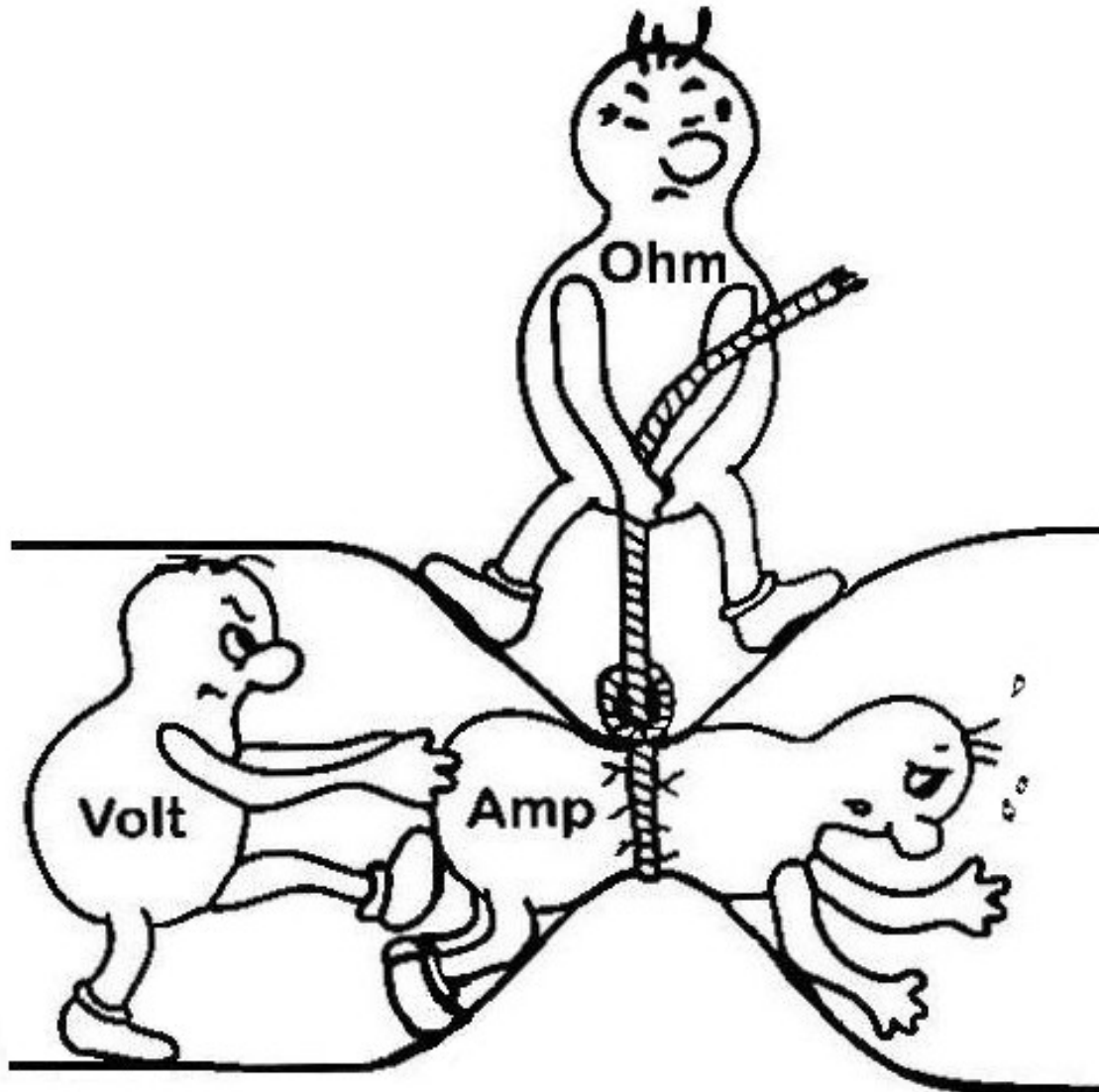


# Das Ohmsche Gesetz



## 5.3 Transistoren

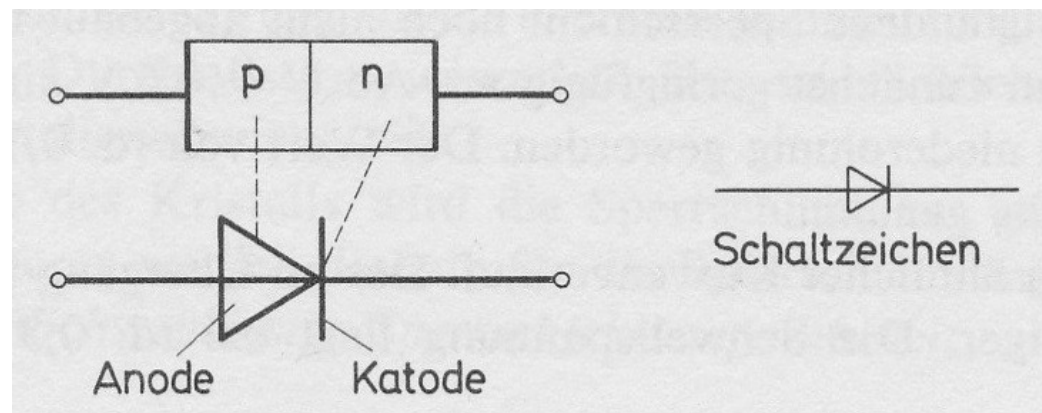


## 5.3 Transistoren

Wir unterscheiden bipolare Transistoren und Feldeffekttransistoren.

Heute besprechen wir die bipolaren Transistoren.

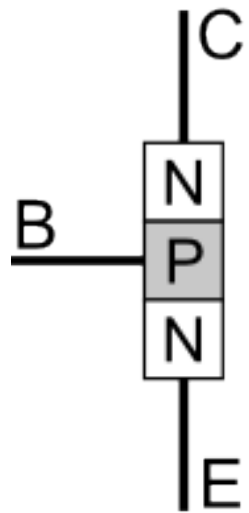
Man kann den Transistor als eine erweiterte Diode betrachten:



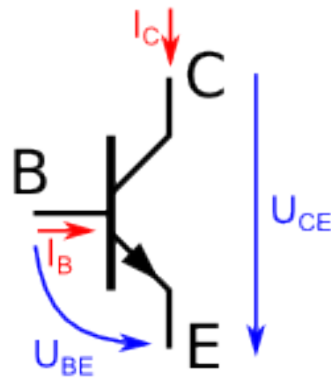
# 5.3 Transistoren

Wenn man zu einer Diode einen weiteren PN-Übergang hinzufügt gibt es 2 Möglichkeiten:

## NPN

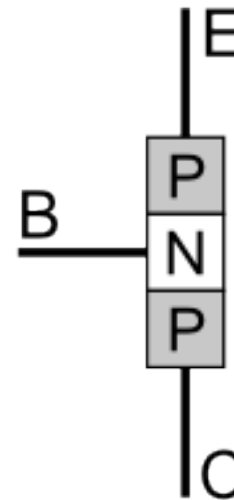


Aufbau

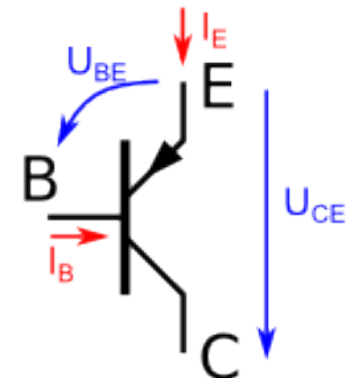


Symbol

## PNP



Aufbau

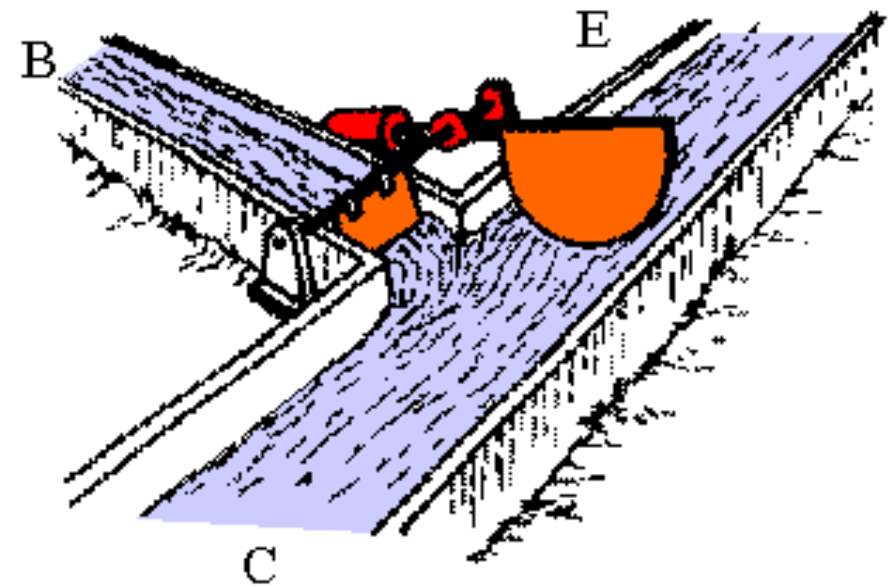
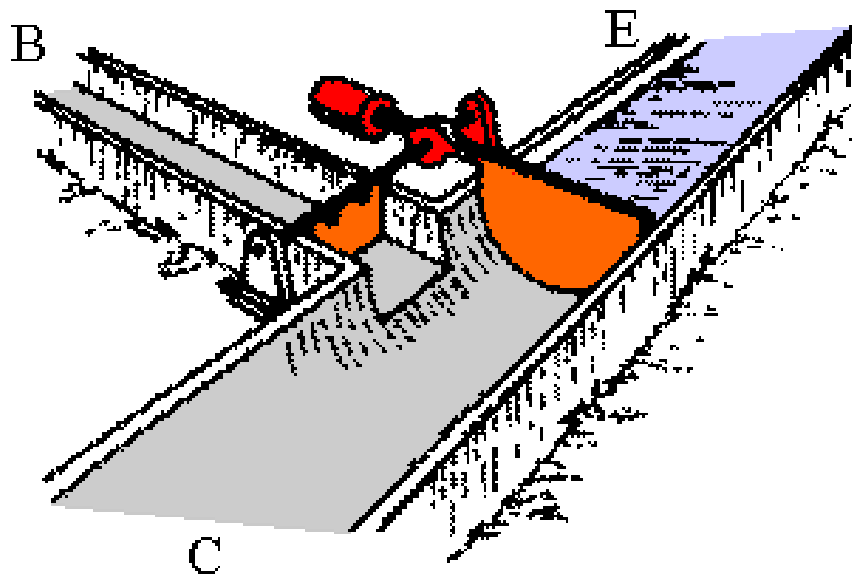


Symbol

## 5.3 Transistoren

Funktion eines Transistors:

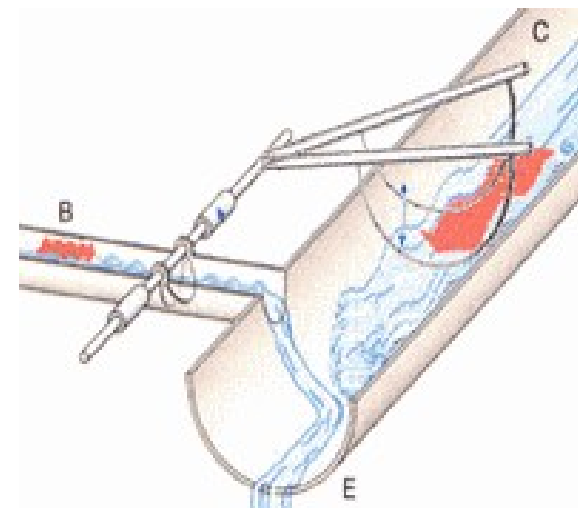
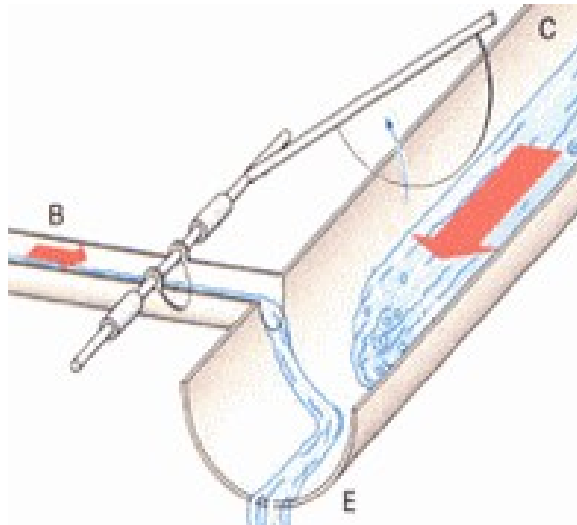
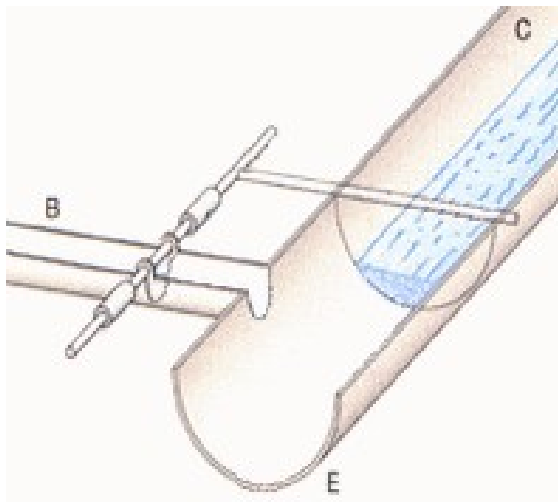
Der Basisstrom steuert den Kollektorstrom.



# 5.3 Transistoren

Funktion eines Transistors:

Der Basisstrom steuert den Kollektorstrom. Er schaltet ihn nicht nur EIN und AUS sondern steuert ihn proportional:



## 5.3 Transistoren

Wichtige Eigenschaften eines Transistors:

$U_{CE}$  – Maximale Spannung zwischen Kollektor und Emitter

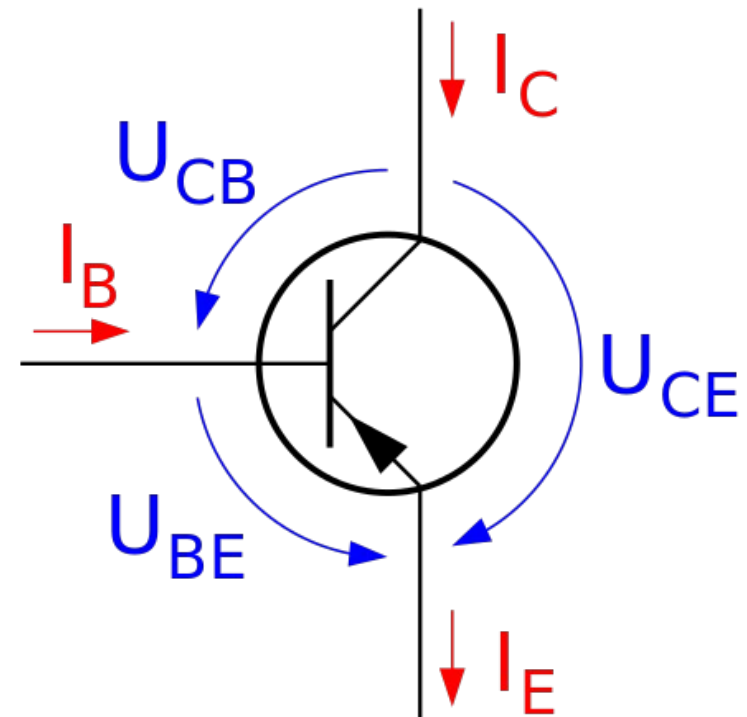
$I_C$  – Maximaler Kollektorstrom

$P_{tot}$  – Maximale Verlustleistung

$B$  – Stromverstärkungsfaktor

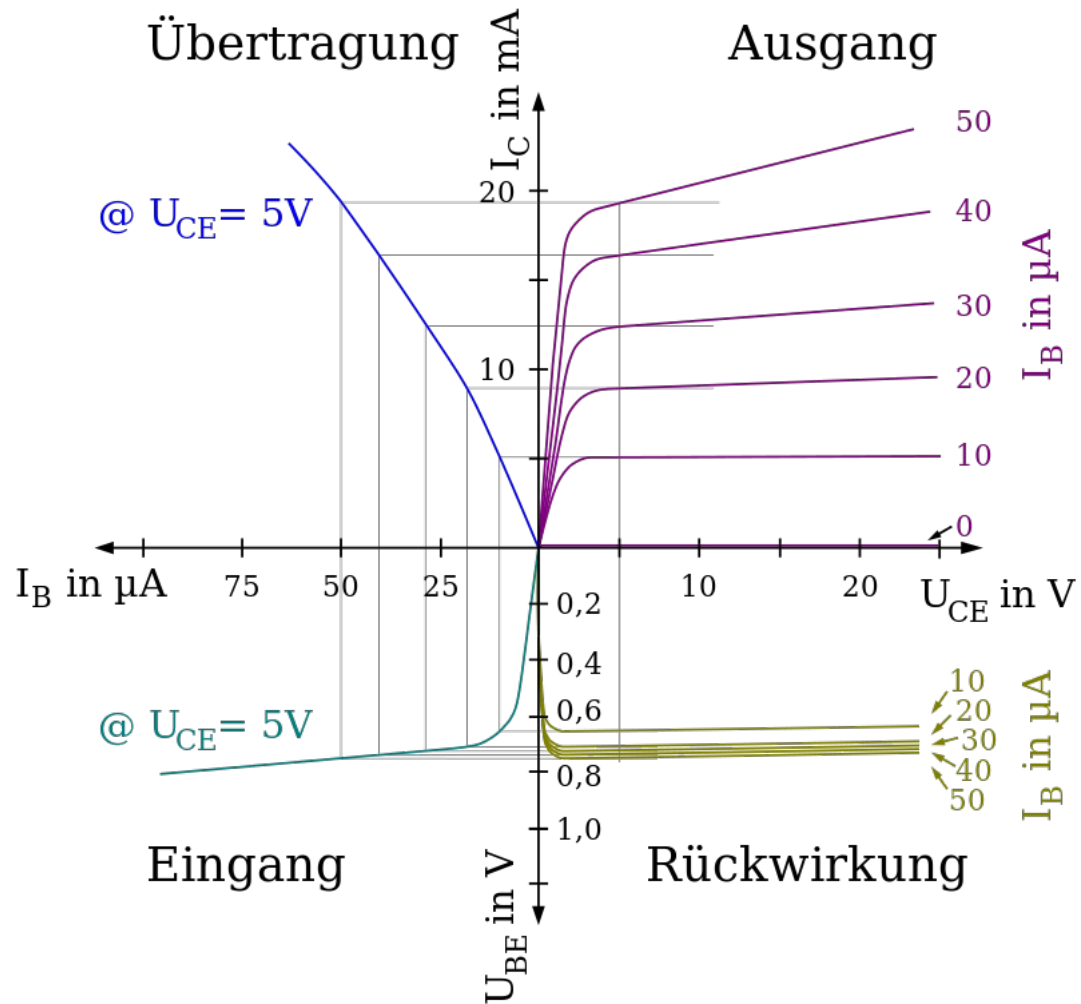
$F_t$  – Transitfrequenz ( $B = 1$ )

$R_{th}$  – Thermischer Widerstand



# 5.3 Transistoren

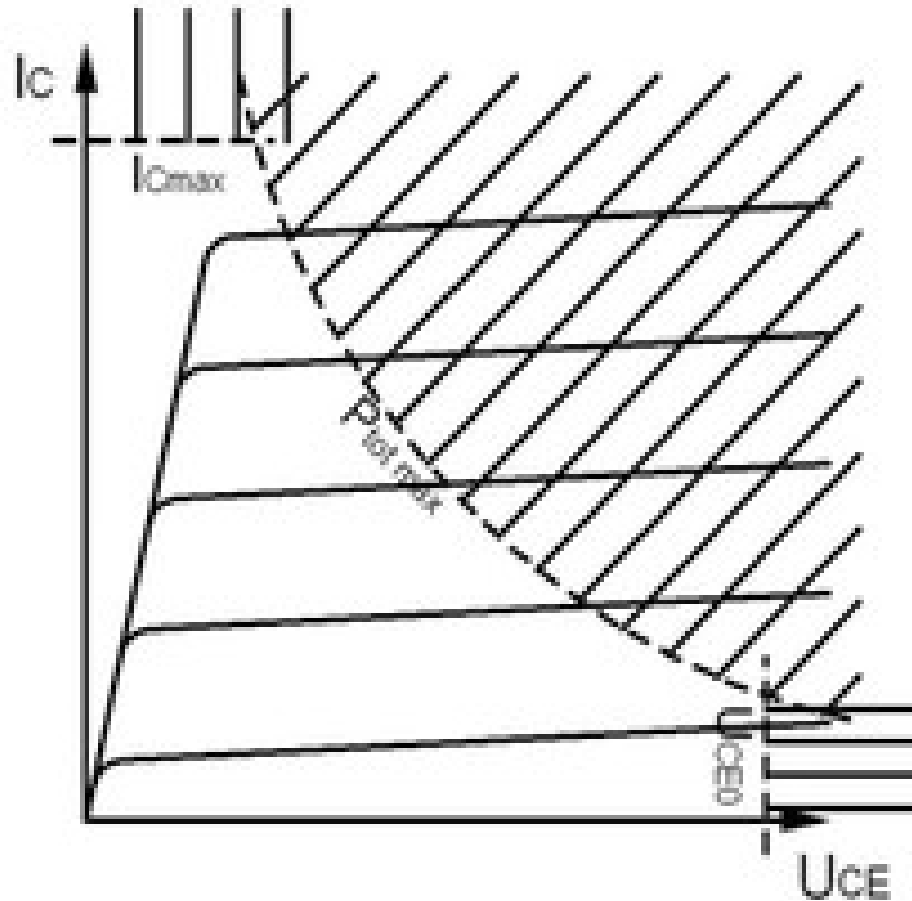
Übertragungseigenschaften eines Transistors:





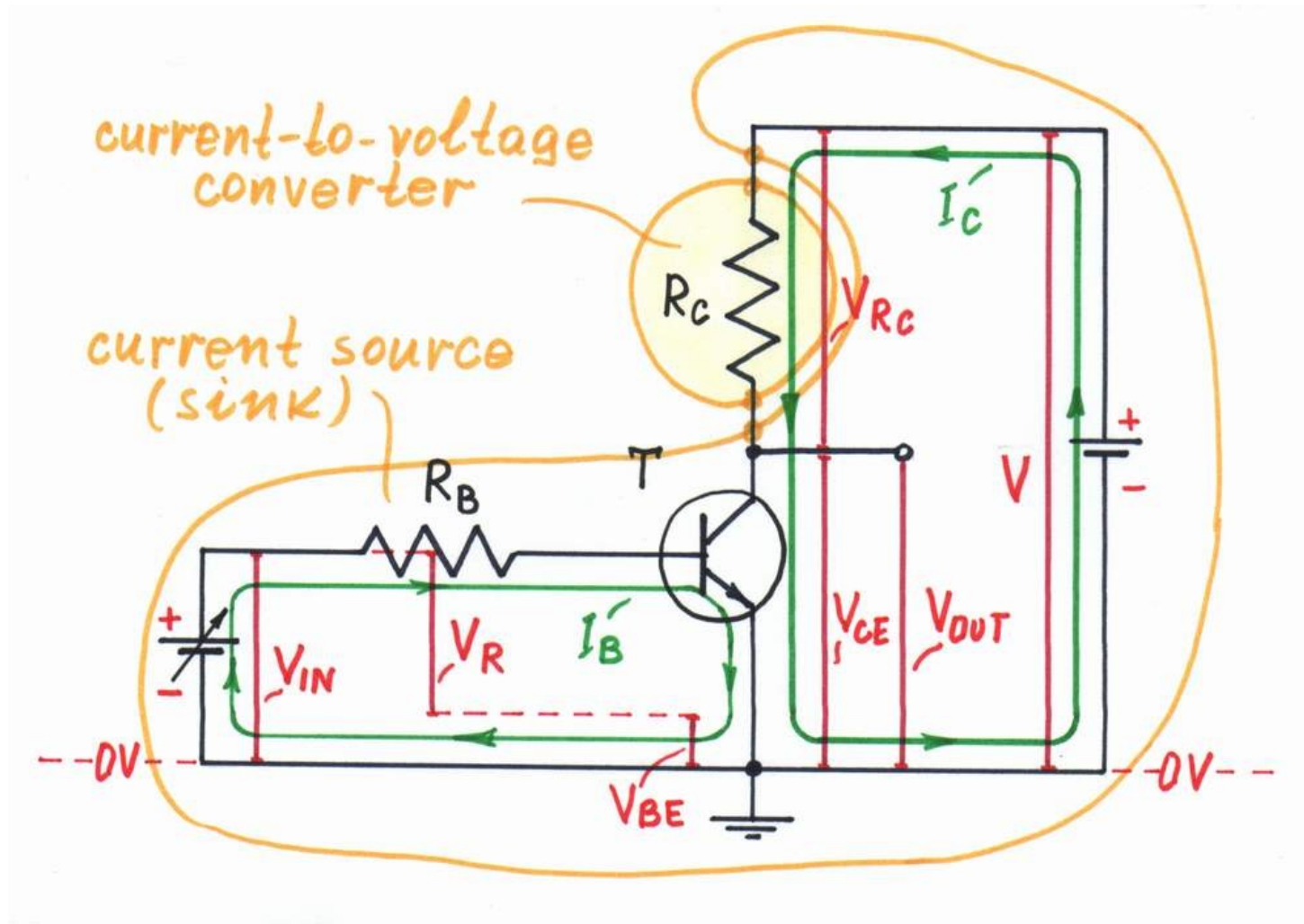
# 5.3 Transistoren

Arbeitsbereich eines Transistors:



