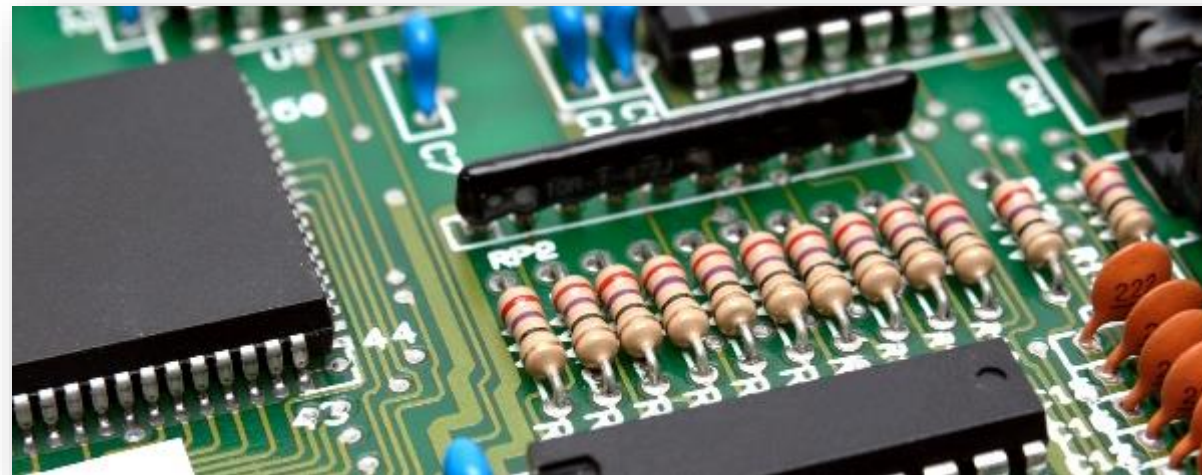


GRUNDLAGEN DER ELEKTROTECHNIK ET1

Teil 1: Von Einheiten bis Wirkungsgrad



TEIL 1: GRUNDLEGENDE BEGRIFFE

- 1.1 Einheiten
- 1.2 Gleichungen
- 1.3 Elektrische Ladung
- 1.4 Elektrisches Feld
- 1.5 Elektrische Spannung
- 1.6 Elektrischer Strom
- 1.7 Elektrischer Widerstand
- 1.8 Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad

SI EINHEITEN – SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITÉS

Größe	Bezeichnung	Einheit	Symbol
Länge	Meter	m	<i>l</i>
Masse	Kilogramm	kg	m
Zeit	Sekunde	s	t
Strom	Ampere	A	I
Temperatur	Kelvin	K	T

MKSA System: m, kg, s, A



<https://viamint.haw-hamburg.de>

SI-PRÄFIX

Frage:

Wie schreiben wir sehr große oder sehr kleine Werte?

SI-Präfix		Faktor	SI-Präfix		Faktor
m	Milli	10^{-3}	k	Kilo	10^3
μ	Micro	10^{-6}	M	Mega	10^6
n	Nano	10^{-9}	G	Giga	10^9
p	Pico	10^{-12}			

Beispiel: $10^6 \text{ W} = 1.000.000 \text{ W} =$

TEIL 1: GRUNDLEGENDE BEGRIFFE

- 1.1 Einheiten
- 1.2 Gleichungen**
- 1.3 Elektrische Ladung
- 1.4 Elektrisches Feld
- 1.5 Elektrische Spannung
- 1.6 Elektrischer Strom
- 1.7 Elektrischer Widerstand
- 1.8 Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad

GLEICHUNGEN

Physikalische Größe = Wert · Einheit

Basiseinheiten: m, kg, s, A

Abgeleitete Einheiten: z.B. Kraft in Newton: $1 N = 1 kg m/s^2$

Größengleichungen:

Einheitengleichungen:

Frage:

Warum sind Einheiten bei Umformungen stets mitzuführen?

Wenn Einheiten nicht stimmen \Rightarrow Fehler

ZUGESCHNITTENE GRÖßENGLICHUNGEN

Frage:

Was machen wir, wenn eine physikalische Gleichung per Computer berechnet werden soll?

Mathematisch korrekt als **zugeschnittene Größengleichung**:

$$\frac{U}{V} = C \cdot \left(\frac{I}{A}\right)^\beta$$

ZUGESCHNITTENE GRÖßENGLEICHUNG

Aufgabe: Finden Sie den Zusammenhang zwischen C, β und C', β' .

$$\frac{U}{V} = C \cdot \left(\frac{I}{A}\right)^\beta \quad \Rightarrow \quad \frac{U}{V} = C' \cdot \left(\frac{I}{mA}\right)^{\beta'}$$

- A. $\beta = \beta'$ und $C = 1000^{\beta'} \cdot C'$
- B. $\beta = \beta'$ und $C' = 1000^{\beta'} \cdot C$
- C. $\beta = 1000 \beta'$ und $C = C'$

SIGNIFIKANTE STELLEN

Wie genau soll ein Ergebnis angegeben werden?

→ Nicht genauer als es gemessen werden kann.

Typisch: 0.1% Messgenauigkeit → 4 signifikante Stellen

scientific format: $1 \cdot 10^{-5}$

$$B = 2,983 \cdot 10^{-5} T$$

engineering format: $1, 10^{-3}, 10^{-6}, \dots$

$$B = 29,83 \cdot 10^{-6} T = 29,83 \mu T$$

TEIL 1: GRUNDLEGENDE BEGRIFFE

- 1.1 Einheiten
- 1.2 Gleichungen
- 1.3 Elektrische Ladung**
- 1.4 Elektrisches Feld
- 1.5 Elektrische Spannung
- 1.6 Elektrischer Strom
- 1.7 Elektrischer Widerstand
- 1.8 Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad

ELEKTRISCHE LADUNG

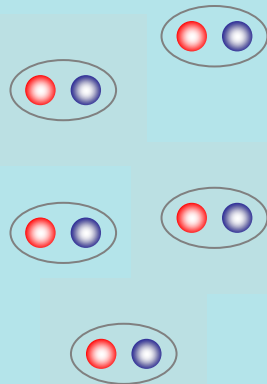
Frage:

Wie kann man die Ablenkung des Wasserstrahls erklären?

Lineal



Wasserstrahl



Frage:

Woher kommt eigentlich der Begriff Elektron?

ELEKTRISCHE LADUNG Q

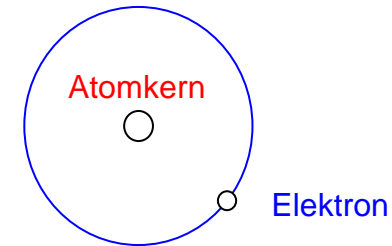
Die Ursache für elektrische Erscheinungen ist die Ladung:

- ohne Ladung gäbe es kein
- ohne bewegte Ladung kein

$$[Q] = 1 \text{ C (Coulomb)} = 1 \text{ As}$$

BOHRSCHESES ATOMMODELL

- Niels Bohr in 1913
- Atomkern + Elektronenhülle
- Kern positiv, Elektron negativ geladen



Ladung des Elektrons: Elementarladung: $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ As}$

Frage: Was konnte Nils Bohr mit diesem Modell erklären?

- A. Bestimmung des Atomdurchmessers
- B. Bestimmung des Elektrondurchmessers
- C. Modell zur Erklärung der Spektrallinien

TEIL 1: GRUNDLEGENDE BEGRIFFE

- 1.1 Einheiten
- 1.2 Gleichungen
- 1.3 Elektrische Ladung
- 1.4 Elektrisches Feld**
- 1.5 Elektrische Spannung
- 1.6 Elektrischer Strom
- 1.7 Elektrischer Widerstand
- 1.8 Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad

COULOMBSCHES GESETZ

Frage:

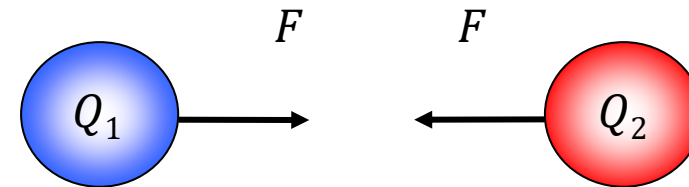
Was hat Coulomb in seinen Versuchen mit geladenen Kugeln in 1785 festgestellt?

