



# **Grundlagen der Rechnerarchitektur**

**[CS3100.010]**

**Wintersemester 2014/15**

Tobias Scheinert / (Heiko Falk)

Institut für Eingebettete Systeme/Echtzeitsysteme  
Ingenieurwissenschaften und Informatik  
Universität Ulm



# **Kapitel 4**

## **Technologische Grundlagen**

### **Zusatz: Grundlagen Halbleiter**

# Inhalte der Vorlesung

1. Einführung
2. Kombinatorische Logik
3. Sequentielle Logik
- 4. Technologische Grundlagen**
5. Rechnerarithmetik
6. Grundlagen der Rechnerarchitektur
7. Speicher-Hardware
8. Ein-/Ausgabe

# Inhalte des Kapitels (1)

## 4. Technologische Grundlagen

- Halbleiter-Bauelemente
  - Halbleiterdiode ←
    - Halbleiter ←
    - Digitale Diodenschaltungen ←
  - Transistor
    - Aufbau ←
    - Digitale Transistorschaltungen
    - TTL
  - MOS-Feldeffekttransistor
    - Aufbau
    - CMOS-Schaltungen
- ...

## Warum das ganze?



# Leiter oder Isolator? (1)

## Leiter

- Freie Elektronen können fließen

## Isolator

- Keine freien Elektronen

## Halbleiter

- Material, das mal leitend, mal isolierend sein kann
- z.B. Germanium (Ge) oder Silizium (Si)

## Leiter oder Isolator? (2)

- Leitungsband

Elektronen im Leitungsband sind **nicht** an das Atom **gebunden** und stehen somit für den **Ladungstransport zur Verfügung**.

- Valenzband

Elektronen im Valenzband sind an das Atom **gebunden** und können somit **keine Ladung transportieren**. Durch Energiezufuhr können Elektronen in das Leitungsband wechseln.

# Elektronenkonfiguration (1)

		Legende																							
		Ordnungszahl	Symbol	Ordnungszahl	Serie																				
		Name	Atomgewicht	Elektronenkonfiguration	Elektronegativität	schwarz = nicht radioaktiv gelb = radioaktiv	Serie																		
						schwarz = Feststoff rot = Gas blau = Flüssigkeit	Serie																		
							durchgehend = natürliches Element schraffiert = künstliches Element																		
		1																						18	
1		1	1																						2
	1		1																						
2		2	2																						
	2		2																						
3		3	3																						
	3		3																						
4		4	4																						
	4		4																						
5		5	5																						
	5		5																						
6		6	6																						
	6		6																						
7		7	7																						
	7		7																						

Lanthanoide

Actinoide

57	La	58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu
Lanthan	138,91	Cer	140,12	Praseodym	140,91	Neodym	144,24	Promethium	146,90	Samarium	150,36	Europtium	151,96	Gadolinium	157,25	Terbium	158,93	Dysprosim	162,50	Holmium	164,93	Erbium	167,26	Thulium	168,93	Ytterbium	173,05	Lutetium	174,97
	2/8/18/18/9/2		2/8/18/19/9/2		2/8/18/21/8/2		2/8/18/22/8/2		2/8/18/23/8/2		2/8/18/24/8/2		2/8/18/25/8/2		2/8/18/25/9/2		2/8/18/27/8/2		2/8/18/28/8/2		2/8/18/29/8/2		2/8/18/30/8/2		2/8/18/31/8/2		2/8/18/32/8/2		2/8/18/32/9/2
89	Ac	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr
Actinium	(227)	Thorium	232,04	Protaktinium	231,04	Uran	238,03	Neptunium	237,05	Plutonium	(244,10)	Americium	(243,10)	Curium	(247,10)	Berkelium	(247,10)	Californium	(251,10)	Einsteinium	(254,10)	Fermium	(257,10)	Mendelevium	(258)	Nobelium	(259)	Lawrencium	(260)
	2/8/18/32/18/9/2		2/8/18/32/18/10/2		2/8/18/32/20/9/2		2/8/18/32/21/9/2		2/8/18/32/22/9/2		2/8/18/32/24/8/2		2/8/18/32/25/8/2		2/8/18/32/25/9/2		2/8/18/32/25/10/2		2/8/18/32/28/8/2		2/8/18/32/29/8/2		2/8/18/32/30/8/2		2/8/18/32/31/8/2		2/8/18/32/32/8/2		2/8/18/32/32/9/2

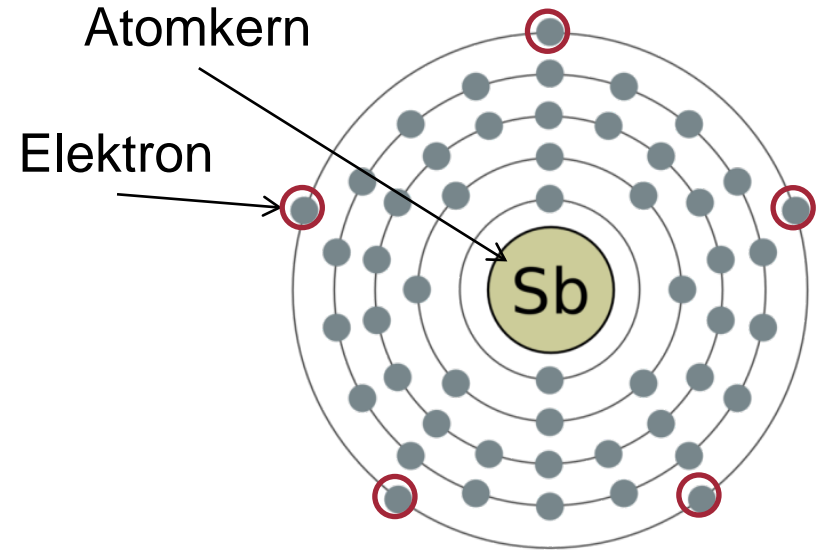
Nicht klausurrelevant!

