



Aufgabe 3) *Bahngebiete, Betriebsbereich, Ladungsträgerdichten.*

c) Minoritätsträgerverläufe in den Bahngebieten

Die Näherungen für die kurze Diode können verwendet werden, da $L_p \gg w_e, L_n \gg w_b, L_p \gg w_c$.

→ Die Ladungsträgerkonzentration der Minoritäten in den Bahngebieten verläuft linear.

d) Sättigungsströme, Stromverstärkungen

$$I_{es} = e A D_{pe} \frac{p_{e0}}{w_e}$$

$$= 1,602 \cdot 10^{-19} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \cdot 20 \mu\text{m}^2 \cdot 0,9 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} \cdot \frac{2,1025 \text{ cm}^{-3}}{2 \mu\text{m}} \approx 3 \cdot 10^{-22} \text{ A}$$

$$\text{mit } D_{pe} = U_T \mu_p = 25,86 \text{ mV} \cdot 35 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}} \approx 0,9 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$$

$$I_{bs} = e A D_{nb} \frac{n_{b0}}{w_b}$$

$$= 1,602 \cdot 10^{-19} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \cdot 20 \mu\text{m}^2 \cdot 18,6 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} \cdot \frac{2102,5 \text{ cm}^{-3}}{1,89 \mu\text{m}} \approx 6,64 \cdot 10^{-18} \text{ A}$$

$$\text{mit } D_{nb} = U_T \mu_p = 25,86 \text{ mV} \cdot 300 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}} \approx 18,6 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$$

$$I_{cs} = e A D_{pc} \frac{p_{c0}}{w_c}$$

$$= 1,602 \cdot 10^{-19} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \cdot 20 \mu\text{m}^2 \cdot 12 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} \cdot \frac{210250 \text{ cm}^{-3}}{3 \mu\text{m}} \approx 4 \cdot 10^{-16} \text{ A}$$

$$\text{mit } D_{pc} = U_T \mu_p = 25,86 \text{ mV} \cdot 460 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}} \approx 12 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$$

$$B_F = \frac{I_{bs}}{I_{es}} = \frac{6,64 \cdot 10^{-18} \text{ A}}{3 \cdot 10^{-22} \text{ A}} \approx 22000$$

$$B_R = \frac{I_{bs}}{I_{cs}} = \frac{6,64 \cdot 10^{-18} \text{ A}}{4 \cdot 10^{-16} \text{ A}} \approx 0,0166$$

e) Klemmenströme, Stromverstärkung

$$I_{CE} = I_{bs} \cdot \left(\exp \left(\frac{U_{BE}}{U_T} \right) - 1 \right) \approx 180 \mu\text{A}$$

$$I_{EC} = I_{bs} \cdot \left(\exp \left(\frac{U_{BC}}{U_T} \right) - 1 \right) \approx -6,64 \cdot 10^{-18} \text{ A}$$

$I_B \approx I_{BE}$, da B-E-Diode in Flusspolung und B-C-Diode in Sperrpolung

$$I_{BE} = I_{es} \cdot \left(\exp \left(\frac{U_{BE}}{U_T} \right) - 1 \right) \approx 8,17 \text{ nA}$$

$$B = \frac{I_C}{I_B} = \frac{170 \mu\text{A}}{8,17 \text{ nA}} \approx 22000$$

f) Kennlinien

$I_C(U_{CE})$

gegeben sei U_{BE} , Beispiel: $U_{BE} = 800 \text{ mV}$

$$\begin{aligned} I_C &= I_{CE} - I_{EC} - I_{BC} \\ &= I_{bs} \left(e^{\frac{U_{BE}}{U_T}} - 1 \right) - I_{bs} \left(e^{\frac{U_{BC}}{U_T}} - 1 \right) - I_{cs} \left(e^{\frac{U_{BC}}{U_T}} - 1 \right) \\ &= I_{bs} \left(e^{\frac{U_{BE}}{U_T}} - 1 \right) - (I_{bs} + I_{cs}) \left(e^{\frac{U_{BE} - U_{CE}}{U_T}} - 1 \right) \\ &= I_{bs} \left(e^{\frac{U_{BE}}{U_T}} - 1 \right) - (I_{bs} + I_{cs}) \left(\frac{e^{\frac{U_{BE}}{U_T}}}{e^{\frac{U_{CE}}{U_T}}} - 1 \right) \end{aligned}$$

