



Grundlagen der ET (1)

Gerald Kupris

09.10.2012

Erinnerung: Verschiebung GET vom 10. auf 9. Oktober!

VORLESUNGSPLAN ANGEWANDTE INFORMATIK / INFOTRONIK Wintersemester 2012/13

Block 1: 08:00 - 09:30
Block 2: 09:45 - 11:15
Block 3: 12:00 - 13:30

1. Semester Bachelor AI (Stand: 18.09.2012)

Block 4: 14:00 - 15:30
Block 5: 15:45 - 17:15
Block 6: 17:30 - 19:00

**Mittwoch,
10. Oktober**

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
1	Digitaltechnik 1 Bö E 101	Grundlagen der Informatik Jr ITC 1 - E 104	GET Kupris Ku E 101	Mathematik 1 Ku E 006	
2	Physik Ku E 001	Grundlagen der Informatik Jr ITC 1 - E 103	Mathematik 1 Ku E 101	Physik Ku E 006	
3	GET Bö E 001	Einführung in die Programmierung Jr ITC 1 - E 104			
4	Mathematik 1 LB Böhm E 001	Einführung in die Programmierung Jr ITC 1 - E 103			
5	Mathematik 1 LB Böhm E 001	GET Kupris ITC 1 - E104			

Zweiteilung der GET: Gleichstrom und Wechselstrom

VORLESUNGSPLAN ANGEWANDTE INFORMATIK / INFOTRONIK
Wintersemester 2012/13

Block 1: 08:00 - 09:30
Block 2: 09:45 - 11:15
Block 3: 12:00 - 13:30

1. Semester Bachelor AI (Stand: 18.09.2012)

Block 4: 14:00 - 15:30
Block 5: 15:45 - 17:15
Block 6: 17:30 - 19:00

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
1	Digitaltechnik 1 Bö E 101	Grundlagen der Informatik Jr ITC 1 – E 104	GET GET GS Kupris Ku E 101	Mathematik 1 Ku E 006	
2	Physik Ku E 001	Grundlagen der Informatik Jr ITC 1 – E 103	Mathematik 1 Ku E 101	Physik Ku E 006	
3	GET GET WS Bösnecker Bö E 001	Einführung in die Programmierung Jr ITC 1 – E 104			
4	Mathematik 1 LB Böhm E 001	Einführung in die Programmierung Jr ITC 1 – E 103			
5	Mathematik 1 LB Böhm E 001				

Grundlagen der Elektrotechnik: Inhalte

GET1 (Gleichstrom)

Physikalische Größen und Einheiten
Abgeleitete Einheiten
Elektrischer Strom und Spannung
Das Ohmsche Gesetz
Arbeit und Leistung
Konventionen
Verschaltung von Zweipolen
Netzwerkberechnungen
Nichtlineare Elemente
Arbeitspunktbestimmung
Halbleiterbauelemente

GET1 (Wechselstrom)

Mathematische Grundlagen
Grundbegriffe der Wechselstromtechnik
Periodische Zeitfunktionen
Sinus-Größen
Komplexe Wechselstromrechnung
Ideale passive Zweipole mit Sinusgrößen
Sinusstromnetzwerke
Komplexe Übertragungsfunktionen

Literaturempfehlung



Moeller:

Grundlagen der Elektrotechnik

Verlag: Vieweg+Teubner; Auflage: 21. überarbeitete Auflage

Sprache: Deutsch

ISBN-10: 3835101099



Helmut Lindner:

Elektro-Aufgaben Band 1: Gleichstrom

Verlag: HANSER FACHBUCHVERLAG, 29. Auflage

Sprache: Deutsch

ISBN-10: 3446420703

Weitergehende Links

Vorlesungsunterlagen und Aufgaben:

V:\fakultaet-et\Vorlesungen\Kupris\GET1 ET WS2011\

Ausführliches Skript:

V:\fakultaet-et\Vorlesungen\Keller\get\skript\

Definition und Abgrenzung der Elektrotechnik

Elektrotechnik:

ist eine Technikwissenschaft, die sich mit Geräten und Verfahren befasst, die auf elektrischer Energie beruhen

- Strom und Spannung
- Widerstände und Widerstandsnetze
- Kennlinien und Arbeitspunkte

Grundlagen der Elektrotechnik:

Ziele:

Kenntnis und Verständnis der Elektrotechnik zu Grunde liegenden physikalischen Gesetze und mathematischen Berechnungsverfahren, sowie Fähigkeit, deren Gültigkeitsbereiche zu erkennen und sie auf technische Probleme anzuwenden.

