

Grundlagen der Elektrotechnik



Elektrische
Leitfähigkeit

TH-Köln 2020

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

Elektrische Leitfähigkeit

- Elektrische Leitung
- Vereinfachtes Modell
- Funktionsprinzip der el. Leitung in Festkörpern
 - Leiter
 - Isolator
 - Halbleiter
- Liste Leitfähigkeiten

Elektrische Leitung

■ Elektrische Leiter:

- Gute bis sehr gute Leitung von elektrischem Strom
- Elektronenleitung
 - In Festkörpern, insbesondere Metalle
 - Im Vakuum: Freie Elektronen
- Ionenleitung
 - In Flüssigkeiten: Geladene Atome oder Moleküle

■ Elektrischer Isolator:

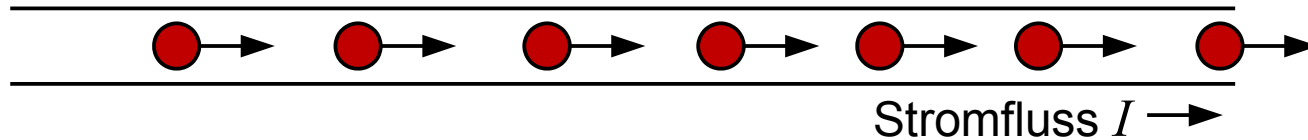
- Keine Leitung von elektrischem Strom
- *Beispiele:* Keramik, Stein, Kunststoffe

■ Halbleiter

- Elektronen-oder Löcher-Leitung
- Abhängig von Dotierung

Vereinfachtes Modell zur Leitung

Kein Materie-Transport!



Vergleiche Bewegung einer langen Stange



Oder noch besser: Drehung einer langen Achse

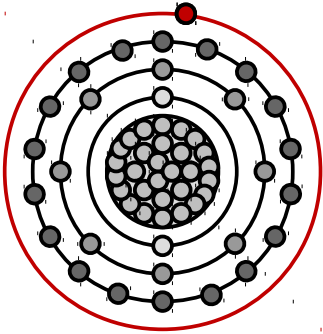


Elektrische Leitung ist Energie-Transport!

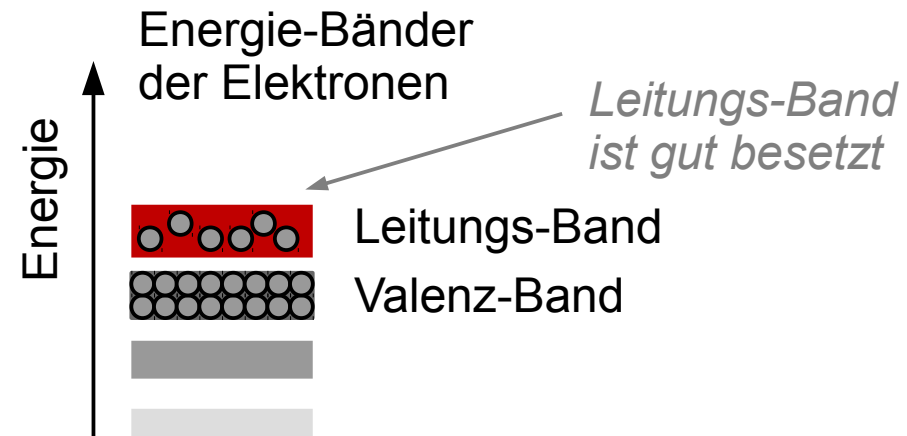
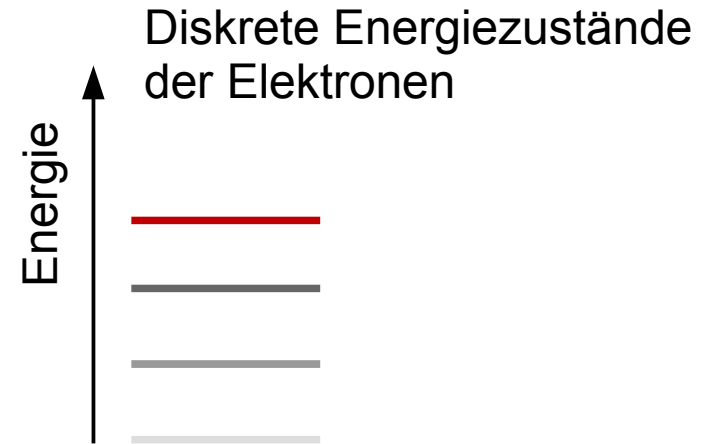
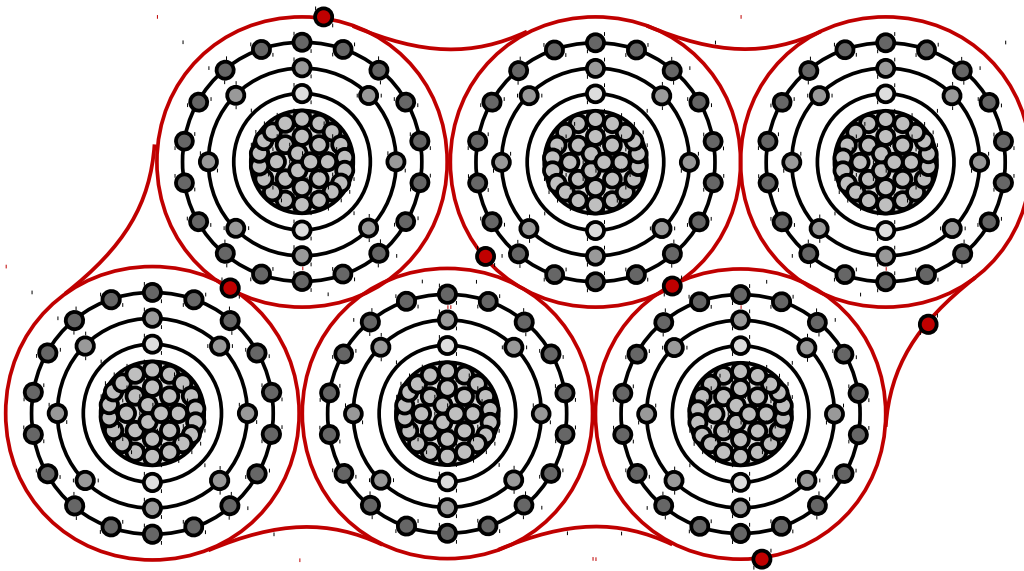
Elektrischer Leiter