## 4 - Technologische Grundlagen (Zusatz: Grundlagen Halbleiter)



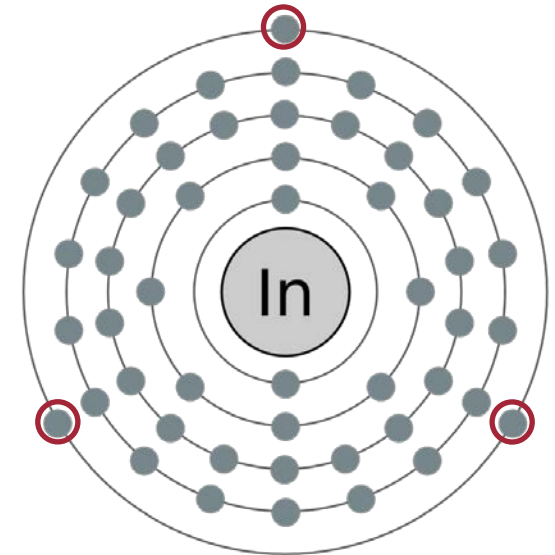
# Elektronenkonfiguration (2)

Ordnungszahl	1	Symbol	H
Name	Wasserstoff	Serie	
Atomgewicht	1,0079		
Elektronenkonfiguration	1		2,1
		Elektronegativität	

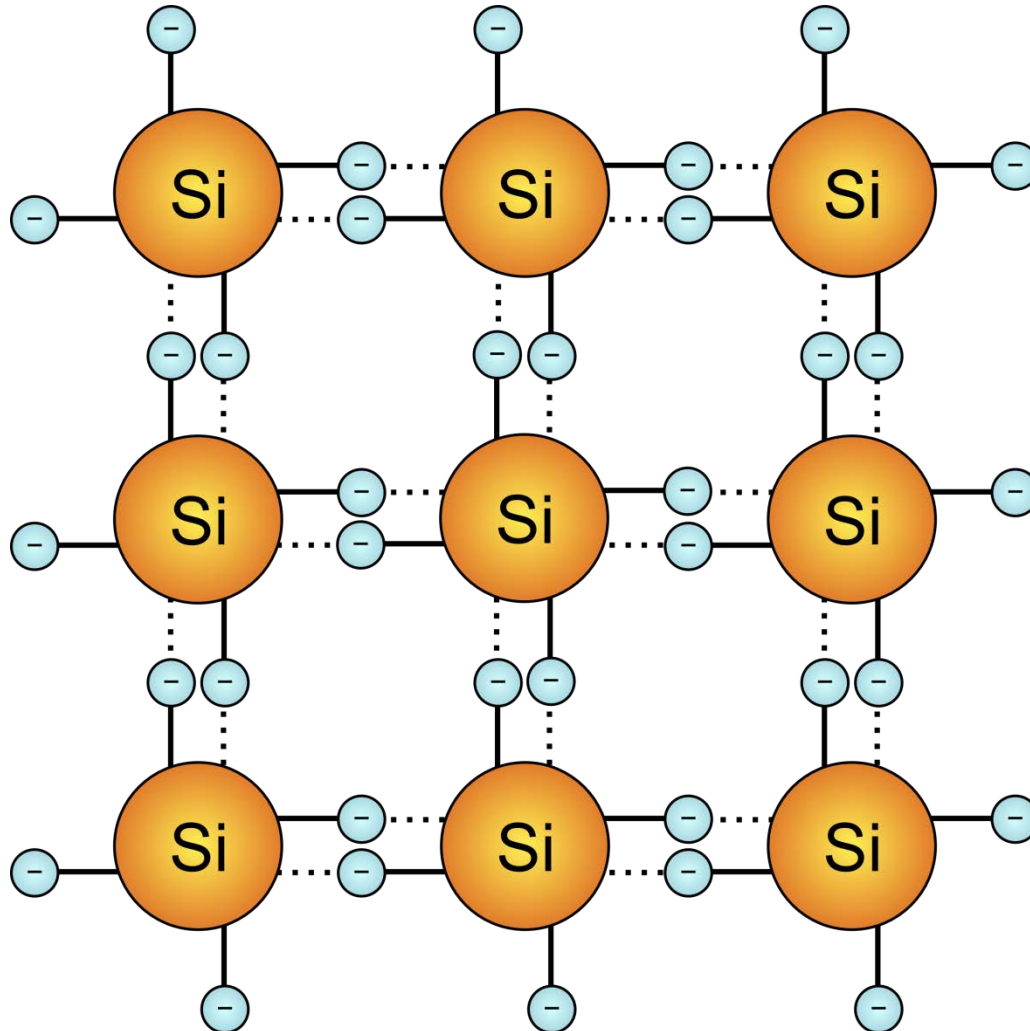


13 Al Aluminium 26,982 2/8/3 1,5	14 Si Silicium 28,086 2/8/4 1,8	15 P Phosphor 30,974 2/8/5 2,1
31 Ga Gallium 69,723 2/8/18/3 1,6	32 Ge Germanium 72,64 2/8/18/4 1,8	33 As Arsen 74,922 2/8/18/5 2,0
49 In Indium 114,82 2/8/18/18/3 1,7	50 Sn Zinn 118,71 2/8/18/18/4 1,8	51 Sb Antimon 121,76 2/8/18/18/5 1,9