SI-Einheiten

Jede physikalische Größe wird durch Zahlenwert und Einheit beschrieben:

$$\text{Größe} = \text{Zahlenwert} \cdot \text{Einheit} \quad , \quad \text{Einheit} = [\text{Größe}]$$

In der Technik werden heute fast ausschließlich die **SI-Einheiten** (Système International) verwendet:

Größe	Einheit	Kurzzeichen
Länge	Meter	m
Masse	Kilogramm	kg
Zeit	Sekunde	s
elektrische Stromstärke	Ampere	A
Temperatur	Kelvin	K
Lichtstärke	Candela	cd
Stoffmenge	Mol	mol

SI-Einheiten

Neben den 7 Basiseinheiten gibt es **abgeleitete Einheiten**, die aus den physikalischen Grundgesetzen durch Basiseinheiten dargestellt werden können. Z.B. gilt für die Kraft:

$$[\text{Kraft}] = [\text{Masse}] \cdot [\text{Beschleunigung}] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{Newton} = \text{N}$$

Um extreme Zahlenwerte zu vermeiden, verwendet man **Vorsätze** vor den Einheiten:

Name	Zeichen	Faktor	Name	Zeichen	Faktor
Dezi	d	10^{-1}	Deka	da	10
Zenti	c	10^{-2}	Hekto	k	10^2
Milli	m	10^{-3}	Kilo	k	10^3
Mikro	μ	10^{-6}	Mega	M	10^6
Nano	n	10^{-9}	Giga	G	10^9
Piko	p	10^{-12}	Tera	T	10^{12}

Das Potenzial

Das Potential oder auch Potenzial (lat.: potentialis, von potentia Macht, Kraft, Leistung) ist in der Physik die Fähigkeit eines konservativen Kraftfeldes, eine Arbeit zu verrichten.

Es beschreibt die Wirkung eines konservativen Feldes auf Massen oder Ladungen unabhängig von diesen selbst.

Beispiele: Gravitationsfeld

$$dE_{\text{pot}} = - \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} \quad (\text{Kraft mal Verschiebungsvektor})$$

Elektrisches Feld

$$dE_{\text{pot}} = dE_{\text{el}} = - q_0 \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$$

Daraus ergibt sich die Potenzialdifferenz als Änderung der potenziellen Energie pro Ladungseinheit bei der Verschiebung $d\mathbf{s}$:

$$d\Phi = dE_{\text{el}}/q_0 = - \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$$

Potenzialänderung

$$d\Phi = \frac{dE_{el}}{q_0} = -E \cdot ds$$

$$\Delta\Phi = \Phi_b - \Phi_a = \frac{\Delta E_{el}}{q_o} = -\int_a^b E \cdot ds$$

Die Potenzialänderung bei einer endlichen Verschiebung einer Ladung von einem Punkt a zu einem Punkt b ist $\Delta\Phi$.

Die Potenzialdifferenz $\Phi_b - \Phi_a$ ist das Negative der Arbeit pro Ladungseinheit, die das elektrische Feld an einer Probeladung verrichtet, die sich auf einem beliebigen Weg vom Punkt a zum Punkt b bewegt.

Die Funktion Φ heißt das elektrische Potenzial und ist ebenso wie das elektrische Feld \mathbf{E} eine Ortsfunktion. Allerdings ist das Potenzial eine skalare Funktion, während das elektrische Feld \mathbf{E} eine Vektorfunktion ist.

Elektrische Energie und Potenzial

Das von einem elektrischen Feld \mathbf{E} auf eine Probe q induzierte Kraftfeld \mathbf{F} ist konservativ, das heißt die potentielle Energie E_{el} der Probe im elektrischen Feld ist nur abhängig von der Position x der Probe, nicht aber vom Weg, auf dem die Probe nach x bewegt wurde.

Das bedeutet auch, dass sich das elektrische Feld als Gradient eines elektrostatischen Potentials Φ darstellen lässt. Die potentielle Energie einer Probe im Potential ist also

$$E_{el} = q_0 \cdot \Phi$$

Das Verschwinden des elektrischen Feldes, $E = 0$, ist gleichbedeutend mit einem konstanten elektrischen Potential, $\Phi = \text{const.}$

Der Differenz zweier elektrischer Potentiale entspricht die elektrische Spannung.

$$U = \Phi_2 - \Phi_1$$

Potenzialdifferenz

Von Potentialdifferenz beziehungsweise Potentialunterschied spricht man immer dann, wenn zwei oder mehrere Objekte zueinander unterschiedliche Potentiale besitzen.

Eine Potentialdifferenz ist also ein körperunabhängiges Maß für die Stärke eines Feldes und beschreibt das Arbeitsvermögen eines Objektes in diesem. Entlang von Äquipotentialflächen (Flächen gleichen Potentials) herrscht somit keine Potentialdifferenz. Objekte (Körper, Ladungen) können entlang dieser ohne Arbeitsaufwand verschoben werden.

