

AfuTUB-Kurs

Technik Klasse A 02: Der Widerstand und seine Schaltungsarten

DK0TU

Amateurfunkgruppe der TU Berlin

<https://dk0tu.de>

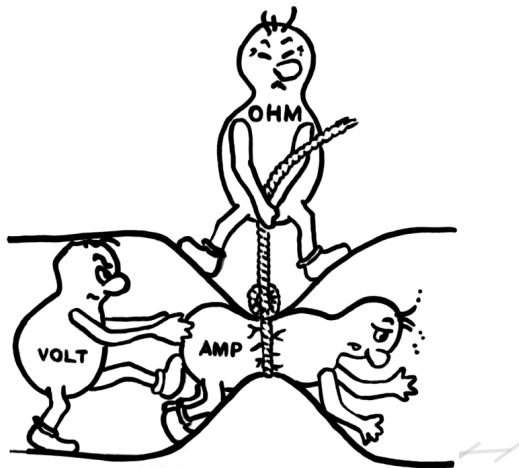
WiSe 2017/18 – SoSe 2018




This work is licensed under the *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 License*.

Amateurfunkgruppe der Technische Universität Berlin (AfuTUB), DKØTU, Stand: Thu Nov 16 19:02:10 2017 +0100

Einleitung / Widerstand



Strom, Spannung und Widerstand (von TU Wien )

AfuTUB-Kurs

DK0TU

Einleitung

Spezifischer
Widerstand

Skin-Effekt

Ohmsches Gesetz

Rechnen mit
Widerständen

Reihenschaltung

Parallelschaltung

Ersatzwiderstand

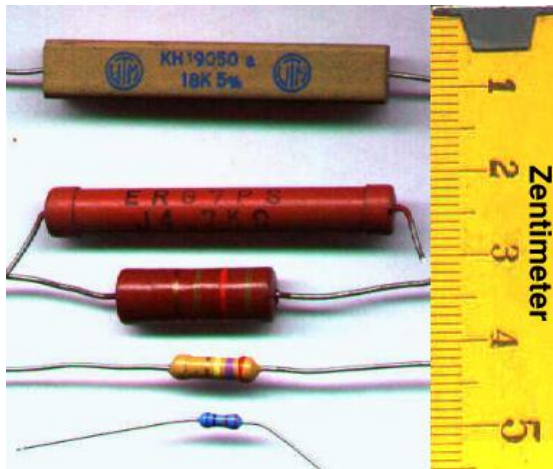
Spannungsteiler

Übung

Referenzen

Literatur

Einleitung / Widerstand



Widerstände (von Honina [↗](#) [©](#) [f](#) [i](#) [©](#))

Einleitung

Spezifischer
Widerstand

Skin-Effekt

Ohmsches Gesetz

Rechnen mit
Widerständen

Reihenschaltung

Parallelschaltung

Ersatzwiderstand

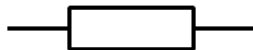
Spannungsteiler

Übung

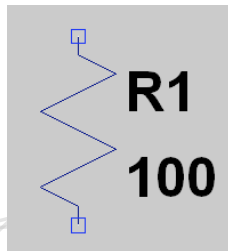
Referenzen

Literatur

Einleitung / Widerstand



Schaltzeichen für elektrischen Widerstand nach DIN EN 60617 (von Markus Kuhn [↗](#) [©](#) [®](#))



aus LTSpice

Aufbau von Widerständen

Kohleschichtwiderstände:

AfuTUB-Kurs

DK0TU

Einleitung

Spezifischer
Widerstand

Skin-Effekt

Ohmsches Gesetz

Rechnen mit
Widerständen

Reihenschaltung

Parallelschaltung

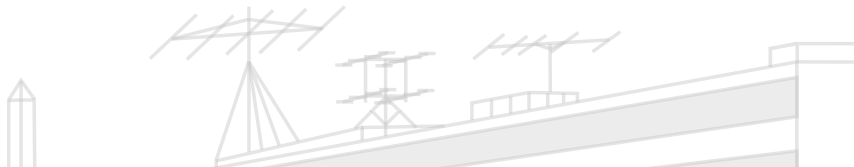
Ersatzwiderstand

Spannungsteiler

Übung

Referenzen

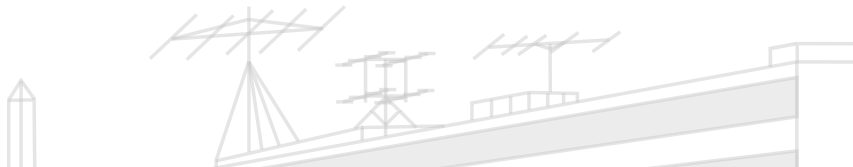
Literatur



Aufbau von Widerständen

Kohleschichtwiderstände:

- Günstig in der Herstellung
- Hohe Toleranzen



Aufbau von Widerständen

Kohleschichtwiderstände:

- Günstig in der Herstellung
- Hohe Toleranzen

Metallschichtwiderstände:

AfuTUB-Kurs

DK0TU

Einleitung

Spezifischer
Widerstand

Skin-Effekt

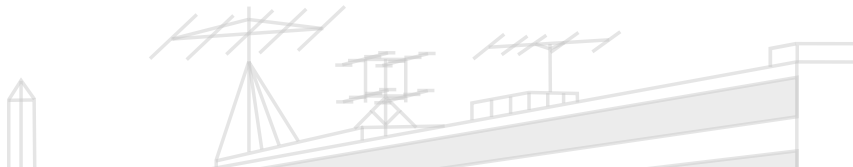
Ohmsches Gesetz

Rechnen mit
WiderständenReihenschaltung
Parallelschaltung
Ersatzwiderstand
Spannungsteiler

Übung

Referenzen

Literatur



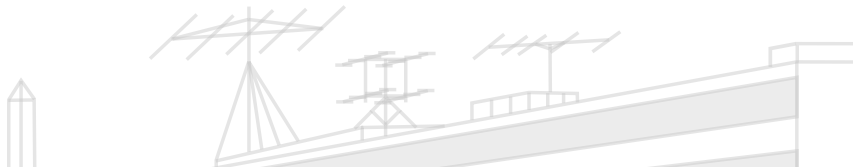
Aufbau von Widerständen

Kohleschichtwiderstände:

- Günstig in der Herstellung
- Hohe Toleranzen

Metallschichtwiderstände:

- Sehr präzise



Aufbau von Widerständen

Kohleschichtwiderstände:

- Günstig in der Herstellung
- Hohe Toleranzen

Metallschichtwiderstände:

- Sehr präzise

Metalloxidwiderstände:

AfuTUB-Kurs

DK0TU

Einleitung

Spezifischer
Widerstand

Skin-Effekt

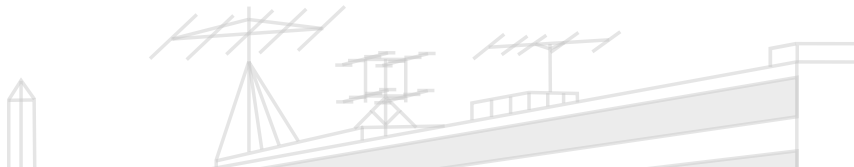
Ohmsches Gesetz

Rechnen mit
WiderständenReihenschaltung
Parallelschaltung
Ersatzwiderstand
Spannungsteiler

Übung

Referenzen

Literatur



Aufbau von Widerständen

Kohleschichtwiderstände:

