



UNIVERSITÄT ROSTOCK

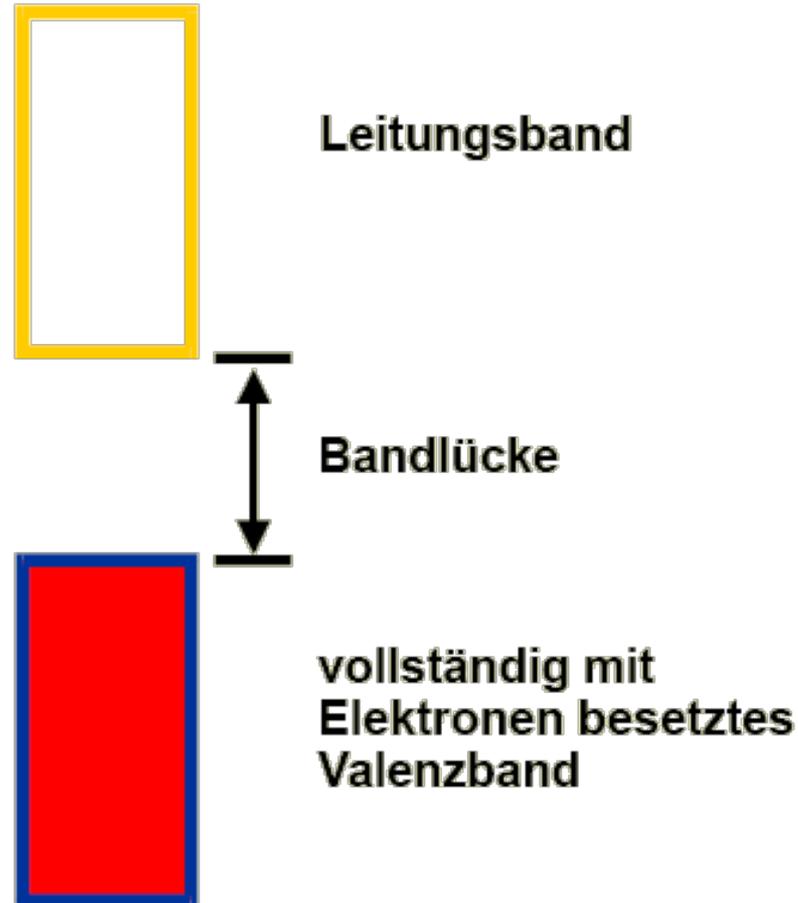
## Vorlesung

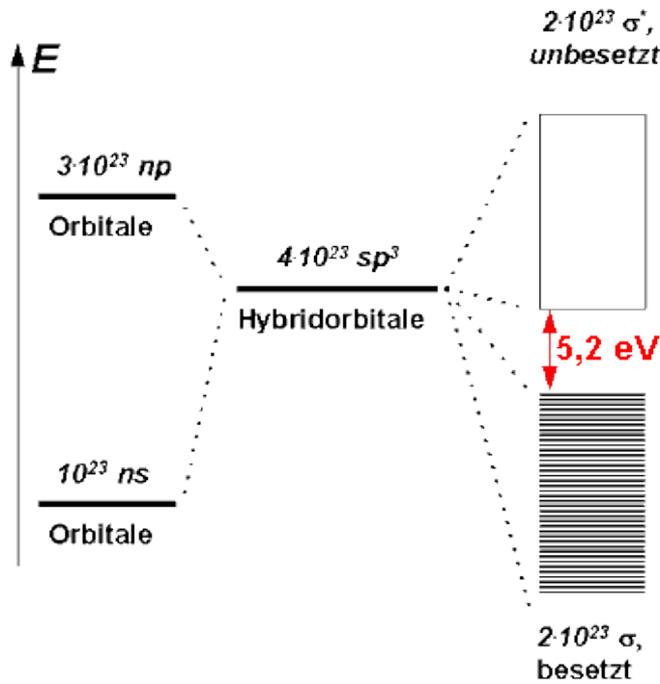
Anorganische Chemie V-A

# Vom Molekül zum Material

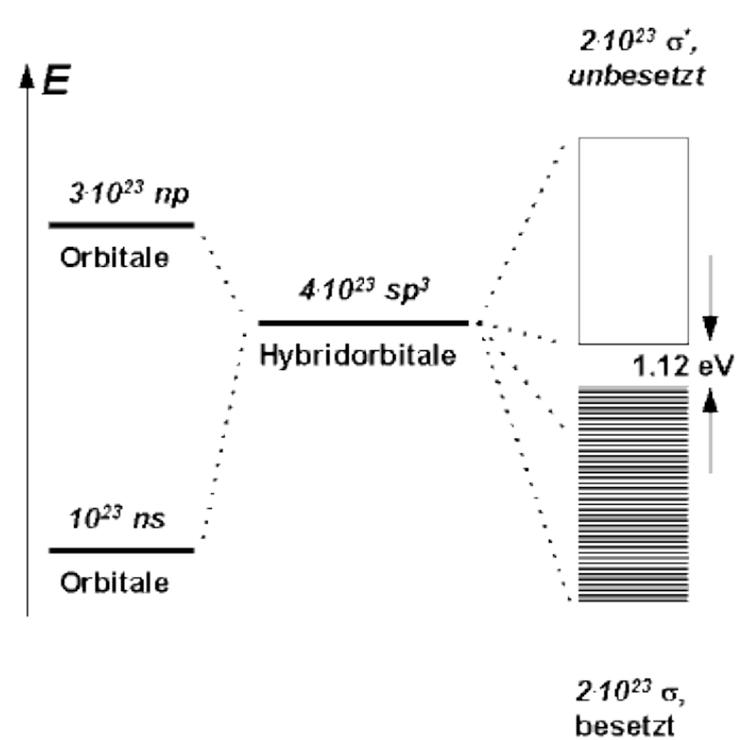
Thema heute:

