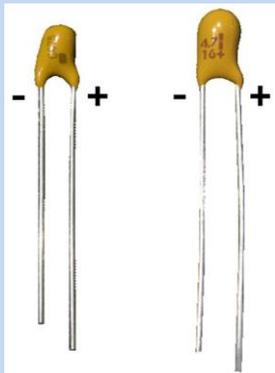
Keramik Kondensator



MKT Kondensator



Elektrolyt Kondensator
(gepolt)



Tantal Kondensator
(gepolt)



Dreh Kondensator
(einstellbar)

TD105 – TD107

Welche Gesamtkapazität hat die folgende Schaltung?

An einem unbekanntem Kondensator liegt eine Wechselspannung mit 16 V und 50 Hz.
Es wird ein Strom von 32 mA gemessen. Welche Kapazität hat der Kondensator?

$$\omega = 2\pi f$$

$$X_c = \frac{U}{I} = \frac{16V}{32mA} = 0,5k\Omega;$$

$$X_c = \frac{1}{\omega * C};$$

$$C = \frac{1}{\omega * X_c}$$

$$C = \frac{1s}{2 * \pi * 50 * 0,5 * 10^3 \Omega}$$

$$C = \frac{1}{157} * 10^{-3} = 6,37 * 10^{-3} * 10^{-3} = 6,37 * 10^{-6};$$

$$C = 6,37\mu F;$$

TC201 Welche Aussage zur Kapazität eines Plattenkondensators ist richtig?

- A Je größer der Plattenabstand ist, desto kleiner ist die Kapazität.
- B Je größer die angelegte Spannung ist, desto kleiner ist die Kapazität.
- C Je größer die Plattenoberfläche ist, desto kleiner ist die Kapazität.
- D Je größer die Dielektrizitätszahl ist, desto kleiner ist die Kapazität.

TC202 Ein Bauelement, bei dem sich Platten auf einer isolierten Achse befinden, die zwischen fest stehende Platten hineingedreht werden können, nennt man

- A Drehkondensator.
- B Tauchkondensator.
- C Keramischer Kondensator.
- D Rotorkondensator.

TC203 Welche Kapazität hat nebenstehend abgebildeter Kondensator?

- A 330 μF
- B 3,3 μF
- C 33 μF
- D 33000 μF



TC204 Welche Kapazität hat nebenstehend abgebildeter Kondensator?

- A 470 pF
- B 4,7 pF
- C 47 pF
- D 47000 pF



TC205 Welche Kapazität hat nebenstehend abgebildeter Kondensator?

- A 8,2 pF
- B 820 pF
- C 82 pF
- D 0,82 pF



TC206 Drei Kondensatoren mit den Kapazitäten $C_1 = 0,1 \mu\text{F}$, $C_2 = 150 \text{ nF}$ und $C_3 = 50000 \text{ pF}$ werden parallelgeschaltet. Wie groß ist die Gesamtkapazität?

A $0,3 \mu\text{F}$

B $2,73 \text{ nF}$

C $0,027 \mu\text{F}$

D $0,255 \mu\text{F}$

TC207 Bei welchem der folgenden Bauformen von Kondensatoren muss beim Einbau auf die Polarität geachtet werden?

A Elektrolytkondensator

B Keramischer Kondensator

C Styroflexkondensator

D Plattenkondensator

TC208 Mit zunehmender Frequenz

A sinkt der Wechselstromwiderstand von Kondensatoren.

B sinkt der Wechselstromwiderstand von Kondensatoren bis zu einem Minimum und steigt dann wieder.

C steigt der Wechselstromwiderstand von Kondensatoren.

D steigt der Wechselstromwiderstand von Kondensatoren bis zu einem Maximum und sinkt dann wieder.