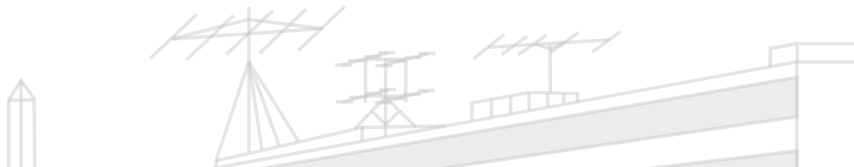
- Günstig in der Herstellung
- Hohe Toleranzen

Metallschichtwiderstände:

- Sehr präzise

Metalloxidwiderstände:

- HF tauglich



Aufbau von Widerständen

Kohleschichtwiderstände:

- Günstig in der Herstellung
- Hohe Toleranzen

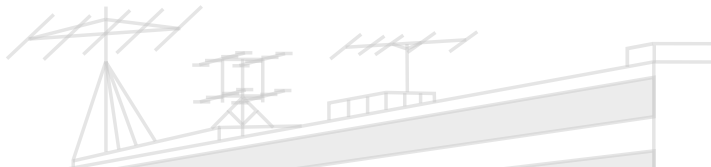
Metallschichtwiderstände:

- Sehr präzise

Metalloxidwiderstände:

- HF tauglich

Drahtwiderstände:



Aufbau von Widerständen

Kohleschichtwiderstände:

- Günstig in der Herstellung
- Hohe Toleranzen

Metallschichtwiderstände:

- Sehr präzise

Metalloxidwiderstände:

- HF tauglich

Drahtwiderstände:

- Leistungswiderstände für NF

Leitende Materialien

Material	Spezifischer Widerstand ρ in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Silber	$1,587 \cdot 10^{-2}$
Kupfer	$1,721 \cdot 10^{-2}$
Gold	$2,214 \cdot 10^{-2}$
Aluminium	$2,65 \cdot 10^{-2}$
Zinn	$1,15 \cdot 10^{-1}$
Blei	$2,08 \cdot 10^{-1}$
Quecksilber	$9,412 \cdot 10^{-1}$
Germanium	$4,6 \cdot 10^5$
Porzellan	$1 \cdot 10^{18}$

Leitende Materialien

Material	Spezifischer Widerstand ρ in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Silber	$1,587 \cdot 10^{-2}$
Kupfer	$1,721 \cdot 10^{-2}$
Gold	$2,214 \cdot 10^{-2}$
Aluminium	$2,65 \cdot 10^{-2}$
Zinn	$1,15 \cdot 10^{-1}$
Blei	$2,08 \cdot 10^{-1}$
Quecksilber	$9,412 \cdot 10^{-1}$
Germanium	$4,6 \cdot 10^5$
Porzellan	$1 \cdot 10^{18}$

← **Halbleiter**← **Isolator**

Leitende Materialien

Material	Spezifischer Widerstand ρ in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Silber	$1,587 \cdot 10^{-2}$
Kupfer	$1,721 \cdot 10^{-2}$
Gold	$2,214 \cdot 10^{-2}$
Aluminium	$2,65 \cdot 10^{-2}$
Zinn	$1,15 \cdot 10^{-1}$
Blei	$2,08 \cdot 10^{-1}$
Quecksilber	$9,412 \cdot 10^{-1}$
Germanium	$4,6 \cdot 10^5$
Porzellan	$1 \cdot 10^{18}$

Berechnung des
Widerstands

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

der Skin-Effekt

- Tritt bei höherfrequenter Wechselspannung auf
- Verdrängt die Elektronen aus dem Leitungsinnenen an die Leiteroberfläche
- Dadurch steigt der Widerstand im Leiter

