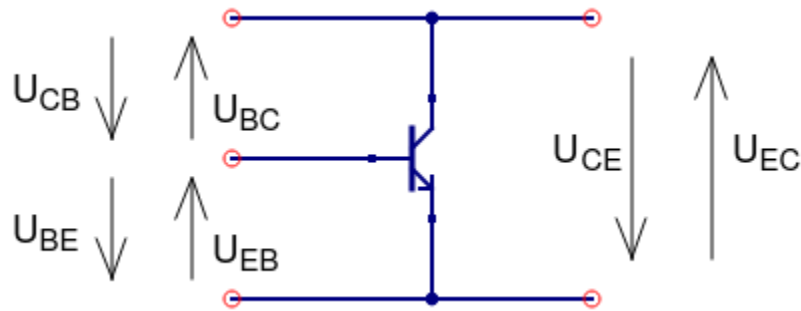
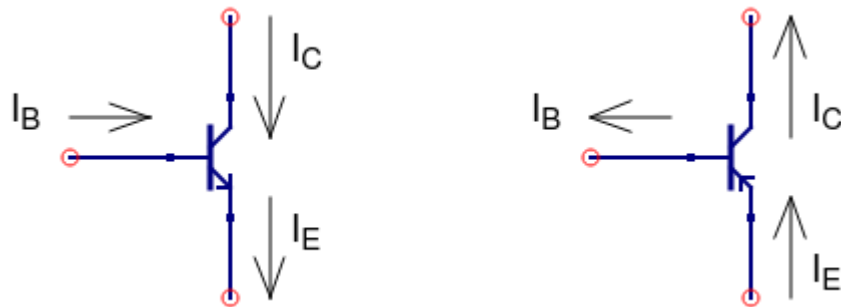


# Gleichstromschaltung eines Transistors

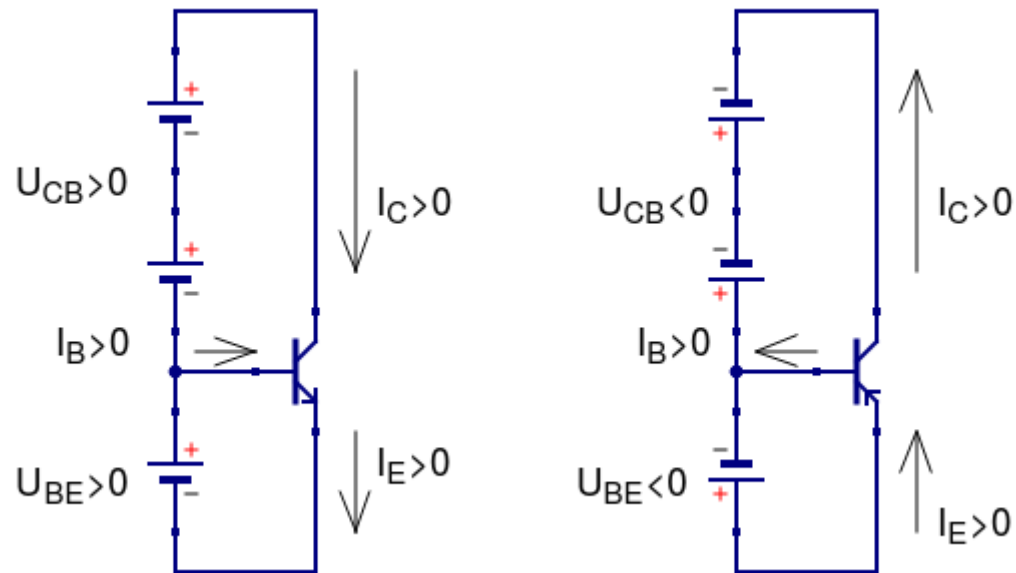


Positive Zählrichtung der Spannungen



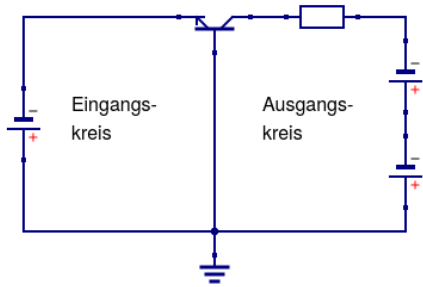
Zählrichtung der Ströme bei npn- und pnp-Transistoren

