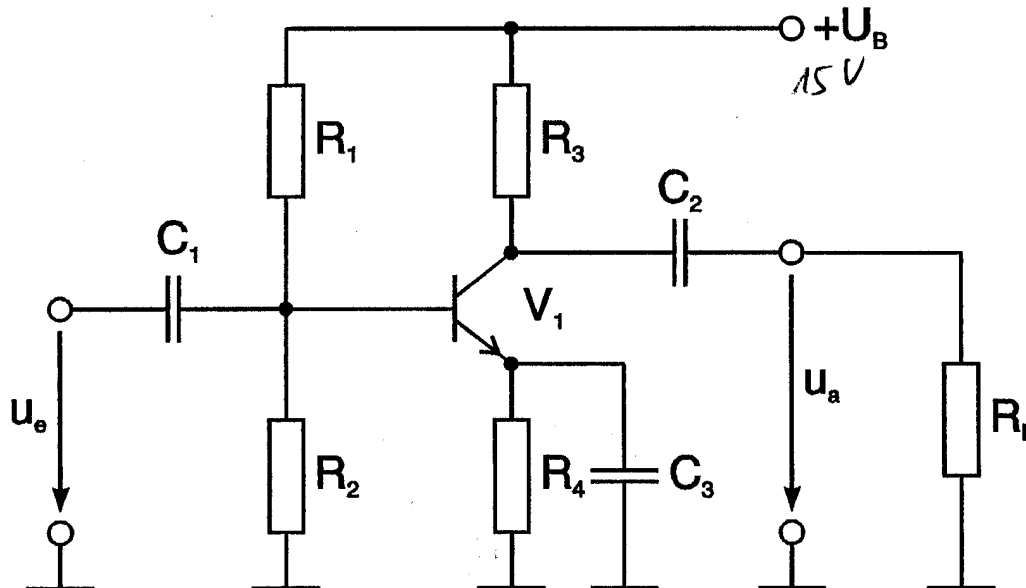


## Dimensionierung vom Transistor Wechsellspannungsverstärkern

→ mit NPN Transistor

Schaltung

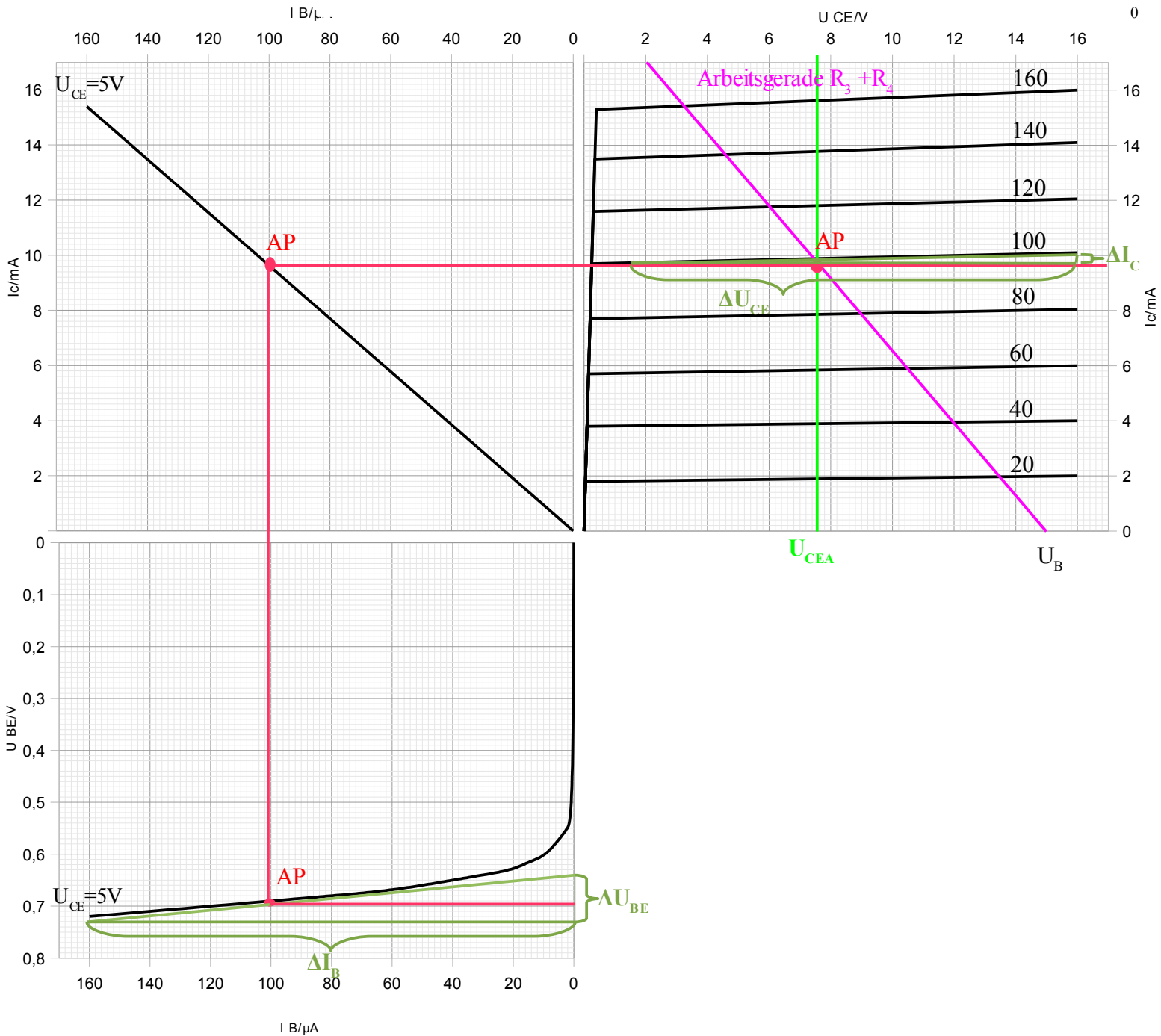


Werte:  $V_1 = \text{BC141}$ ;  $R_L = 1 \text{ k}\Omega$   
 $U_B = 15 \text{ V}$

Vorgaben:

- Der Arbeitspunkt des Transistors ist so einzustellen, dass  $U_{CE} = U_B/2 = 7,5 \text{ V}$ .
- Der Basisstrom ist so festzulegen, dass bei einem Eingangswechselstrom von  $40 \mu\text{A}_{\text{SS}}$  eine lineare Aussteuerung erreicht wird.
- Beim Basisspannungsteiler soll das Querstromverhältnis etwa 10 betragen, das gleiche Verhältnis soll auch bei den Widerständen  $R_3/R_4$  verwendet werden.
- Die Kondensatoren sind für eine untere Grenzfrequenz von  $40 \text{ Hz}$  zu dimensionieren.

→ Kennlinienfeld BC141



- Festlegungen aus Kennlinie: Bei  $I_B = 100 \mu A$  ist eine lineare Aussteuerung gewährleistet.  
→  $U_{BEA} = 0,69 V$ ;  $I_{CA} = 9,6 mA$

→ Dimensionierung von  $R_3$  und  $R_4$