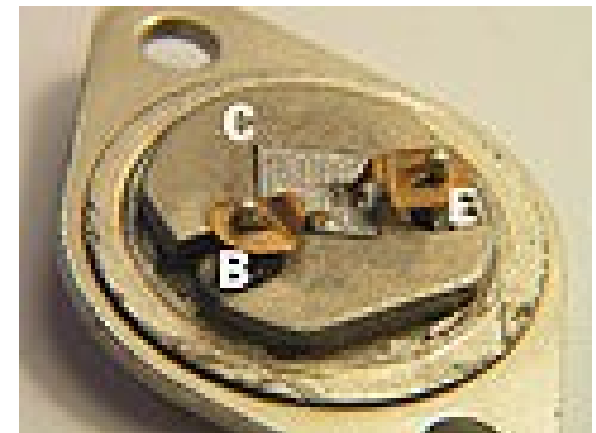
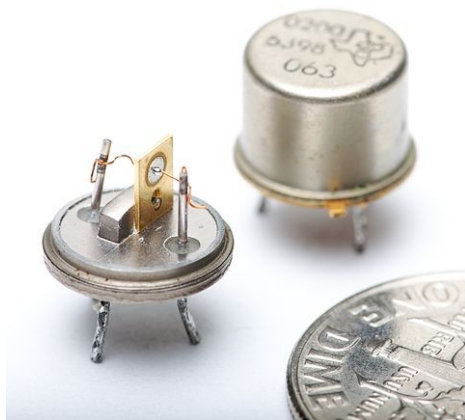
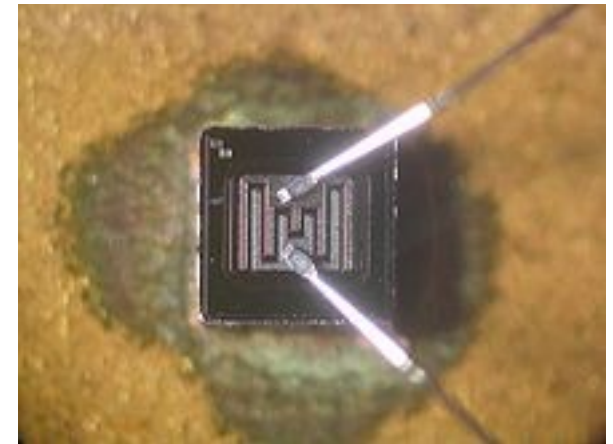
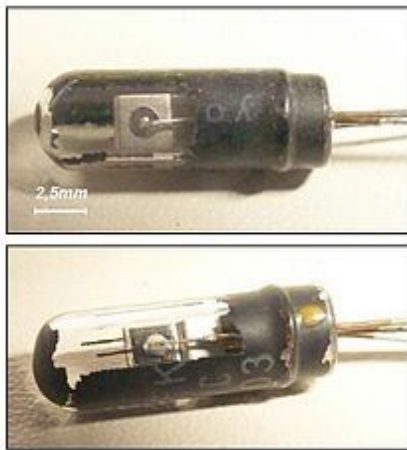
# 5.3 Transistoren

Äußere Beschaltung eines Transistors:



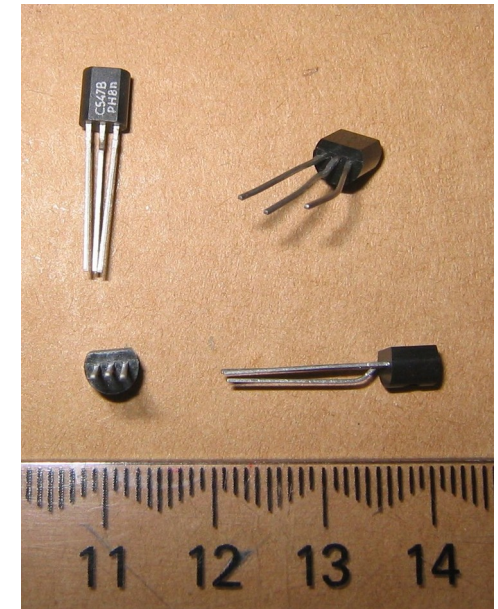
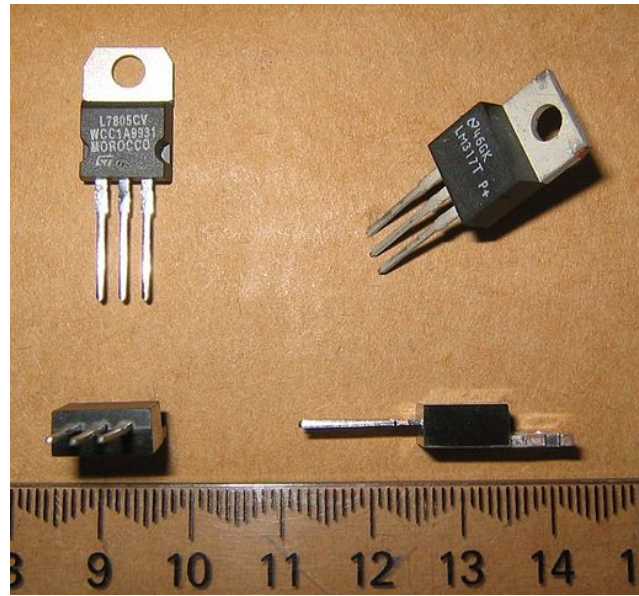
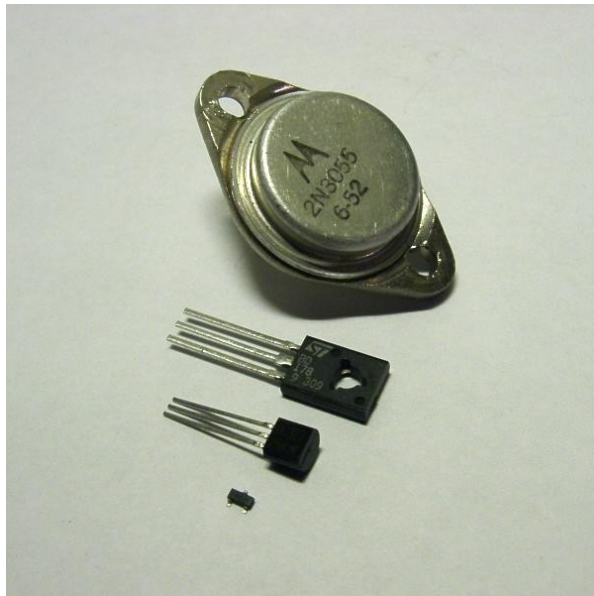
# 5.3 Transistoren

Gehäuse verschiedener Transistoren:



# 5.3 Transistoren

Gehäuse verschiedener Transistoren:



# 5.3 Transistoren

## Datenblatt eines Transistors:

### **Amplifier Transistors** NPN Silicon

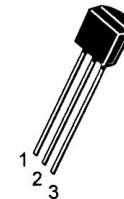
#### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	BC546	BC547	BC548	Unit
Collector–Emitter Voltage	$V_{CE0}$	65	45	30	Vdc
Collector–Base Voltage	$V_{CB0}$	80	50	30	Vdc
Emitter–Base Voltage	$V_{EB0}$	6.0			Vdc
Collector Current — Continuous	$I_C$	100			mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	625 5.0			mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	1.5 12			Watt mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-55 to +150			$^\circ\text{C}$

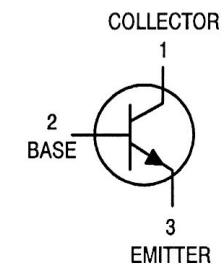
#### THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	$^\circ\text{C}/\text{W}$