Ohm'scher Widerstand

Widerstand, Leitfähigkeit,

Ohm'sches Gesetz

Leistung, Belastbarkeit,

Grundschaltungen

Reihenschaltung, Parallelschaltung, Spannungsteiler

Kondensator

Kapazität

Kondensator bei Gleichstrom / Wechselstrom

Verlustfaktor

Phasenbeziehung

Kondensatorschaltungen

Spule

Die Induktivität

Spule bei Gleichstrom / Wechselstrom

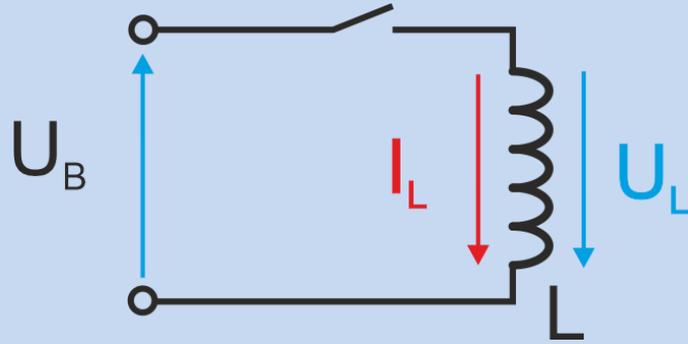
Verlustfaktor

Phasenbeziehung

Spulenschaltungen

Transformator

Spule



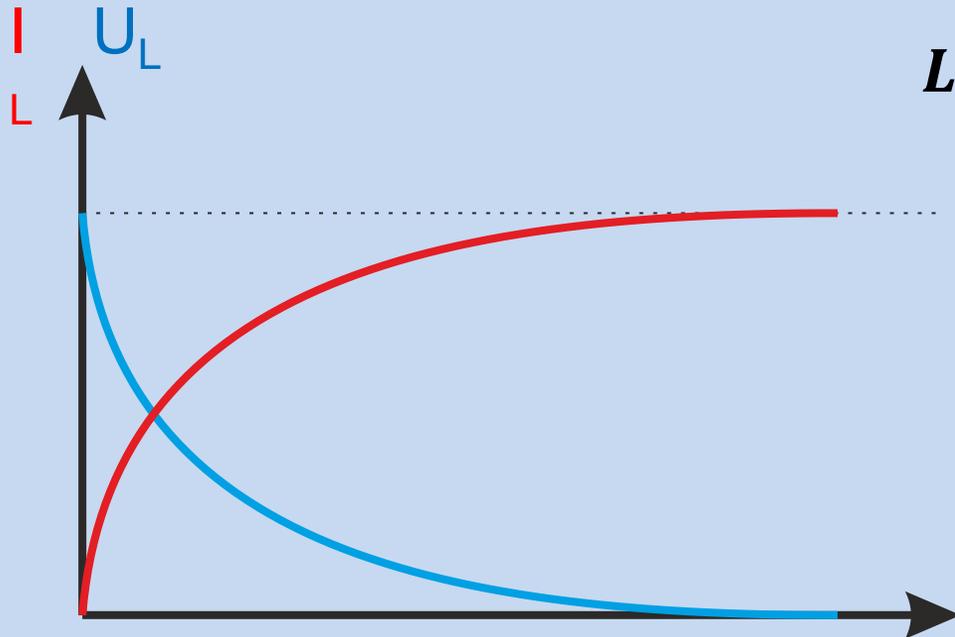
$$L = \frac{\Psi}{I} = \frac{N * \phi}{I};$$