- Kraft $F \sim$
- Kraft $F \sim$

gleichnamige geladene Kugeln stossen sich ab



entgegengesetzt geladene Kugeln ziehen sich an



Coulombsches Gesetz:

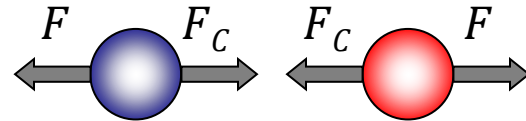
$$F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Permittivität des Vakuums:

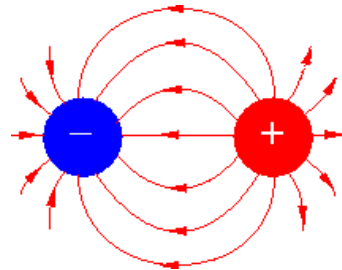
$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$$

ELEKTRISCHE FELDESTÄRKE E

Um Ladungen unterschiedlicher Polarität zu trennen, muss man von außen Energie aufbringen. Man spricht von **Ladungstrennung**.

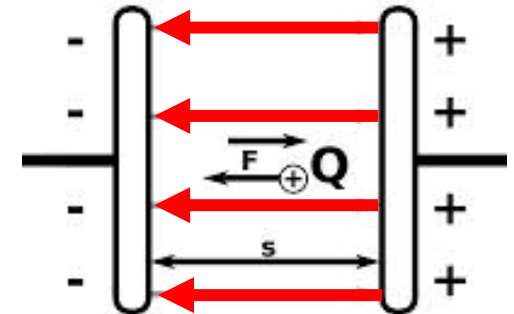


Es entsteht ein elektrisches Feld.



Elektrische Feldstärke E = Kraft F auf Probeladung Q

$$E = \frac{F}{Q} \quad \text{mit} \quad [E] = 1 \frac{N}{C} = 1 \frac{Nm}{Cm} = 1 \frac{VAs}{Asm} = 1 \frac{V}{m}$$



COULOMBSCHES GESETZ UND FELDSTÄRKE

Aufgaben:

1) Wie groß ist die Feldstärke im Abstand von 37 pm (entspricht dem mittleren Atomradius von Wasserstoff) zu einem einfach geladenen Wasserstoffatomkern?
($e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}$ und $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$)

2) Welche Kraft wirkt auf ein Elektron in diesem Abstand?

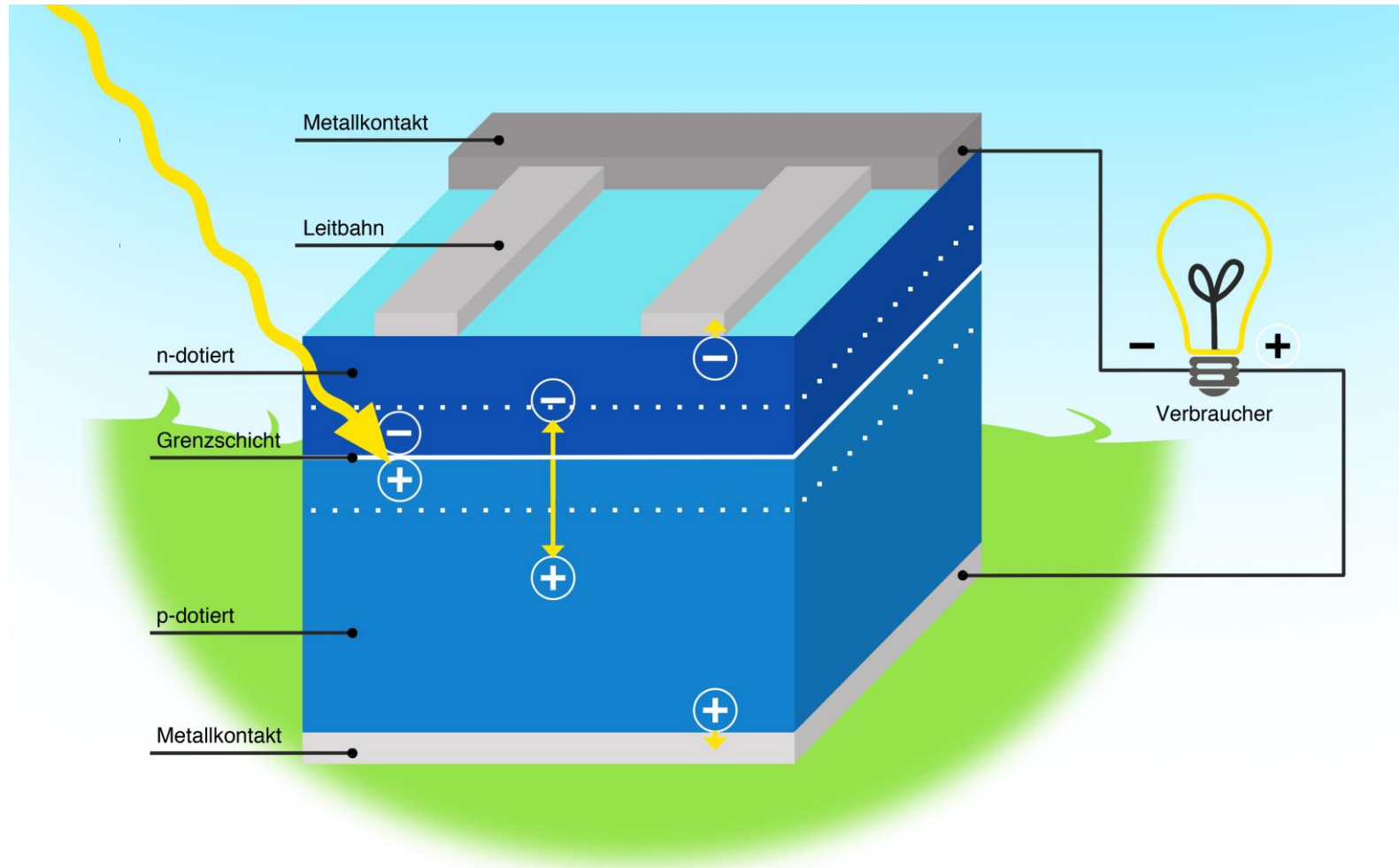
A. $E = 1,052 \cdot 10^{12} \text{ V/m}$

B. $E = 1,052 \cdot 10^{-12} \text{ V/m}$

C. $F = 168,5 \text{ nN}$

D. $F = 1,685 \cdot 10^{-7} \text{ N}$

BEISPIEL FÜR LADUNGSTRENNUNG



Aufbau einer Solarzelle

LADUNGSTRENNUNG

Aufgabe: Finden Sie Beispiele für Ladungstrennung.

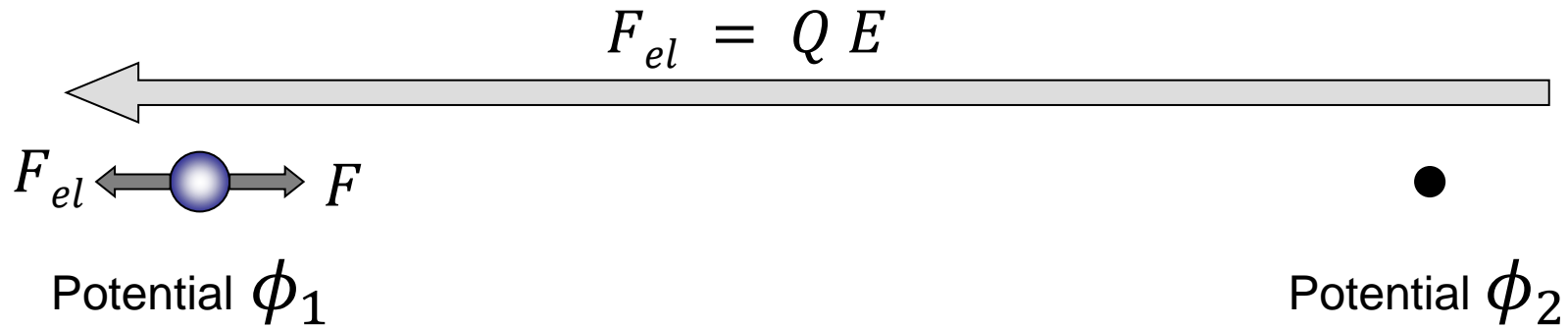
-
-
-
-
-

1 GRUNDLEGENDE BEGRIFFE

- 1.1 Einheiten
- 1.2 Gleichungen
- 1.3 Elektrische Ladung
- 1.4 Elektrisches Feld
- 1.5 Elektrische Spannung**
- 1.6 Elektrischer Strom
- 1.7 Elektrischer Widerstand
- 1.8 Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad

ELEKTRISCHE SPANNUNG U

Spannung ist ein Maß für die Arbeit, die man aufwendet, wenn eine Ladung in einem elektrischen Feld bewegt wird.