**BC546, B**  
**BC547, A, B, C**  
**BC548, A, B, C**



**CASE 29-04, STYLE 17**  
**TO-92 (TO-226AA)**



# 5.3 Transistoren

## Datenblatt eines Transistors:

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
<b>OFF CHARACTERISTICS</b>						
Collector–Emitter Breakdown Voltage ( $I_C = 1.0\text{ mA}$ , $I_B = 0$ )	BC546	$V_{(BR)CEO}$	65	—	—	V
	BC547		45	—	—	
	BC548		30	—	—	
Collector–Base Breakdown Voltage ( $I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$ )	BC546	$V_{(BR)CBO}$	80	—	—	V
	BC547		50	—	—	
	BC548		30	—	—	
Emitter–Base Breakdown Voltage ( $I_E = 10\text{ }\mu\text{A}$ , $I_C = 0$ )	BC546	$V_{(BR)EBO}$	6.0	—	—	V
	BC547		6.0	—	—	
	BC548		6.0	—	—	
Collector Cutoff Current ( $V_{CE} = 70\text{ V}$ , $V_{BE} = 0$ ) ( $V_{CE} = 50\text{ V}$ , $V_{BE} = 0$ ) ( $V_{CE} = 35\text{ V}$ , $V_{BE} = 0$ ) ( $V_{CE} = 30\text{ V}$ , $T_A = 125^\circ\text{C}$ )	BC546	$I_{CES}$	—	0.2	15	nA
	BC547		—	0.2	15	
	BC548		—	0.2	15	
	BC546/547/548		—	—	4.0	$\mu\text{A}$

# 5.3 Transistoren

## Datenblatt eines Transistors:

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted) (Continued)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
<b>ON CHARACTERISTICS</b>					
DC Current Gain ( $I_C = 10\ \mu\text{A}$ , $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$ )	$h_{FE}$	—	90	—	—
BC547A/548A		—	150	—	
BC546B/547B/548B		—	270	—	
BC548C		—		—	
( $I_C = 2.0\ \text{mA}$ , $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$ )		110	—	450	
BC546		110	—	800	
BC547		110	—	800	
BC548		110	180	220	
BC547A/548A		200	290	450	
BC546B/547B/548B		420	520	800	
BC547C/BC548C					
( $I_C = 100\ \text{mA}$ , $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$ )		—	120	—	
BC547A/548A		—	180	—	
BC546B/547B/548B		—	300	—	
BC548C		—		—	
Collector–Emitter Saturation Voltage ( $I_C = 10\ \text{mA}$ , $I_B = 0.5\ \text{mA}$ ) ( $I_C = 100\ \text{mA}$ , $I_B = 5.0\ \text{mA}$ ) ( $I_C = 10\ \text{mA}$ , $I_B = \text{See Note 1}$ )	$V_{CE(\text{sat})}$	—	0.09	0.25	V
		—	0.2	0.6	
		—	0.3	0.6	
Base–Emitter Saturation Voltage ( $I_C = 10\ \text{mA}$ , $I_B = 0.5\ \text{mA}$ )	$V_{BE(\text{sat})}$	—	0.7	—	V
Base–Emitter On Voltage ( $I_C = 2.0\ \text{mA}$ , $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$ ) ( $I_C = 10\ \text{mA}$ , $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$ )	$V_{BE(\text{on})}$	0.55	—	0.7	V
		—	—	0.77	

# 5.3 Transistoren

## Datenblatt eines Transistors:

### SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS

Current-Gain — Bandwidth Product ( $I_C = 10 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$ , $f = 100 \text{ MHz}$ )	BC546 BC547 BC548	$f_T$	150 150 150	300 300 300	— — —	MHz
Output Capacitance ( $V_{CB} = 10 \text{ V}$ , $I_C = 0$ , $f = 1.0 \text{ MHz}$ )		$C_{obo}$	—	1.7	4.5	pF
Input Capacitance ( $V_{EB} = 0.5 \text{ V}$ , $I_C = 0$ , $f = 1.0 \text{ MHz}$ )		$C_{ibo}$	—	10	—	pF
Small-Signal Current Gain ( $I_C = 2.0 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ )	BC546 BC547/548 BC547A/548A BC546B/547B/548B BC547C/548C	$h_{fe}$	125 125 125 240 450	— — 220 330 600	500 900 260 500 900	—
Noise Figure ( $I_C = 0.2 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$ , $R_S = 2 \text{ k}\Omega$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ , $\Delta f = 200 \text{ Hz}$ )	BC546 BC547 BC548	NF	— — —	2.0 2.0 2.0	10 10 10	dB

Note 1:  $I_B$  is value for which  $I_C = 11 \text{ mA}$  at  $V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ .



# 5.3 Transistoren

Datenblatt eines Transistors:

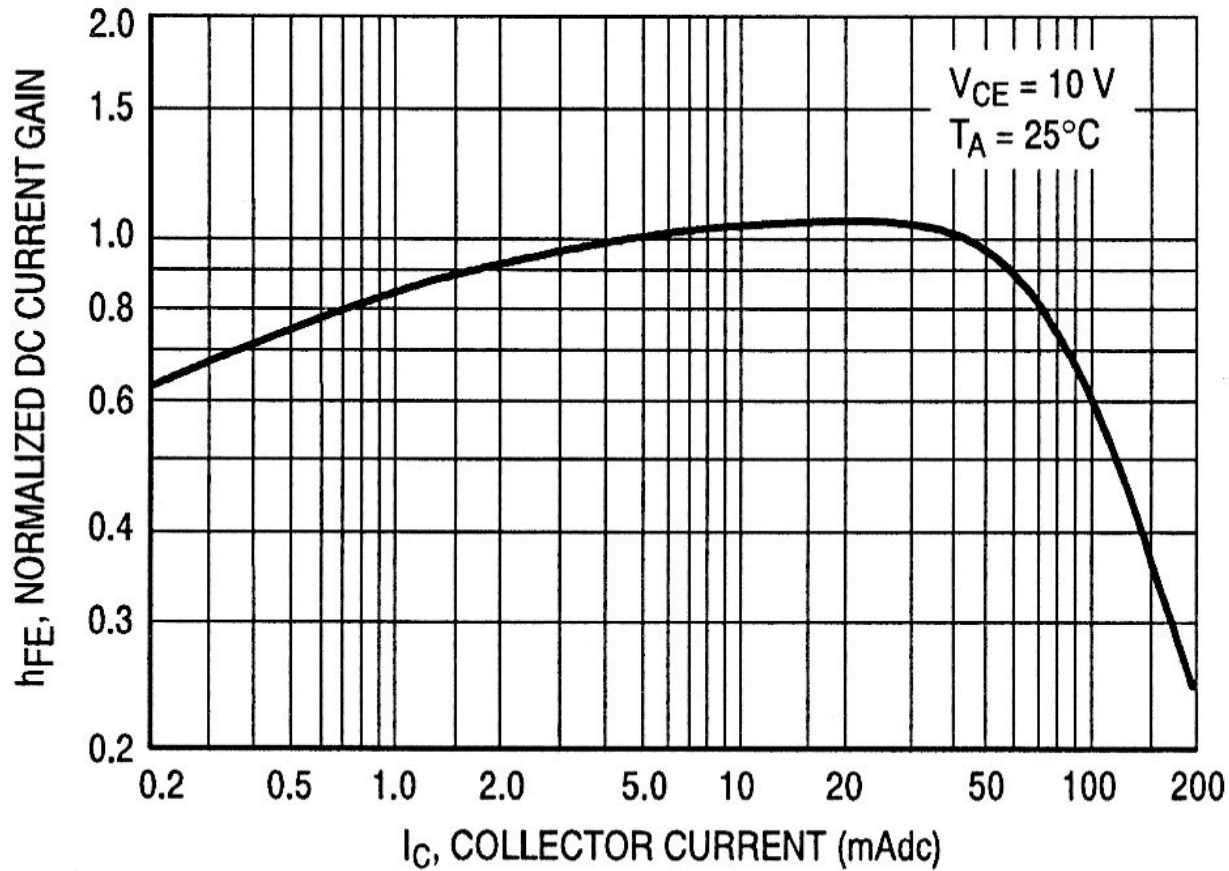


Figure 1. Normalized DC Current Gain

# 5.3 Transistoren

Datenblatt eines Transistors:

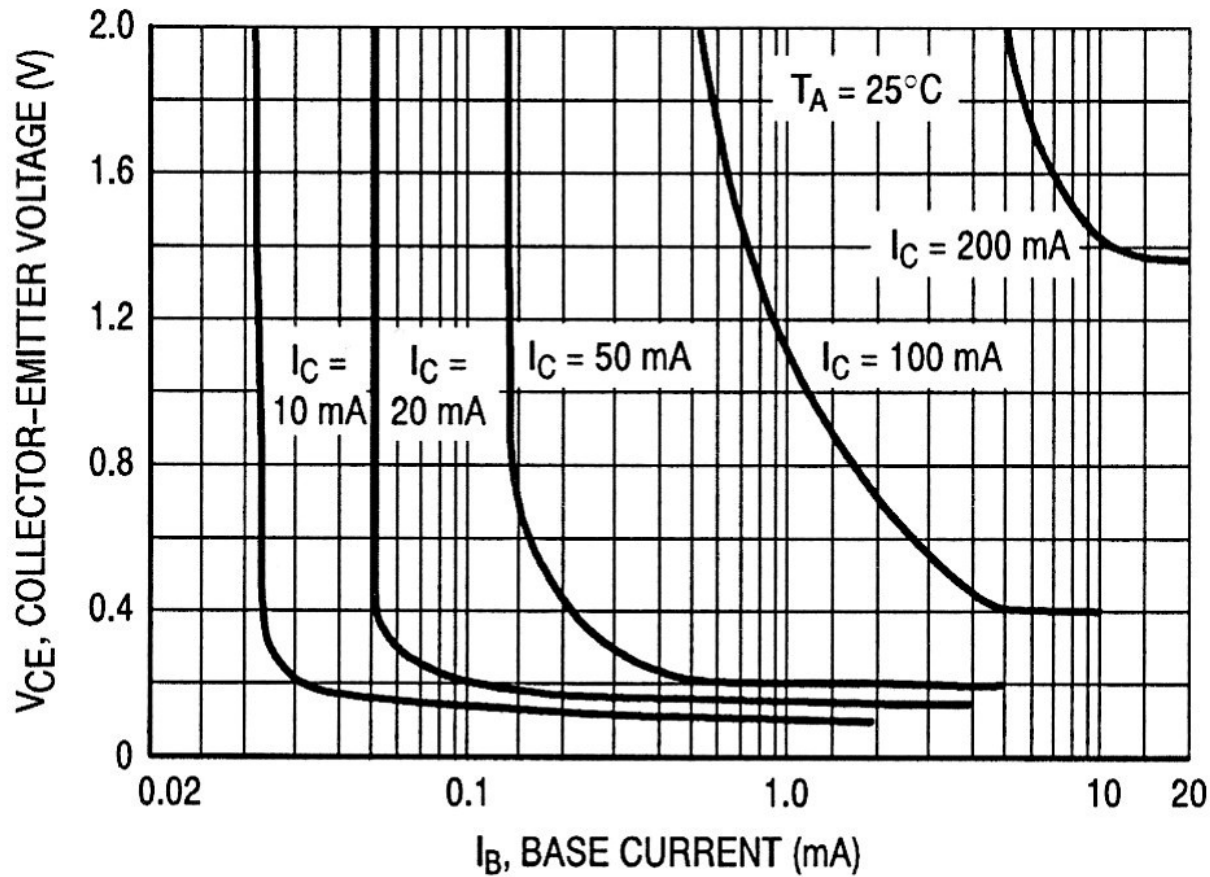


Figure 3. Collector Saturation Region

# 5.3 Transistoren

Datenblatt eines Transistors:

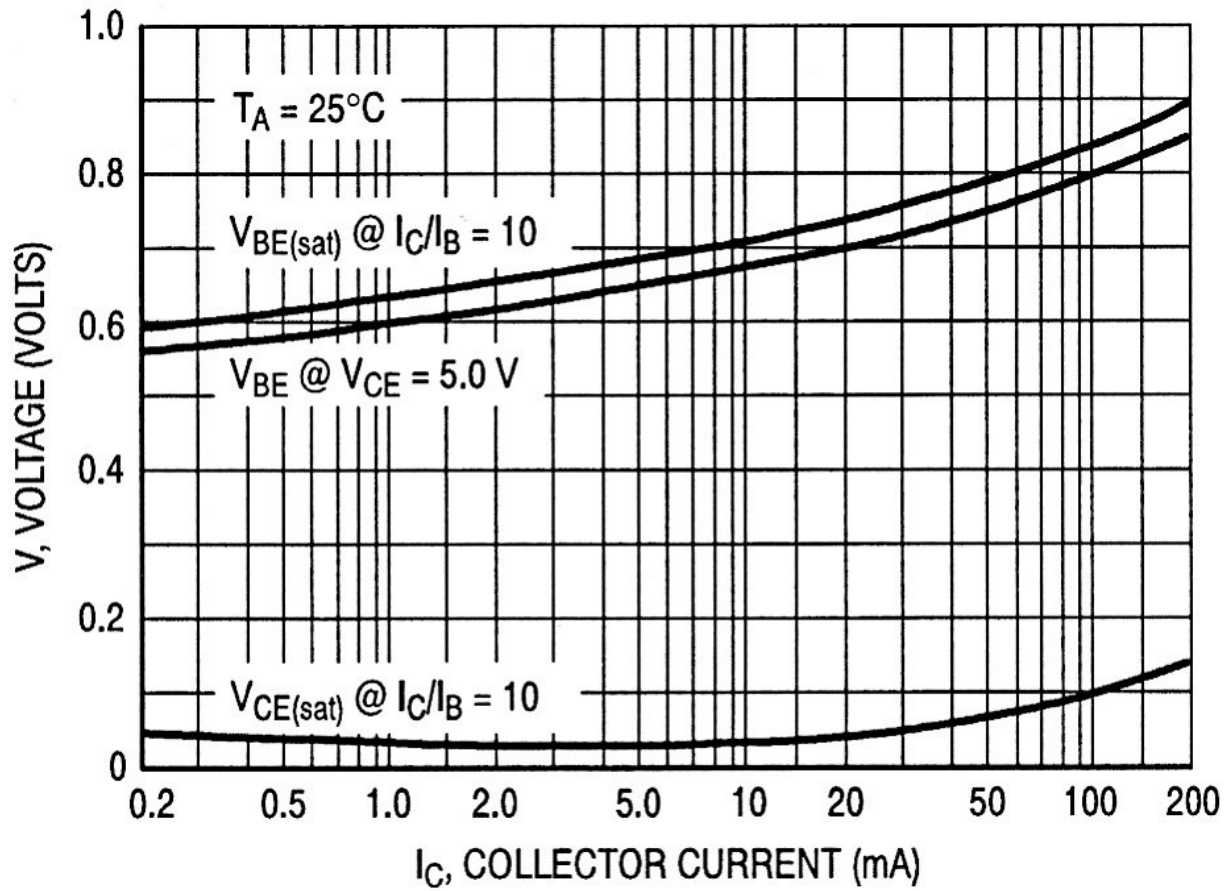


Figure 8. "On" Voltage

## 5.3 Transistoren

### Der Transistor als Schalter:

Die Ansprüche an einen Transistor als Schalter unterscheiden sich von denen eines Transistors als Linearverstärker.