$L =$ Induktivität

$\Psi =$ verketteter magnetischer Fluss

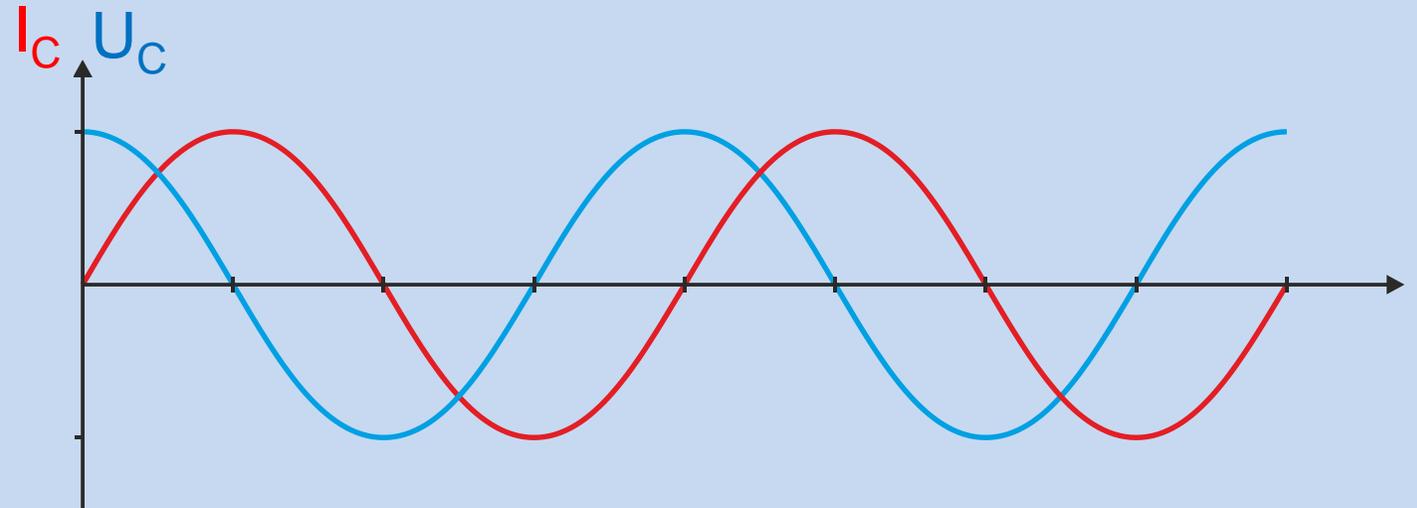
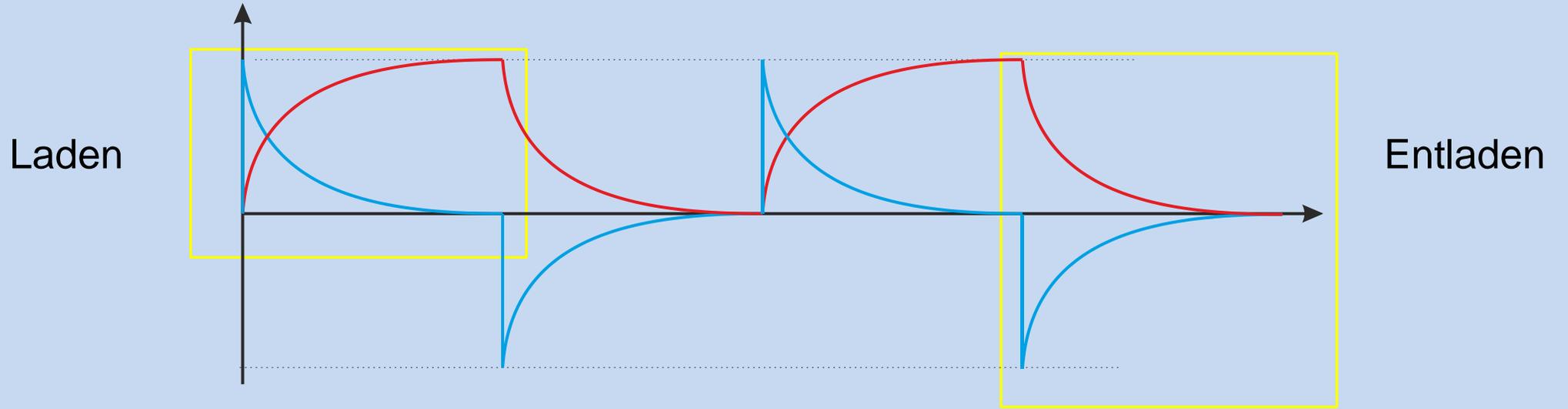
$\phi =$ magnetisch Fluss

$N =$ Anzahl der Windungen



$$L = AL * N;$$

A_L Wert = Herstellerwert in nH



An Induktivitäten – „tut sich“ der Strom verspäten

Spule Induktiver Widerstand X_L



X_L

Die **ideale Spule** (=ohne Verluste) hat bei **Wechselstrom** einen **reinen Blindwiderstand** X_L .