Für ein konstantes elektrisches Feld E gilt:

$$W = F \cdot s =$$

$\phi = W / Q$ heißt elektrisches Potential

$U_{12} = \phi_1 - \phi_2$ ist die Potentialdifferenz und heißt **Spannung**

$$U_{12} = \frac{W_{12}}{Q}$$

mit $[W] / [Q] = 1 \text{ Ws} / \text{As} = 1 \text{ VAs} / \text{As} = 1 \text{ Volt} = 1 \text{ V}$

ELEKTRISCHE SPANNUNG

Aufgabe: Bestimmen Sie die folgenden Spannungen.

1) $U_{12} =$

2) $U_{23} =$

3) $U_{31} =$

4) $U_{12} + U_{23} + U_{31} =$

2

$$\phi_2 = 2V$$

3

$$\phi_3 = 20V$$

Endergebnis für Klicker-Abfrage:

1

$$\phi_1 = 12V$$

a) $U_{12} + U_{23} + U_{31} = 2V$

b) $U_{12} + U_{23} + U_{31} = 8V$

c) $U_{12} + U_{23} + U_{31} = 0V$

1 GRUNDLEGENDE BEGRIFFE

- 1.1 Einheiten
- 1.2 Gleichungen
- 1.3 Elektrische Ladung
- 1.4 Elektrisches Feld
- 1.5 Elektrische Spannung
- 1.6 Elektrischer Strom**
- 1.7 Elektrischer Widerstand
- 1.8 Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad

ELEKTRISCHER STROM I



Elektrischer Strom ist bewegte Ladung

Strom wird angegeben als Ladungsmenge pro Zeit:

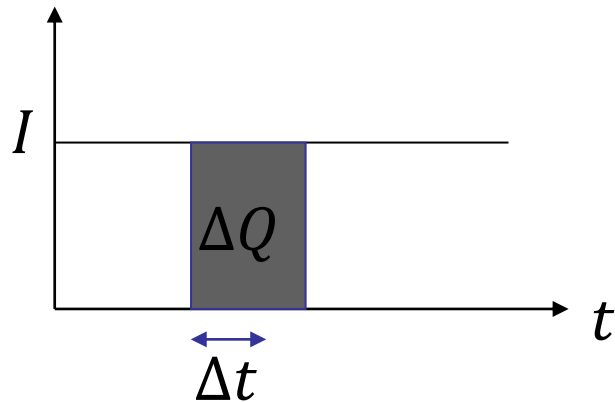
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \text{mit } [I] = 1 \text{ Ampere} = 1 \text{ A}$$

GLEICHSTROM UND MOMENTAN-STROM

Gleichstrom:
(DC – direct current)

$$I = \text{const.}$$

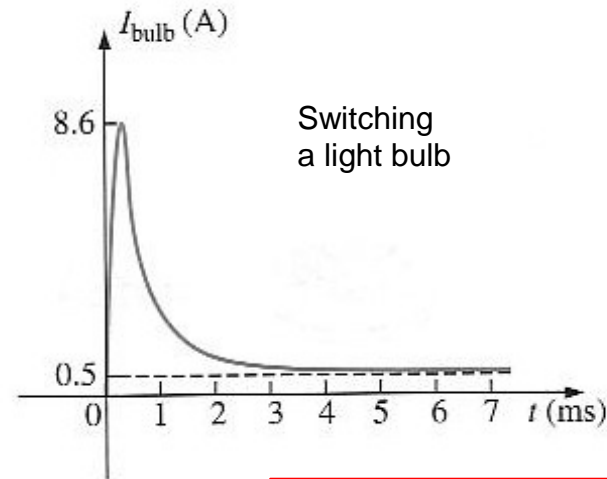
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$



Zeitabhängiger Strom:
(AC – alternating current)

$$i = f(t)$$

$$i = \frac{dQ}{dt}$$

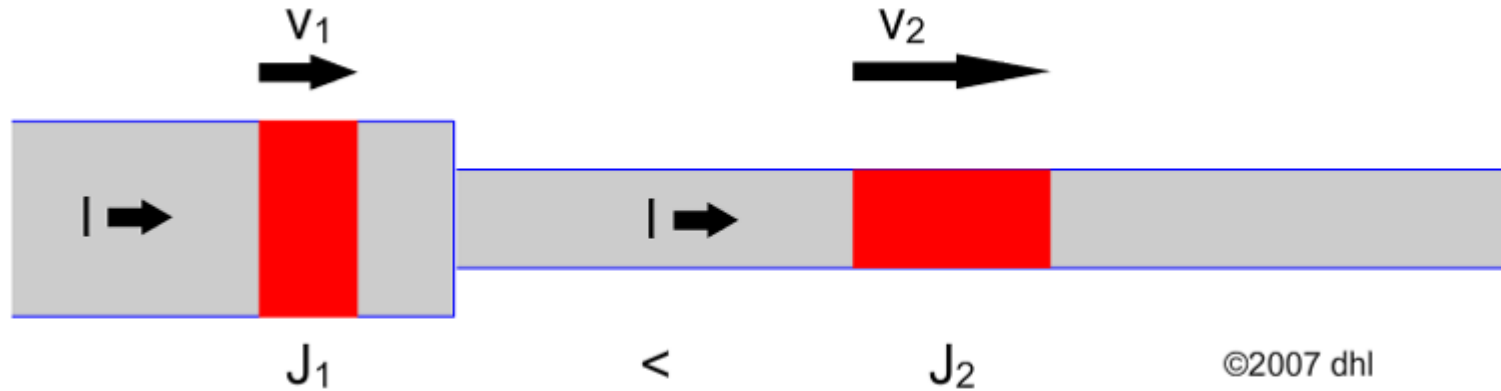


$$i = \frac{dQ}{dt} \Leftrightarrow Q = \int_0^t i dt$$

STROMDICHTE J

Frage:

Was passiert mit dem Strom, wenn ein Draht dünner wird?



Stromdichte

$$J = \frac{I}{A}$$

mit $[J] = 1 \text{ A/m}^2$

BEISPIEL STROMDICHTE

Aufgabe

Beim Starten des Autos fließt $I = 120 \text{ A}$.

Die Stromdichte darf höchstens 4 A/mm^2 betragen.

Welchen Durchmesser muss ein rundes Kabel mindestens haben?

A. $3,09 \text{ mm}$

B. $6,18 \text{ mm}$

C. $9,18 \text{ mm}$

BEISPIELE FÜR LADUNGSTRANSPORT

Ladungsträger

- Elektronen
-
-
-

Medium

Metall

Anwendung

Kupferleiter

1 GRUNDLEGENDE BEGRIFFE

- 1.1 Einheiten
- 1.2 Gleichungen
- 1.3 Elektrische Ladung
- 1.4 Elektrisches Feld
- 1.5 Elektrische Spannung
- 1.6 Elektrischer Strom
- 1.7 Elektrischer Widerstand**
- 1.8 Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad

ELEKTRISCHER WIDERSTAND R

Aufgabe:

Vergleichen Sie den elektrischen Strom mit Wasser.
Wie können Sie den “Wasserstrom” reduzieren?



ANALOGIE ELEKTRISCHER STROM UND WASSER



Widerstand

Ladungsmenge

Strom: Ladung pro Zeit

Spannung: Potentialdifferenz

Widerstand

ELEKTRISCHER WIDERSTAND R

Im allgemeinen gilt:

- ein Leiter hat einen elektrischen Widerstand
- je höher die Spannung desto höher der Strom

Elektrischer Widerstand

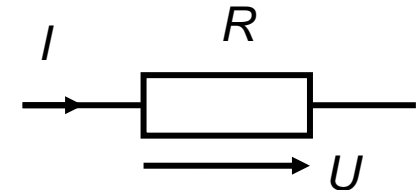
$$R = U / I$$

- $[R] = 1 V/A = 1 \Omega$ (Ohm)

Elektrischer Leitwert

$$G = I / U$$

- $[G] = 1 A/V = 1 \text{ Siemens} = 1 S$ oder (US: 1 *mho*)



SPEZIFISCHER WIDERSTAND ρ

Frage: Wovon hängt der Widerstand eines Leiters ab?