- Antimon: fünf Elektronen auf der äußersten Schale
- Indium: drei Elektronen auf der äußersten Schale

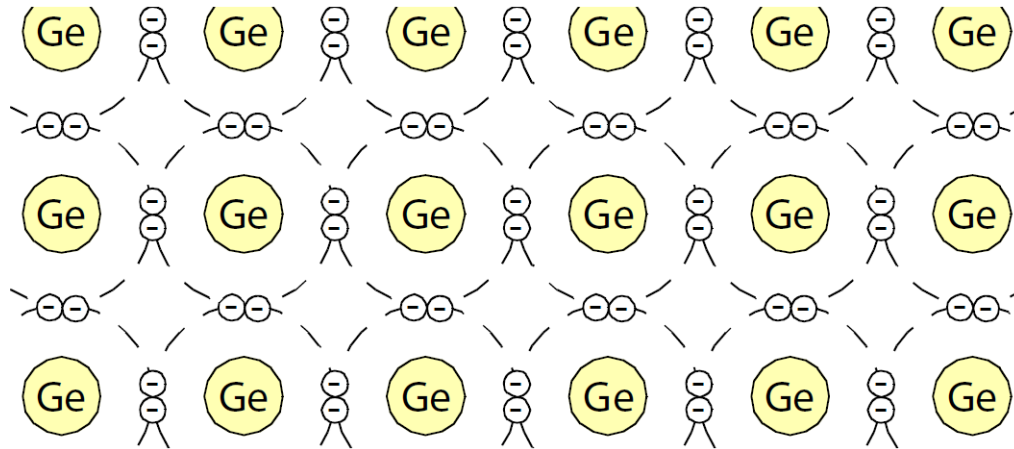


# Atombindungen



# Halbleiter (1)

## Elektronenanordnung bei Halbleiterkristallen

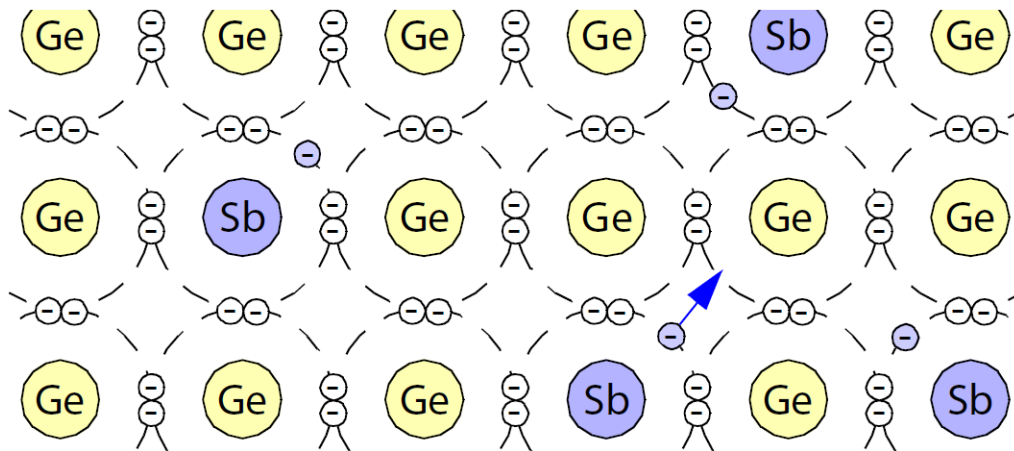


- Je vier Elektronen auf äußerster Schale
- Stabiler Zustand durch Verzahnung der Schalen benachbarter Atome
- Gelegentliche Verunreinigungen
  - Ein Elektron zu viel oder zu wenig auf der äußeren Bahn
  - Geringer Stromfluss möglich (Halbleiter)

## Halbleiter (2)

### Dotieren der Halbleiter mit anderen Materialien

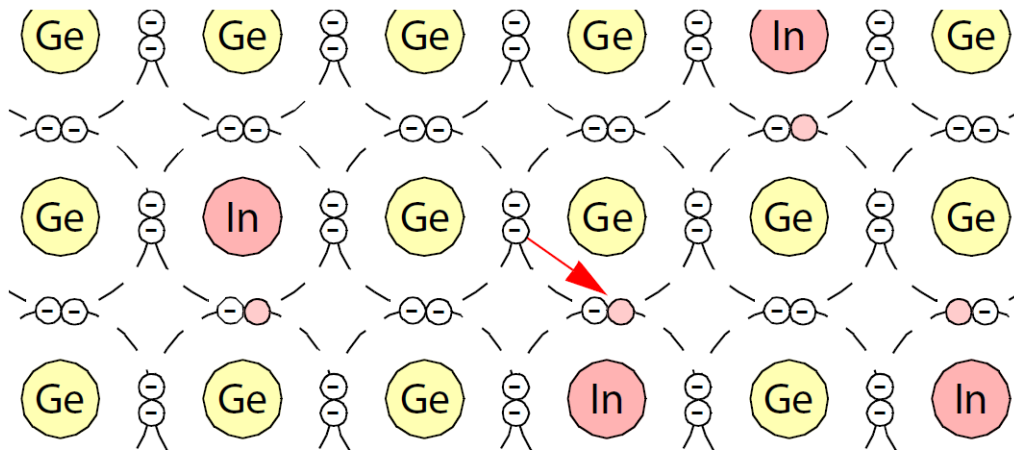
- Dotieren = Einbringen gezielter Verunreinigungen
- Beispiel: Antimon (Sb)