In der Elektrostatik ist die Potentialdifferenz definiert als elektrische Spannung zwischen zwei isolierten Ladungsträgern (Objekten unterschiedlichen Potentials).

$$U = \Phi_2 - \Phi_1$$

Maßeinheit für das elektrische Potenzial

Das elektrische Potenzial ist die elektrische Energie pro Ladungseinheit. Dafür wurde eine eigene Einheit, das Volt (V) als Joule pro Coulomb eingeführt:

$$1V = 1J \cdot C^{-1}$$

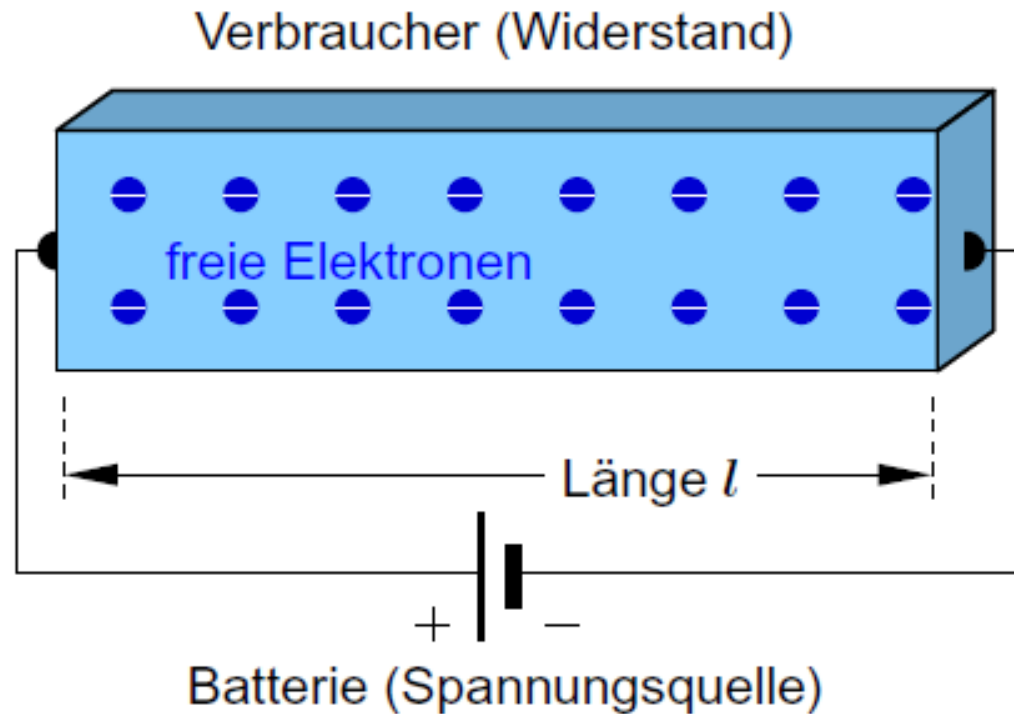
Die Dimension des Potenzials ist das Produkt der Dimensionen des elektrischen Felds und der Länge. Damit ist die Maßeinheit des elektrischen Felds das Volt pro Meter:

$$1 N \cdot C^{-1} = 1 V \cdot m^{-1}$$

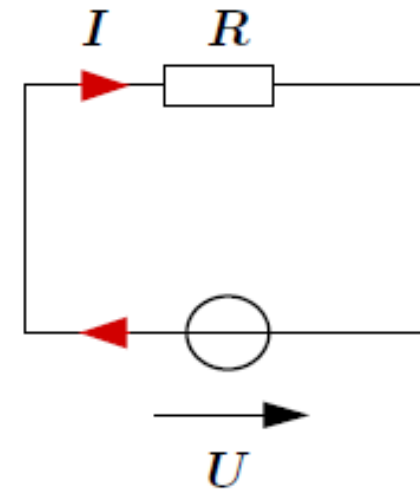
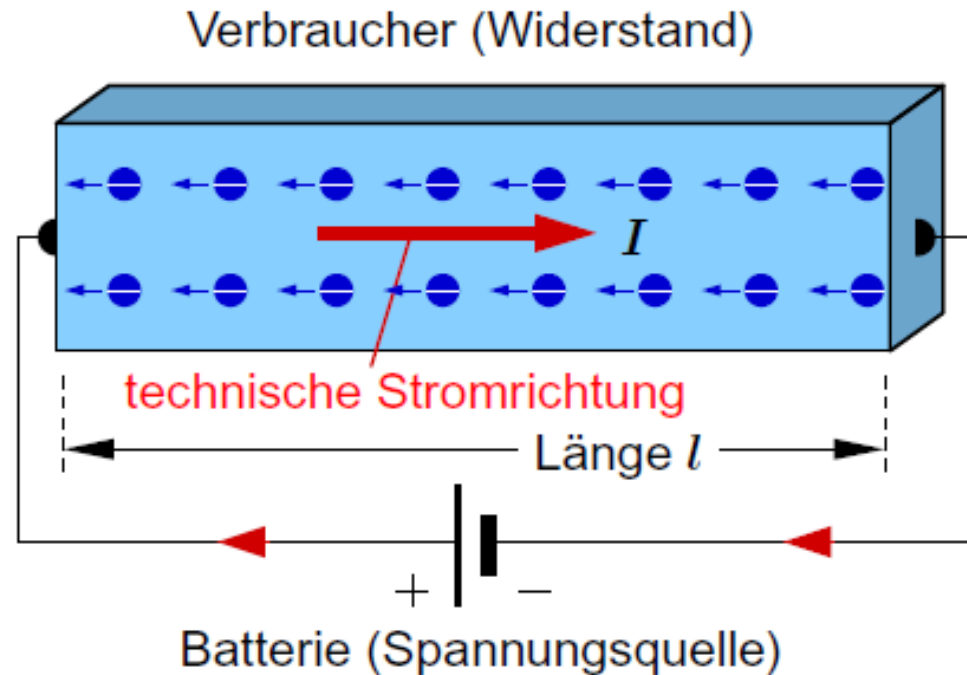
Damit kann man die elektrische Feldstärke sowohl als Kraft pro Ladungseinheit als auch als Änderungsrate des Potenzials Φ pro Längeneinheit in einer gegebene Richtung ansehen. Die Dimension der Energie ist das Produkt aus der Dimension der Ladung und des elektrischen Potenzials:

$$1 eV = 1,60 \cdot 10^{-19} C \cdot V = 1,60 \cdot 10^{-19} J$$

Ein einfacher elektrischer Stromkreis



Ein einfacher elektrischer Stromkreis



Schaltsymbole

Energie und Leistung

Im stationären Zustand (konstanter Stromfluß) wird die von der Batterie gelieferte Energie im Verbraucher in Wärme umgesetzt. Gesucht ist der Zusammenhang zwischen der Leistung und den Größen U und I (Strom und Spannung). Was versteht man eigentlich unter der „Spannung“?

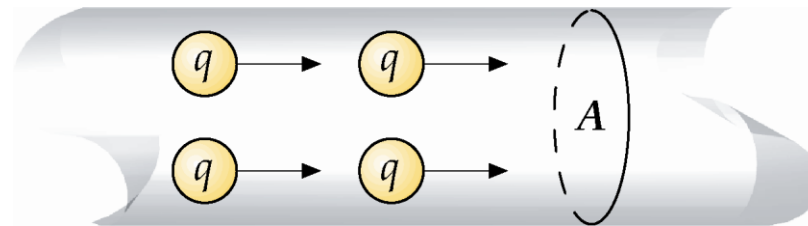
Zur Klärung dieser Fragen betrachten wir eine Ladungsmenge Q , die in der Zeitspanne t den Leiter mit der Länge l durchquert hat.

Energie $W = F \cdot l = Q \cdot \frac{F}{Q} \cdot l = Q \cdot E \cdot l \leftarrow \text{Spannung } U, [U] = \text{V}$
 \nwarrow elektrische Feldstärke $E, [E] = \text{V/m}$

Leistung $P = \frac{W}{t} = U \cdot \frac{Q}{t} \rightarrow \boxed{P = U \cdot I}, \boxed{W = U \cdot I \cdot t}$
 \nearrow Stromstärke I $[I] = \text{A} \quad [P] = \text{W} \quad [W] = \text{Ws}$

Der elektrische Strom

Die Rate, mit der elektrische Ladung durch eine Fläche A (typischerweise ist das der Querschnitt eines leitfähigen Drahtes) fließt - also der Ladungsfluss - bezeichnen wir definitionsgemäß als **elektrischen Strom**.



Elektrischer Strom ist die Bezeichnung für den gerichteten Anteil einer Bewegung von Ladungsträgern, zum Beispiel von Elektronen oder Ionen, in einem Festkörper, einer Flüssigkeit, einem Gas oder im Vakuum.

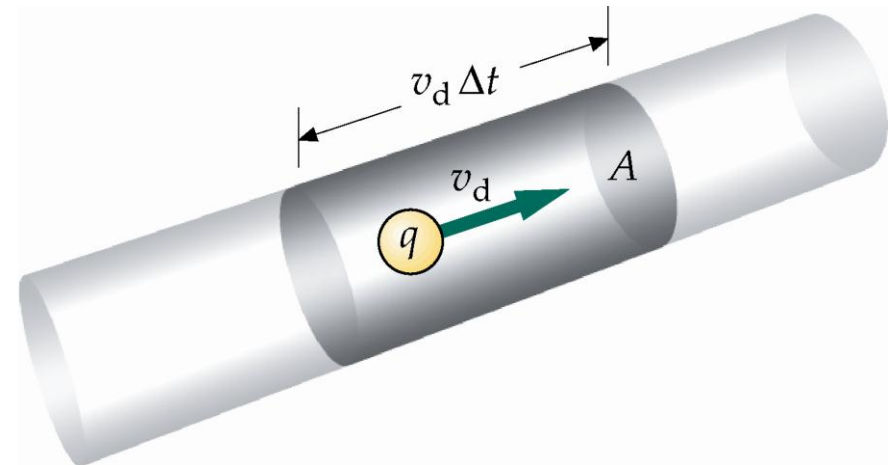
$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \qquad 1A = \frac{1C}{s}$$

Bewegung von Ladungsträgern

Ein äußeres elektrisches Feld übt auf jedes freie Elektron eine Kraft $-e \cdot \mathbf{E}$ aus und beschleunigt es damit entgegengesetzt zur Feldrichtung.