-
-
-

materialabhängige Komponente wird zusammengefasst zu dem **spezifischen Widerstand ρ** (rho)

⇒ spezifischer Widerstand ist von der Geometrie unabhängig

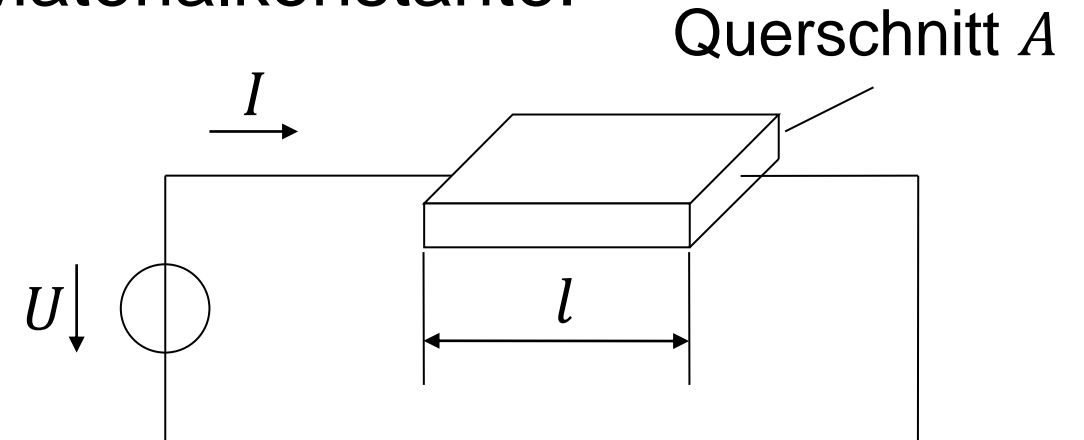
SPEZIFISCHER WIDERSTAND ρ

Der spezifische Widerstand ρ ist eine Materialkonstante:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad \text{mit } [\rho] = 1 \Omega m$$

Kehrwert heißt spez. Leitfähigkeit σ

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad \text{mit } [\sigma] =$$



Beispiele

$$\rho_{CU} = 0.0167 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\rho_{FE} = 0.0971 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\rho_{\text{Konstantan}} = 0.5 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

(55% Cu, 44% Ni, 1% Mn)

$$\rho_{\text{Graphit}} = 8 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\rho_{\text{Silizium}} = 2\,300\,000\,000 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

AUFGABE DRAHTWIDERSTAND

Ein Drahtwiderstand mit $R = 10 \Omega$ besteht aus einem Konstantandraht mit $\rho = 0.5 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$. Der Drahtquerschnitt ist $A = 0.025 \text{ mm}^2$.

Wie lang ist der Draht?

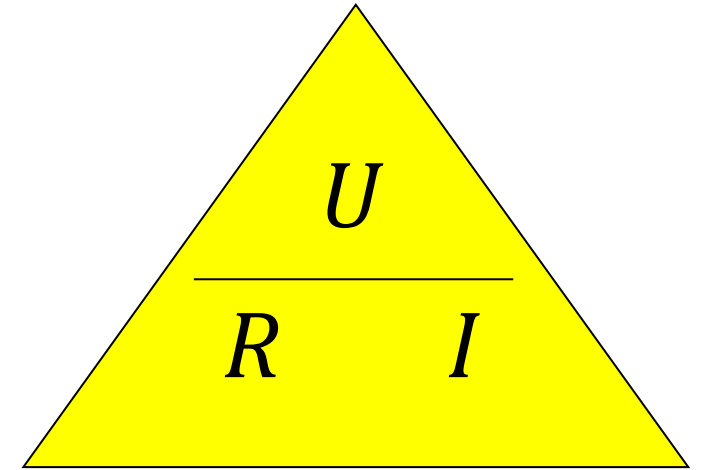
Lösung:

- a) 50 cm
- b) 0,5 m
- c) 1,50 m

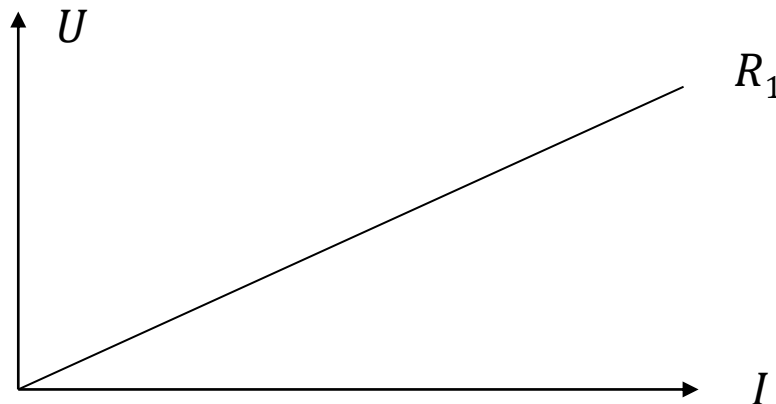


OHMSCHES GESETZ

Bei einem metallischen Leiter und konstanter Temperatur ist der Widerstand R konstant.
⇒ Spannung proportional zum Strom



Ohmsches Gesetz: $U = R \cdot I$ mit $R = \text{const.}$



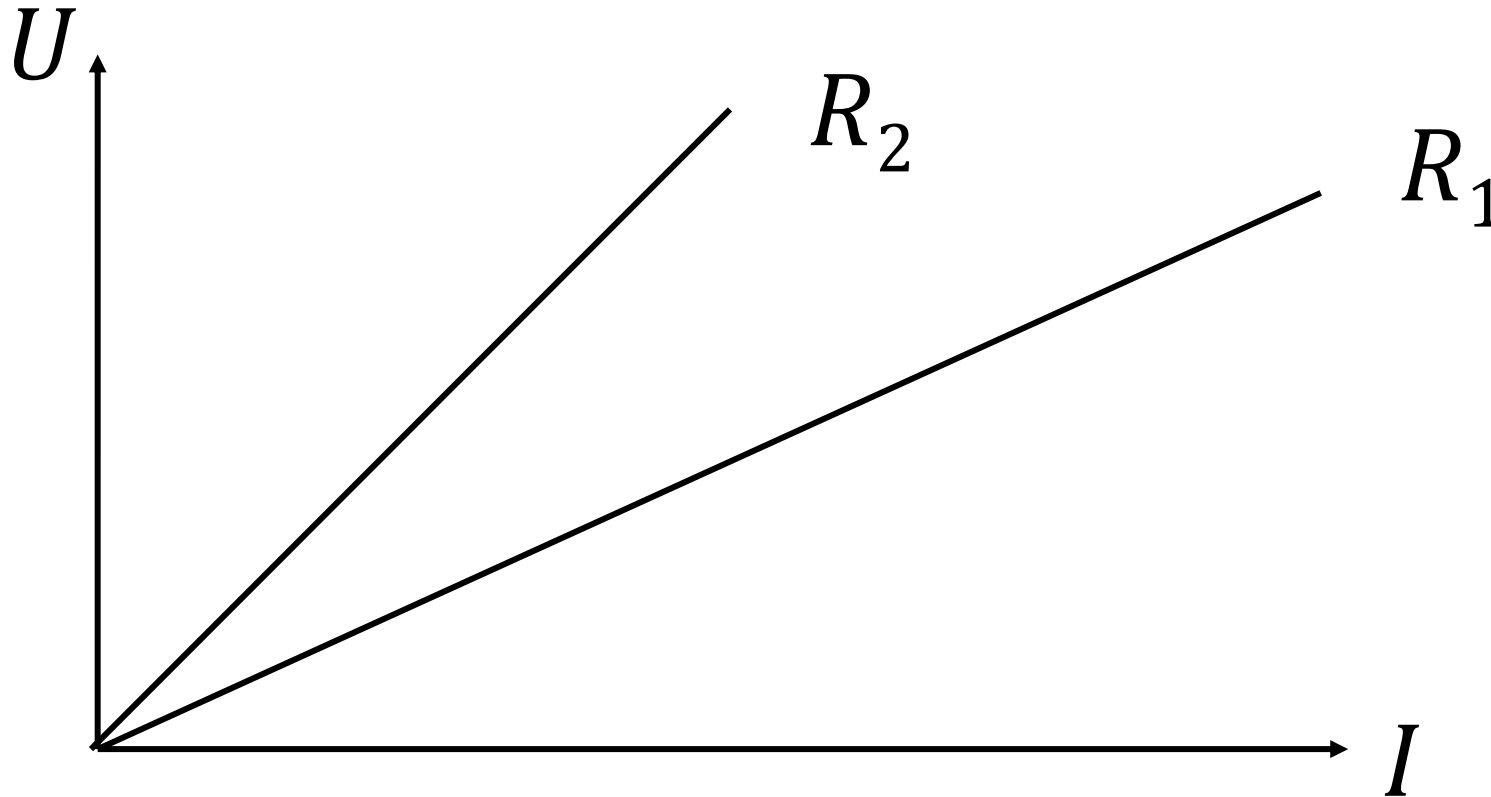
Nur wenn R konstant ist, spricht man von einem **ohmschen Widerstand.**

↔ lineare Kennlinie

FRAGE: WELCHER WIDERSTAND IST GRÖßER?