$$X_L = \omega * L;$$

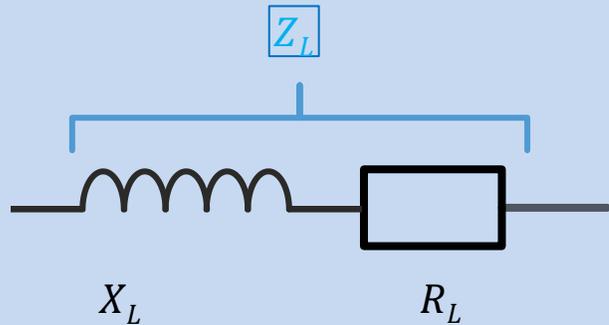
$\omega =$ Kreisfrequenz

$$\omega = 2 * \pi * f;$$

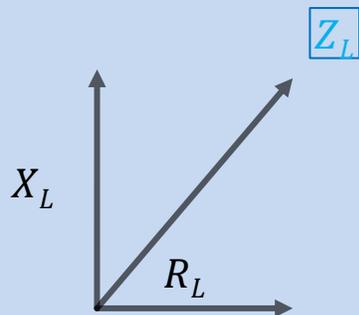
$\pi = 3,14159 \dots \dots$

$f =$ Frequenz der Wechselspannung

$L =$ Induktivität



Die **reale Spule** (=mit Verluste) hat bei **Wechselstrom** auch einen **ohm'schen Widerstand** R_L . Der resultierende Widerstand ist Z_L . (Scheinwiderstand)