## Elektronen in Festkörpern - Halbleiter

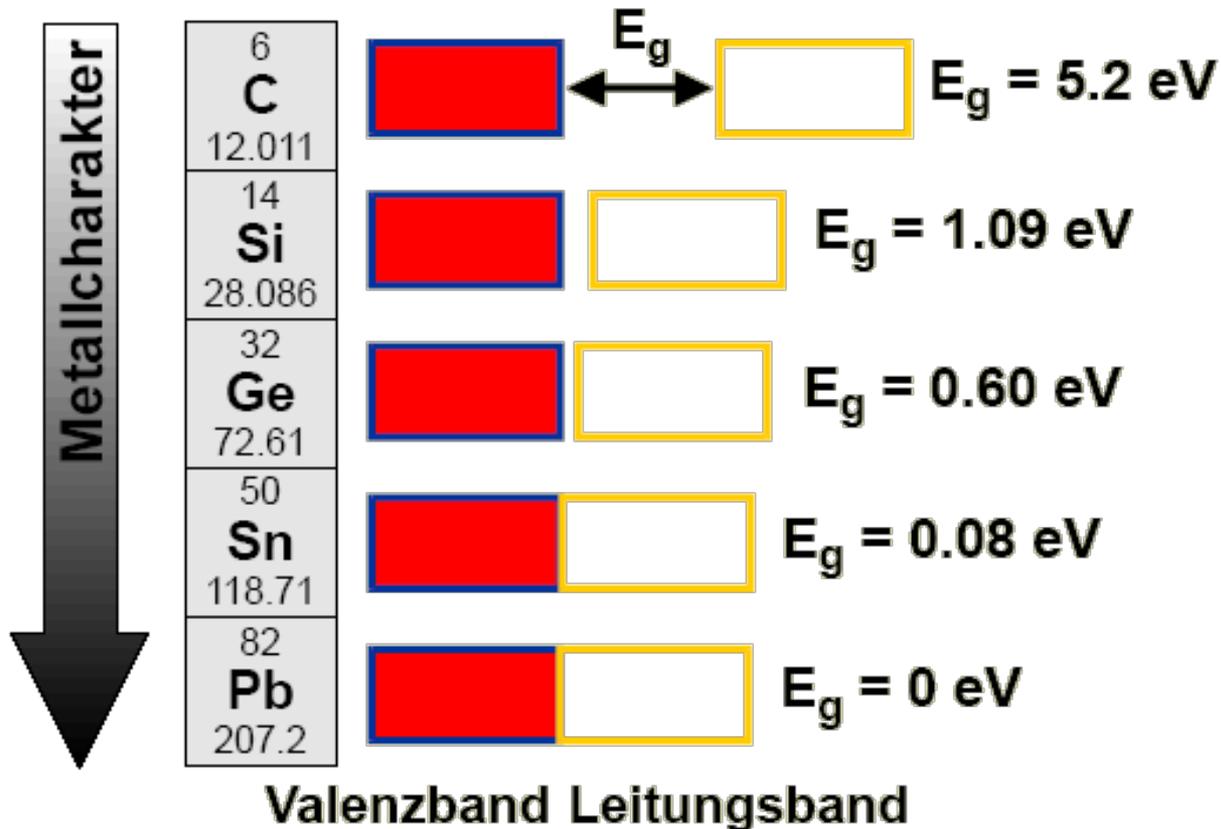


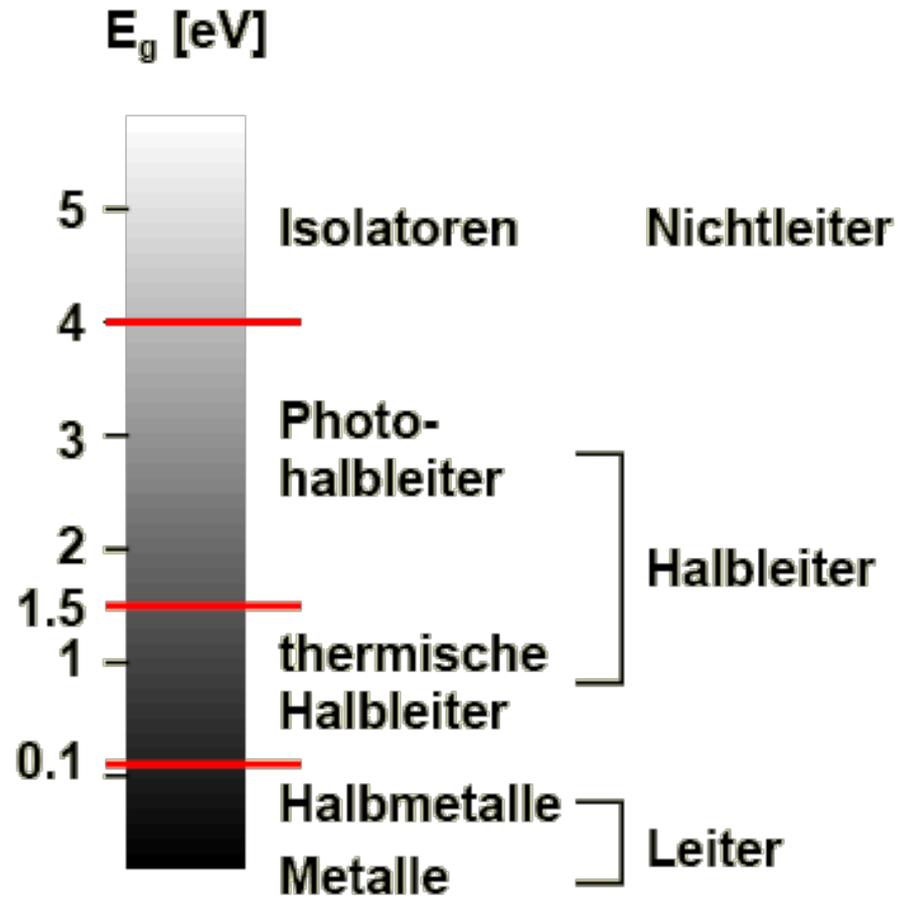


Isolator  
(Diamant)



Eigenhalbleiter  
(Silicium)







<b>Festkörper</b>	<b>Farbe</b>	<b><math>E_g</math> [eV]</b>	<b>wird leitfähig durch</b>
Titanoxid ( $\text{TiO}_2$ )	farblos	3.1	UV-Licht
Cadmiumsulfid ( $\text{CdS}$ )	gelb	2.60	sichtbares Licht
Quecksilbersulfid ( $\text{HgS}$ )	rot	2.1	sichtbares Licht
Cadmiumtellurid ( $\text{CdTe}$ )	schwarz	1.6	thermische Anregung
Galliumarsenid ( $\text{GaAs}$ )	schwarz	1.43	thermische Anregung
Silicium	dunkelgrau-glänzend	1.09	thermische Anregung
Germanium	grauweiß-glänzend	0.60	thermische Anregung



## Elektrische Eigenschaften: Grundgesetze

Ohm'sche Gesetz:  $U = R \cdot I$

$U$ : Spannung [V] (Arbeit pro Ladung)