A. R_1 oder

B. R_2 ?



AUFGABE: WIDERSTANDSBERECHNUNG

Sie haben ein 5V Ausgangssignal am Rechner und wollen damit eine Leuchtdiode (LED) versorgen. Der maximal zulässige Strom für die Leuchtdiode ist $I_{max} = 15 \text{ mA}$.

Wählen Sie den Vorwiderstand so, dass auch ohne LED der Strom I_{max} niemals überschritten wird. Wie hoch ist der entsprechende Leitwert G ?

A. $R = 333 \Omega$ und $G = 3 \text{ mS}$

B. $R = 333 \text{ m}\Omega$ und $G = 3 \text{ mS}$

C. $R = 3 \text{ k}\Omega$ und $G = 333 \text{ S}$



NICHT-OHMSISCHE WIDERSTÄNDE

PTC: $R = f(T)$
(Metall)



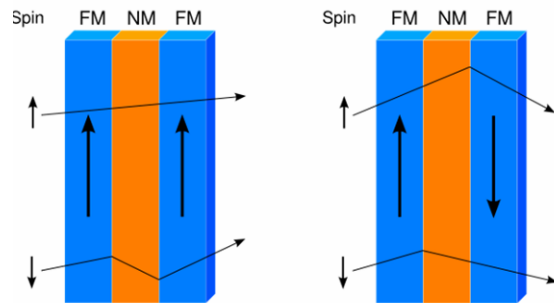
NTC: $R = f(T)$



Varistor VDR: $R = f(U)$



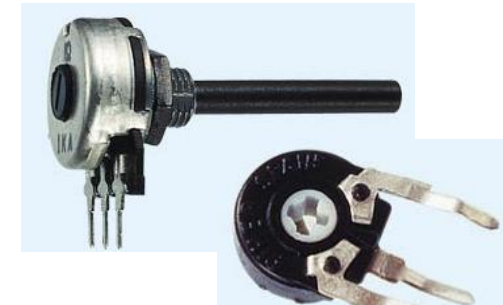
MDR: $R=f(B)$
speziell: GMR
(Giant magneto resistance)



LDR:
 $R = f(\text{Light intensity})$



Variabel: Potentiometer



BEISPIEL VARISTOR

Voltage Dependent Resistor VDR

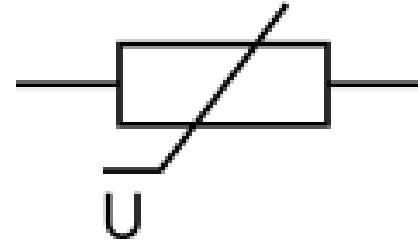
hohe Spannung
→ Widerstand bricht zusammen

Anwendung:

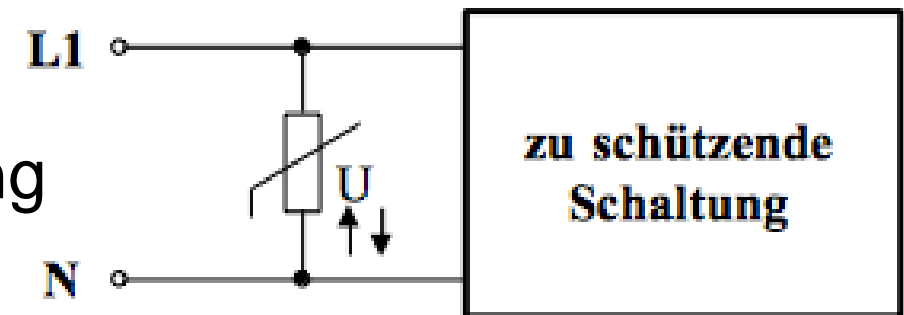
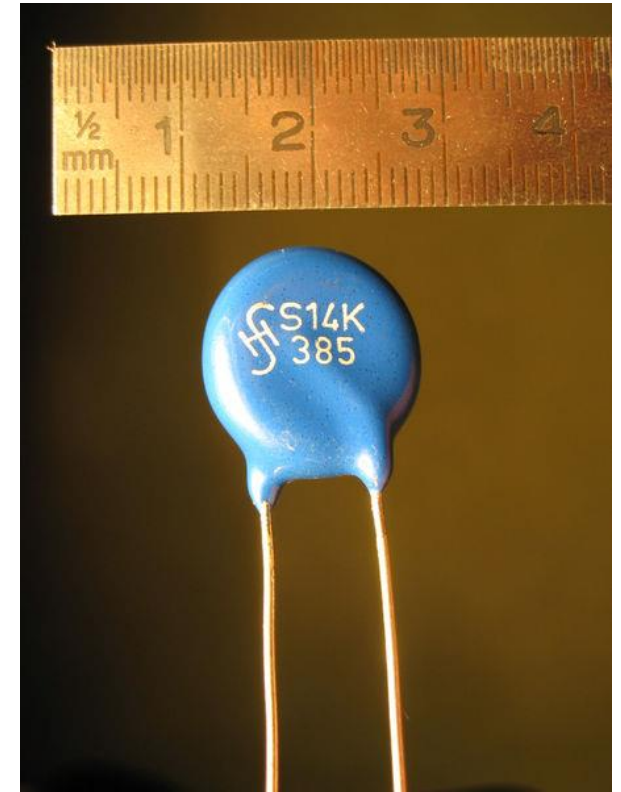
Schutz elektronischer Schaltungen vor
Überspannung

Beispiel:

Schutz von Telefonleitungen gegen Überspannung
durch Blitzschlag

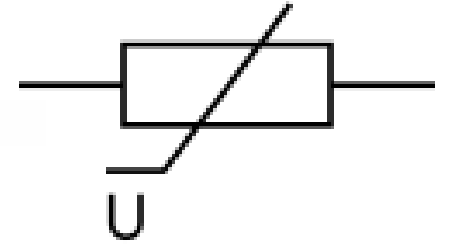


Schaltzeichen VDR



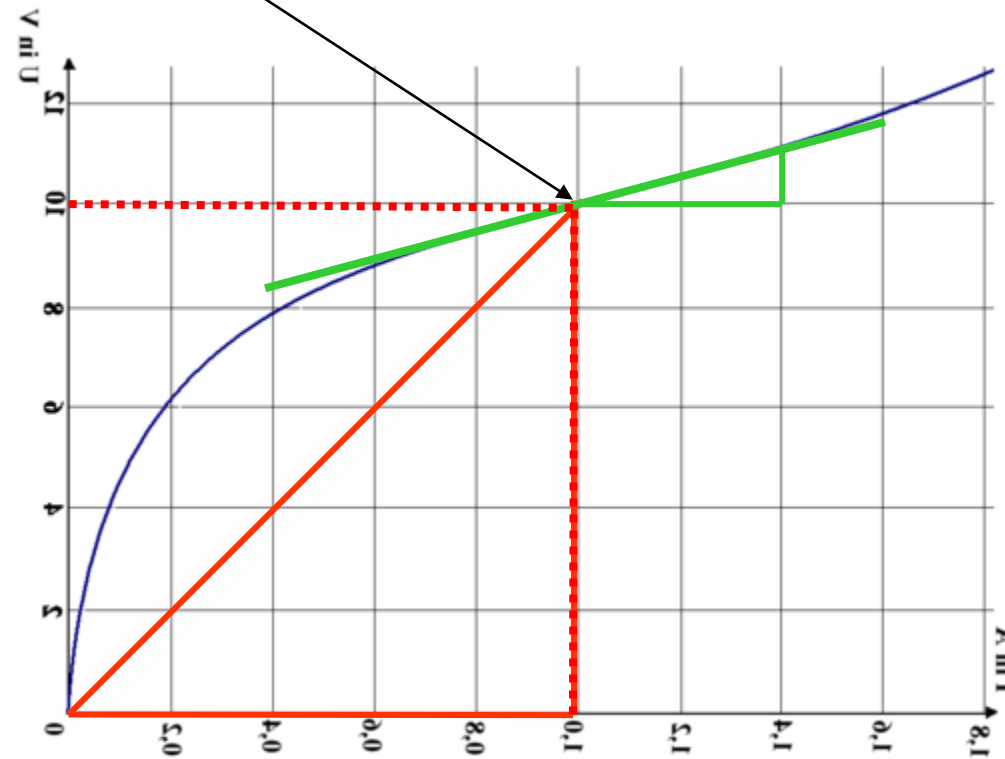
BESCHREIBUNG EINES NICHTLINEAREN WIDERSTANDES

Arbeitspunkt AP (operating point OP)



$$R_{AP} = \frac{U_{AP}}{I_{AP}}$$

$$r_d = \left. \frac{dU}{dI} \right|_{I=I_{AP}}$$



GLEICHSTROM- UND DIFFERENTIELLER WIDERSTAND

Bei nichtlinearen Widerständen gibt man den Widerstand für einen bestimmte Spannungs-Strom-Punkt an

⇒ **Arbeitspunkt** AP (operating point OP)

Gleichstromwiderstand im AP

$$R_{AP} = \frac{U_{AP}}{I_{AP}}$$

Differentieller Widerstand im AP

$$r_d = \left. \frac{dU}{dI} \right|_{I=I_{AP}}$$

AUFGABE: VARISTOR

Im Arbeitspunkt $U_{AP} = 10\text{ V}$ habe ein VDR einen Gleichstromwiderstand von $R_{AP} = 200\ \Omega$ und einen differentiellen Widerstand von $r_d = 5\ \Omega$.

a) Bestimmen Sie den Strom I im Arbeitspunkt.

b) Welcher Strom I_1 fließt bei einer höheren Spannung von $U_1 = 10.5\text{ V}$?