→ unabhängig von U_{CE} , da Early-Effekt vernachlässigt

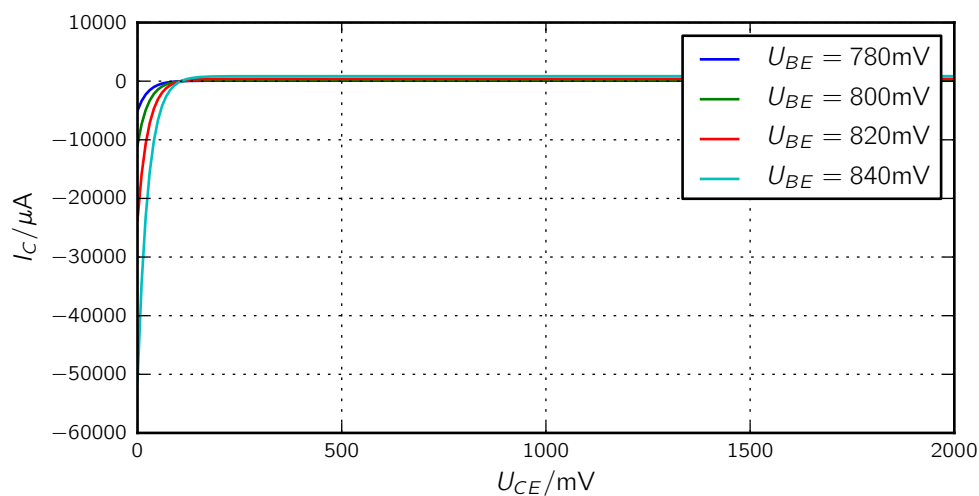
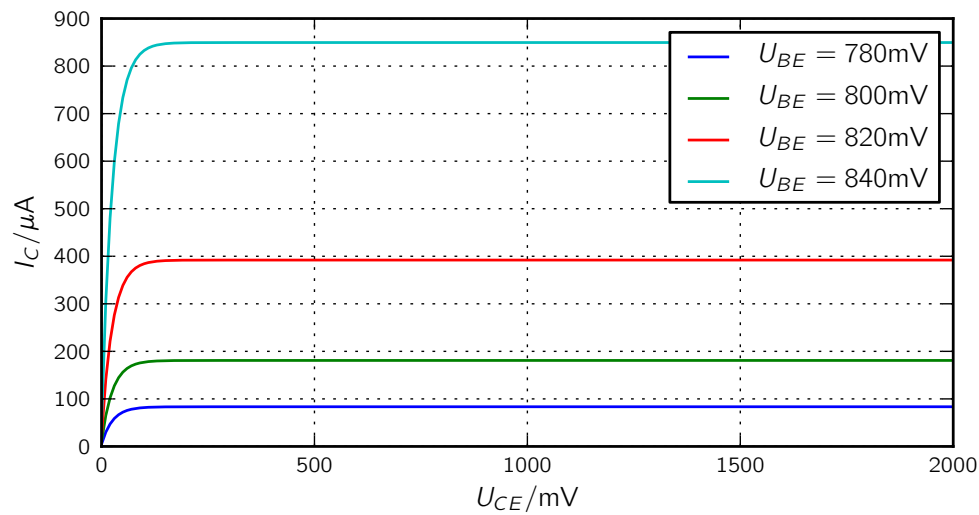


Abbildung 1: $I_C(U_{CE})$.

Abbildung 2: $I_T(U_{CE})$.

