

# Grundlagen der Elektrotechnik



Elektrischer  
Widerstand

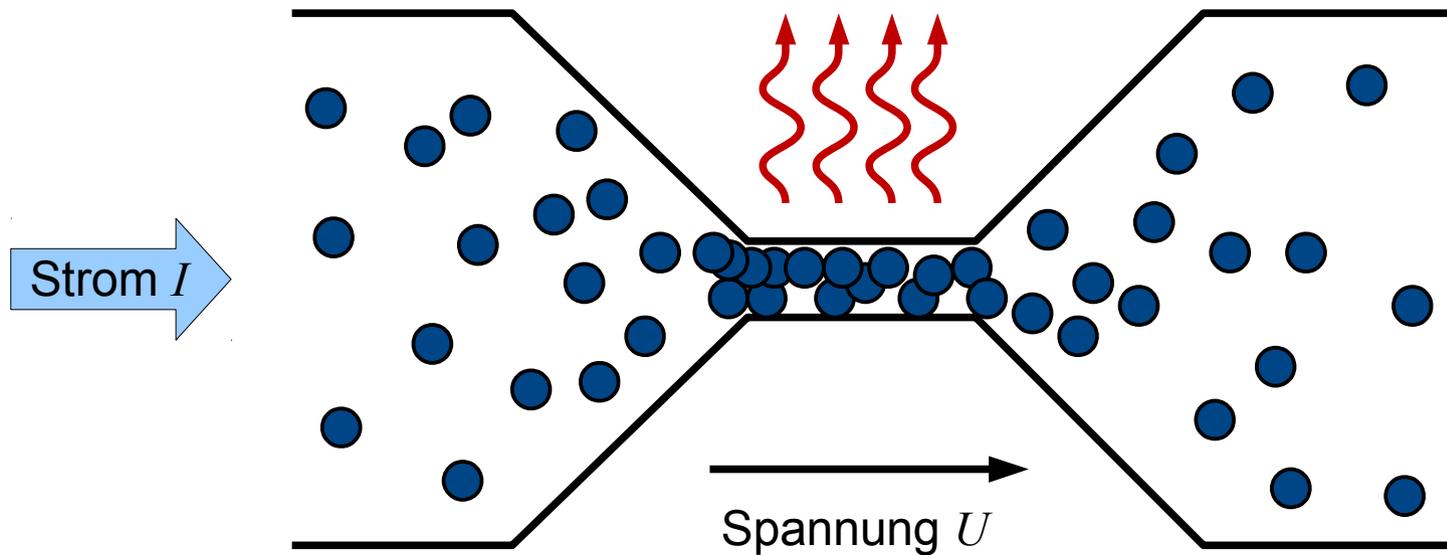
TH-Köln 2020

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

# Elektrischer Widerstand

- Definition
- Widerstand und Leitwert
- Geometrie
- Materialeigenschaften

# Elektrischer Widerstand



Formelsymbol:  $R$  (= Resistance)