# Gleichstromschaltung eines Transistors

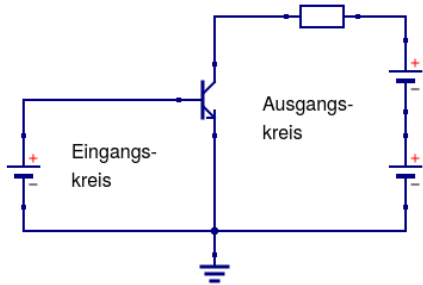


Beschaltung des  
nnp- und pnp-  
Transistors

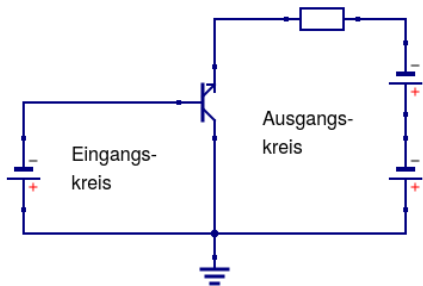
# Transistorgrundschaltungen



Basisschaltung



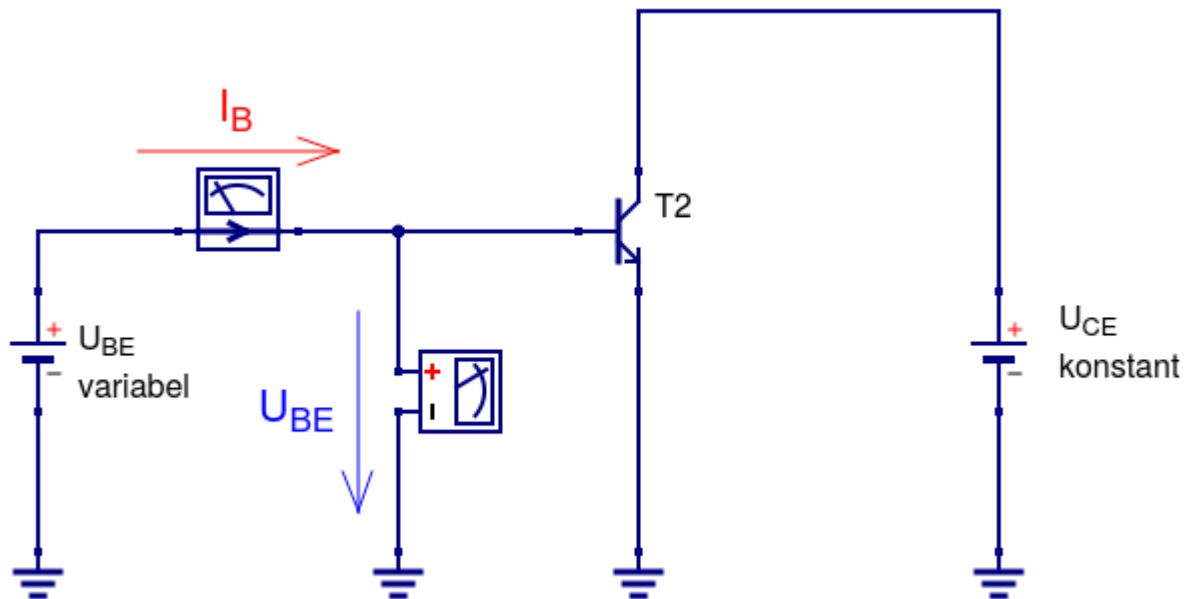
Emitterschaltung



Kollektorschaltung

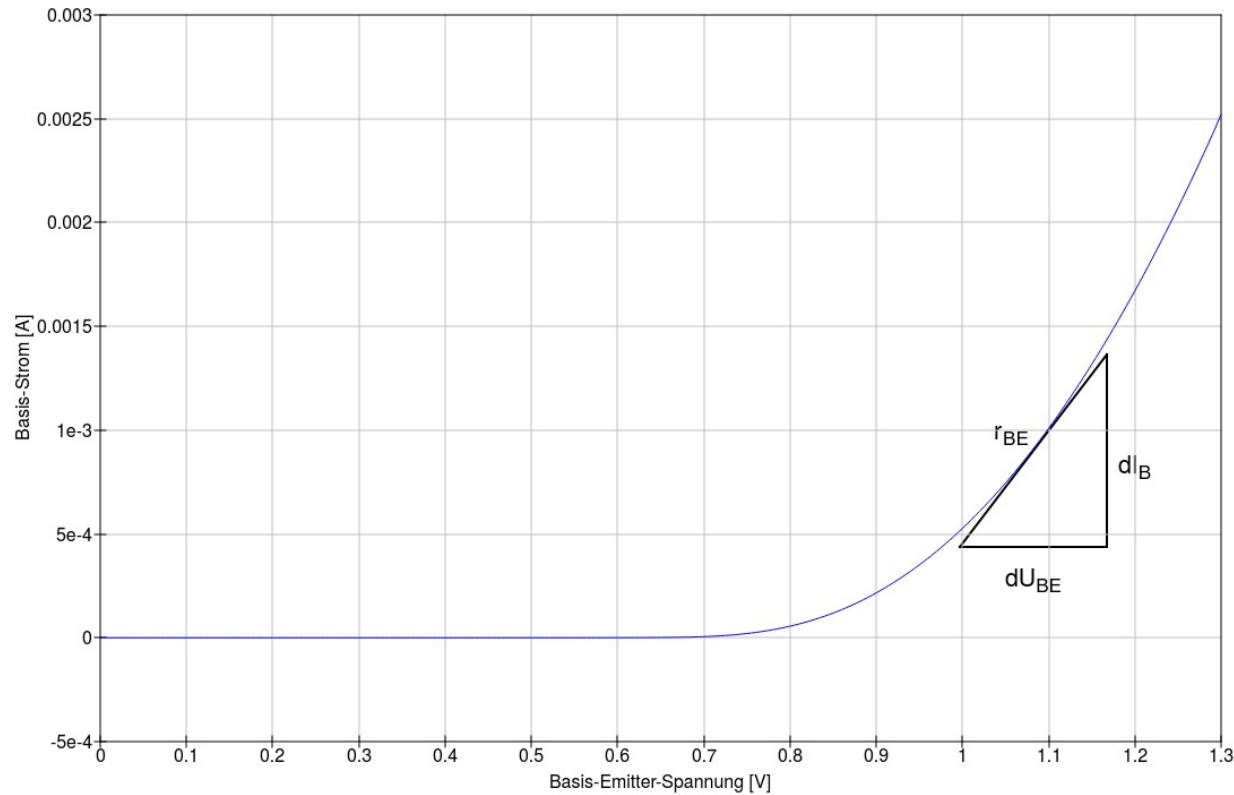