- Ein Elektron mehr auf der äußeren Schale
- ☞ Elektronenüberschuss
- ☞ **N-Leitfähigkeit** des Kristalls (negativ)

## Halbleiter (3)

– Beispiel: Indium (In)

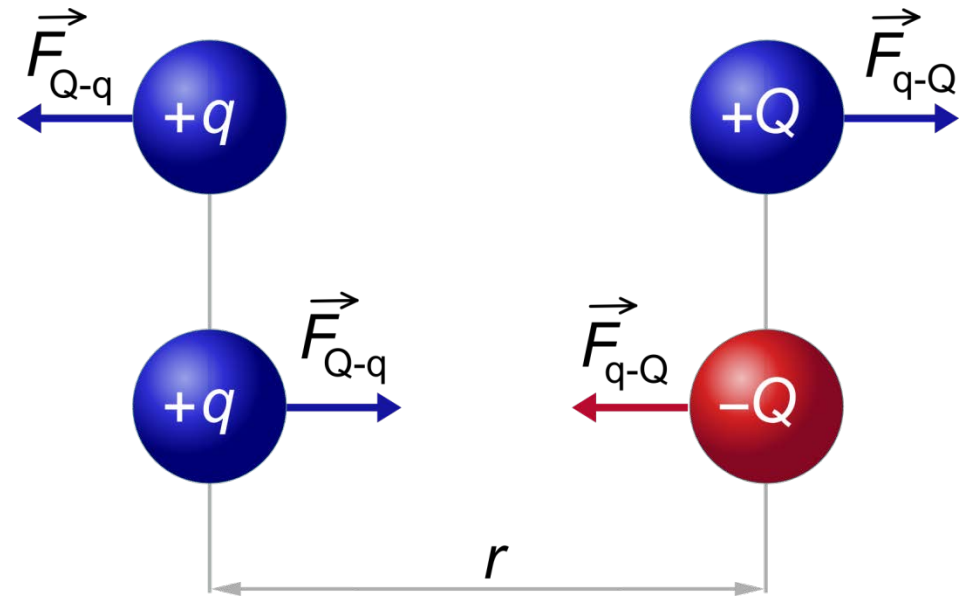
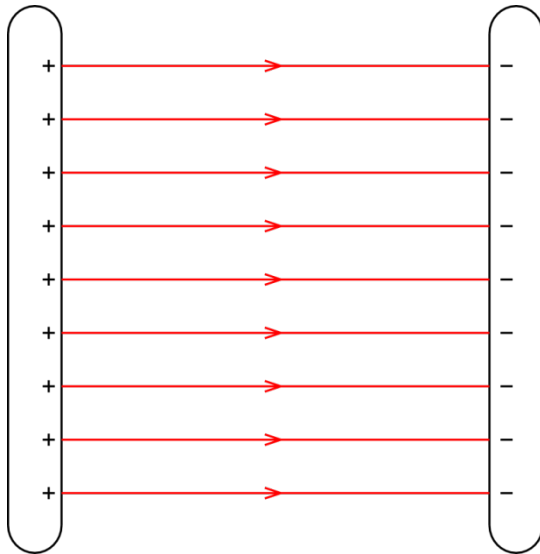


– Ein Elektron weniger auf der äußeren Schale

☞ Elektronenmangel (dargestellt durch Loch auf der äußeren Schale)

☞ **P-Leitfähigkeit** des Kristalls (positiv)

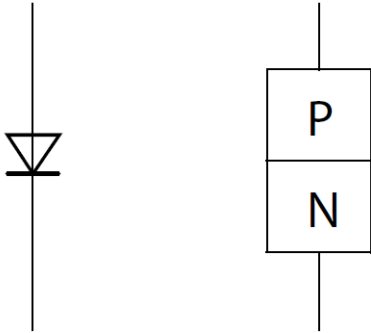
## Das elektrische Feld / Coulombsches Gesetz



- Das elektrische Feld zeigt von der positiven Ladung zur negativen Ladung (Pfeilrichtung).
- Gleichnamige (++) oder (--) Ladungen stoßen sich ab, verschiedenamige (+- oder -+) Ladungen ziehen sich an. Dieses Verhalten wird als Coulombsches Gesetz bezeichnet.