A. $I_{AP} = 2\text{ A}$

B. $I_{AP} = 48,8\text{ mA}$

C. $I_{AP} = 50\text{ mA}$

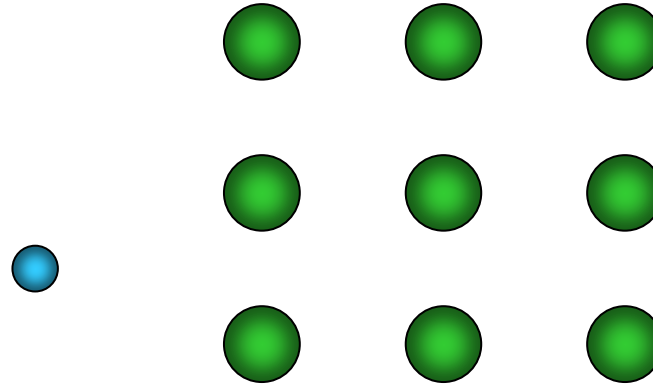
D. $I_1 = 100\text{ mA}$

E. $I_1 = 150\text{ mA}$



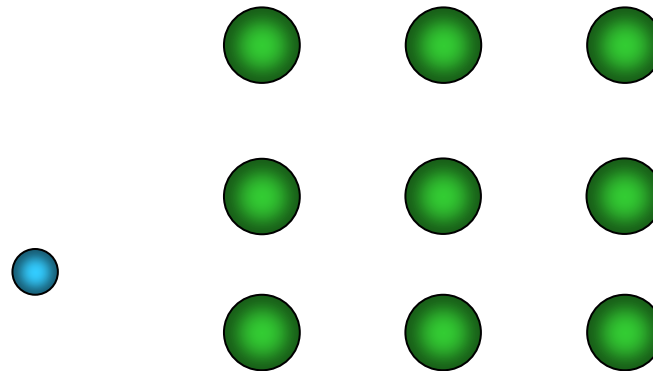
TEMPERATURABHÄNGIGKEIT DES WIDERSTANDS

Niedrige Temperatur



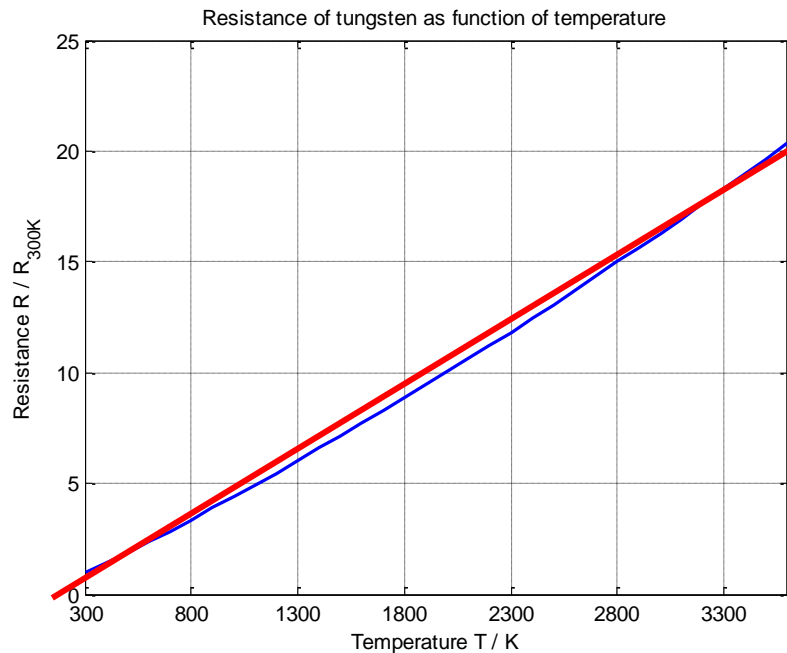
Hohe Temperatur

- Atomschwingungen
- Widerstandserhöhung



TEMPERATURKOEFFIZIENT α

typischer Temperaturverlauf:



⇒ Näherung durch:

$$R = R_{20} \cdot (1 + \alpha_{20} \cdot \Delta\vartheta)$$

wobei:

R_{20} : Widerstand bei 20°C

α_{20} : Temperaturkoeffizient für 20°C

$\Delta\vartheta = \vartheta - 20^\circ\text{C}$ mit

ϑ : Temperatur in °C

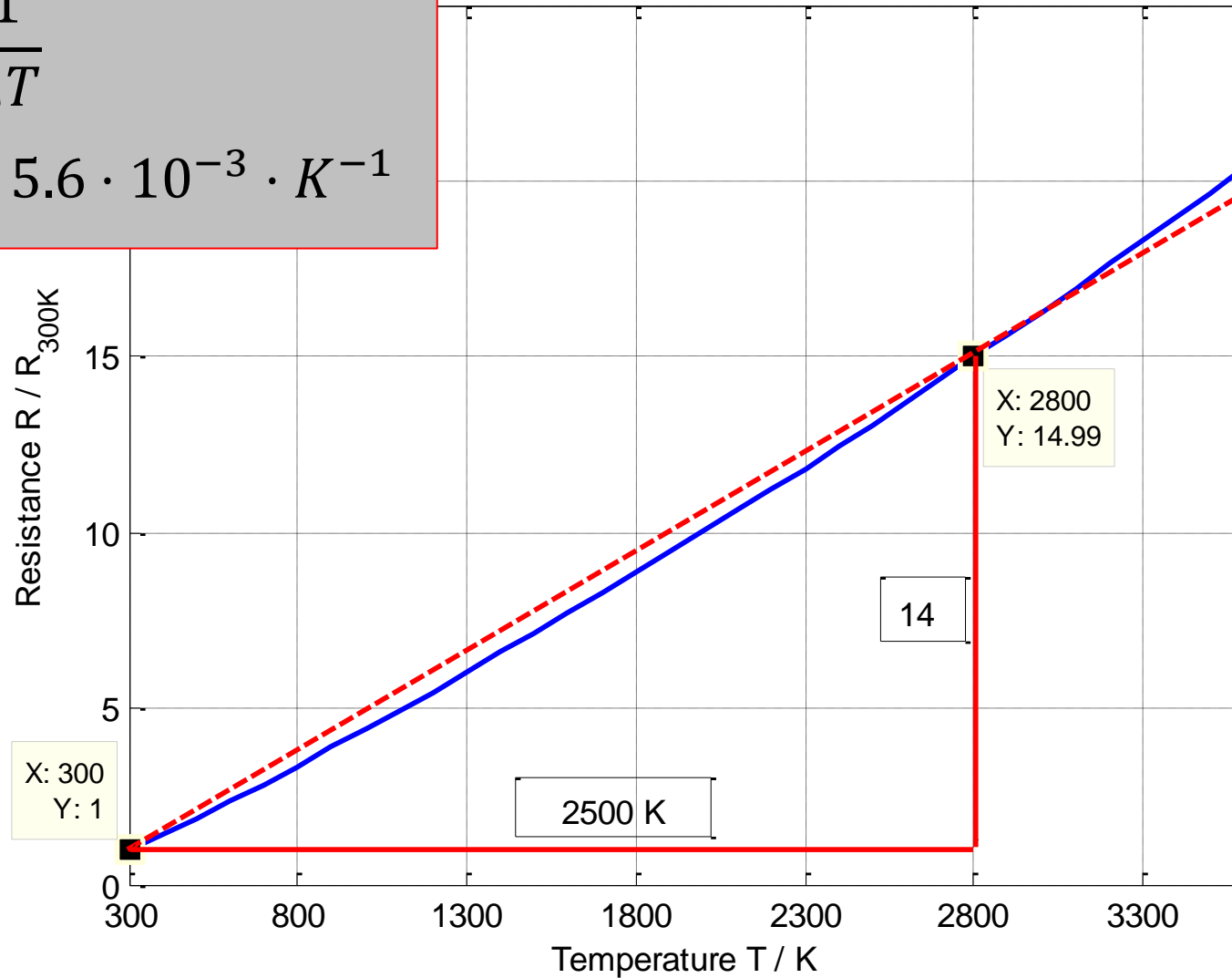
$$\alpha = \frac{\Delta R}{\Delta T} \frac{1}{R_{20}}$$