Die erworbene kinetische Energie geht den Ladungsträgern durch Stöße mit den Gitterionen umgehend wieder verloren, aber für kurze Zeit bewegen sich die Elektronen.

Die Elektronen driften entgegengesetzt zur Feldrichtung mit der Driftgeschwindigkeit \mathbf{v}_d .



$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = q \cdot \frac{n}{V} \cdot A \cdot v_d$$

Energie und Leistung



$P = U \cdot I$ ist die elektrische Energie, die pro Zeiteinheit von der Spannungsquelle an den Verbraucher abgegeben und dort in Wärme umgesetzt wird.

Bei zeitlich veränderlichen Größen ist die im Zeitraum $t_1 \leq t \leq t_2$ übertragene Energie:

$$W_{12} = \int_{t_1}^{t_2} p(t) \, dt \quad , \quad p(t) = u(t) \cdot i(t)$$

Widerstand, Leitwert, Ohmsches Gesetz

Durch Messungen hat Ohm festgestellt, daß der durch einen Widerstand R fließende Strom I der angelegten Spannung U proportional ist:

$$U = R \cdot I \quad , \quad R = \text{Widerstand} \quad , \quad [R] = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega \text{ (Ohm)}$$

$$I = G \cdot U \quad , \quad G = \frac{1}{R} = \text{Leitwert} \quad , \quad [G] = \frac{\text{A}}{\text{V}} = \text{S (Siemens)}$$

Der Widerstand eines langgestreckten Leiters ist proportional seiner Länge l und umgekehrt proportional seinem Querschnitt A :

$$R = \varrho \frac{l}{A} \quad , \quad \varrho = \text{spez. Widerstand} \quad , \quad [\varrho] = \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$G = \kappa \frac{A}{l} \quad , \quad \kappa = \text{Leitfähigkeit} \quad , \quad [\kappa] = \frac{\text{Sm}}{\text{mm}^2}$$

Der elektrische Widerstand

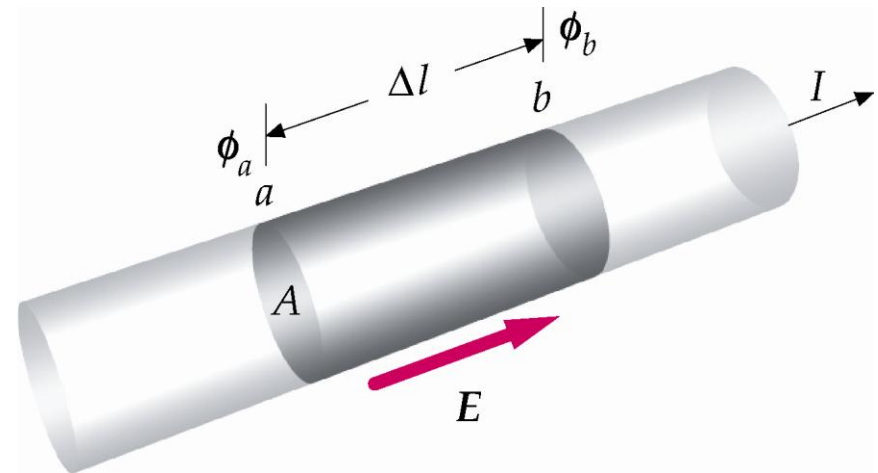
Als ohmsches Gesetz (benannt nach seinem Entdecker Georg Simon Ohm) wird der bei bestimmten elektrischen Leitern vorliegende lineare Zusammenhang zwischen Spannungsabfall U und hindurchfließendem elektrischen Strom I bei konstanter Temperatur bezeichnet.

$$U = \Phi_a - \Phi_b = |E| \cdot \Delta l$$

$$R = \frac{U}{I} = \text{const.}$$

$$1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

$$U = R \cdot I$$



Temperaturabhängigkeit des Widerstandes

Der spezifische Widerstand eines Materials ist temperaturabhängig. Bis etwa 200°C gilt annähernd eine lineare Temperaturabhängigkeit:

$$\varrho = \varrho_{20} [1 + \alpha(\vartheta - 20^\circ\text{C})]$$

ϱ_{20} = spez. Widerstand bei 20°C

α = Temperaturkoeffizient , ϑ = Temperatur in °C

Material	ϱ_{20} in $\frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$	κ_{20} in $\frac{\text{Sm}}{\text{mm}^2}$	α in $\frac{1}{^\circ\text{C}}$
Silber	0.016	62.5	0.0038
Kupfer	0.0178	56.2	0.0039
Aluminium	0.029	34.5	0.0038
Konstantan	0.5	2	−0.00003

Der spezifische Widerstand

Der Widerstand eines Leiters ist proportional zu dessen Länge und umgekehrt proportional zu dessen Querschnitt:

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

Der Proportionalitätsfaktor ***r*** ist der spezifische Widerstand, eine stoffspezifische Eigenschaft mit der Einheit Ohmmeter ($\Omega \cdot \text{m}$).