AfuTUB-Kurs

DK0TU

Einleitung

Spezifischer
Widerstand

Skin-Effekt

Ohmsches Gesetz

Rechnen mit
Widerständen

Reihenschaltung

Parallelschaltung

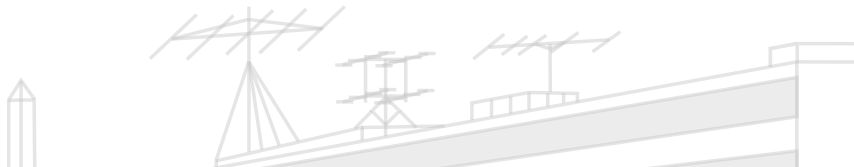
Ersatzwiderstand

Spannungsteiler

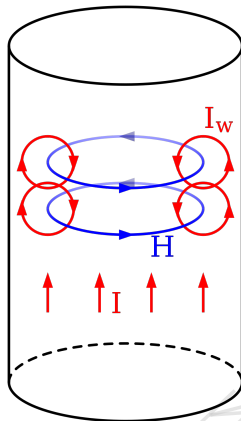
Übung

Referenzen

Literatur



Ursachen des Skin-Effektes



Überlagerung von Wechsel- und
Wirbelströmen (von Biezl ⚡ ©©)

- Ursache des Skin-Effektes ist das magnetische Feld
- Es erzeugt Wirbelströme im Innern des Leiters
- Diese sind dem Erzeugerstrom entgegengerichtet
- Das wechselnde Magnetfeld erzeugt im Leiter eine höhere Gegenspannung als am Rand

Folgen & Gegenmaßnahmen

Folgen:

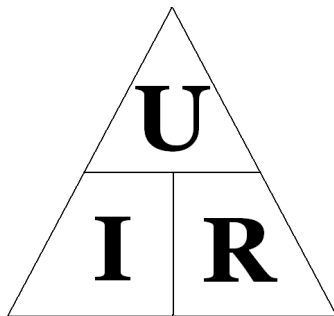
- Der Leiterquerschnitt sinkt
- Die Impedanz steigt

Gegenmaßnahmen

- Verwendung von Hohlleitern
- Mehrere voneinander isolierte Drähte nutzen
- Oberfläche versilbern

Was ist das ohmsche Gesetz?

- Das ohmsche Gesetz ist folgendes:

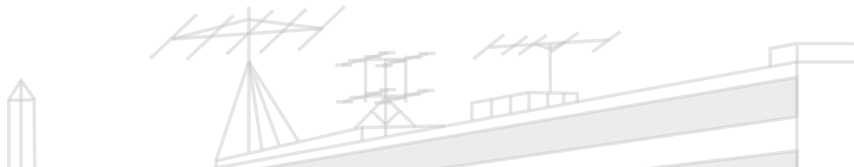


Ohmsches Dreieck (von Eirik ♂ ©)

- Aber was sagt uns das nun?

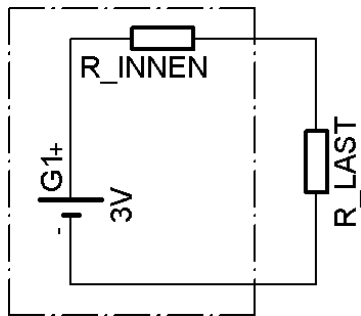
Das ohmsche Gesetz

- Das ohmsche Gesetz gibt uns die Abhängigkeiten zwischen Spannung, Strom & ohmschen Widerstand an
- Dadurch wissen wir, dass sich zum Beispiel der Strom an einem konstanten Widerstand proportional zur Spannung ändert



Der Innenwiderstand

- Oftmals bemerken wir einen Spannungsabfall zwischen einer Maschine im Leerlauf und der gleichen Maschine bei Belastung
- Dies führen wir auf den Innenwiderstand der Maschine zurück



Innenwiderstand einer Batterie

der Innenwiderstand

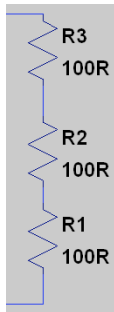
- Um den Innenwiderstand zu ermitteln nutzen wir wieder das ohmsche Gesetz
- Dabei gilt es zu beachten, dass diesmal die Differenzen der Spannungen und des Stromes zwischen dem Leerlauf und dem belasteten Fall verrechnet werden
- Es gilt:

Innenwiderstand

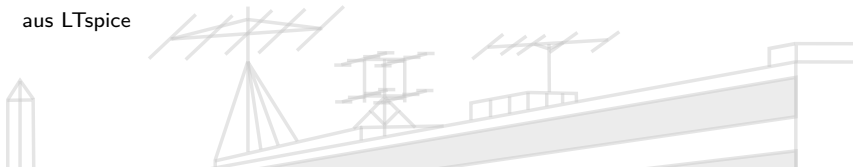
$$R_{innen} = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

- Um den Wert nicht zu sehr zu verfälschen sollten **Spannungsquellen einen niedrigen** und **Stromquellen einen hohen Innenwiderstand** besitzen

Reihenschaltung



aus LTspice



AfuTUB-Kurs

DK0TU

Einleitung

Spezifischer
Widerstand

Skin-Effekt

Ohmsches Gesetz

Rechnen mit
Widerständen

Reihenschaltung

Parallelschaltung

Ersatzwiderstand

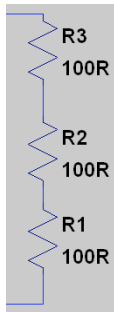
Spannungsteiler

Übung

Referenzen

Literatur

Reihenschaltung



aus LTspice

Berechnung

$$R_{\text{gesamt}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

AfuTUB-Kurs

DK0TU

Einleitung

Spezifischer
Widerstand

Skin-Effekt

Ohmsches Gesetz

Rechnen mit
Widerständen

Reihenschaltung

Parallelschaltung

Ersatzwiderstand

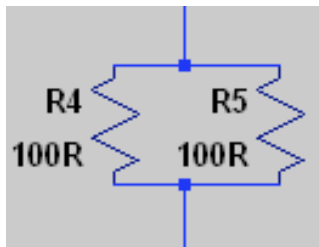
Spannungsteiler

Übung

Referenzen

Literatur

Parallelschaltung



aus LTspice

AfuTUB-Kurs

DK0TU

Einleitung

Spezifischer
Widerstand

Skin-Effekt

Ohmsches Gesetz

Rechnen mit
Widerständen

Reihenschaltung

Parallelschaltung

Ersatzwiderstand

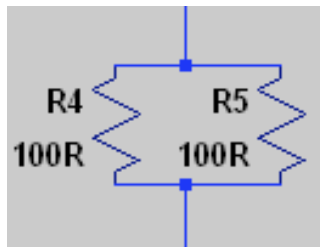
Spannungsteiler

Übung

Referenzen

Literatur

Parallelschaltung



aus LTspice

Berechnung

$$\frac{1}{R_{\text{gesamt}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

AfuTUB-Kurs

DK0TU

Einleitung

Spezifischer
Widerstand

Skin-Effekt

Ohmsches Gesetz

Rechnen mit
Widerständen

Reihenschaltung

Parallelschaltung

Ersatzwiderstand

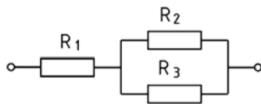
Spannungsteiler

Übung

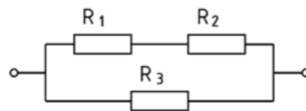
Referenzen

Literatur

Ersatzwiderstand



Ersatzwiderstand



Ersatzwiderstand

Einleitung

Spezifischer
Widerstand

Skin-Effekt

Ohmsches Gesetz

Rechnen mit
Widerständen

Reihenschaltung

Parallelschaltung

Ersatzwiderstand

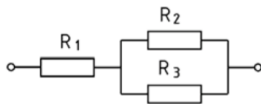
Spannungsteiler

Übung

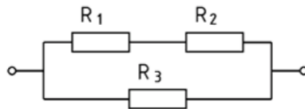
Referenzen

Literatur

Ersatzwiderstand



Ersatzwiderstand



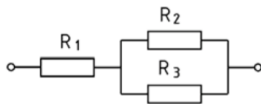
Ersatzwiderstand

Berechnung

$$R_1 + (R_2 \parallel R_3)$$

$$\Rightarrow R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Ersatzwiderstand