$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2};$$

Betrag des Vektors
Betrag des Scheinwiderstandes

$$Z_L = RL + jXL;$$

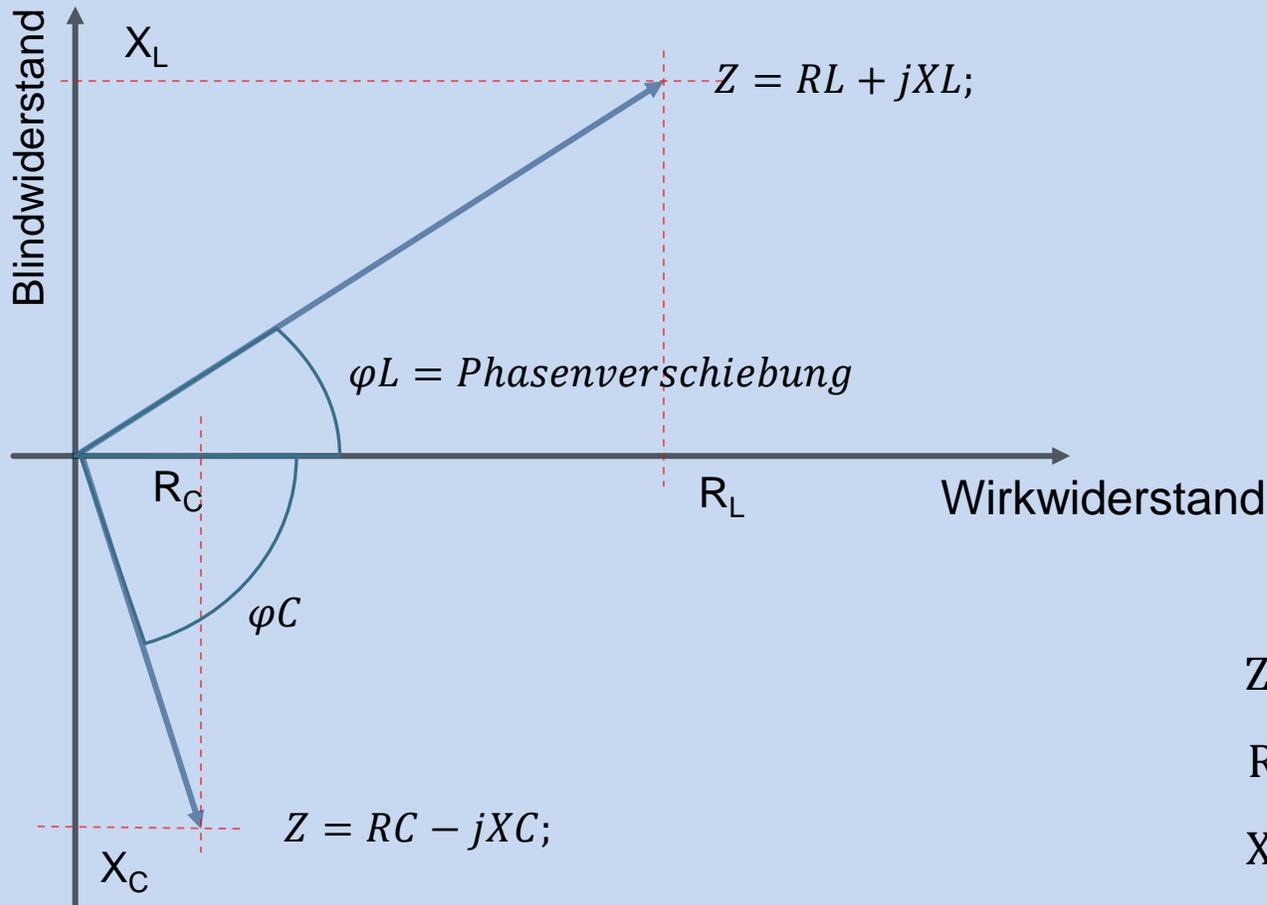
Komplexer Widerstand

Einschub: Phasenverschiebung

Komplexer Widerstand : $Z = R + jX$;

Realteil

Imaginärteil



Induktive X_L

Ohm'scher Teil R

Kapazitiv X_C

$Z = \text{Impedanz} = \text{Scheinwiderstand};$

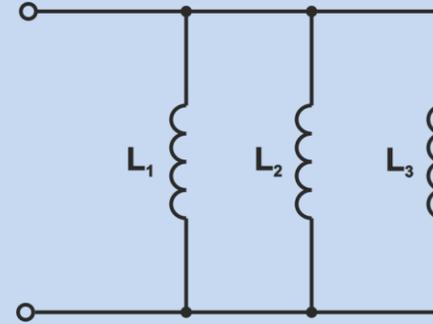
$R = \text{Wirkwiderstand (Ohmsch)};$

$X = \text{Blindwiderstand};$

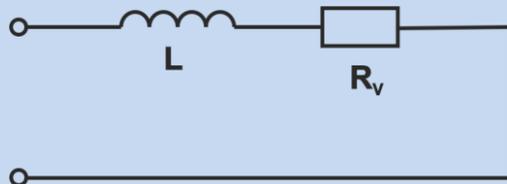
Spule: Grundschaltungen



$$L_{ges} = L1 + L2;$$



$$\frac{1}{L_{ges}} = \frac{1}{L1} + \frac{1}{L2} + \frac{1}{L3};$$



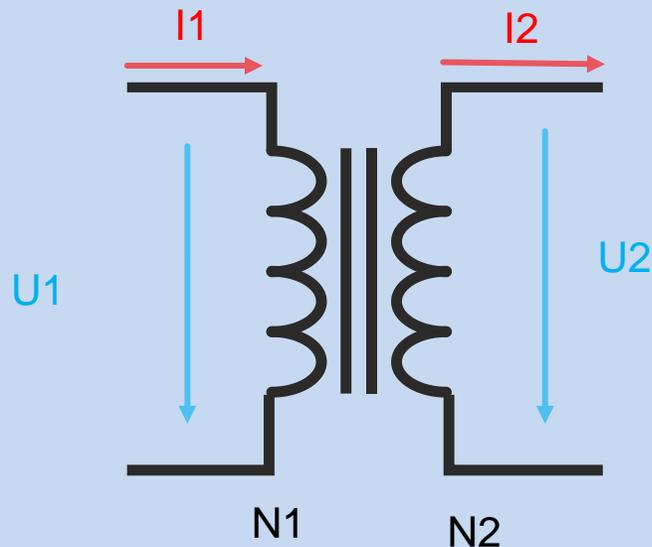
Auch bei der Spule gibt auch einen Verlustwiderstand R_v .
Er liegt in Reihe zur Induktivität. Es ergibt sich:

$$\text{Verlustfaktor } \tan(\delta) = \frac{R_v}{X_L};$$

Gesprochen: Tangens Delta

$$\text{Güte} = \frac{1}{\text{Verlustfaktor}};$$

Um einen magnetischen Kern sind zwei Spulen gewickelt. Legt man an eine Spule Wechselspannung, so wird in der anderen Spule ebenfalls eine Wechselspannung erzeugt, die vom Verhältnis der Windungen abhängig ist.