Beim Schalttransistor unterscheiden wir 3 Zustände:

**Ausgeschaltet**

**Eingeschaltet**

**Umschaltvorgang**

# 5.3 Transistoren

## Der ausgeschaltete – gesperrte - Transistor: Kollektor-Emitter-Durchbruchspannung

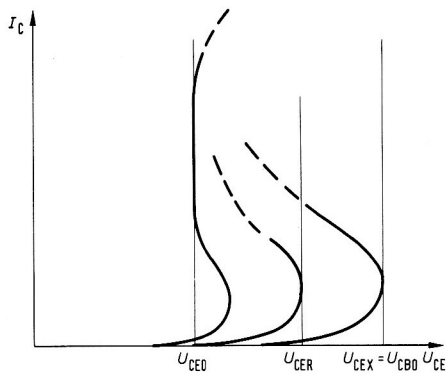
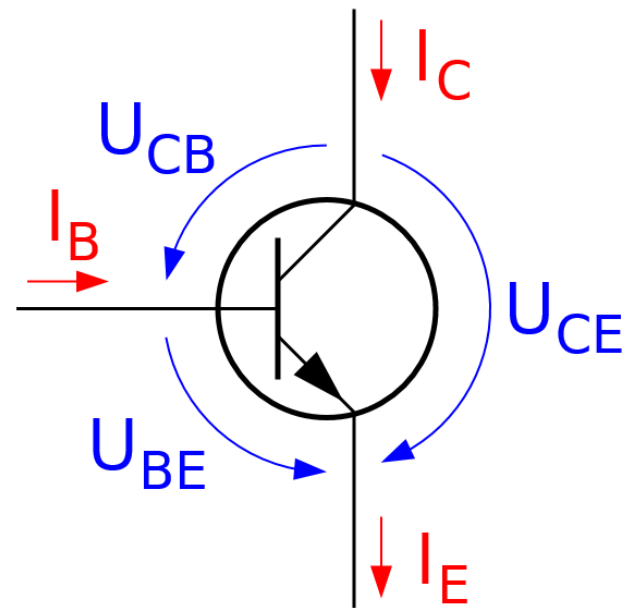


Bild 4.2 Durchbruchverhalten eines dreifach diffundierten Transistors bei unterschiedlicher Beschaltung der Basis-Emitter-Strecke  
 $U_{CEOSUS}$  Kollektor-Emitter-Durchbruchspannung bei offener Basis  
 $U_{CER}$  Durchbruchspannung mit Widerstandsbeschaltung  
 $U_{CEX}$  Durchbruchspannung mit negativer Basis



## Kollektor-Emitter-Reststrom

Auch der Reststrom ist von der Beschaltung der Basis abhängig.

# 5.3 Transistoren

Der durchgeschaltete – leitende - Transistor:  
**Kollektor-Emitter-Sättigungsspannung**

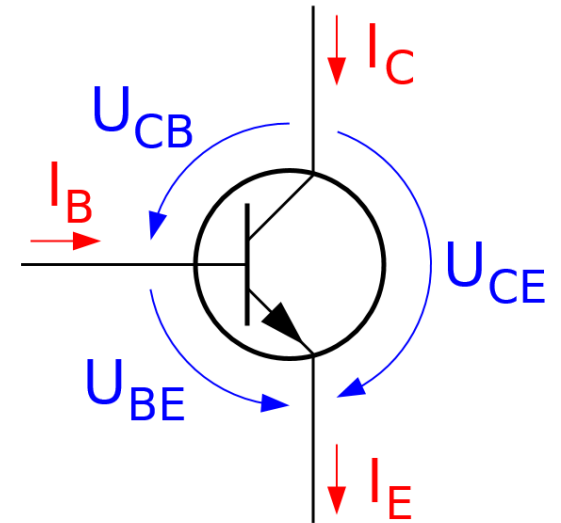
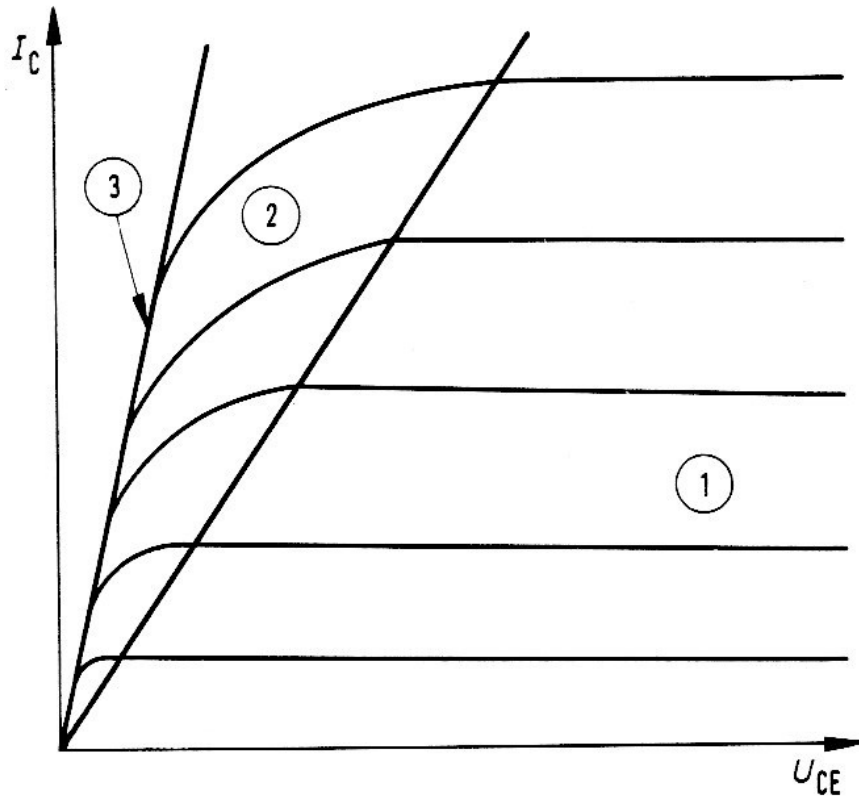


Bild 4.3 Das  $U_{CE}$ - $I_C$ -Kennlinienfeld eines Leistungstransistors; ① linearer Bereich, ② Bereich der Quasi-Sättigung, ③ Bereich der Sättigung

# 5.3 Transistoren

Der schaltende Transistor:

## Umschaltzeit

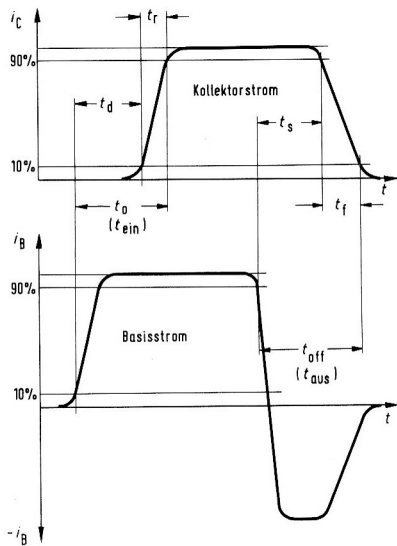


Bild 4.5 Schaltzeiten von Leistungstransistoren

## $U_{CE}$ - $I_C$ -Verlauf

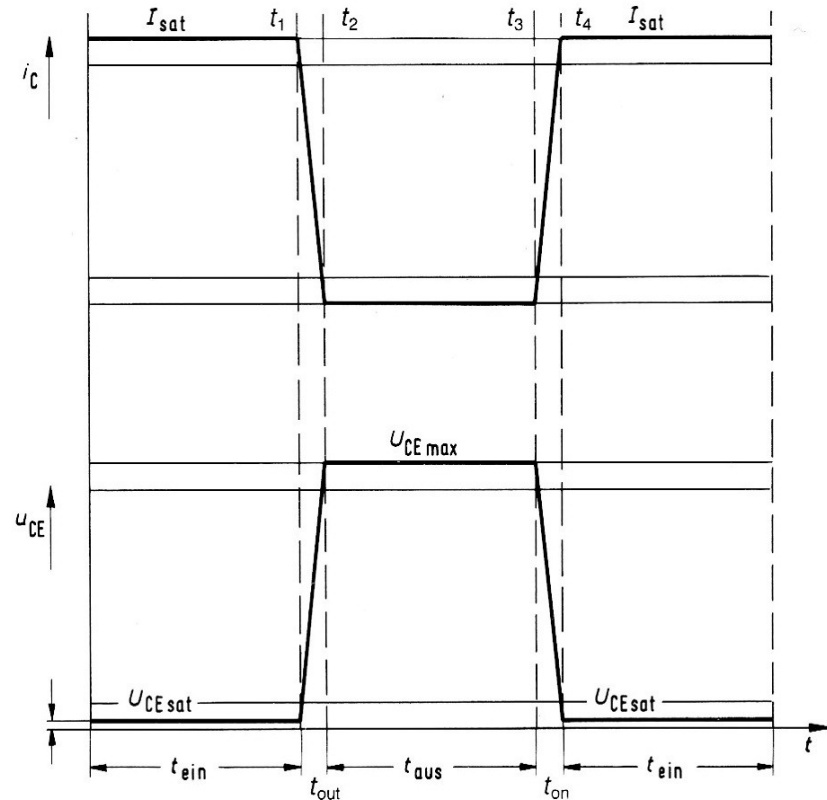


Bild 4.6 Vereinfachtes Schema der Schaltphasen eines Transistors

# 5.3 Transistoren

## Der schaltende Transistor:

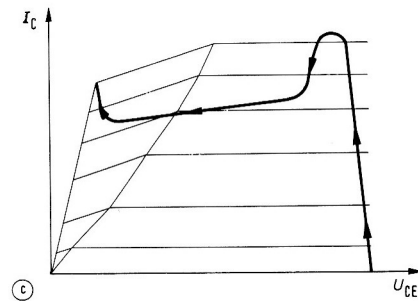
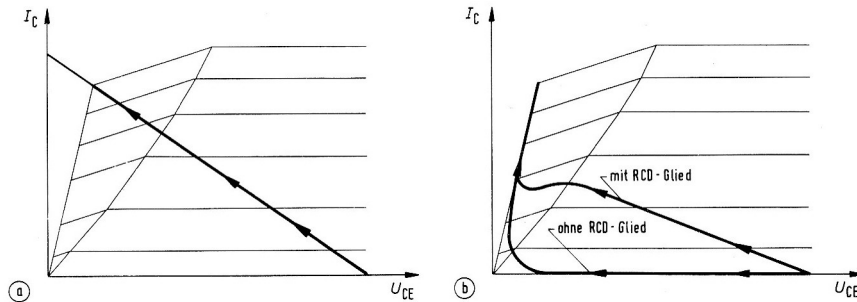