Kupfer ist ein sehr guter Leiter

Einzelnes Kupfer-Atom



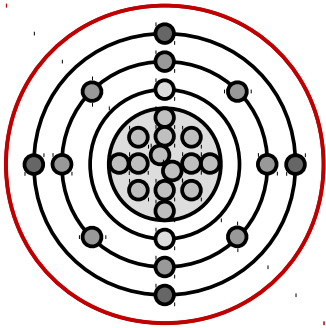
Viele Kupfer-Atome als Kristall



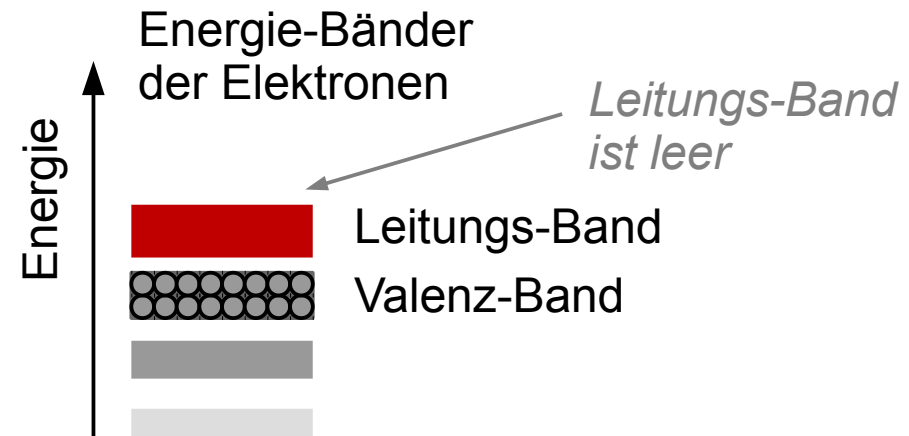
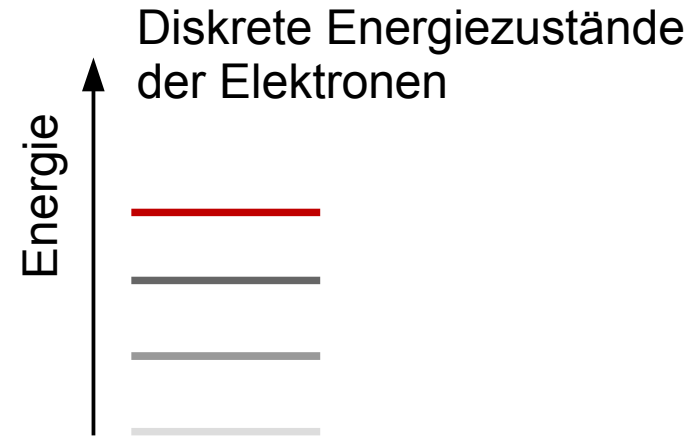
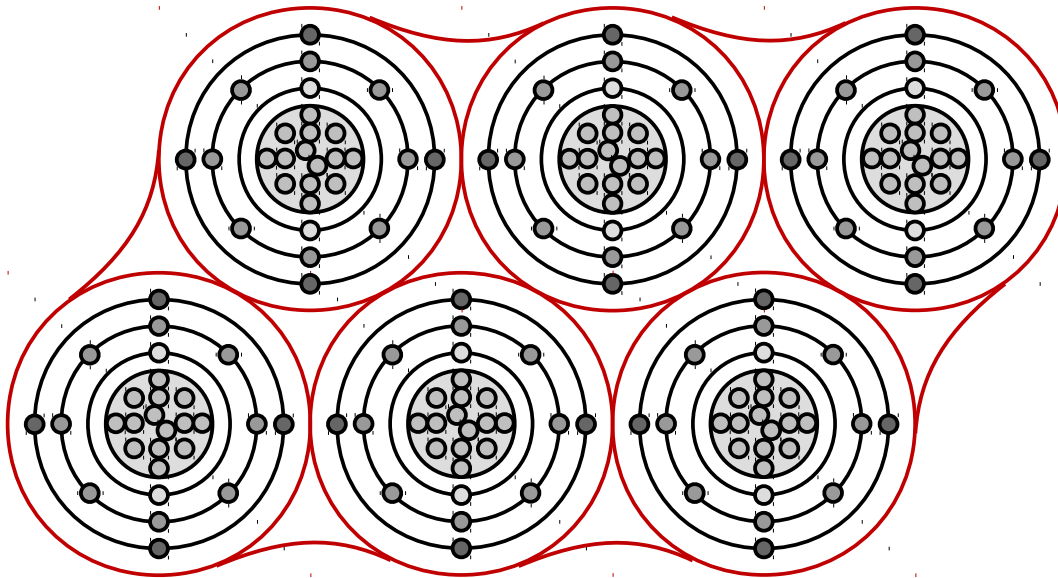