$$U_{R_3+R_4} = U_{CEA}$$

$$R_3 + R_4 = \frac{U_{R_3+R_4}}{I_{CA}} = \frac{7,5 V}{9,6 mA} = 781 \Omega$$

$$\frac{R_3}{R_4} \approx \frac{1}{10} \rightarrow R_3 = 10 * R_4 \rightarrow R_4 = \frac{R_3 + R_4}{11} = \frac{781 \Omega}{11} = 71 \Omega$$

$$R_3 = 10 * R_4 = 710 \Omega$$

Widerstände aus der Reihe E12:

- $R_3 = 680 \Omega$
- $R_4 = 68 \Omega$

→ Dimensionierung von  $R_1$  und  $R_2$

$$q = \frac{I_{R2}}{I_{BA}} \approx 10 \rightarrow I_{R2} = 10 * I_{BA} = 10 * 100 \mu A = 1 \text{ mA}$$

$$R_2 = \frac{U_{R2}}{I_{R2}} = \frac{U_{BEA} + U_{R4}}{I_{R2}} = \frac{U_{BEA} + R_4(I_{BA} + I_{CA})}{I_{R2}} = \frac{0,69 \text{ V} + 68 \Omega(100 \mu A + 9,6 \text{ mA})}{1 \text{ mA}} = 1,35 \text{ k} \Omega$$

Widerstand aus Reihe E12: 1,5 k $\Omega$

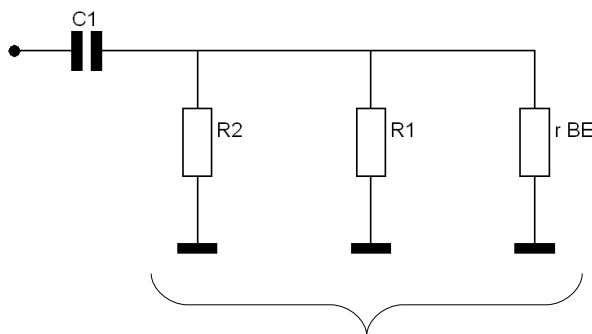
$$I_{R2 \text{ tats}} = \frac{U_{R2}}{R_{2E12}} = \frac{U_{BEA} + R_4(I_{BA} + I_{CA})}{R_{2E12}} = \frac{0,69 \text{ V} + 68 \Omega(100 \mu A + 9,6 \text{ mA})}{1,5 \text{ k} \Omega} = 0,9 \text{ mA}$$