Bild 4.20 Arbeitskennlinien von Schalttransistoren, Einschalt-Kennlinien; a rein reelle Last, b induktive Last mit und ohne RCD-Glied, c induktive Last und hoher Anfangsstrom

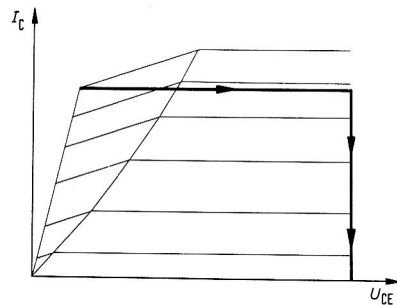
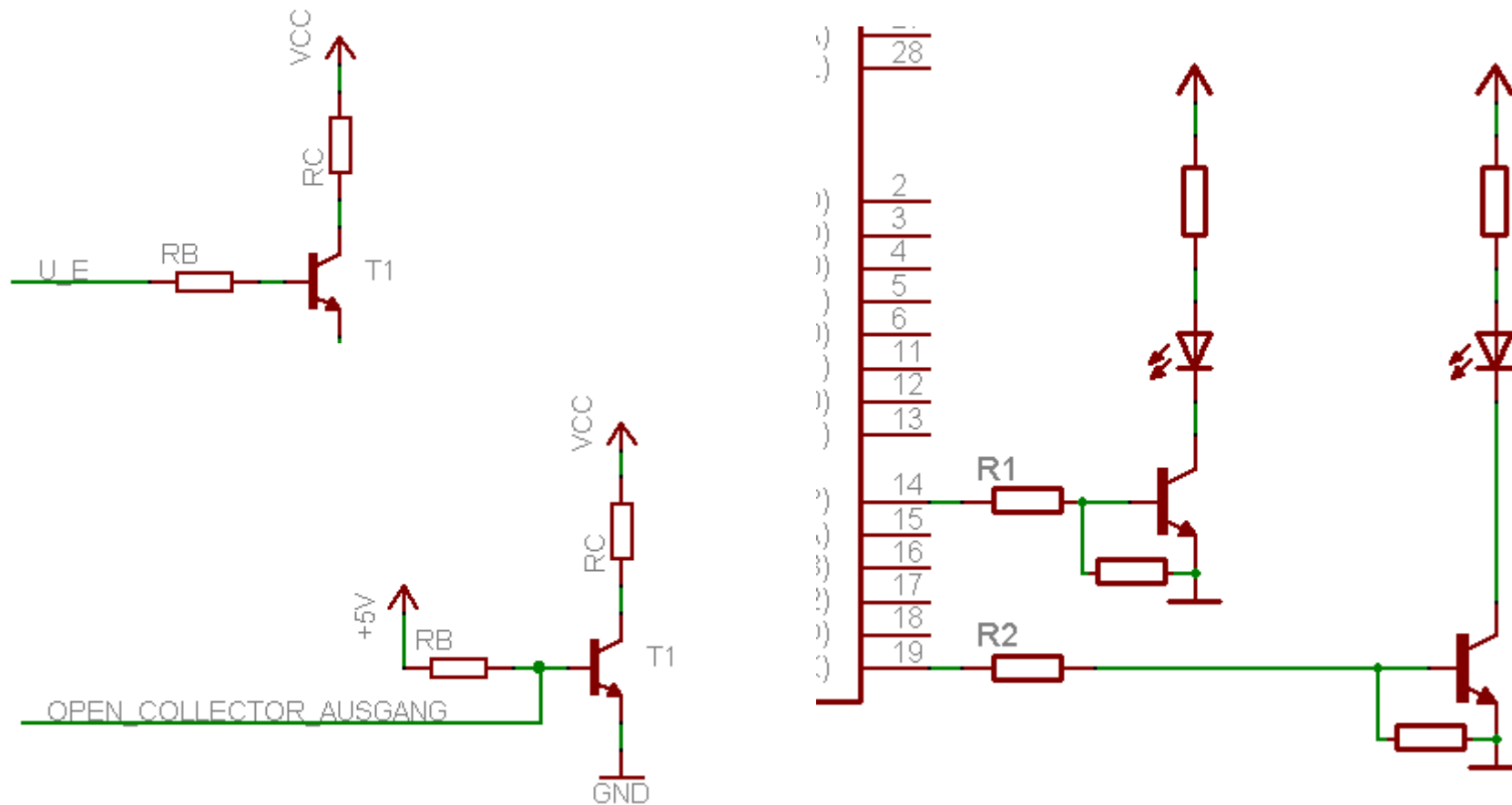


Bild 4.21 Arbeitskennlinien von Schalttransistoren, Ausschalt-Kennlinie bei induktiver Last



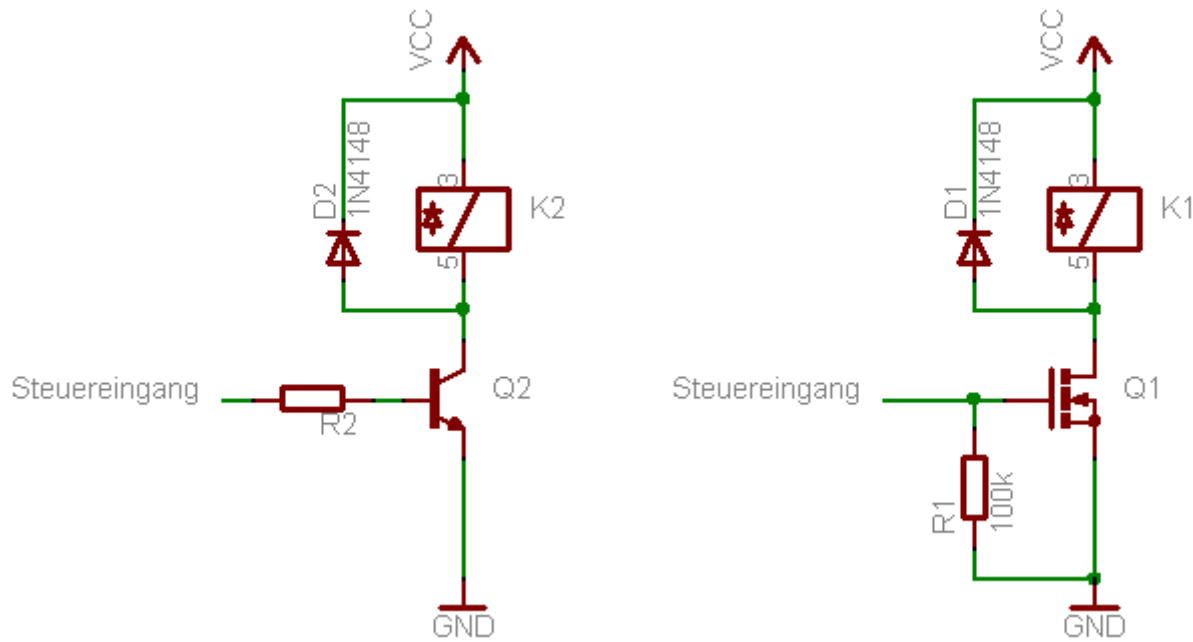
# 5.3 Transistoren

Der beschaltete Schalttransistor:



# 5.3 Transistoren

Der beschaltete Schalttransistor:



## 5.3 Transistoren

Vorschau:

**Leistungstransistoren**

**Kühlkörperberechnung**

**Der Transistor als Verstärker**