$$\frac{U1}{U2} = \frac{N1}{N2} = \text{Übertragungsverhältnis } \ddot{U};$$

$$U2 = \frac{N2}{N1} * U1; \quad I2 = \frac{N2}{N1} * I1;$$

$$U1 * I1 = U2 * I2;$$

$U1 = \text{Primärspannung}$

$I1 = \text{Primärstrom}$

$N1 = \text{Primärwicklung}$
Anzahl der Windungen

$U2 = \text{Sekundärspannung}$

$I2 = \text{Sekundärstrom}$

$N2 = \text{Sekundärwicklung}$
Anzahl der Windungen

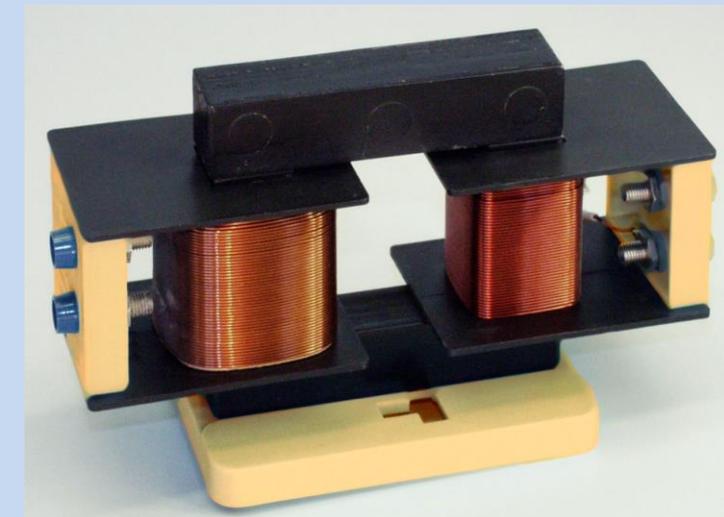
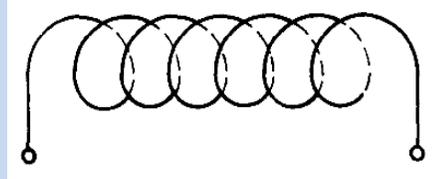


Bild : <http://de.wikipedia.org/wiki/Transformator>

Einschub: Fragenkatalog Klasse E

TC301 Wie ändert sich die Induktivität einer Spule von $12 \mu\text{H}$, wenn die Windungszahl bei gleicher Wickellänge verdoppelt wird?

- A Die Induktivität steigt auf $48 \mu\text{H}$.
- B Die Induktivität steigt auf $24 \mu\text{H}$.
- C Die Induktivität sinkt auf $6 \mu\text{H}$.
- D Die Induktivität sinkt auf $3 \mu\text{H}$.



TC302 Wie ändert sich die Induktivität einer Spule von $12 \mu\text{H}$, wenn die Wicklung auf dem Wickelkörper bei gleicher Windungszahl auf die doppelte Länge auseinander gezogen wird?

- A Die Induktivität sinkt auf $6 \mu\text{H}$.
- B Die Induktivität steigt auf $24 \mu\text{H}$.
- C Die Induktivität steigt auf $48 \mu\text{H}$.
- D Die Induktivität sinkt auf $3 \mu\text{H}$.

TC303 Wie kann man die Induktivität einer Spule vergrößern?

- A Durch Stauchen der Spule (Verkürzen der Spulenlänge).
- B Durch Auseinanderziehen der Spule (Vergrößerung der Spulenlänge).
- C Durch Einführen eines Kupferkerns in die Spule.
- D Durch Einbau der Spule in einen Abschirmbecher

TC304 Das folgende Bild zeigt einen Kern, um den ein Kabel für den Bau einer Netzdrossel gewickelt ist. Der Kern sollte aus

- A Ferrit bestehen.
- B Kunststoff bestehen.
- C Stahl bestehen.
- D aus gut leitendem Material bestehen.