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} = \frac{U_B - U_{R2}}{I_{R2 \text{ tats}} + I_{BA}} = \frac{U_B - U_{BEA} - R_4(I_{BA} + I_{CA})}{I_{R2 \text{ tats}} + I_{BA}} = \frac{15 \text{ V} - 0,69 \text{ V} - 68 \Omega(100 \mu A + 9,6 \text{ mA})}{0,9 \text{ mA} + 100 \mu A} = 13,7 \text{ k} \Omega$$

Widerstand aus Reihe E12: 15 k $\Omega$

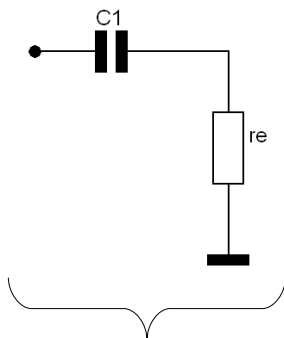
→ Dimensionierung von  $C_1$

- Wechselstromersatzschaltbild



$\Delta U_{BE}$  und  $\Delta I_B$  im Arbeitspunkt aus Kennlinie ablesen

$$\rightarrow r_{BE} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B} = \frac{85 \text{ mV}}{160 \mu A} = 533 \Omega$$



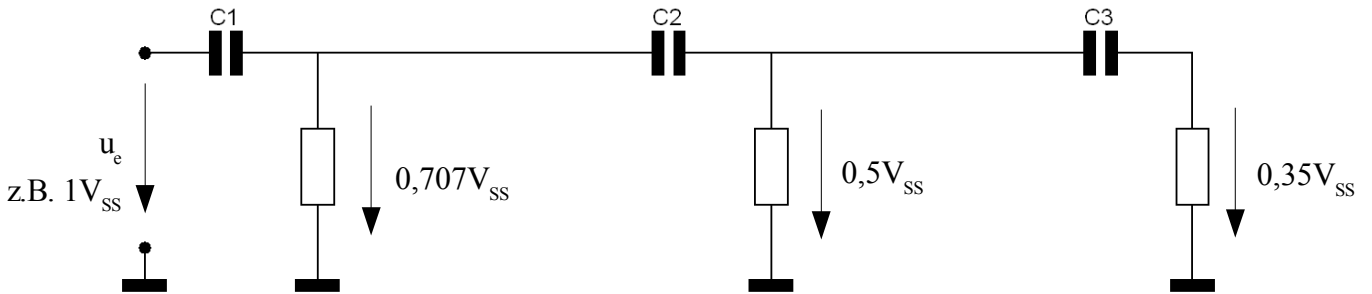
$$\rightarrow r_e = R_1 || R_2 || r_e = 383 \Omega$$

RC Hochpass

Bei  $f_g$  gilt:  $X_{C1} = r_e \rightarrow C_1 = \frac{1}{2\pi f_g r_e} = \frac{1}{2\pi \cdot 40 \text{ Hz} \cdot 383 \Omega} = 10 \mu\text{F}$

→ Problem: Die drei Kondensatoren in der Schaltung verursachen jeweils eine Dämpfung des Signals

Auswirkung (Vereinfacht): Betrachtung bei  $f_g$

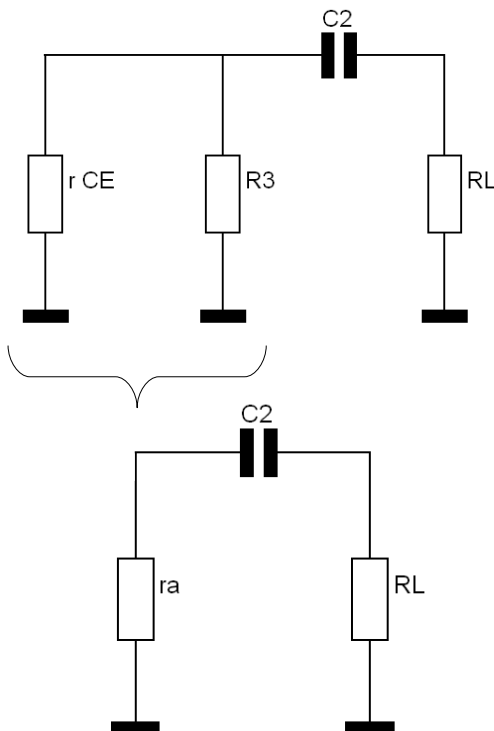


Bei drei Kondensatoren den berechneten Kondensator zwei Stufen in der Reihe E6 höher wählen