Die elektrische Leitfähigkeit ist der Umkehrwert in $\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Material	Spezifischer Widerstand $r [\Omega \cdot \text{m}]$	Temperaturkoeffizient $\alpha [\text{K}^{-1}]$
Silber	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$
Kupfer	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
Aluminium	$2,8 \cdot 10^{-8}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
Blei	$22 \cdot 10^{-8}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$
Kohlenstoff	$3500 \cdot 10^{-8}$	$-0,5 \cdot 10^{-3}$
Germanium	0,45	$-4,8 \cdot 10^{-2}$
Silizium	640	$-7,5 \cdot 10^{-2}$
Porzellan	10^{11}	
Holz	$10^8 - 10^{14}$	
Glas	$10^{10} - 10^{14}$	
Hartgummi	$10^{13} - 10^{16}$	
Teflon	10^{14}	

Der Elektrische Leiter

Ein elektrischer Leiter ist ein Medium, das frei bewegliche Ladungsträger besitzt und somit zum Transport geladener Teilchen benutzt werden kann. Diesen Transport nennt man elektrischen Strom. Der gleichbedeutende altertümliche Begriff Konduktor bezeichnet im engeren Sinne einen aus Metall gefertigten Ladungssammler in Form einer Dose oder Kugel an elektrostatischen Geräten.

Metalle sind Leiter **1. Klasse**. Die Leitfähigkeit von Metallen beruht nicht auf der Anzahl der Elektronen auf ihrer Außenschale, sondern ist in erster Linie durch die Gitterstruktur vorgegeben.

Ionenleiter sind Leiter **2. Klasse**. Die Leitfähigkeit entsteht durch Aufspaltung der Kristallgitterstruktur unter Bildung von elektrisch geladenen, beweglichen Ionen im sogenannten Elektrolyt.

Metalle

Metalle bilden diejenigen chemischen Elemente, die sich im Periodensystem der Elemente links und unterhalb einer Trennungslinie von Bor bis Astat befinden. Das sind etwa 80 Prozent der chemischen Elemente, wobei der Übergang zu den Nichtmetallen über die Halbmetalle fließend ist. Häufig wird der Begriff auch für Legierungen, intermetallische Phasen und die metallischen Modifikationen von Nicht- oder Halbmetallen verwendet, wenn diese in fester oder flüssigen Form die folgenden vier charakteristischen metallischen Stoffeigenschaften aufweisen:

- elektrische Leitfähigkeit, die mit steigender Temperatur abnimmt,
- hohe Wärmeleitfähigkeit,
- Duktilität (Verformbarkeit) und
- metallischen Glanz (Spiegelglanz).

Alle diese Eigenschaften beruhen darauf, dass der Zusammenhalt der betreffenden Atome mit der metallischen Bindung erfolgt, deren wichtigstes Merkmal die im Gitter frei beweglichen Elektronen sind.

Einteilung der Metalle

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La *	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac **	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg							
			* Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
			** Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Leichtmetalle < 5 g/cm³ Schwermetalle < 10 g/cm³ Schwermetalle > 10 g/cm³

Der Nichtleiter

Als Nichtleiter bezeichnet man in der Physik und der Technik einen Stoff, der keine oder eine praktisch unbedeutende elektrische Leitfähigkeit besitzt – ungefähre Grenzwert: kleiner als $10^{-10} \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Andere übliche Bezeichnungen für Nichtleiter sind, je nach Einsatzbereich, Isolator und Dielektrikum. Dabei ist zu beachten, dass der Begriff Isolator neben der hier beschriebenen Materialeigenschaft auch ein isolierendes Bauteil bezeichnet.