Einheit:  $\frac{V}{A} = \Omega = \text{Ohm}$

## Das Ohmsche Gesetz:

Stromfluss  
erzeugt eine Spannung

$$U = R \cdot I$$

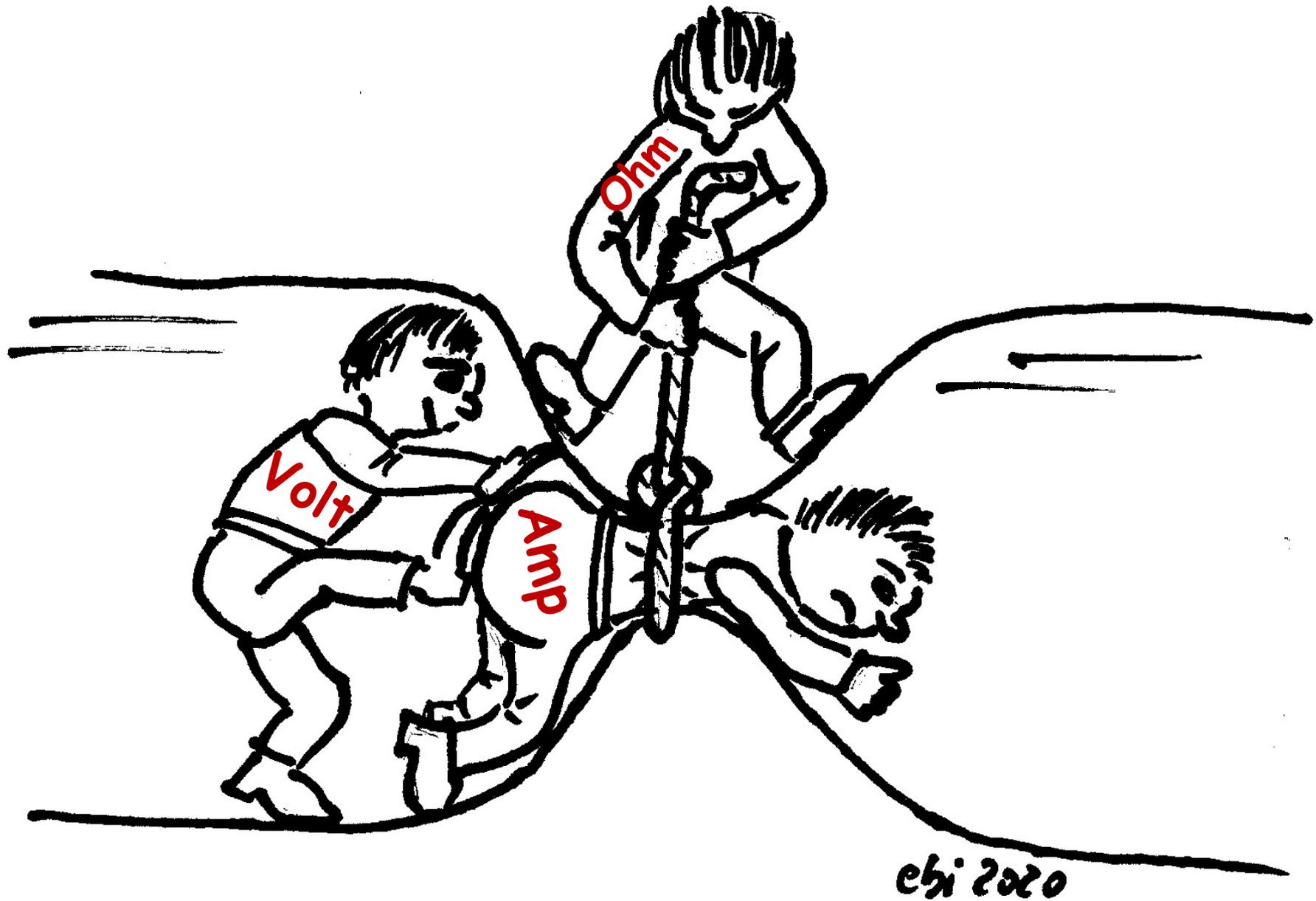
Spannung  
erzeugt einen Stromfluss

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

Spannung und Strom  
sind proportional

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