$R$ : Widerstand [ $\Omega$ ]

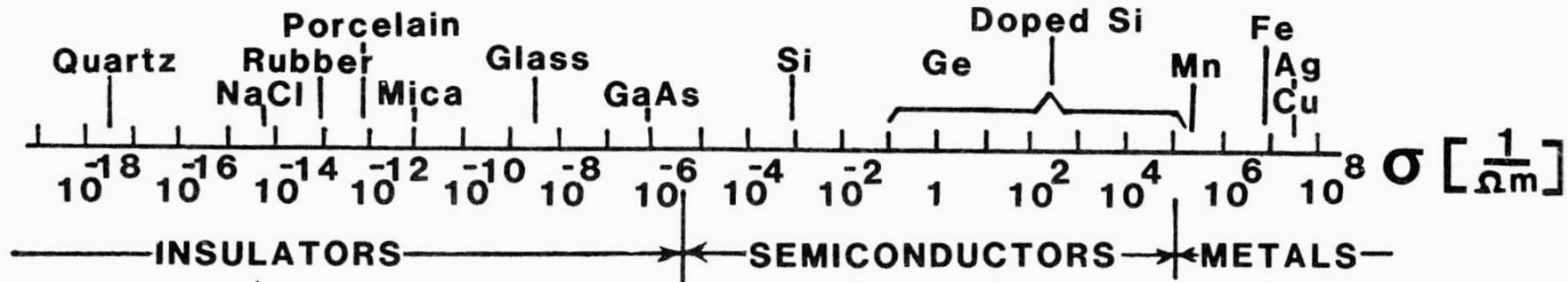
$I$ : Stromstärke [A]

$$R = L/A \cdot \rho$$

$\rho$ : spezifischer Widerstand [ $\Omega\text{m}$ ]

(Materialeigenschaft!)  $L$  = Länge,  $A$  = Querschnitt

Leitfähigkeit  $\sigma = 1/\rho$  [ $1/(\Omega\text{m})$ ], häufig: [ $1/(\Omega\text{cm})$ ]



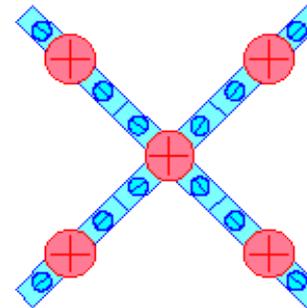
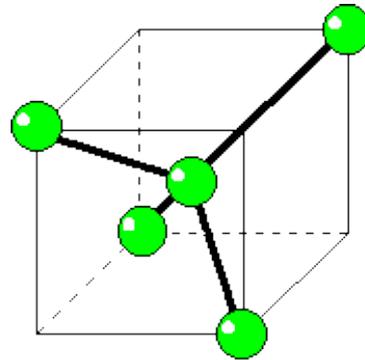
Leitfähigkeit  $\sigma$  hängt ab von

- Ladungsträgerkonzentration
- Beweglichkeit der Ladungsträger (mittlere freie Weglänge)

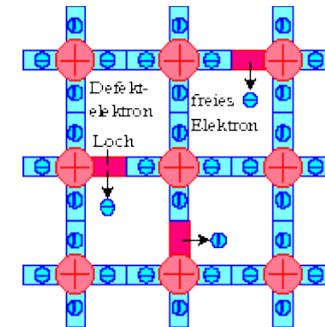


## Halbleiter

Halbleiter wie Germanium, Silizium oder Selen stehen bezüglich ihrer Leitfähigkeit zwischen Leitern und Nichtleitern. Die elektrische Leitfähigkeit eines Halbleiters nimmt mit steigender Temperatur zu.