Kondensator  $C_1$  aus Reihe E6:  $22 \mu\text{F}$

→ Dimensionierung von  $C_2$

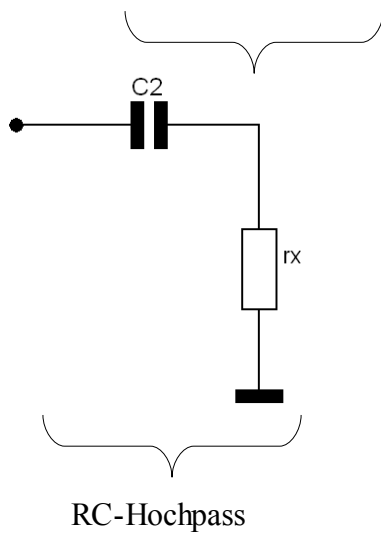
- Wechselstromersatzschaltbild



$\Delta U_{CE}$  und  $\Delta I_C$  im Arbeitspunkt aus Kennlinie ablesen

$$\rightarrow r_{CE} = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta I_C} = \frac{16,6 \text{ V}}{4,2 \text{ mA}} = 40 \text{ k}\Omega$$

$$\rightarrow r_a = r_{CE} \parallel R_3 = 668 \Omega$$



$$\rightarrow r_x = r_a + R_L = 1,7 \text{ k}\Omega$$

Bei  $f_g$  gilt:  $X_{C2} = r_x \rightarrow C_2 = \frac{1}{2\pi f_g * r_x} = \frac{1}{2\pi * 40 \text{ Hz} * 1,7 \text{ k}\Omega} = 2,3 \mu\text{F}$

Kondensator  $C_2$  aus Reihe E6:  $4,7 \mu\text{F}$

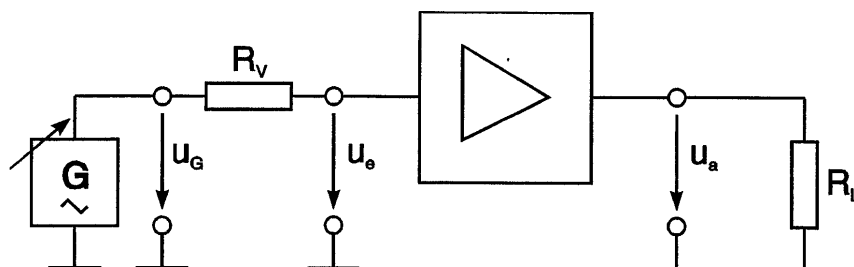
→ Dimensionierung von  $C_3$

- Aufgabe:  $R_4$  wechselstrommäßig kurzschließen  
→ bei  $f_g \rightarrow R_4 = X_{C3}$

- üblich:  $X_{(C3 \text{ fgu})} \leq \frac{R_4}{10} \rightarrow C_3 = \frac{10}{2\pi f_g * R_4} = \frac{10}{2\pi * 40 \text{ Hz} * 68 \Omega} = 585 \mu\text{F}$

→  $C_3 = 1000 \mu\text{F}$

→ Wechselstrommäßige Untersuchung des Verstärkers



– Messung des Eingangsstroms mit dem Oszilloskop

→ Verwendung eines Messwiderstands  $R_v$

$$i_e = \frac{u_{R_v}}{R_v} \quad \text{mit } u_{R_v} = u_G - u_e \text{ (durch Differenzmessung)}$$

- Dimensionierung von  $R_v$

- Generator → Begrenzung durch maximale Generatorspannung

$$R_{v \max} = \frac{u_{g \max}}{i_e} = \frac{30V_{SS}}{40\mu A_{SS}} = 750k\Omega$$

- Messgenauigkeit → max. vertikale Auslenkung des Oszilloskops:  $Y=8\text{cm}$

→ entspricht Messbereich  $i_{MB} = \frac{5\mu A}{\text{cm}}$

→ leichte Umrechenbarkeit: U-MB z.B.  $0,5\text{V/cm}$

$$\rightarrow R_v = \frac{U_{MB}}{i_{MB}} = \frac{0,5 \frac{\text{V}}{\text{cm}}}{5 \frac{\mu A}{\text{cm}}} = 100k\Omega \rightarrow 40\mu A_{SS} \hat{=} 4V_{SS}$$