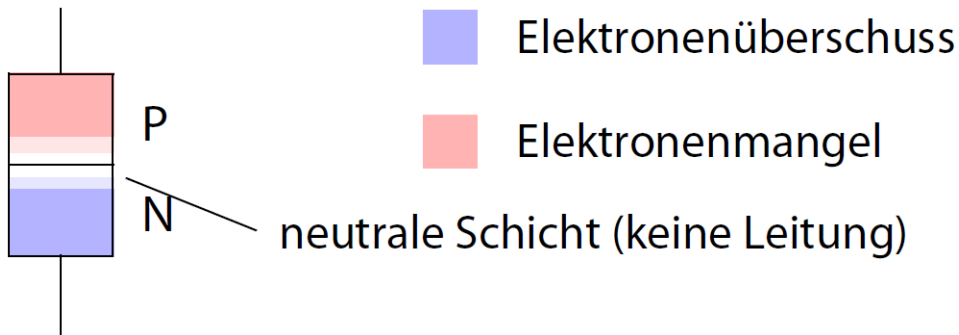
# Aufbau der Halbleiterdiode (1)

## Aufbau mit N- und P-leitfähigem Bereich



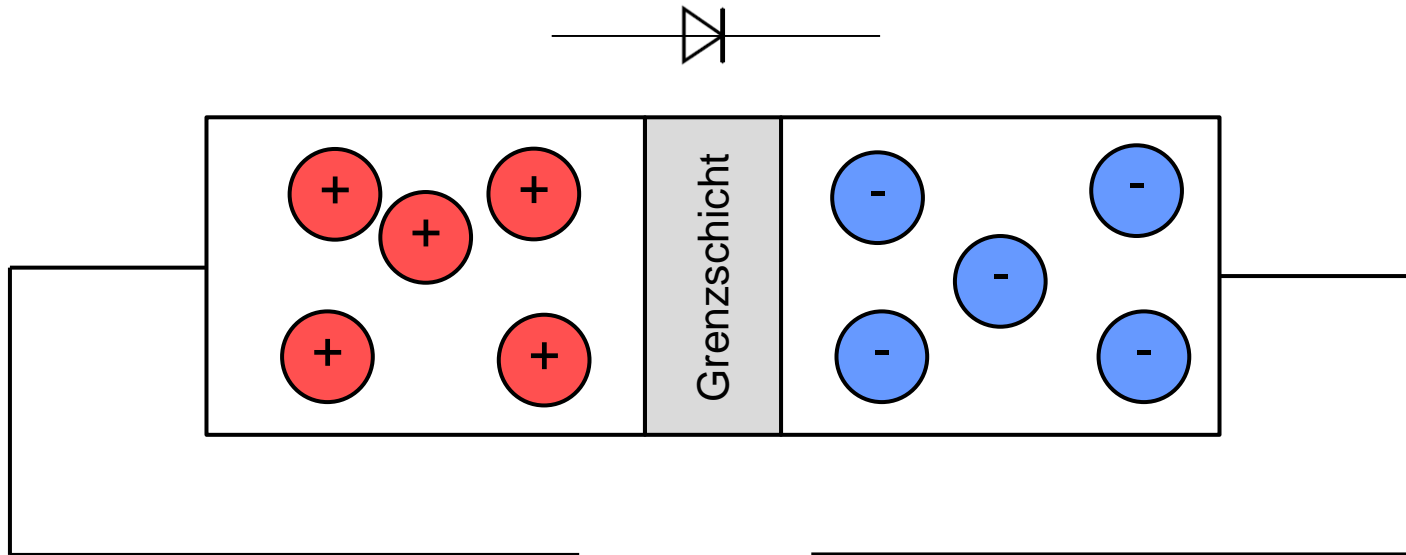
## Grenzbereich (PN-Übergang)