Im Idealzustand eines Halbleiters sind alle äußeren Elektronen (Valenzelektronen) durch eine Paarbildung gebunden.

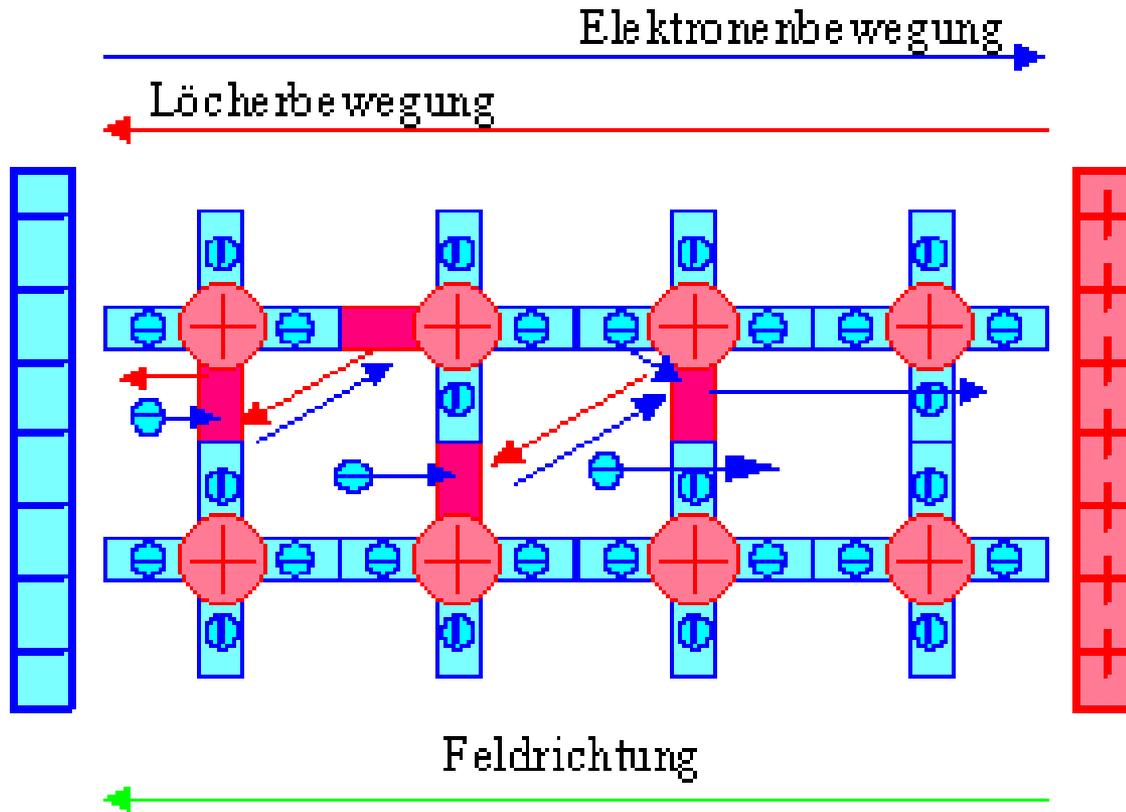




Die besonderen el. Eigenschaften des Germaniums und der anderen Halbleiter beruhen auf der Tatsache, dass in ihnen durch Zufuhr von Energie in Form von Wärme (thermische Anregung) und Licht (optische Anregung) gebundene Valenzelektronen aus ihren Bindungen zwischen den Atomen herausgelöst und so Leitungselektronen und Löcher (Defektelektronen) als bewegliche Ladungsträger erzeugt werden.

### Eigenleitung in einem Halbleiter

In einem reinen Halbleiter kommt der elektrische Strom durch die gerichtete Bewegung seiner Leitungselektronen (Elektronenstrom, n-Leitung) und die scheinbare, entgegengesetzt gerichtete Bewegung seiner Löcher (Löcherstrom, p-Leitung) zustande. Diese Art der Elektrizitätsleitung in einem Halbleiter nennt man Eigenleitung.