# Volt, Ampere und Ohm in Aktion



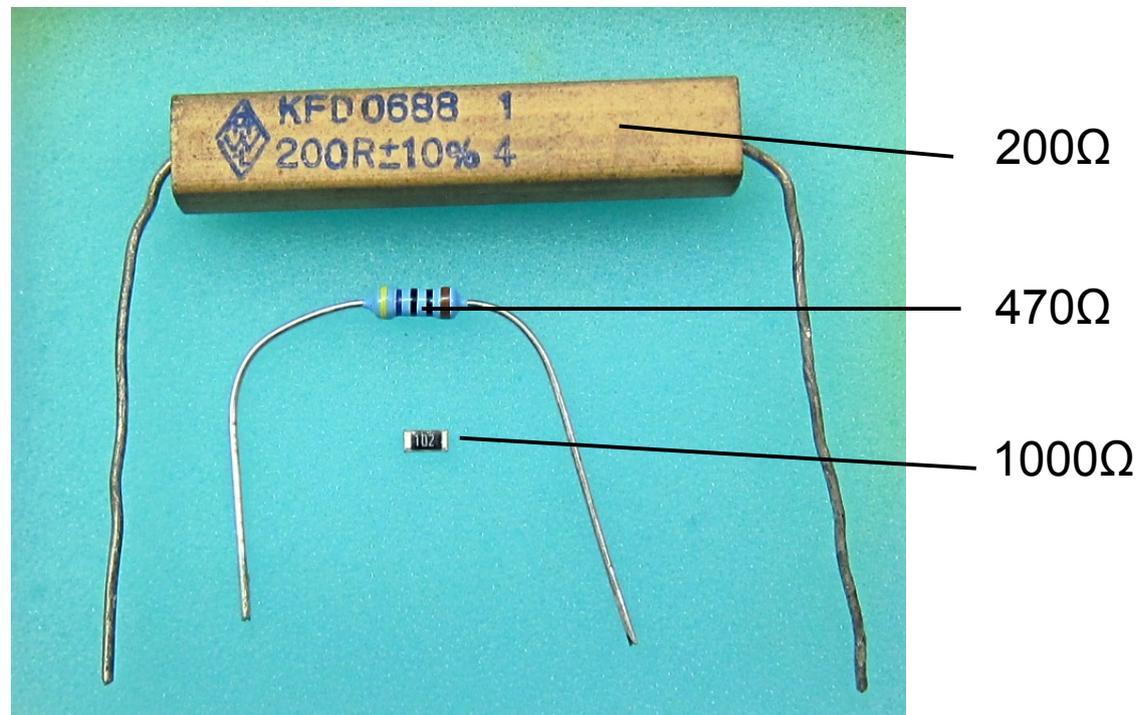
# Widerstands-Größe

*Achtung:*

■ Widerstand bezeichnet:

- Das Ding
- Den Wert

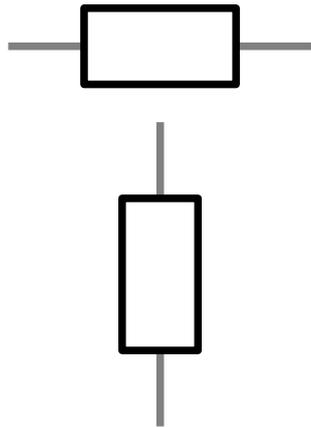
Welcher Widerstand ist größer?



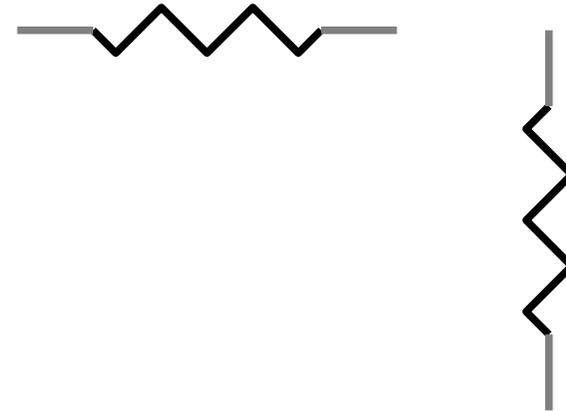
# Widerstand

Schaltplan-Symbol :

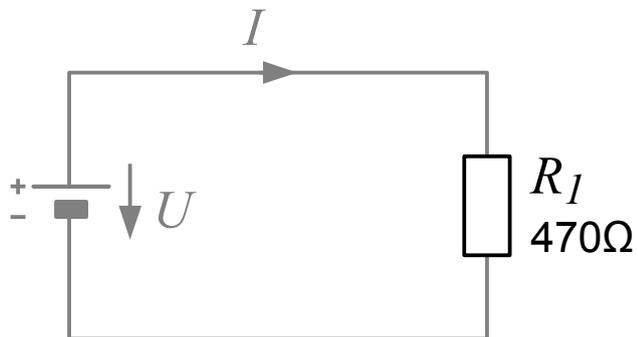
DIN:



International:



Beispiel



# Leitwert

Seltener verwendet

*Formelsymbol: G*

*Einheit: S (Siemens),*

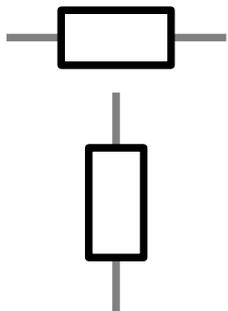
*auch:  $1/\Omega$*

*In Grundeinheiten: A/V*

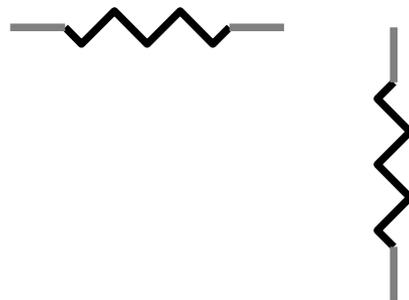
Es gilt:  $G = \frac{1}{R}$        $G = \frac{I}{U}$

Schaltplan-Symbol: Wie Widerstand

DIN:



International:



# Zifferncodes

Beispiel:

473



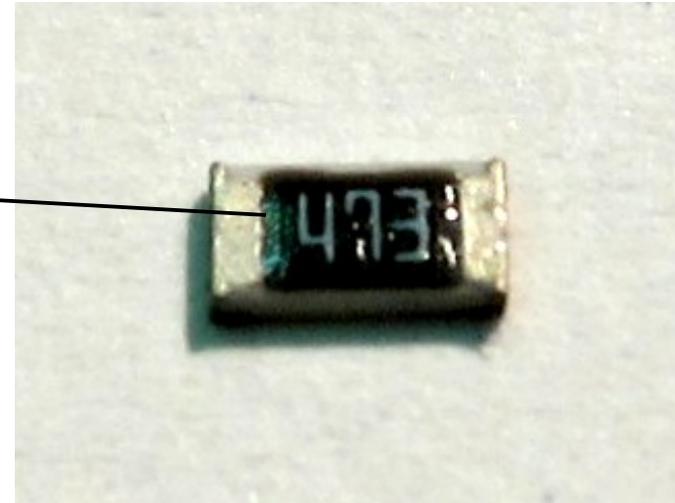
Mantisse

Exponent

= Anzahl der Nullen

Einheit:

Widerstände:  $\Omega$



hier: 47 000  $\Omega$  = 47 k $\Omega$

Besonderheit:

R oder k kennzeichnen Dezimalstelle.

Bsp.: 1R20 = 1.2 $\Omega$

Praxistipp:

# Farbcodes

	Ziffer	Toleranz
Schwarz	0	
Braun	1	$\pm 1\%$
Rot	2	$\pm 2\%$
Orange	3	
Gelb	4	
Grün	5	$\pm 0.5\%$
Blau	6	$\pm 0.25\%$
Lila	7	$\pm 0.1\%$
Grau	8	
Weiß	9	

Gold	0.1	$\pm 5\%$
Silber	0.01	$\pm 10\%$



Beispiel:

562

56 00  $\Omega$

= 5.6 k $\Omega$

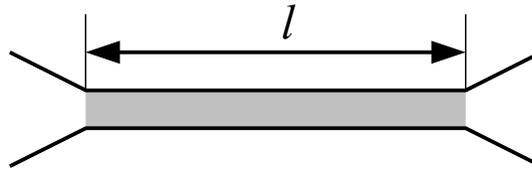
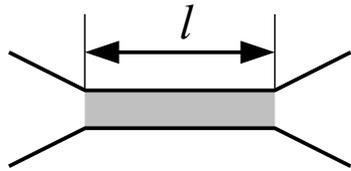
# Standard-Werte für Widerstände