# Kennlinien eines Transistors

- Eingangskennlinie
- Ausgangs-kennlinie / -kennlinienfeld
- Steuerkennlinie



Emitterschaltung zur  
Messung der  
Eingangskennlinie

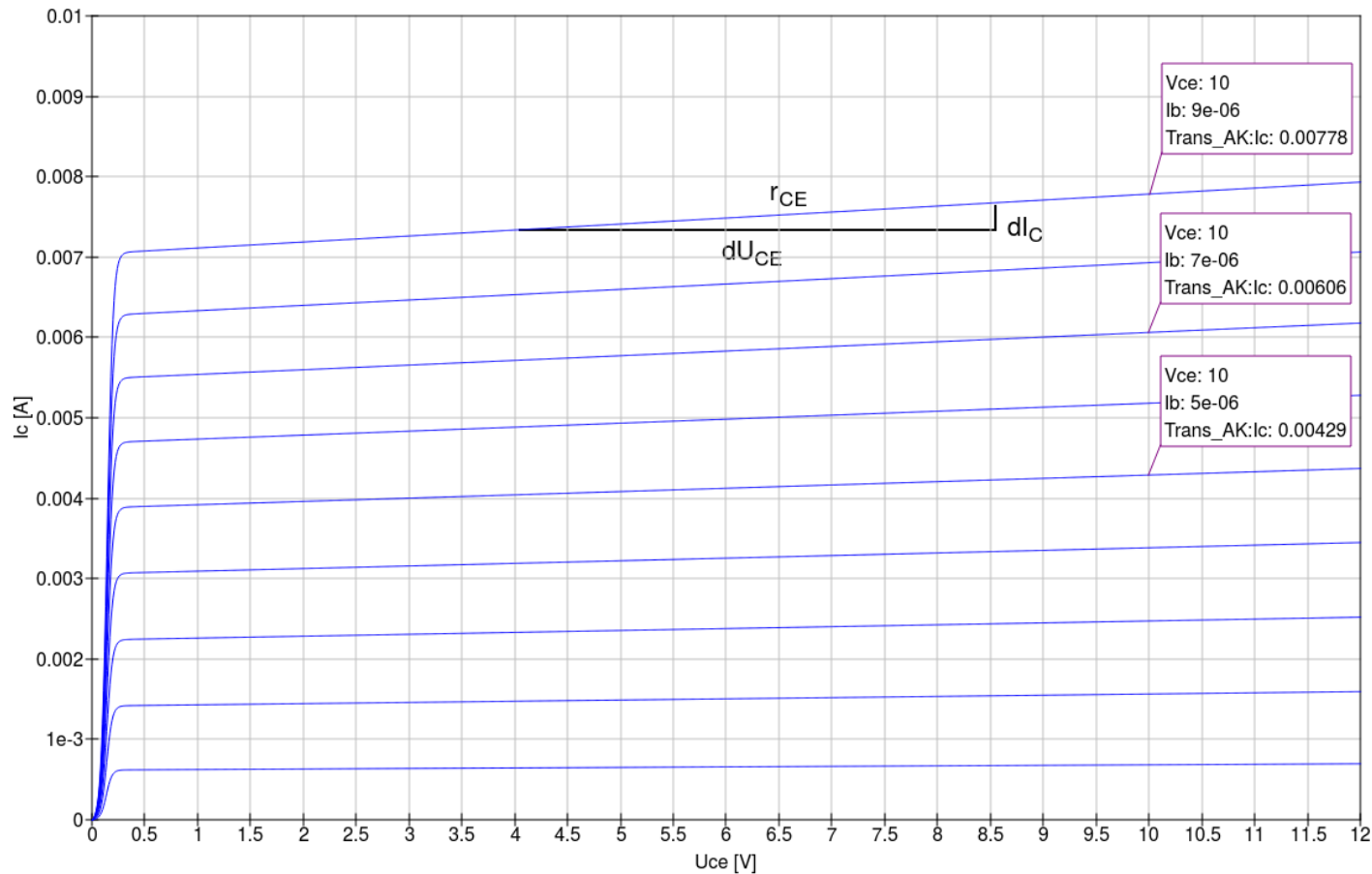
# Eingangskennlinie



dynamischer (Eingangs-) Widerstand  $r_{BE}$

$$r_{BE} = \left. \frac{dU_{BE}}{dI_B} \right|_{U_{CE} = \text{konst.}} \approx \frac{25 \text{ mV}}{I_B}$$