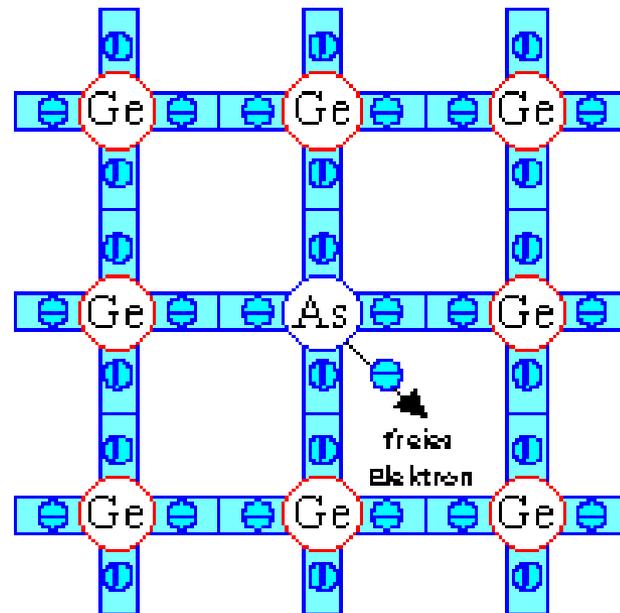




## Dotierung von Halbleitern - Fremdleitung

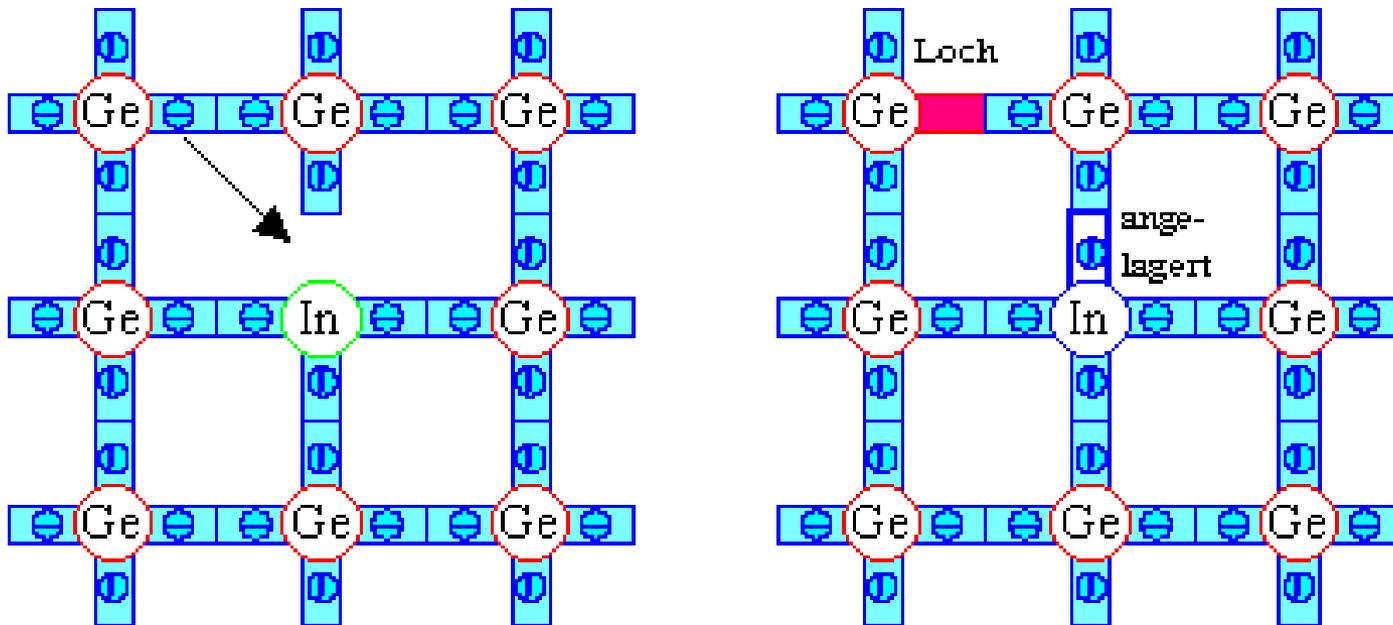
n-Halbleiter:

Durch Dotieren eines Halbleiterkristalls (z.B. Ge) mit 5-wertigen Atomen (z.B. Arsen) entsteht ein n-Halbleiter. Das fünfte Valenzelektron des Arsenatoms wird zu einem Leitungselektron (Majoritätsträger), das ortsfeste Arsenatom zu einem positiven Ion.



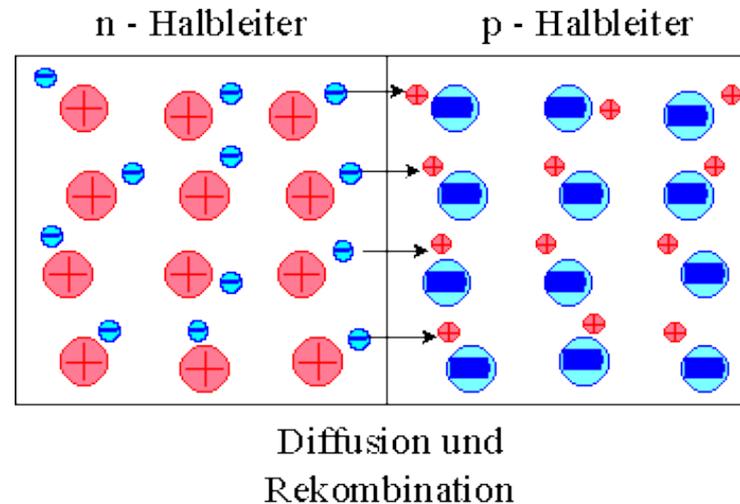
## p-Halbleiter:

Durch Dotieren mit 3-wertigen Atomen (z.B. Indium) entsteht ein p-Halbleiter. Das Indium entzieht ein Elektron, so dass ein Loch (Majoritätsträger) entsteht. Sowohl bei n- wie p-Halbleitern wird die elektrische Leitfähigkeit wesentlich gesteigert.