α : relative Widerstandsänderung
bei 1 K Temperaturänderung

TEMPERATURKOEFFIZIENT WOLFRAM

$$\alpha = \frac{\Delta R}{\Delta T} \frac{1}{R} = \frac{\Delta R}{R} \frac{1}{\Delta T}$$
$$\Rightarrow \alpha = \frac{14}{2500 \text{ K}} = 5.6 \cdot 10^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$$

Resistance of tungsten as function of temperature



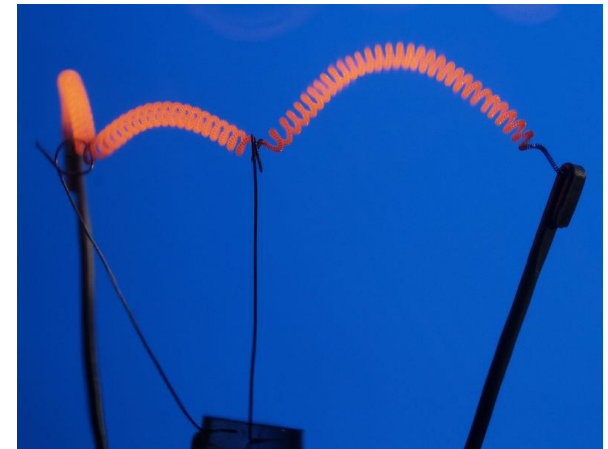
AUFGABE: TEMPERATURABHÄNGIGKEIT

Ein Wolfram-Glühfaden einer herkömmlichen Glühlampe erreicht eine Betriebstemperatur von 2550° . Der Temperaturkoeffizient von Wolfram kann über den Temperaturbereich $20 \dots 2550^\circ\text{C}$ als näherungsweise konstant mit $5,6 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ angenommen werden.

Bei Betriebstemperatur hat eine 100 W Glühbirne mit Wolfram-Faden einen Widerstand von $R_{2550^\circ} = 530 \Omega$. Wie groß ist der Widerstand im kalten Zustand bei 20°C und um welchen Faktor ist der Einschaltstrom größer als im Betrieb der Glühbirne.

Antwort:

- A) $43,9 \Omega$ und 15-facher Einschaltstrom
- B) $43,9 \Omega$ und 10-facher Einschaltstrom
- C) $34,9 \Omega$ und 15-facher Einschaltstrom



TEMPERATURKOEFFIZIENT

Wir unterscheiden:

PTC: Positive Temperature Coefficient mit $a > 0$ bei Metallen

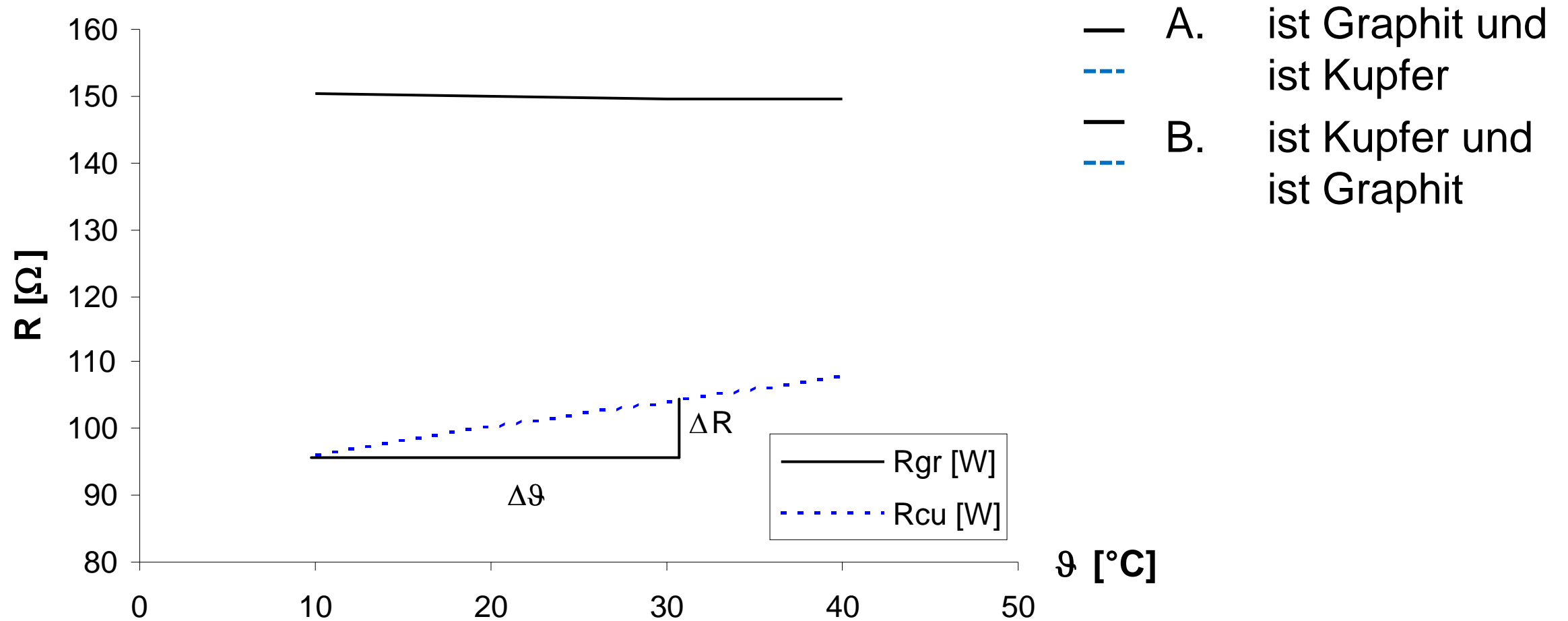
NTC: Negative Temperature Coefficient mit $a < 0$ bei Halbleitern

(Bei Bedarf: zur näherungsweisen Berechnung siehe Skript)

WICHTIGE TEMPERATURKOEFFIZIENTEN

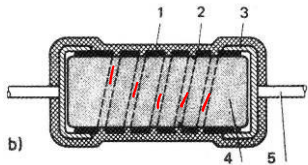
Graphit: $a_{20} = -0.2 \cdot 10^{-3} K^{-1} < 0$ (Kohleschichtwiderstand)

Kupfer: $a_{20} = 3.9 \cdot 10^{-3} K^{-1} > 0$ (Metallschichtwiderstand)

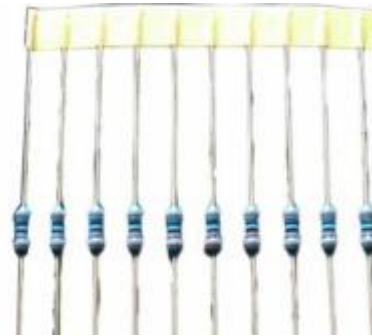


AUFBAU VON WIDERSTÄNDEN

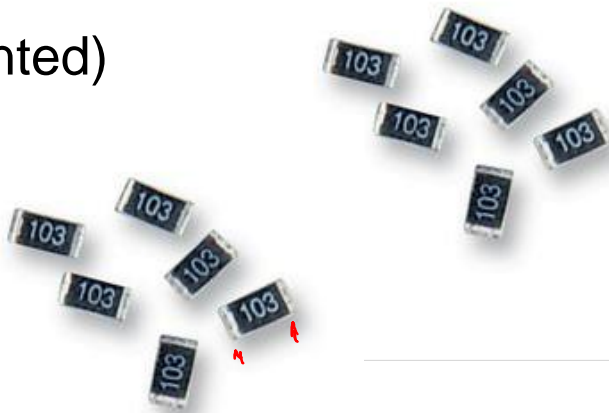
Kohleschichtwiderstand



Metallfilmwiderstand



SMD-Widerstand (surface mounted)