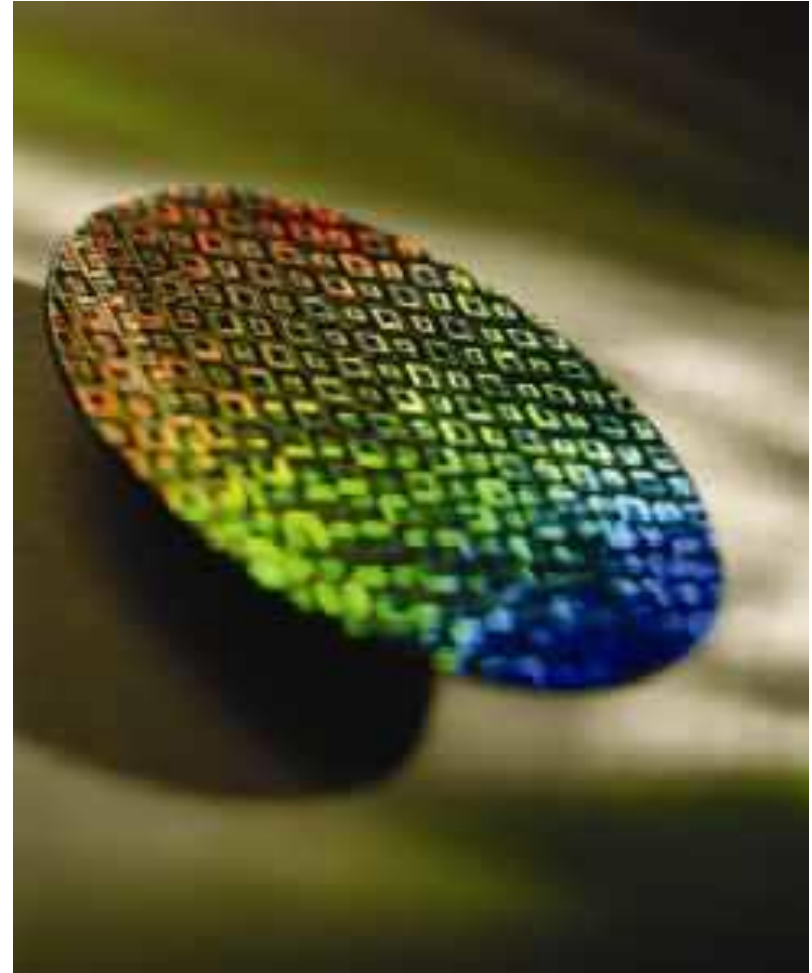
Dienen Nichtleiter zur Isolation von elektrischen Leitern, nennt man sie Isolierstoffe.

Der Halbleiter

Unter einem Halbleiter versteht man einen Festkörper, den man hinsichtlich seiner elektrischen Leitfähigkeit sowohl als Leiter als auch als Nichtleiter betrachten kann. Halbleiter können verschiedene chemische Strukturen besitzen. So unterscheidet man zwischen Elementhalbleitern (aufgebaut aus einem einzigen Element) und Verbindungshalbleitern.

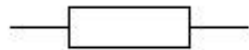
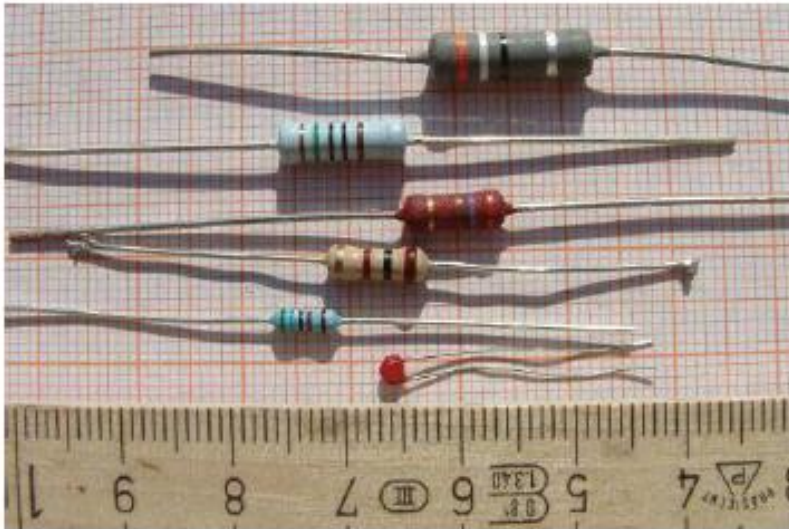
Die Leitfähigkeit ist stark temperaturabhängig. In der Nähe des absoluten Temperaturnullpunkts sind Halbleiter Isolatoren. Bei Raumtemperatur sind sie je nach materialspezifischem Abstand von Leitungs- und Valenzband leitend oder nichtleitend.

Die elektrische Leitfähigkeit von Halbleitern nimmt mit steigender Temperatur zu, sie gehören damit zu den Heißleitern.