Isolator

Hochreines Silizium ist ein Isolator

Einzelnes Silizium-Atom



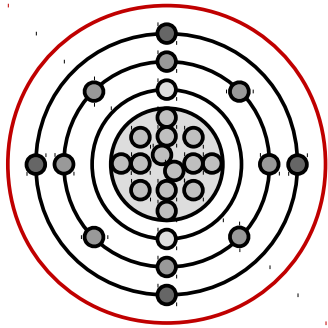
Viele Silizium-Atome als Kristall



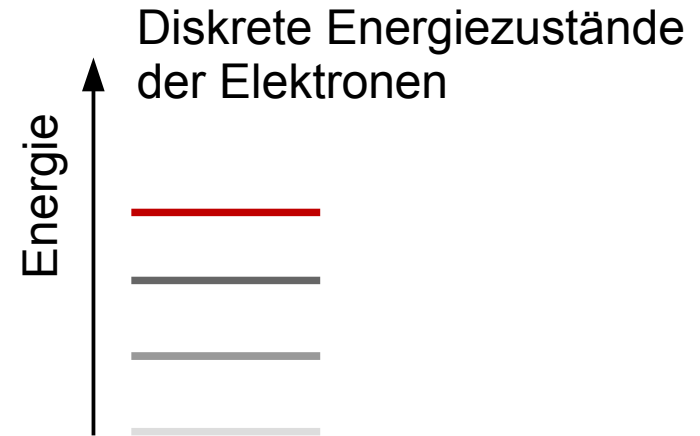
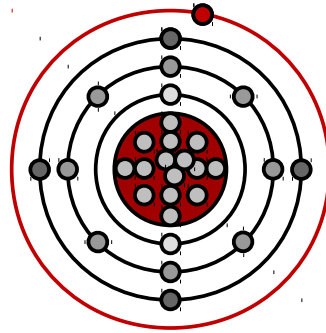
Halbleiter