Praxistipp:

## E-12-Reihe:

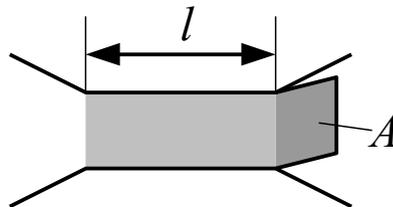
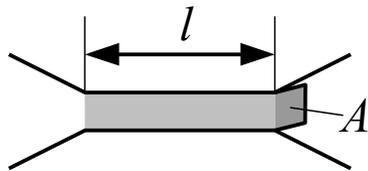
10  20%  
12  20%  
15  
18  
22  
27  20%  
33  
39  
47  
56  
68  
82  20%  
100

# Widerstands-Geometrie



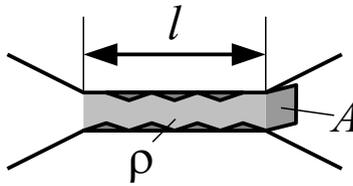
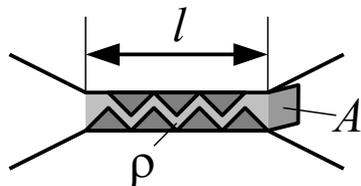
Widerstand  $R$  wird größer mit der Länge  $l$ ,

$$R \sim l$$



Widerstand  $R$  wird kleiner mit der Querschnitts-Fläche  $A$ ,

$$R \sim 1/A$$



Widerstand  $R$  wird größer mit größerem spezifischen Widerstand  $\rho$ ,

$$R \sim \rho$$

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

# Materialgrößen

## Spezifischer Widerstand

Beschreibt, wie stark ein Material dem elektrischen Strom Widerstand entgegensetzt

## Elektrische Leitfähigkeit

Beschreibt, wie gut ein Material den elektrischen Strom leitet

Formelsymbol:

$\rho$

$\sigma$  oder  $\kappa$

Einheit:

$\Omega\text{m}$  - „Ohm-Meter“

In Grundeinheiten:  $\frac{\text{V}\cdot\text{m}}{\text{A}}$

*Achtung:*

Häufig auch in  $\Omega\text{mm}$  oder ähnliche

$1/\Omega\text{m}$  - „Eins durch Ohm-Meter“

$\text{S/m}$  - „Siemens pro Meter“

In Grundeinheiten:  $\frac{\text{A}}{\text{V}\cdot\text{m}}$

*Achtung:*

Häufig auch in  $1/\Omega\text{mm}$  oder  $\text{S/mm}$  oder ähnliche

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

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

$$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{l}{A}$$

# Elektrische Leitfähigkeiten

Material	El. Leitfähigkeit $\sigma$ / S/m
Silber	$61,39 \cdot 10^6$
Kupfer	$\geq 58,0 \cdot 10^6$
Gold	$44,0 \cdot 10^6$
Aluminium	$36,59 \cdot 10^6$
Natrium	$21 \cdot 10^6$
Wolfram	$18,38 \cdot 10^6$
Messing (CuZn37)	$\approx 15,5 \cdot 10^6$
Eisen	$10,02 \cdot 10^6$
Chrom	$8,74 \cdot 10^6$
Blei	$4,69 \cdot 10^6$
Titan (bei 273 K)	$2,56 \cdot 10^6$
Edelstahl (1.4301)	$1,4 \cdot 10^6$
Quecksilber	$1,04 \cdot 10^6$
Gadolinium	$0,74 \cdot 10^6$
Graphit (parallel zu Schichten)	$3 \cdot 10^6$
Leitfähige Polymere	10-11 bis 105
Germanium	1,45
Silizium, undotiert	$252 \cdot 10^{-6}$
Tellur	$5 \cdot 10^{-3}$
Meerwasser	$\approx 5$
Leitungswasser	$\approx 50 \cdot 10^{-3}$
Reinstwasser	$5 \cdot 10^{-6}$