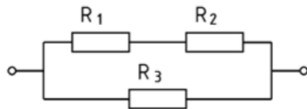


Ersatzwiderstand

Berechnung

$$R_1 + (R_2 \parallel R_3)$$

$$\Rightarrow R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$



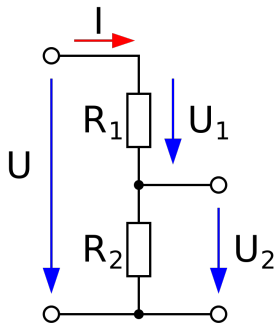
Ersatzwiderstand

Berechnung

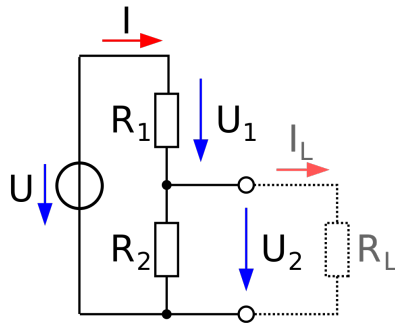
$$(R_1 + R_2) \parallel R_3$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Spannungsteiler



Unbelasteter Spannungsteiler (von Biezl)



Belasteter Spannungsteiler (von Biezl)

☞ ©©

©©

- U_2 ist beim belasteten Spannungsteiler kleiner als beim unbelasteten Spannungsteiler

Einleitung

Spezifischer
Widerstand

Skin-Effekt

Ohmsches Gesetz

Rechnen mit
Widerständen

Reihenschaltung

Parallelschaltung

Ersatzwiderstand

Spannungsteiler

Übung

Referenzen

Literatur

Rechnen beim Spannungsteiler beim unbelasteten Spannungsteiler:

- U_2 ist die Spannung über R_2

unbelasteter Spannungsteiler

$$\frac{U_2}{U} = \frac{R_2}{R_{\text{gesamt}}}$$

beim belasteten Spannungsteiler:

- U_2 ist die Spannung über den beiden parallelen Widerständen R_2 und R_L

belasteter Spannungsteiler

$$\frac{U_2}{U} = \frac{R_2 || R_L}{R_{\text{gesamt}}}$$

Übungsaufgaben

Als Teil des Praxisskriptes im Anschluss.

AfuTUB-Kurs

DK0TU

Einleitung

Spezifischer
Widerstand

Skin-Effekt

Ohmsches Gesetz

Rechnen mit
Widerständen

Reihenschaltung

Parallelschaltung

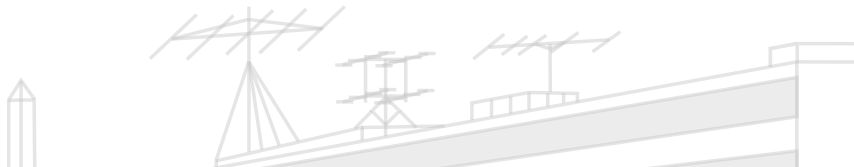
Ersatzwiderstand

Spannungsteiler

Übung

Referenzen

Literatur



[1] Moltrecht A 02:

<https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-ta/a02/>

[2] Wikipedia DE:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Spannungsteiler>

http://de.wikipedia.org/wiki/Ohmsches_Gesetz

http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrische_Leistung

http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrische_Energie#Elektrische_Energie_in_einem_elektrischen_Feld

AfuTUB-Kurs

DK0TU

Einleitung

Spezifischer
Widerstand

Skin-Effekt

Ohmsches Gesetz

Rechnen mit
Widerständen

Reihenschaltung

Parallelschaltung

Ersatzwiderstand

Spannungsteiler

Übung

Referenzen

Literatur