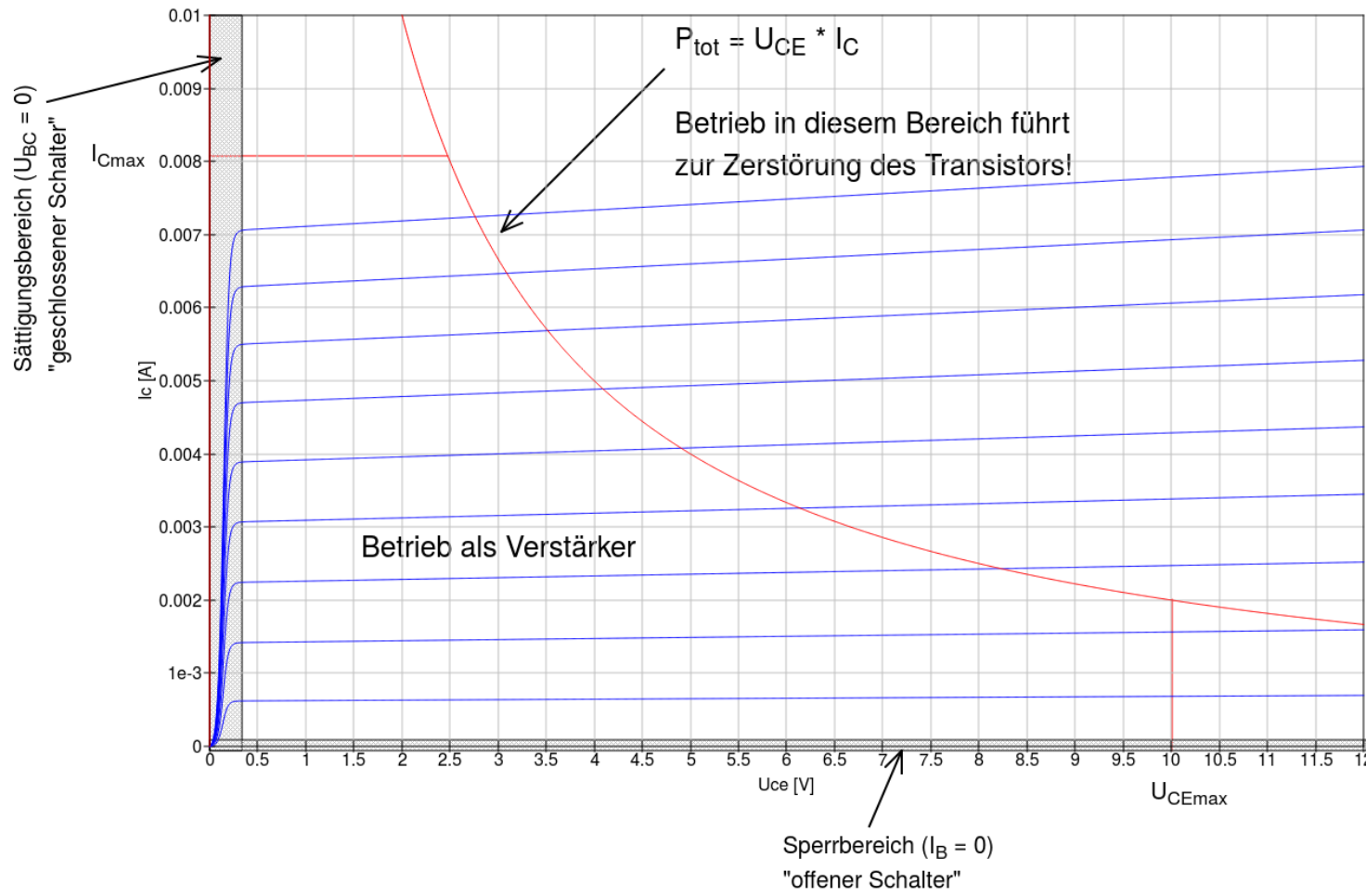
# Ausgangs-kennlinie / -kennlinienfeld



dynamischer (Ausgangs-) Widerstand  $r_{CE}$

$$r_{CE} = \left. \frac{dU_{CE}}{dI_C} \right|_{I_B = \text{konst.}}$$

# Arbeitsbereich und Grenzdaten



Gesamtverlustleistung  $P_{tot}$ 
  

$$P_{tot} = U_{CE} \cdot I_C + U_{BE} \cdot I_B \approx U_{CE} \cdot I_C$$

# Arbeitsbereich und Grenzdaten

**Aktiver Bereich:** BE-Diode in Durchlass- und BC-Diode in Sperrrichtung vorgespannt.

Transistor arbeitet als Verstärker

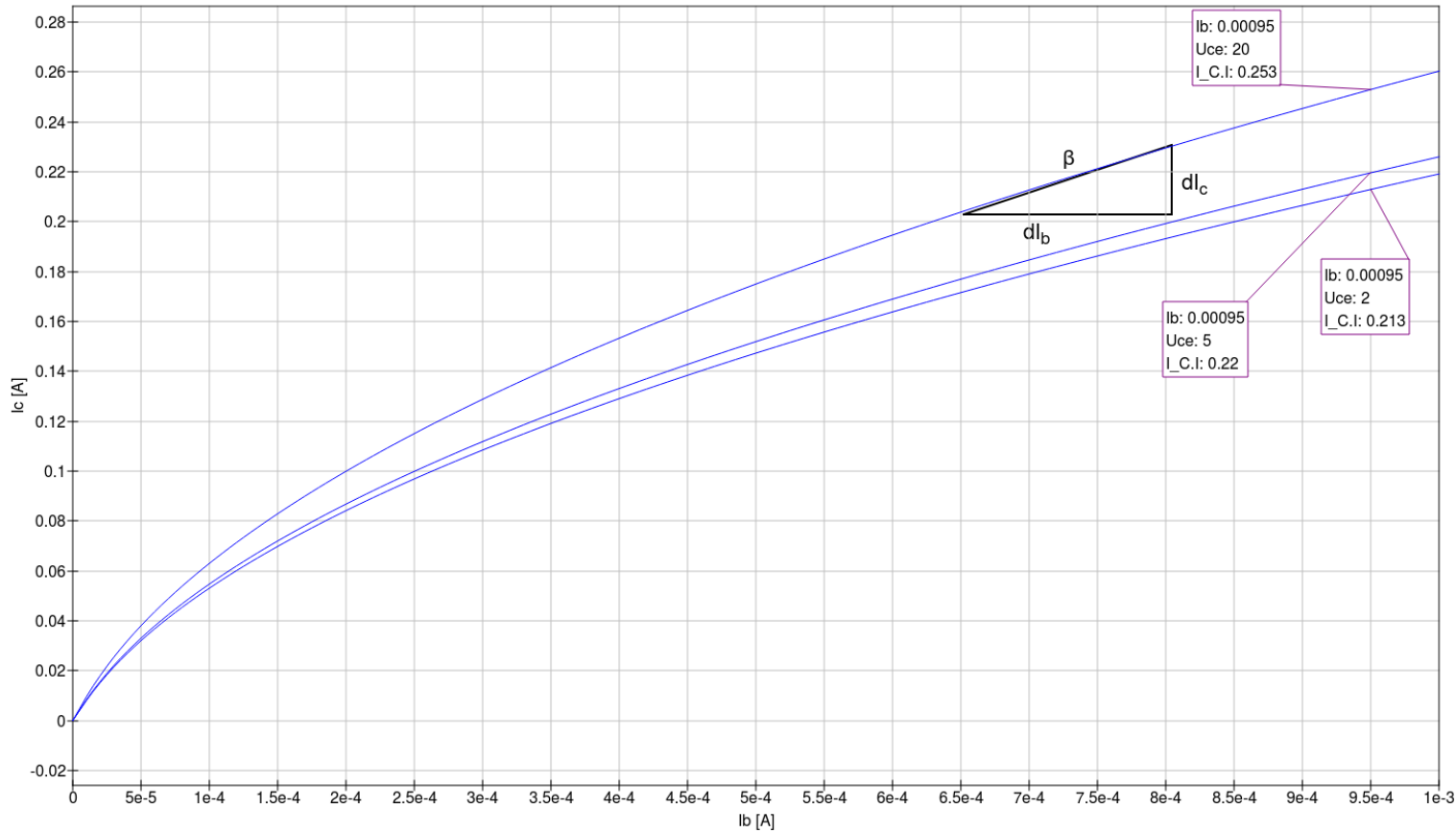
**Sperrbereich:** BE- und BC-Diode in Sperrrichtung geschaltet. Offener Schalter.

**Sättigungsbereich:** BE- und BC-Diode sind in Durchlassrichtung vorgespannt

( $U_{BE} > U_{CE}$  ,  $U_{BC} > 0$ ). Geschlossener Schalter.