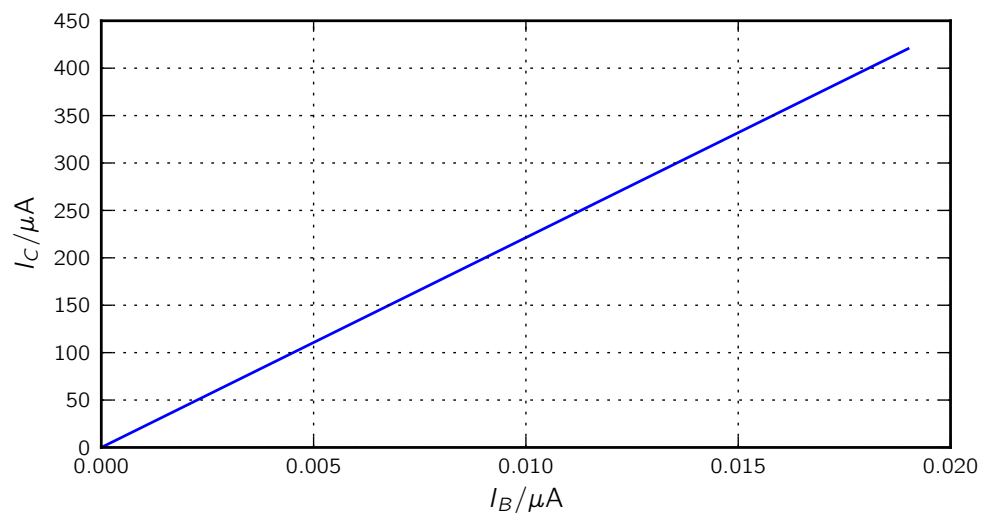
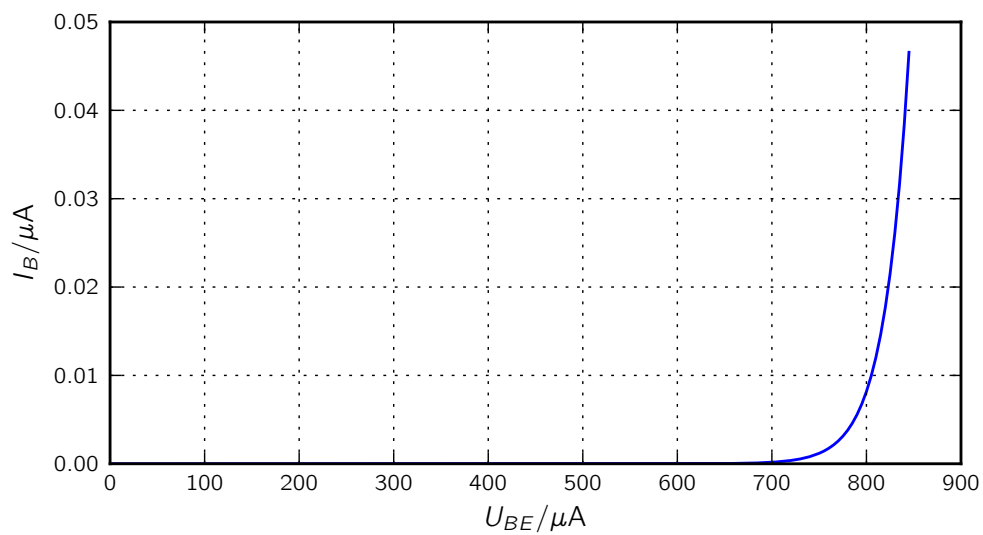
$$I_T = I_{CE} - I_{EC}$$

 $I_C(I_B)$

$$\begin{aligned}
 I_C &= I_{bs} \left(e^{\frac{U_{BE}}{U_T}} - 1 \right) \\
 I_B &= I_{BC} + I_{BE} \approx I_{BE} \\
 &= I_{es} \left(e^{\frac{U_{BE}}{U_T}} - 1 \right) \\
 \rightarrow U_{BE} &= U_T \ln \left(\frac{I_{BE}}{I_{es}} + 1 \right) \\
 \rightarrow I_C &= I_{bs} \frac{I_{BE}}{I_{es}} \\
 &= \frac{I_{bs}}{I_{es}} I_{BE} = B_F I_{BE} \approx B_F I_B
 \end{aligned}$$

 $I_B(U_{BE})$

$$I_B = I_{es} \left(e^{\frac{U_{BE}}{U_T}} - 1 \right)$$

Abbildung 3: $I_C(I_B)$.Abbildung 4: $I_B(U_{BE})$.