Material	El. Leitfähigkeit $\sigma$ / S/m
Aluminiumoxid	1.0E-12
Bernstein	100.0E-18
Fettgewebe	30.3E-3
Gummi (Hartgummi) (Werkstoff)	100.0E-15
Holz (trocken)	100.0E-6
Muskelgewebe	500.0E-3
Polypropylenfolie	10.0E-6
Porzellan	1.0E-12
Quarz-glas	1.3E-18
Schwefel	1.0E-15

Bei 300K (ca. 27°C)

Quelle: Wikipedia,

[http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrische\\_Leitf%C3%A4higkeit](http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrische_Leitf%C3%A4higkeit)

Und: [http://de.wikipedia.org/wiki/Spezifischer\\_Widerstand](http://de.wikipedia.org/wiki/Spezifischer_Widerstand)  
(7.10.2013)

# Kontakt

## **Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt**

Professur Elektrische Netze

Institut für Elektrische Energietechnik,  
Fakultät für Informations-, Medien- und  
Elektrotechnik (F07)

Technische Hochschule Köln

Betzdorferstraße 2, Raum ZO 9-19

50679 Köln, Deutschland

Tel. +49 221 8275 2020

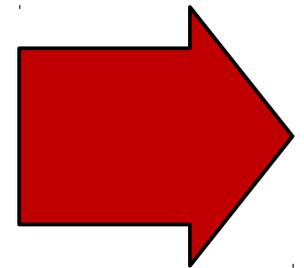
**[eberhard.waffenschmidt@th-koeln.de](mailto:eberhard.waffenschmidt@th-koeln.de)**

**<https://www.th-koeln.de/>**

**[personen/eberhard.waffenschmidt/](https://www.th-koeln.de/personen/eberhard.waffenschmidt/)**



# Anhang



# Anhang: Griechische Buchstaben

Symbol	Name	Elektrotechnische Bedeutung, Beispiele
A, $\alpha$	Alpha	$\alpha$ – Temperaturkoeffizient (linear)
B, $\beta$	Beta	$\beta$ – Temperaturkoeffizient (quadratisch)
$\Gamma$ , $\gamma$	Gamma	
$\Delta$ , $\delta$	Delta	$\delta$ – Luftspaltlänge
E, $\epsilon$	Epsilon	$\epsilon$ – Dielektrizitätszahl
Z, $\zeta$	Zeta	
H, $\eta$	Eta	$\eta$ – Wirkungsgrad
$\Theta$ , $\theta$ , $\vartheta$	Theta	$\Theta$ – magn. Durchflutung, $\vartheta$ – Temperatur
I, $\iota$	Iota	
K, $\kappa$	Kappa	$\kappa$ – spez. elektr. Leitfähigkeit
$\Lambda$ , $\lambda$	Lambda	$\Lambda$ – magn. Leitwert, $\lambda$ – Wellenlänge
M, $\mu$	My	$\mu$ – Permeabilitätszahl, Abkürzung von „Mikro“
N, $\nu$	Ny	$\nu$ – Frequenz, statt $f$ in der Physik
$\Xi$ , $\xi$	Xi	
O, $\omicron$	Omikron	
$\Pi$ , $\pi$	Pi	$\pi$ – Kreiszahl
P, $\rho$	Rho	$\rho$ – spezifischer elektr. Widerstand
$\Sigma$ , $\sigma$	Sigma	$\sigma$ – spezifische elektr. Leitfähigkeit
T, $\tau$	Tau	$\tau$ – Zeitkonstante
Y, $\upsilon$	Ypsilon	
$\Phi$ , $\phi$	Phi	$\Phi$ – magn. Fluß $\phi$ – Phasenverschiebungswinkel
X, $\chi$	Chi	$\chi$ – magn. Suszeptibilität
$\Psi$ , $\psi$	Psi	$\Psi$ – magn. Flußverkettung
$\Omega$ , $\omega$	Omega	$\Omega$ – Einheit für den elektrischen Widerstand Ohm, $\omega$ – Kreisfrequenz