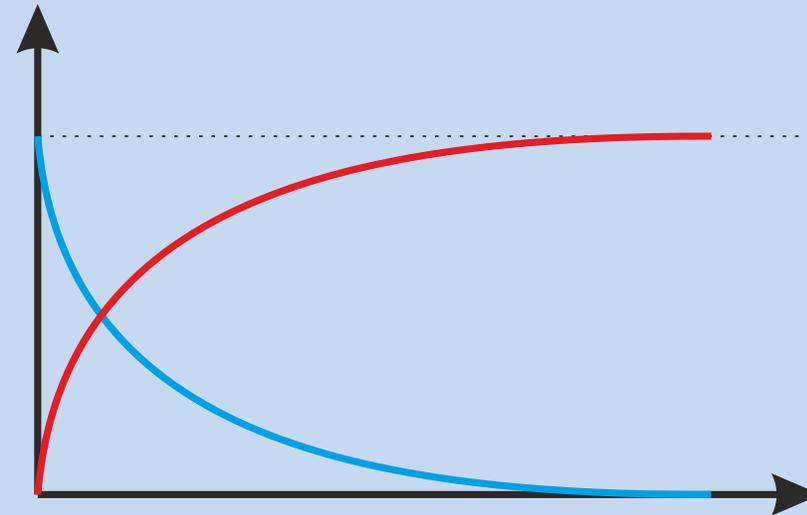
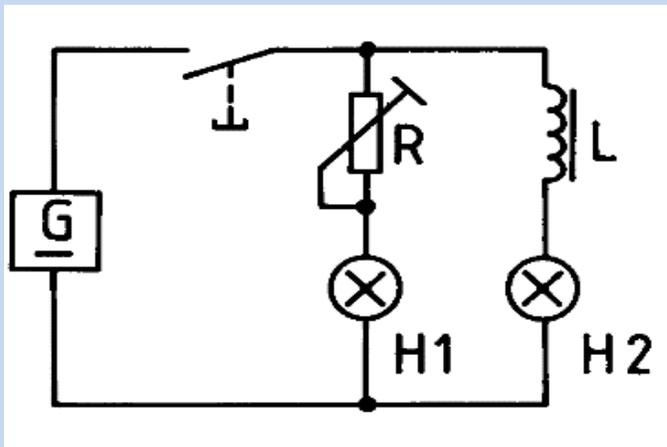
TC305 Schaltet man zwei Glühlampen gleichzeitig an eine Spannungsquelle, wobei eine Glühlampe zum Helligkeitsausgleich über einen Widerstand und die andere über eine Spule mit vielen Windungen und Eisenkern angeschlossen ist, so

A leuchtet H1 zuerst.

B leuchtet H2 zuerst.

C leuchten H1 und H2 genau gleich schnell.

D leuchtet H2 kurz auf und geht wieder aus. H1 leuchtet.