Dotiertes Silizium ist ein Halbleiter

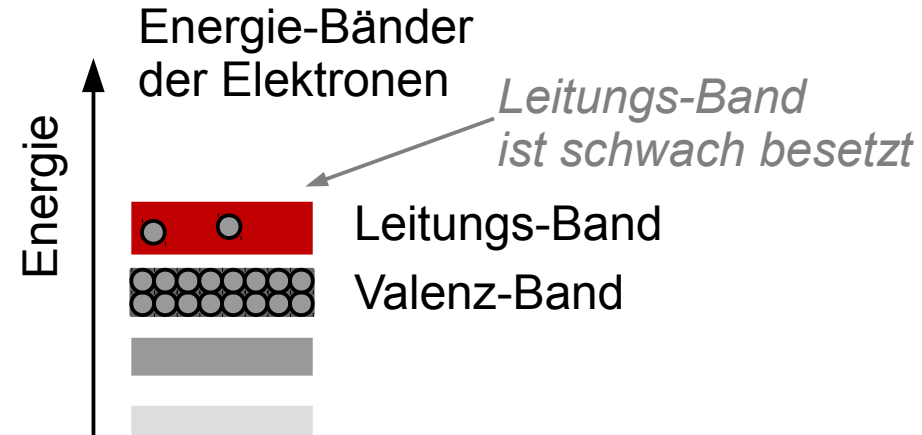
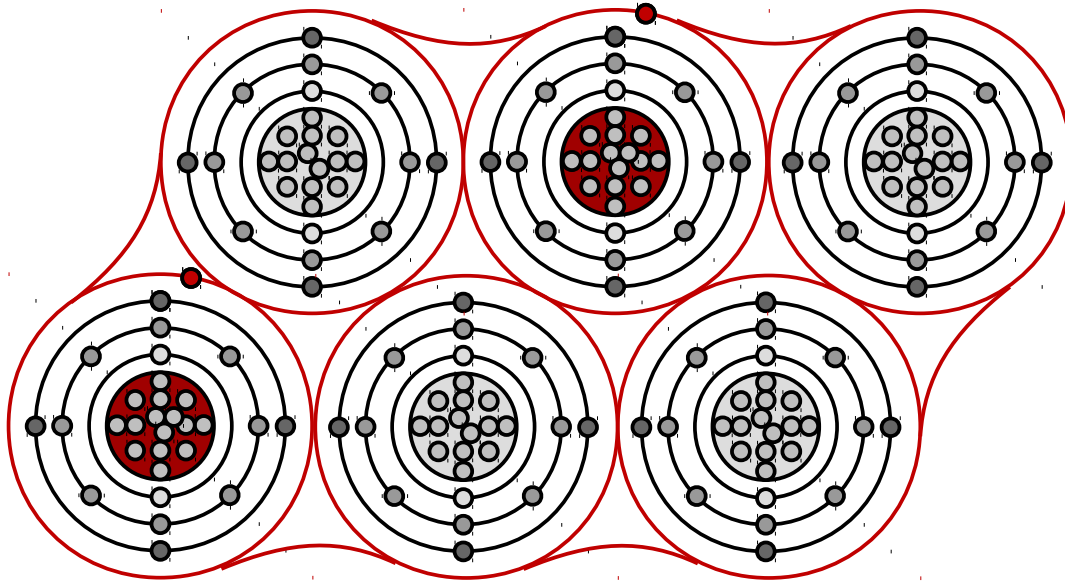
Einzelnes Silizium-Atom



Einzelnes Phosphor-Atom



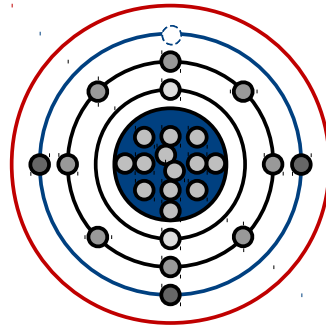
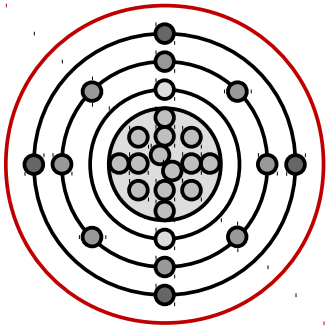
Si-Atome mit wenigen Phosphor-Atomen als Kristall