- Freie Elektronen füllen Löcher



# Aufbau der Halbleiterdiode (2)

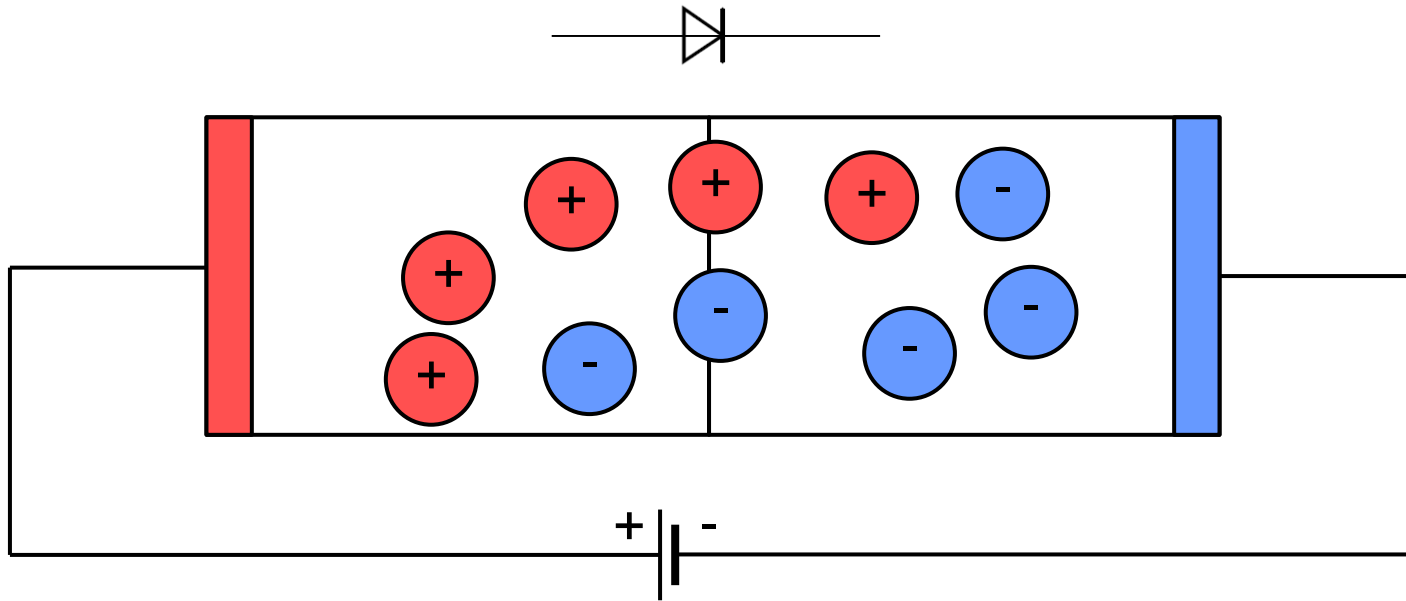
## Ruhezustand





# Aufbau der Halbleiterdiode (2)

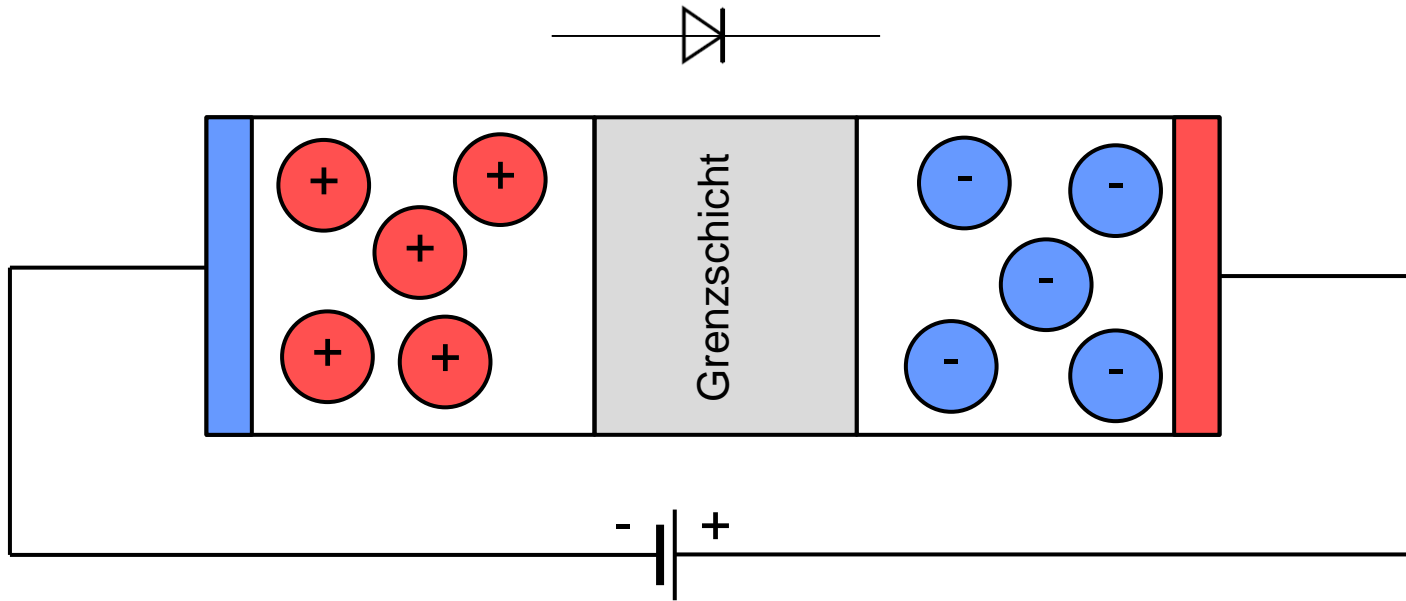
## Durchlassrichtung



- ➡ PN-Übergang wird kleiner
- ➡ Strom kann fließen

# Aufbau der Halbleiterdiode (2)

## Sperrrichtung



- ➡ PN-Übergang wird größer
- ➡ Strom kann nicht fließen

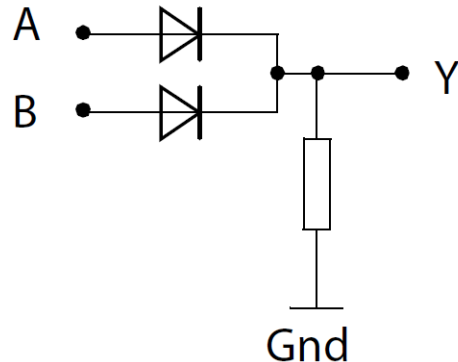
# Digitale Diodenschaltungen (Live-Demo)

## Abbildung der Wahrheitswerte (positive Logik)

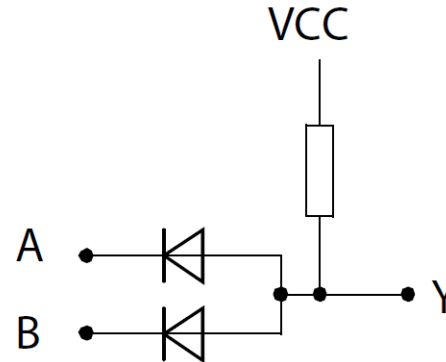
- 1: Stromfluss / positive Spannung
- 0: kein Stromfluss / keine Spannung