# Steuerkennlinie $I_C = f(I_B)$



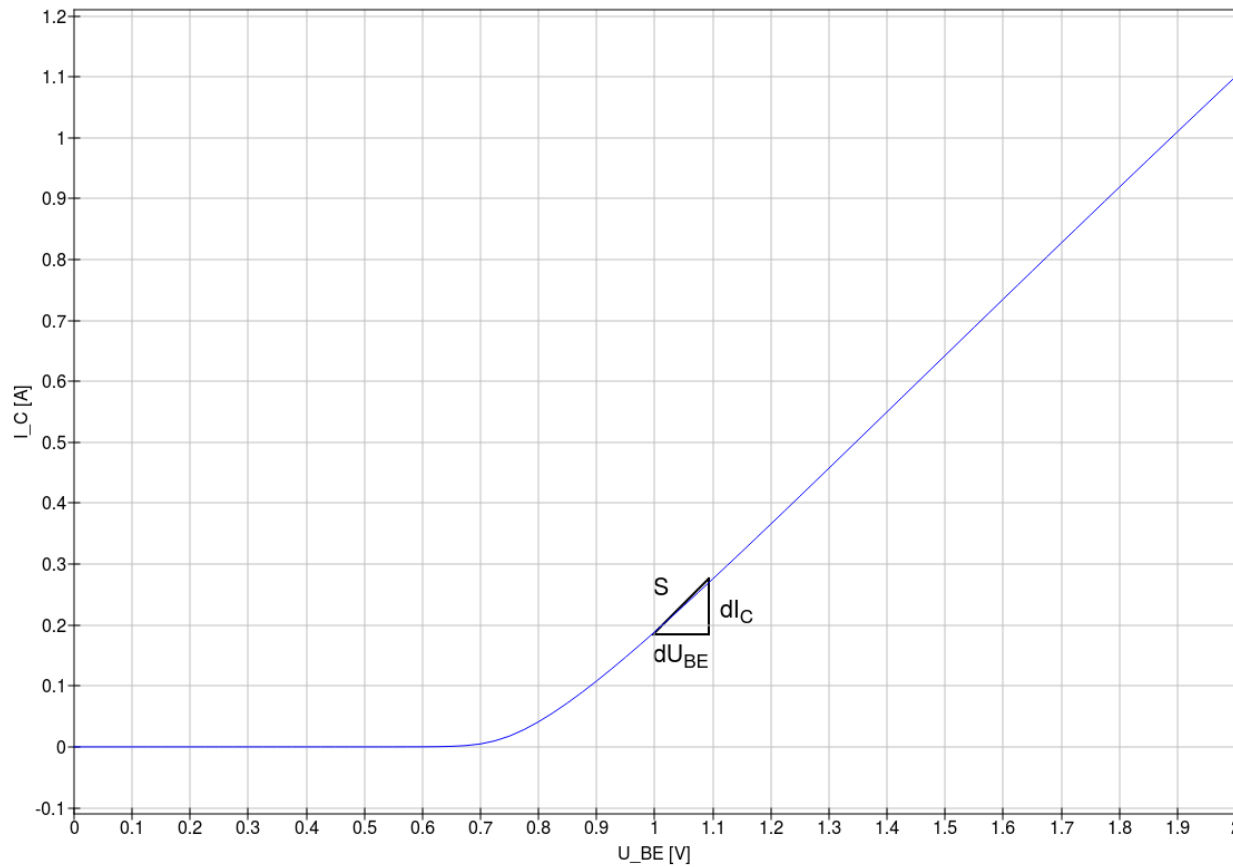
Gleichstromverstärkung  $B$

$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

Wechselstromverstärkung  $\beta$

$$\beta = \left. \frac{dI_C}{dI_B} \right|_{U_{CE} = \text{konst.}}$$

# Steuerkennlinie $I_C = f(U_{BE})$



Steilheit  $S$

$$S = \left. \frac{dI_C}{dU_{BE}} \right|_{U_{CE} = \text{konst.}}$$

# Klein- und Groß-signalverhalten

**Großsignal:** Gleichsignal, statisches Signal, ...

**Kleinsignal:** Wechsignal, dynamisches Signal, ...

Hilfsmittel für die Kleinsignal-Analyse: Taylorreihen / -entwicklungen

*Allgemeine Form:*

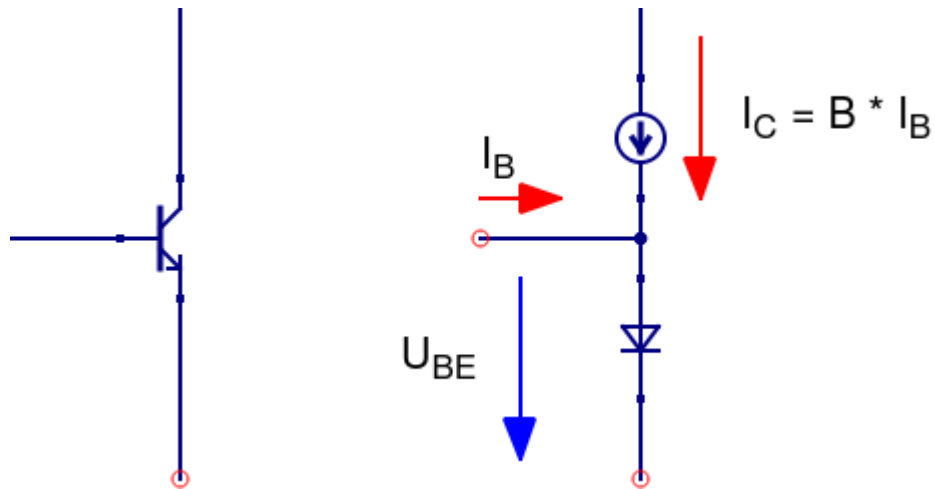
$$f(x) = \sum_{v=0}^{\infty} \frac{f^{(v)}(x_0)}{v!} (x - x_0)^v$$