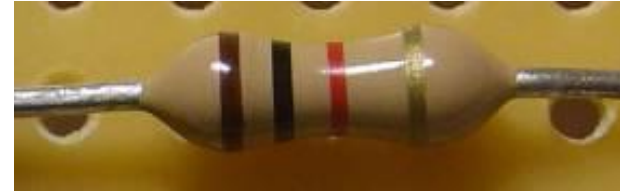


Drahtwiderstand



FARBCODIERUNG VON WIDERSTÄNDEN

Color	1 st band	2 nd band	3 rd band (multiplier)	4 th band (tolerance)
Black	0	0	$\times 10^0$	
Brown	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$ (F)
Red	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$ (G)
Orange	3	3	$\times 10^3$	
Yellow	4	4	$\times 10^4$	
Green	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$ (D)
Blue	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$ (C)
Violet	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$ (B)
Gray	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$ (A)
White	9	9	$\times 10^9$	
Gold			$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$ (J)
Silver			$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$ (K)
None				$\pm 20\%$ (M)



Bei Präzisionswiderständen zusätzliches Band
⇒ eine signifikante Ziffer mehr

AUFGABE WIDERSTANDSBESTIMMUNG



Color	1 st band
Black	0
Brown	1
Red	2
Orange	3
Yellow	4
Green	5
Blue	6
Violet	7
Gray	8
White	9
Gold	
Silver	
None	

Lösung von oben nach unten:

A. $20\text{ M}\Omega$, $205\ \Omega$

B. $10\text{ M}\Omega$, $2\text{ M}\Omega$

C. $10\text{ M}\Omega$, $20 \times 10^5\ \Omega$

NUR WERTE DER E-REIHEN SIND ERHÄLTlich

E-Reihe	Faktor	Toleranz
E6	+/- 20%	$\sqrt[6]{10} = 1,462$
E12	+/- 10%	$\sqrt[12]{10} = 1,212$
E24	+/- 5%	$\sqrt[24]{10} = 1,101$
E48	+/- 2%	$\sqrt[48]{10} = 1,049$
E96	+/- 1%	$\sqrt[96]{10} = 1,024$
E192	+/- 0,5%	$\sqrt[192]{10} = 1,0121$

E6 Toleranz ± 20 %	E 12 Toleranz ± 10 %	E 24 Toleranz ± 5 %
1,0	1,0	1,0
		1,1
	1,2	1,2
		1,3
1,5	1,5	1,5
		1,6
	1,8	1,8
		2,0
2,2	2,2	2,2
		2,4
	2,7	2,7
		3,0
3,3	3,3	3,3
		3,6
	3,9	3,9
		4,3
4,7	4,7	4,7
		5,1
	5,6	5,6
		6,2
6,8	6,8	6,8
		7,5
	8,2	8,2
		9,1

1 GRUNDLEGENDE BEGRIFFE

1.1 Einheiten

1.2 Gleichungen

1.3 Elektrische Ladung

1.4 Elektrisches Feld

1.5 Elektrische Spannung

1.6 Elektrischer Strom

1.7 Elektrischer Widerstand

1.8 Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad

ELEKTRISCHE LEISTUNG UND ARBEIT

Ein Strom I durch einen Widerstand R verrichtet bei einem Spannungsabfall U in der Zeit Δt **elektrische Arbeit W** :

$$W = U \cdot I \cdot \Delta t \quad \text{mit } [W] = 1 \text{ VAs} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ Joule} = 1 \text{ J}$$

Die Menge der Energie pro Zeiteinheit, die umgeformt wird, bezeichnet man als **elektrische Leistung P**

$$P = \frac{W}{\Delta t} = U \cdot I \quad \text{mit } [P] = 1 \text{ VA} = 1 \text{ Watt} = 1 \text{ W}$$

MOMENTANLEISTUNG UND MITTELWERT

Bei zeitlich veränderlichen Größen $u(t), i(t)$ gilt:

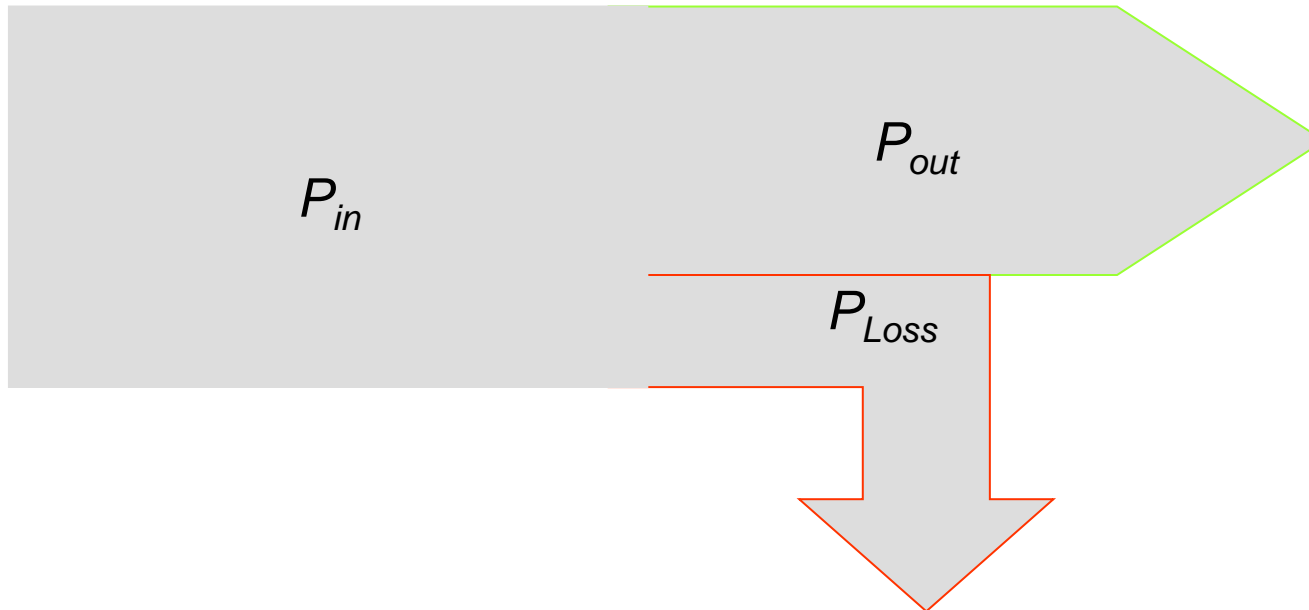
Momentanleistung $p(t) = u \cdot i$

arithmetischer Mittelwert der Leistung
(oder mittlere Leistung)

$$\bar{p} = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_1}^{t_2} p(t) dt$$

WIRKUNGSGRAD η

Wenn Energie umgewandelt wird, entstehen stets Verluste



$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = 1 - \frac{P_{loss}}{P_{in}} \leq 100 \%$$

Das Verhältnis von Nutzleistung zu Eingangsleistung heißt:
Elektrischer Wirkungsgrad η (eta)

AUFGABE ZUR LEISTUNG

Wie groß ist der Strom, der durch eine 100 W-Lampe bei einer Gleichspannung von 230 V fließt?

- A. kann nur bei Wechselspannung berechnet werden
- B. 0,343 A
- C. 434 mA
- D. hängt von der Größe der Glühbirne ab

WAS SIE MITNEHMEN SOLLEN... (1)

SI Einheiten und SI Präfix

Einheiten

Ladung

Spannung

Strom

Stromdichte

Widerstand

ohmscher Widerstand?

Leitwert

Spezifischer Widerstand

Spezifischer Leitwert

Gleichstromwiderstand

Differentieller Widerstand

MKSA, pico = 10^{-12} , ...

Hilfe bei Fehlersuche

Quelle des elektrischen Feldes

$$U = W / Q$$

$$I = \Delta Q / \Delta t$$

$$J = I / A$$

$$R = U / I$$

$$R = \text{const.}, \text{Ohmsches Gesetz}$$

$$G = 1/R$$

$$R = \rho l/A$$

$$\sigma = 1 / \rho$$

$$R = U / I \text{ im AP}$$

$$r_d = dU / dI \text{ im AP}$$

WAS SIE MITNEHMEN SOLLEN ... (2)

Temperaturkoeffizient

Temperaturempfindlichkeit

Arbeit

Leistung

Wirkungsgrad

- $R = R_0 (1 + a \Delta\vartheta)$

- $E = dR / d\vartheta$

- $W = U I \Delta t$

- $P = U I$

- $\eta = P_{out} / P_{in}$