## Aufbau einfacher Gatter

$$Y = A + B$$

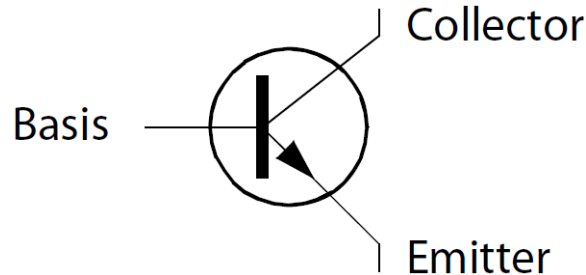


$$Y = A \cdot B$$



# Transistor (1)

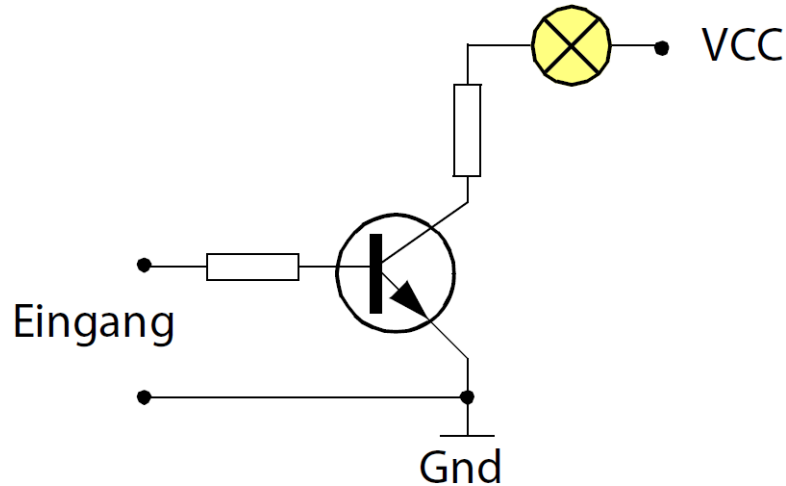
## Halbleiterbauteil mit drei Anschlüssen (bipolare Transistoren)



- Zwischen Basis und Emitter sowie zwischen Basis und Kollektor wirkt Transistor wie eine Diode
- Zwischen Emitter und Kollektor fließt zunächst kein Strom
- Durch geringen Strom an der Basis wird Transistor zwischen Kollektor und Emitter leitend

## Transistor (2)

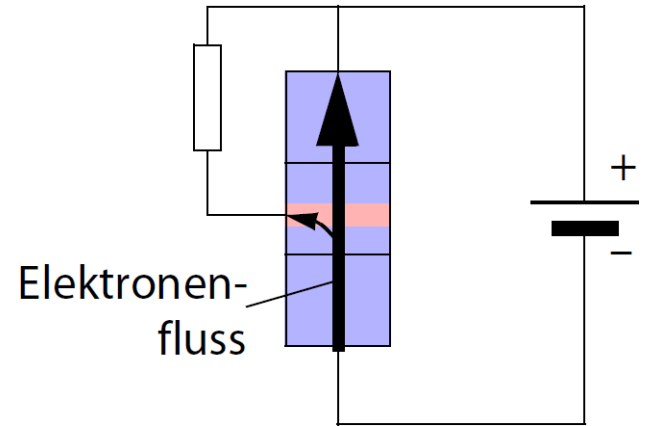
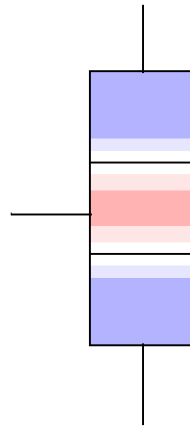
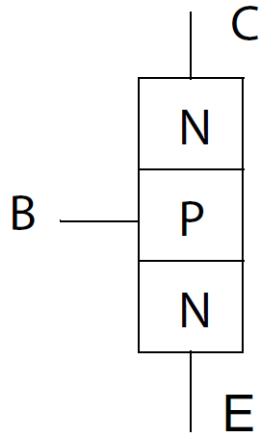
### Transistor als Schalter und Verstärker



- Kleiner Schaltstrom an der Basis
- Großer Ausgangsstrom zwischen Kollektor und Emitter
- Verstärkung zwischen Basis- und Kollektor-Kreis

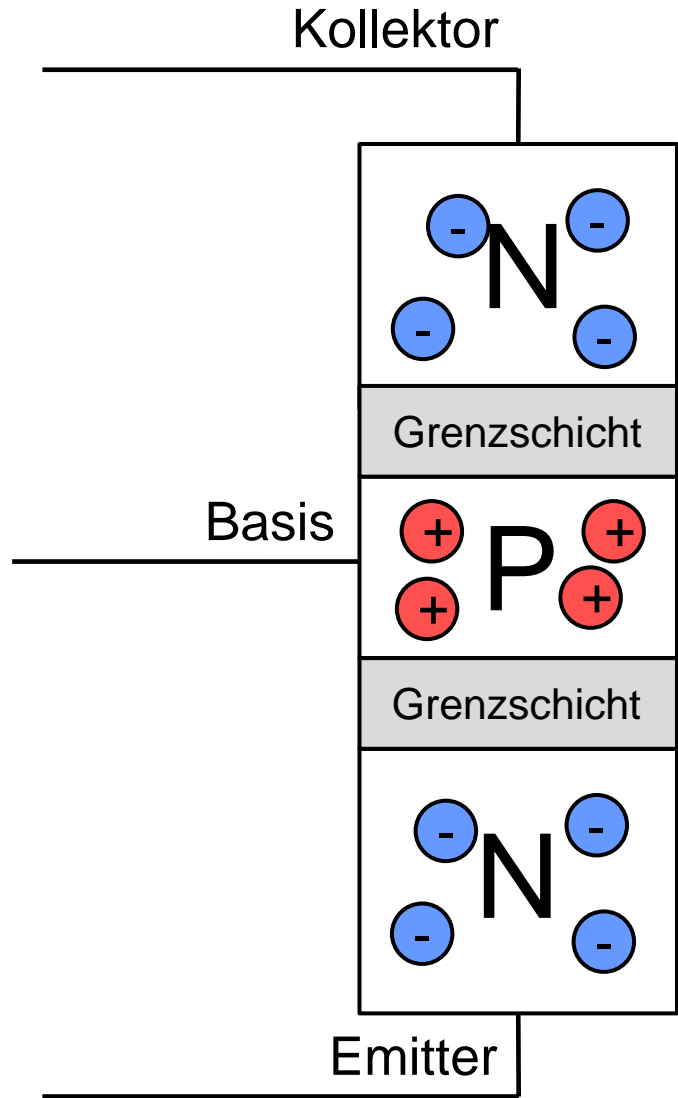
# Transistor (3)