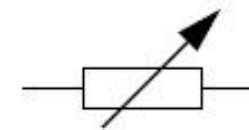


Elektrische Widerstände

Gebräuchliche Ausführungsformen elektrischer Widerstände:

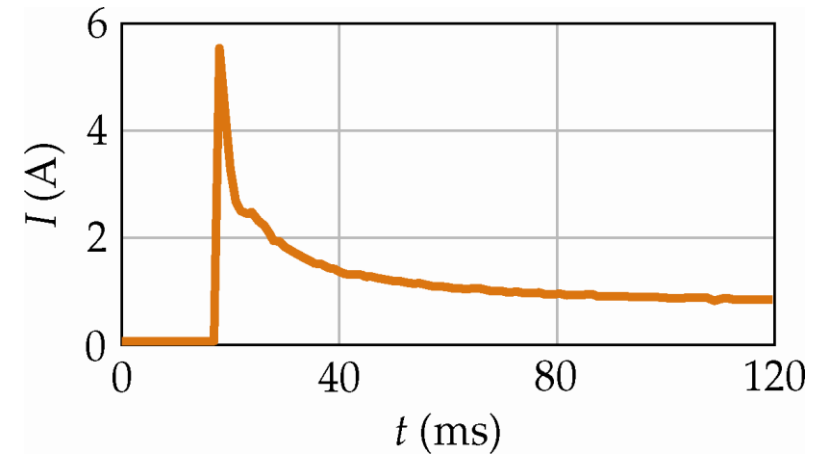
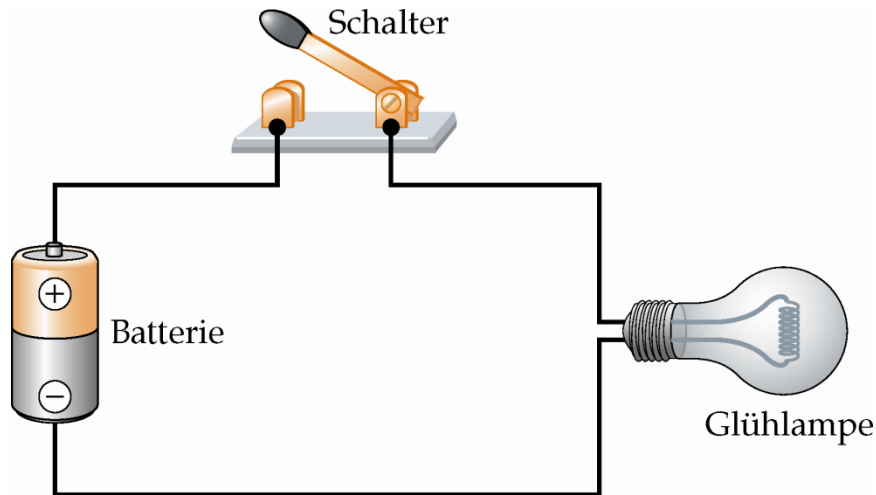


Festwiderstände



einstellbarer Widerstand
Potentiometer

Strom durch eine Glühlampe



Unmittelbar nach dem Einschalten erreicht der Strom, der durch den Wolfram-Glühfaden fließt, einen Spitzenwert, von dem aus er innerhalb von ungefähr 100 ms auf einen gleichbleibenden Wert von etwa 0,75 A absinkt.

Die Ursache für dieses Verhalten ist, dass der Widerstand des Drahtes mit dessen Temperatur zunimmt.

Aufgaben

1. Welchen Gleichstromwiderstand hat eine Telefonleitung aus Kupfer von 4,5 km Länge und 4 mm Durchmesser?
2. Zwischen den beiden Platten eines Kondensators von 0,1 m² Fläche befindet sich eine 4 mm dicke Glasplatte ($10^{10} \Omega \cdot \text{m}$). Welchen Widerstand hat die Platte?
3. Auf den wievielfachen Wert steigt der Widerstand eines 2 mm dicken Drahtes, wenn er unter Erhaltung der Gesamtmasse auf 1 mm Durchmesser ausgezogen wird?

Aufgaben

4. Die Feldwicklung eines Elektromotors hat bei 20°C einen Widerstand von 500 Ω ($\alpha = 0,0038 \text{ 1/K}$). Welchen Widerstand hat sie im Betrieb bei 62°C?
5. Ein Vorschaltwiderstand aus Nickeldraht hat bei 20°C den Anfangswert von 350 Ω . Bei welcher Temperatur erreicht er den Endwert 450 Ω ($\alpha = 0,004 \text{ 1/K}$)?
6. Um wie viel Prozent nimmt der Widerstand eines von 20°C auf 80°C erwärmten Leiters aus Kupfer zu ($\alpha = 0,0038 \text{ 1/K}$)?

Literatur

M. Filtz, TU Berlin: Vorlesung Grundlagen der Elektrotechnik, WS2006/07

Moeller: Grundlagen der Elektrotechnik, Vieweg+Teubner Verlag

Helmut Lindner: Elektro-Aufgaben Band 1: Gleichstrom, Hanser Fachbuchverlag

Paul A. Tipler, Gene Mosca: Physik für Wissenschaftler und Ingenieure, Spektrum Akademischer Verlag, August 2009



Hochschule Deggendorf – Edlmairstr. 6 und 8 – 94469 Deggendorf