TC306 Mit zunehmender Frequenz

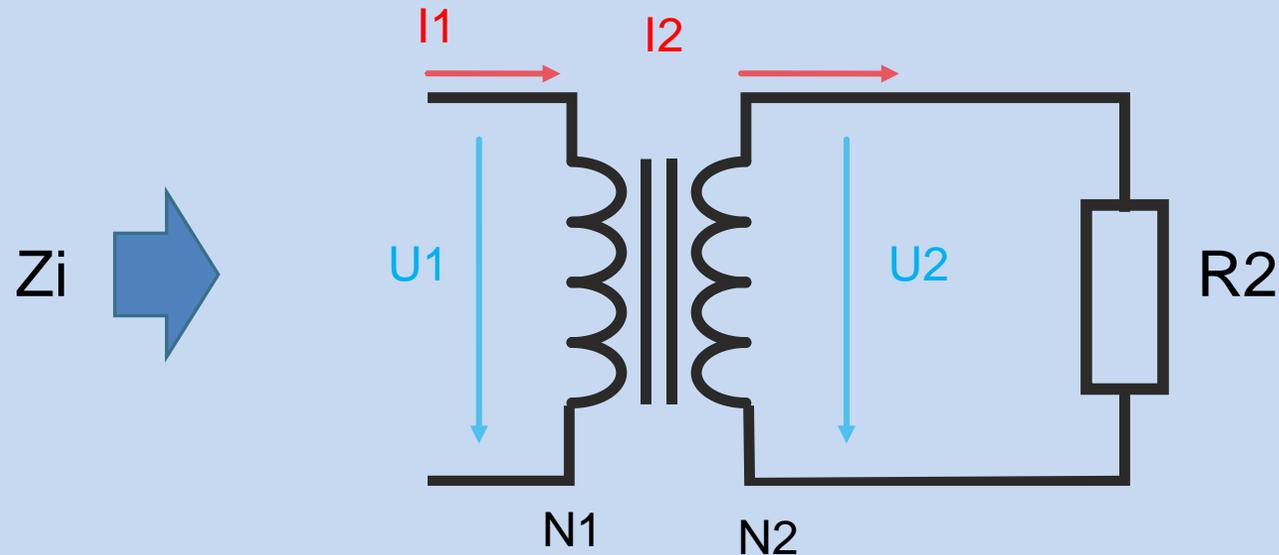
A steigt der Wechselstromwiderstand einer Spule.

B sinkt der Wechselstromwiderstand einer Spule.

C sinkt der Wechselstromwiderstand einer Spule bis zu einem Minimum und steigt dann wieder.

D steigt der Wechselstromwiderstand einer Spule bis zu einem Maximum und sinkt dann wieder.

In der Nachrichtentechnik nennt man Transformatoren, die mit kleiner Leistung in Signalwegen betrieben werden Übertrager. Mit ihnen werden auch Widerstände angepasst. („übertragen“)



Welche Impedanz Z_i messe ich, auf der Primärseite des Übertragers ?

$$P_1 = P_2; \text{ mit } P = \frac{U^2}{R}; \text{ ergibt sich: } \frac{U_1^2}{Z_i} = \frac{U_2^2}{R_2}; \text{ umgestellt: } \frac{U_1^2}{U_2^2} = \frac{Z_i}{R_2}; \text{ umgestellt: } \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2 = \frac{Z_1}{R_2};$$

$$\ddot{U}^2 = \frac{Z_1}{R_2}; \text{ umgestellt: } \mathbf{Z_1 = \ddot{U}^2 * R_2;}$$

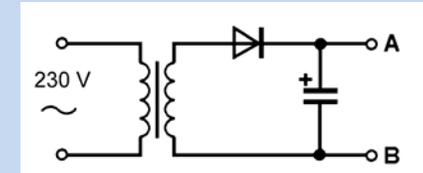
TD304 Berechnen Sie die Leerlaufausgangsspannung dieser Schaltung für ein Transformationsverhältnis von 5:1.

A ca. 65 Volt

B ca. 46 Volt

C ca. 40 Volt

D ca. 28 Volt



TC401 Ein Trafo liegt an 230 Volt und gibt 11,5 Volt ab. Seine Primärwicklung hat 600 Windungen. Wie groß ist seine Sekundärwindungszahl?

A 30 Windungen

B 20 Windungen

C 52 Windungen

D 180 Windungen

TC402 Ein Trafo liegt an 45 Volt und gibt 180 Volt ab. Seine Primärwicklung hat 150 Windungen. Wie groß ist seine Sekundärwindungszahl?

A 600 Windungen

B 850 Windungen

C 46 Windungen

D 30 Windungen

TC403 Die Primärspule eines Übertragers hat die fünffache Anzahl von Windungen der Sekundärspule. Wie hoch ist die erwartete Sekundärspannung, wenn die Primärspule an eine 230-V-Stromversorgung angeschlossen wird?

A 46 Volt

B 9,2 Volt

C 23 Volt

D 1150 Volt



Distrikt Bayern Ost U



Viel Erfolg bei der Prüfung

Klaus Scheibel DF5RO

Weitergabe ohne Änderung und mit Angabe der Quelle erlaubt

Diese Folien liegen auf www.r-a-maker.de als pdf zum Download.