## Interner Aufbau

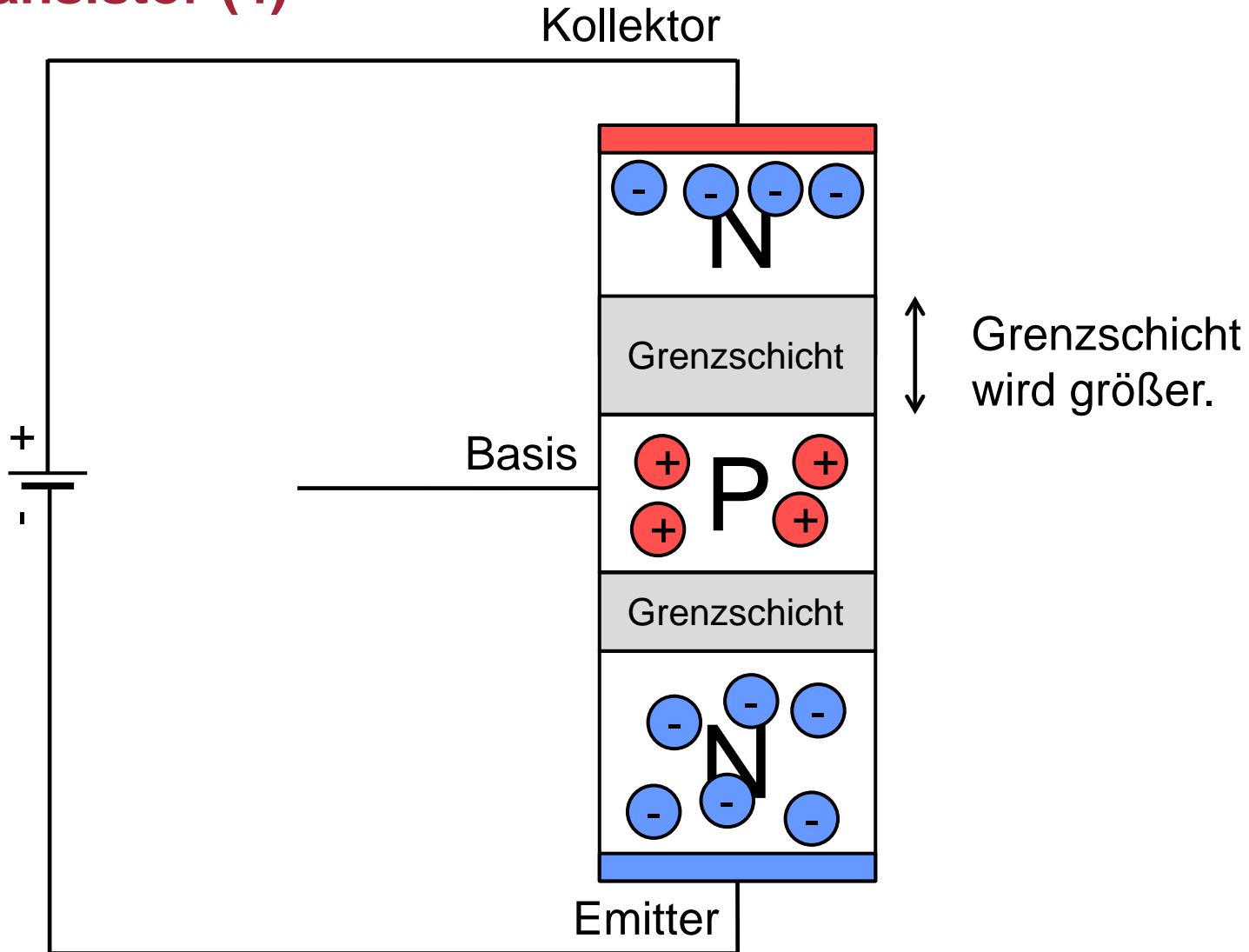


- Drei Schichten: NPN
- Ruhezustand: PN-Übergänge
- Geringer Basisstrom
  - Verringerung des PN-Übergangs zwischen Emitter und Basis
  - Verringerung des PN-Übergangs zwischen Basis und Kollektor

# Transistor (4)



# Transistor (4)





# Transistor (4)