*Näherung für Taylorreihe*

$$f(x) \approx f(x_0) + \frac{df(x_0)}{dx} \cdot (x - x_0)$$

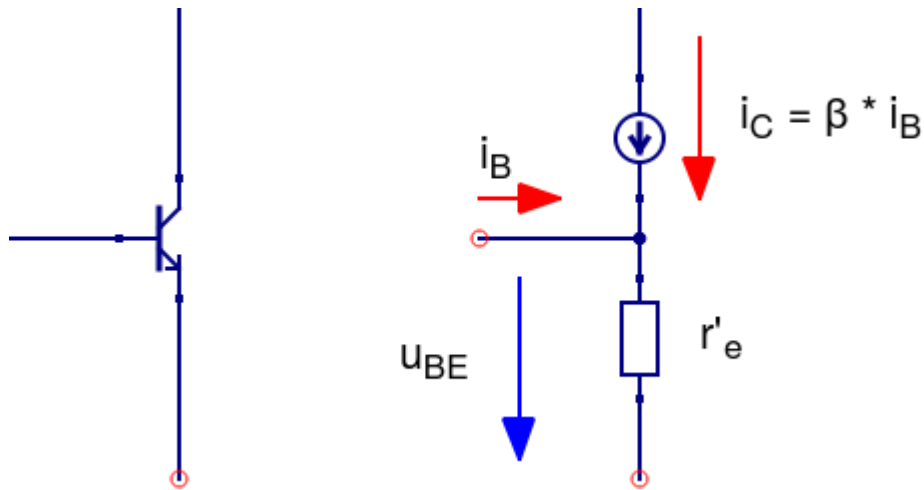
# Ebers-Moll Transistormodell

Großsignal-Transistormodell nach Ebers-Moll



# Ebers-Moll Transistormodell

Kleinsignal-Transistormodell nach Ebers-Moll

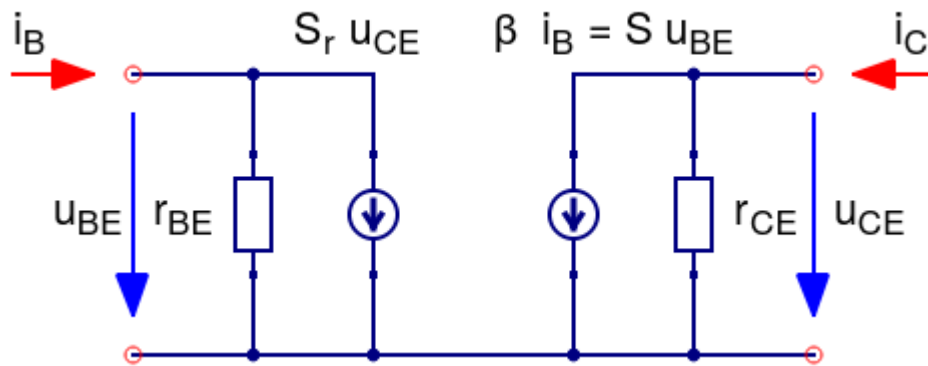


*dynamischer Widerstand  $r'_e$*   
*für Kleinsignal – Transistormodell*

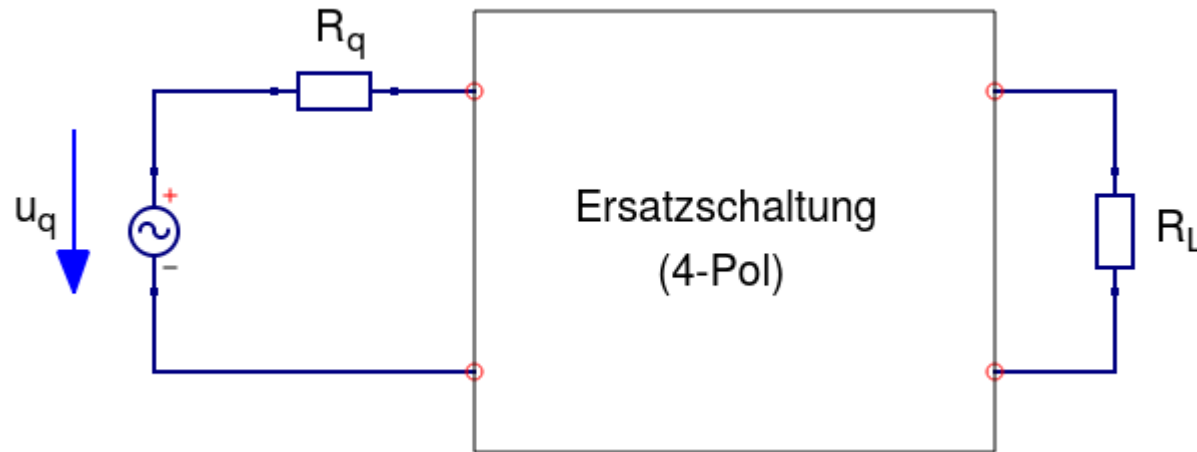
*nach Ebers – Moll*

$$r'_e = \frac{mU_T}{I_E} \approx \frac{33\text{mV}}{I_E}$$

# Kleinsignal-Ersatzschaltung



# Vierpol-Ersatzschaltung



## Vierpol-Beschreibungen

Z-Matrix:

$$u_1 = z_{11} i_1 + z_{12} i_2$$

$$u_2 = z_{21} i_1 + z_{22} i_2$$

H-Matrix:

$$u_1 = h_{11} i_1 + h_{12} u_2$$

$$i_2 = h_{21} i_1 + h_{22} u_2$$

Y-Matrix:

$$i_1 = y_{11} u_1 + y_{12} u_2$$

$$i_2 = y_{21} u_1 + y_{22} u_2$$

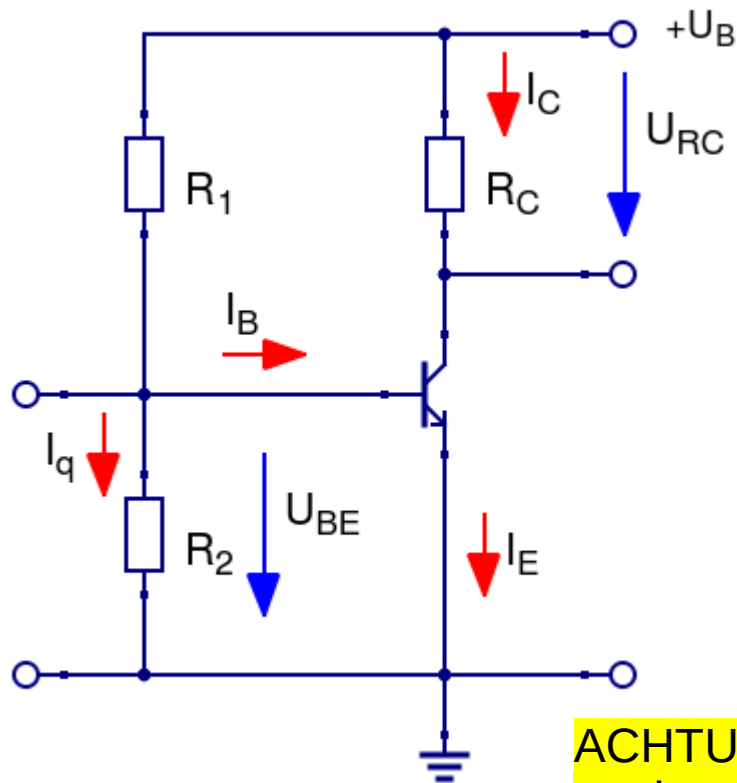
A-Matrix:

$$u_1 = a_{11} u_2 + a_{12} i_2$$

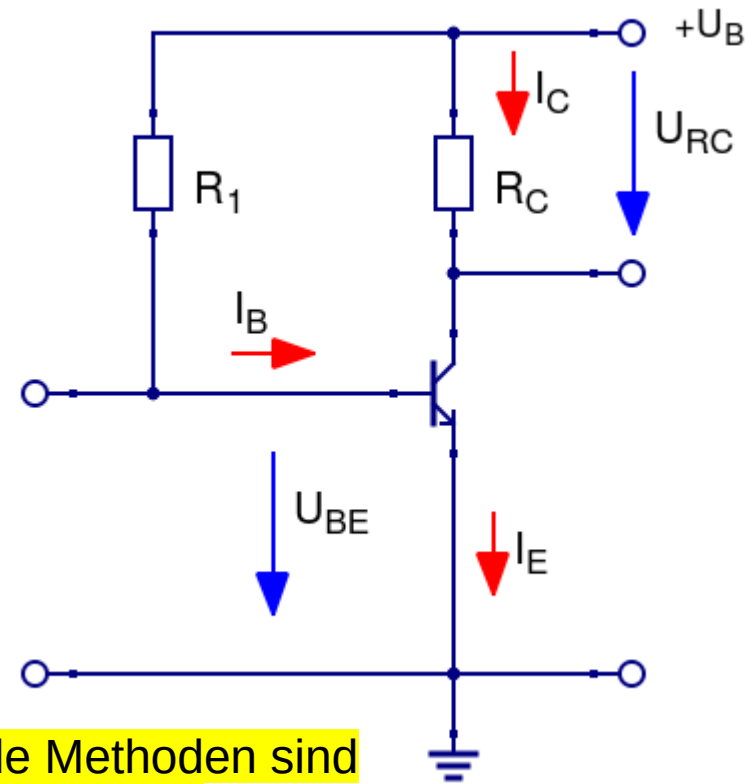
$$i_1 = a_{21} u_2 + a_{22} i_2$$

# Einstellung des Arbeitspunktes

Festlegung  $U_{BE}$



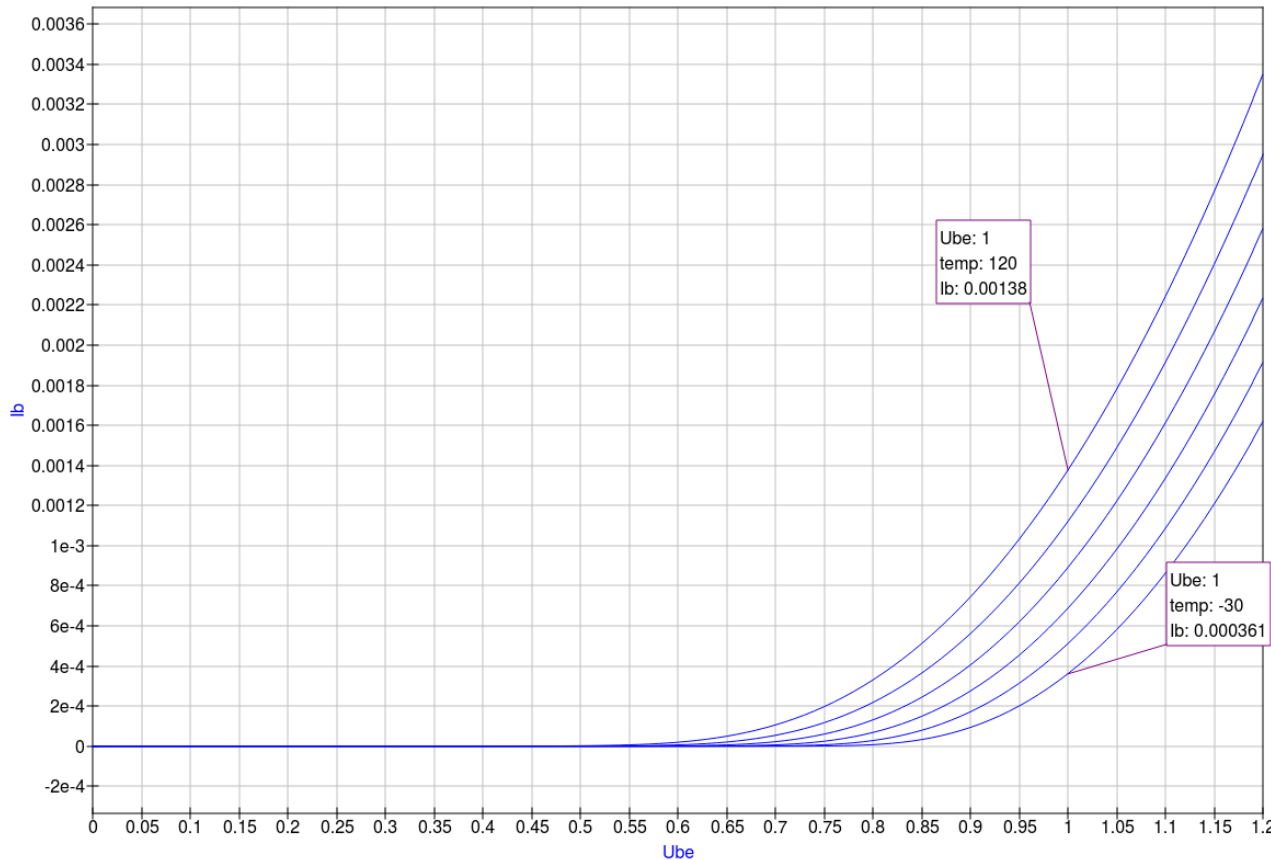
Festlegung  $I_B$



**ACHTUNG: Beide Methoden sind stark temperaturabhängig!**



# Temperaturabhängigkeit von Kennwerten



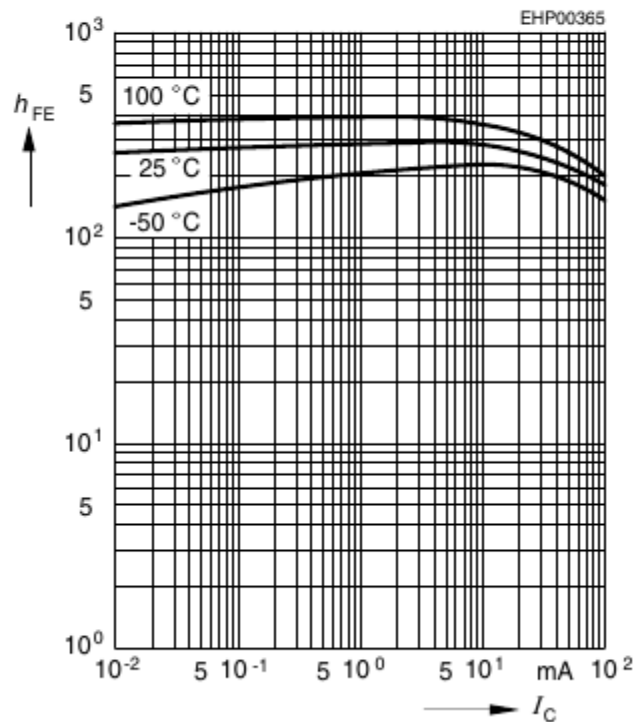
Einfluss der Temperatur  
auf die Eingangskennlinie