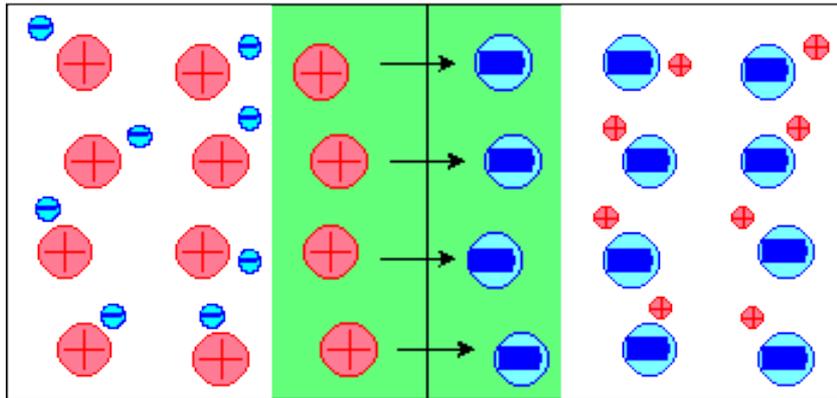
## Der pn-Übergang - Die Halbleiterdiode

Fügt man einen n-Halbleiter und eine p-Halbleiter aneinander, so erhält man eine Halbleiterdiode. In der Grenzschicht des pn-Übergangs entsteht eine Verarmungszone von Majoritätsträgern; diese wirkt wie ein Hochohmwiderstand



Zone ohne

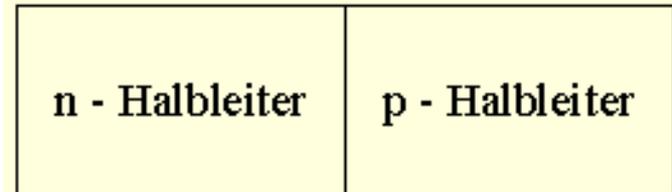
n - Halbleiter Majoritätsträger p - Halbleiter



pos. Raum-  
ladung      neg. Raum-  
ladung

elektrisches Feld

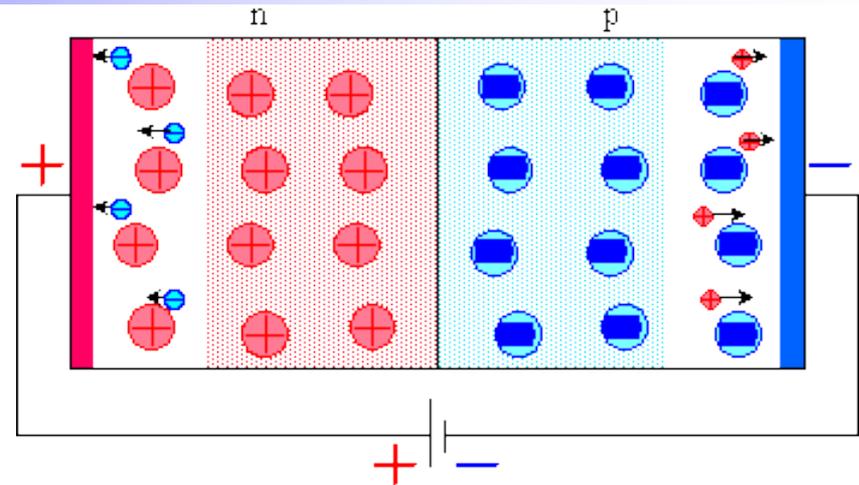
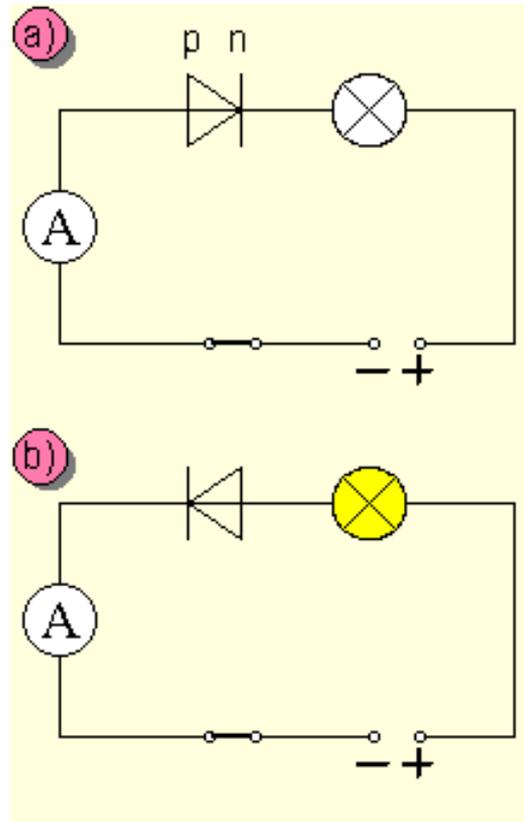
Grenzschicht  
pn-Übergang