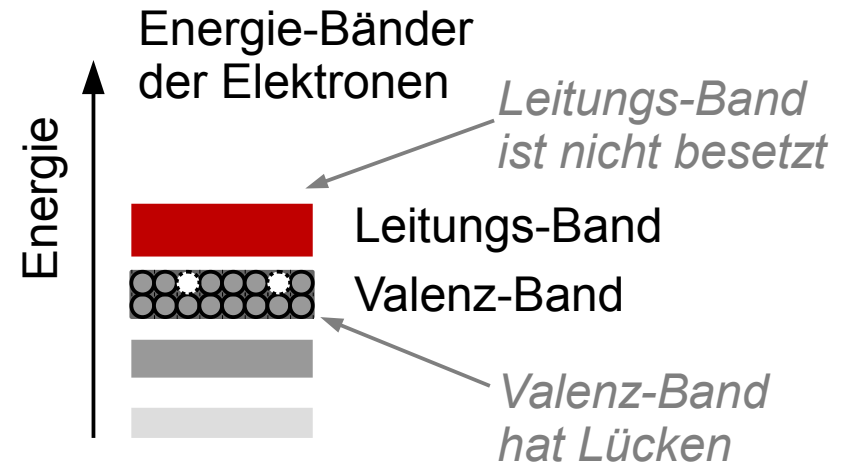
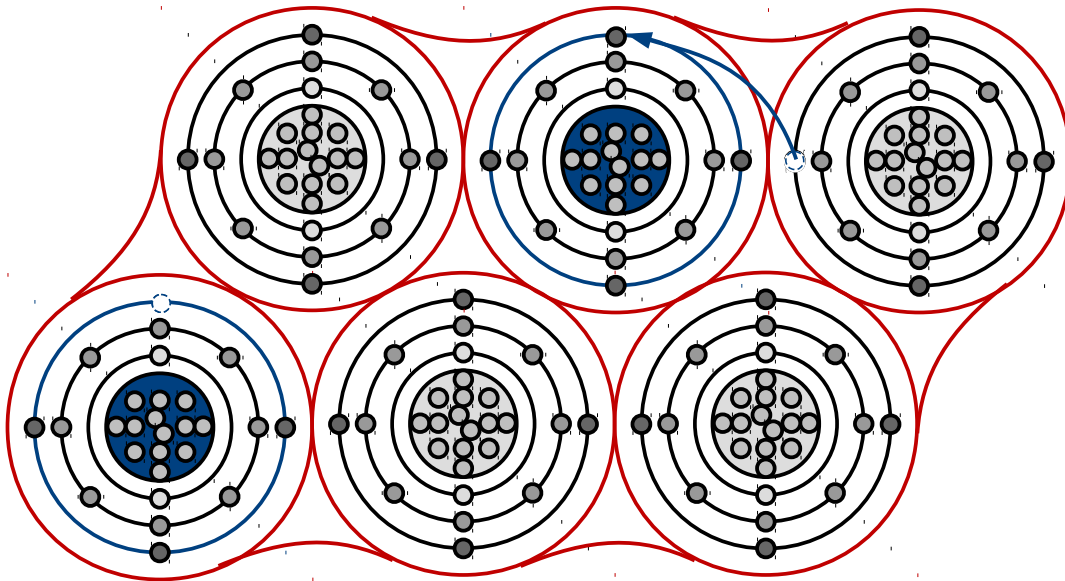
Halbleiter

Silizium dotiert mit Aluminium ist ein Halbleiter mit Löcherleitung

Einzelnes Silizium-Atom Einzelnes Aluminium-Atom



Si-Atome mit wenigen Aluminium-Atomen als Kristall



Lücken im Valenzband rücken nach
➔ „Löcherleitung“

Leitfähigkeit

Es gilt allgemein in Materialien für die Leitfähigkeit:

$$\sigma = e \cdot n \cdot \mu$$

$$[\sigma] = A/Vm = 1/\Omega m = S/m$$

mit:

e = Elementarladung, Ladung eines Elektrons,

$$[e] = As$$

n = Anzahl der freien Ladungsträger pro Volumen,

$$[n] = 1/m^3$$

μ = Beweglichkeit der freien Ladungsträger,

$$[\mu] = m^2/Vs$$

Liste elektrische Leitfähigkeiten

Material	El. Leitfähigkeit σ / 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	≈ 5
Leitungswasser	$\approx 50 \cdot 10^{-3}$
Reinstwasser	$5 \cdot 10^{-6}$

Material	El. Leitfähigkeit σ / 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

Und: 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

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

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