Temperaturkoeffizient von  $U_{BE}$   
 $TK = -2...3 \text{ mV/K}$

# Temperaturabhängigkeit von Kennwerten

DC current gain  $h_{FE} = f(I_C)$

$V_{CE} = 5V$



Abhängigkeit der Gleichstromverstärkung B /

$h_{FE}$  am Beispiel des Transistors BC847:

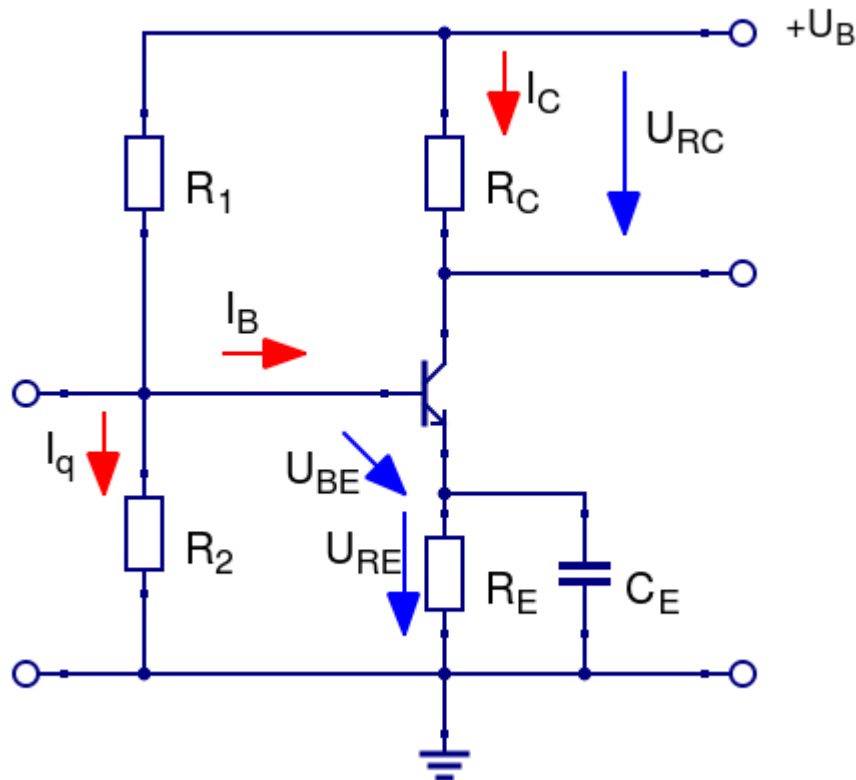
**B = 200 ... 500**

bei  $I_C = 1\text{ mA}$

zwischen **-50 °C** und **100 °C**

Grafik aus Datenblatt Infinion BC847

# Arbeitspunktstabilisierung durch Stromgegenkopplung



$$\frac{R_C}{R_E} = \sim 3..10$$

$$U_{RE} = I_E \cdot R_E = U_{R2} - U_{BE}$$

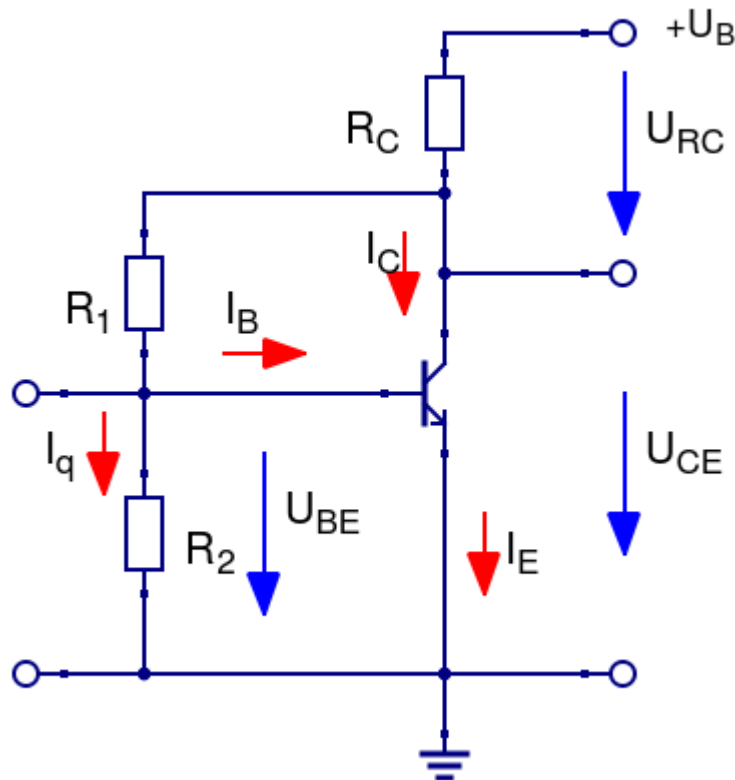
$$I_E = \frac{U_{R2} - U_{BE}}{R_E}$$

$$dU_{RC} = dU_{RE} \cdot \frac{R_C}{R_E} = -dU_{BE} \cdot \frac{R_C}{R_E}$$

Bedingung für ausreichende  
Temperaturstabilisierung

$$U_{RE} \geq 1 \text{ V}$$

# Arbeitspunktstabilisierung durch Spannungsgegenkopplung



$$U_{CE} = U_{BE} \cdot \frac{R_2 + R_1}{R_2}$$

$$dU_{CE} = dU_{BE} \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

*Bedingung für ausreichende  
Temperaturstabilisierung*

$$\frac{R_1}{R_2} \leq 10$$