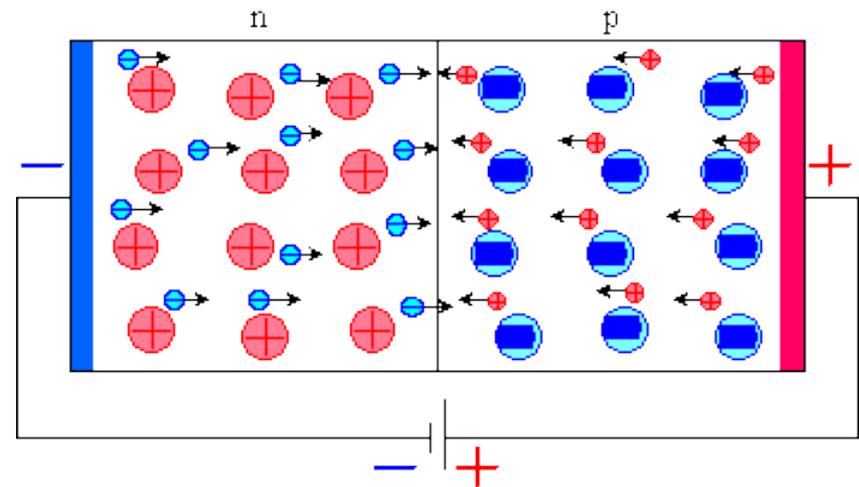
Halbleiterdiode

Schalt-  
zeichen

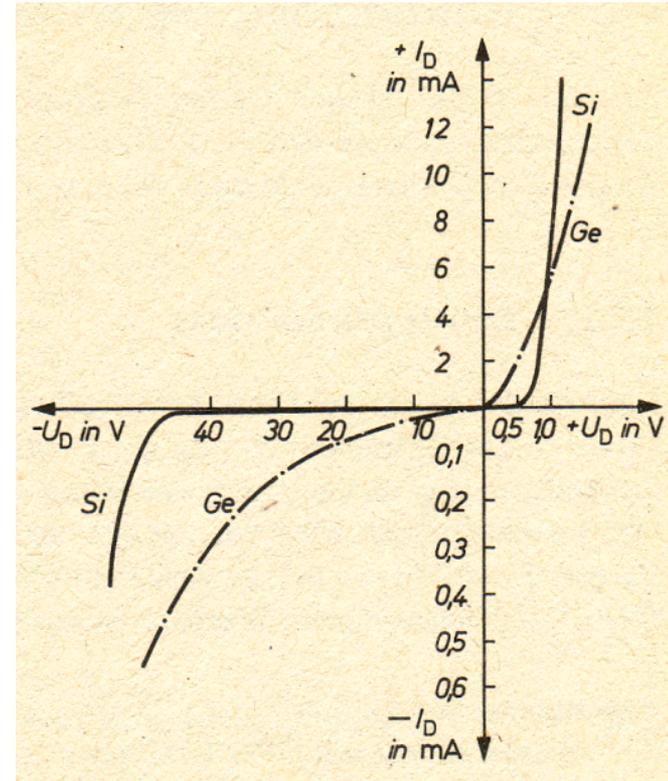
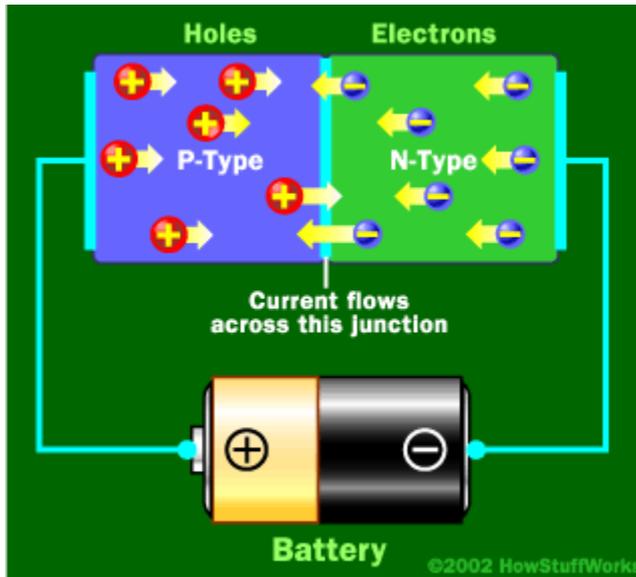


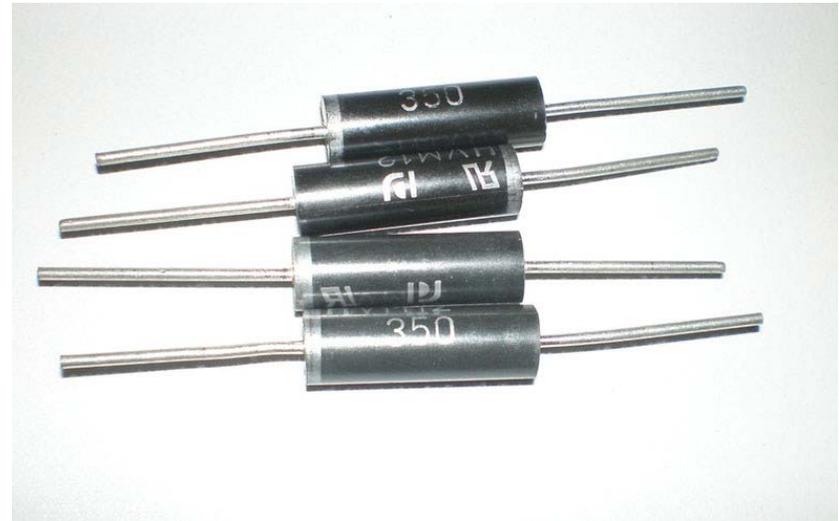


Halbleiterdiode in Sperrichtung geschaltet



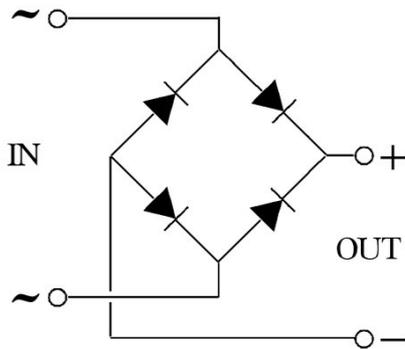
Halbleiterdiode in Durchlassrichtung geschaltet



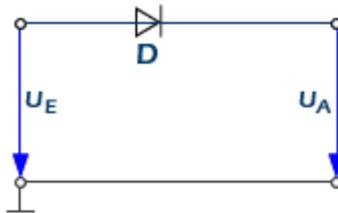




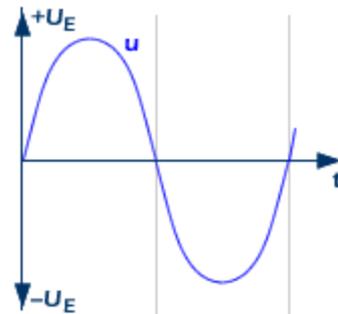
# Gleichrichter: Dioden-Brückenschaltung



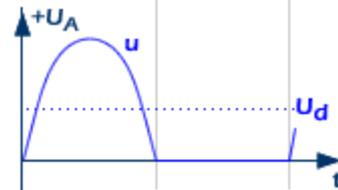
Einfachgleichrichter



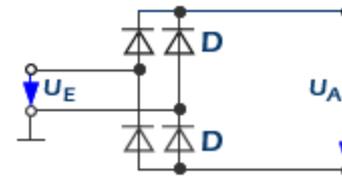
Spannung am Eingang



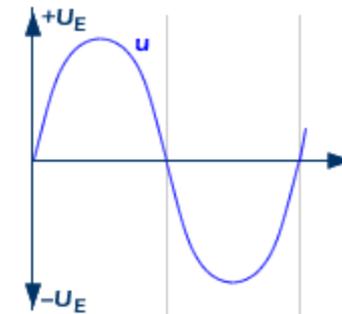
Spannung am Ausgang



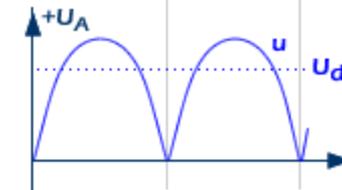
Brückengleichrichter



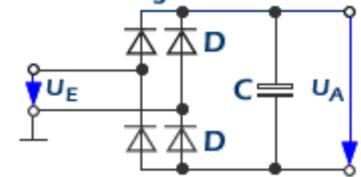
Spannung am Eingang



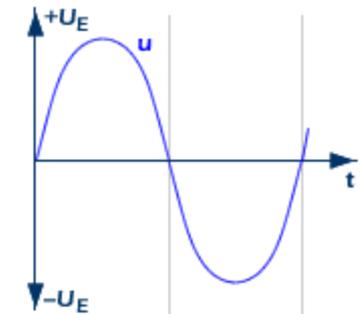
Spannung am Ausgang



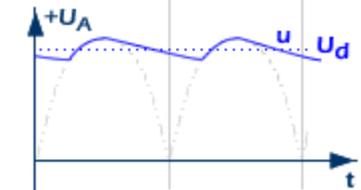
Brückengleichrichter mit Glättung



Spannung am Eingang



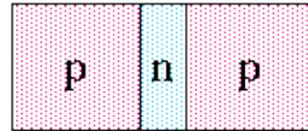
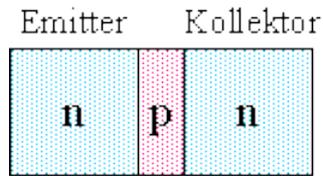
Spannung am Ausgang



© 1zu160.info

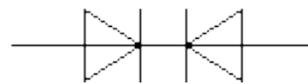
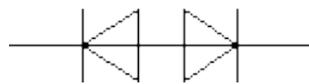
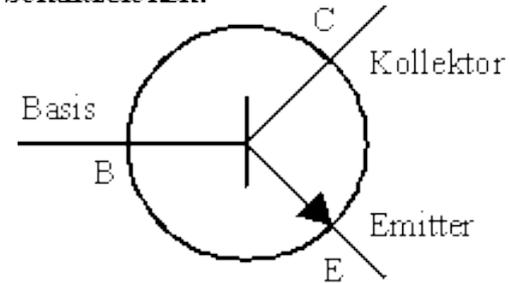


# Transistoren



Basis  
(ca. 10  $\mu\text{m}$ )

Schaltzeichen:



Emitter  
A

Basis  
B

Kollektor  
C