- Messungen bei  $i_e = 40 \mu A_{SS}$ :

$$u_e = 15 \text{ mV}_{SS}$$

$$i_a = 1,7 \text{ mA}_{SS}$$

$$u_a = 1,7 \text{ V}_{SS}$$

$$f_{gu} = 41 \text{ Hz}; f_{go} = 168 \text{ kHz}$$

- Rechnungen

- $V_u = \frac{u_e}{u_a} = \frac{15\text{mV}_{SS}}{1,7\text{V}_{SS}} = 133$

- $V_i = \frac{i_e}{i_a} = \frac{40\mu A_{SS}}{1,7\text{mA}_{SS}} = 42,5$

- $V_p = V_u * V_i = 113 * 42,5 = 4803$

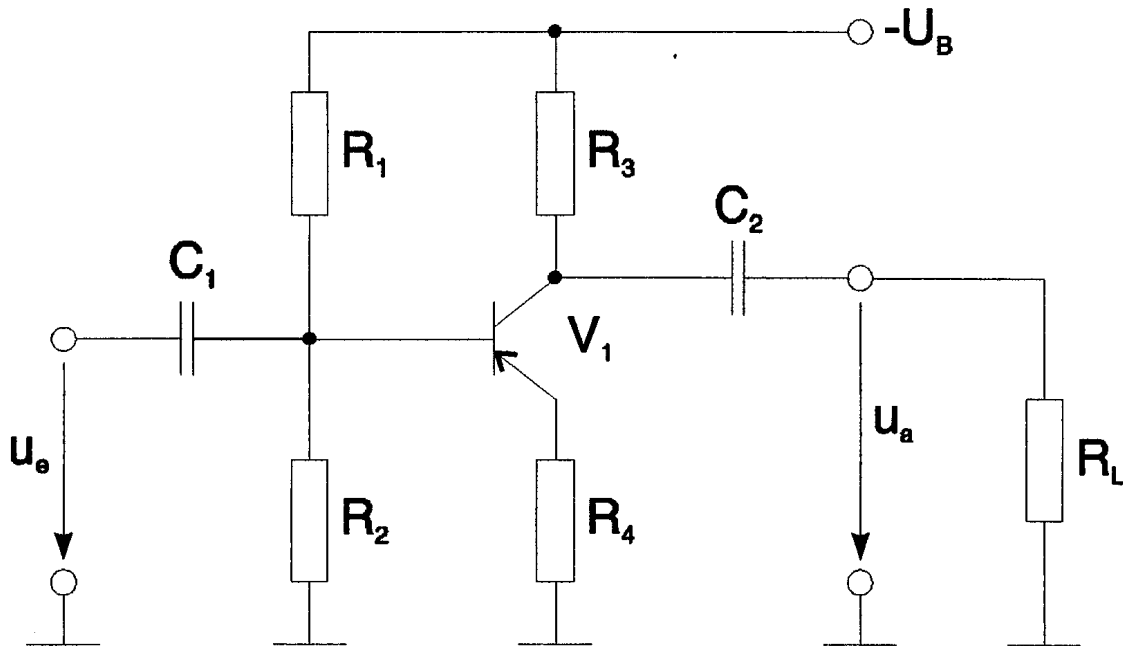
- $r_a = \frac{u_{a(RL1)} - u_{a(RL2)}}{i_{a(RL2)} - i_{a(RL1)}} = \frac{1,7\text{V}_{SS} - 0,42\text{V}_{SS}}{4,2\text{mA}_{SS} - 1,7\text{mA}_{SS}} = 512\Omega$

→ mit PNP Transistor

Kurzarbeit 2008

Gegeben ist das nachstehend dargestellte Schaltbild eines Wechselspannungverstärkers sowie als Anlage das Vierquadrantenkennlinienfeld des PNP Transistors BC161.

## Schaltung



### Aufgabe 1

Dimensionieren sie die Widerstände  $R_3$  und  $R_4$  gemäß der Normreihe E12 so, dass die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- die Betriebsspannung  $U_B$  soll 18V betragen
- der Basisstrom im AP soll ca.  $-120\mu\text{A}$  betragen
- die Kollektor – Emitterspannung im Arbeitspunkt soll -10V betragen
- das Widerstandsverhältnis  $R_3 : R_4$  soll ca. 5 : 1 betragen

### Aufgabe 2

Geben sie die Arbeitspunktwerte des Transistors unter Verwendung der in Aufgabe 1 ermittelten Widerstands Nennwerte an.

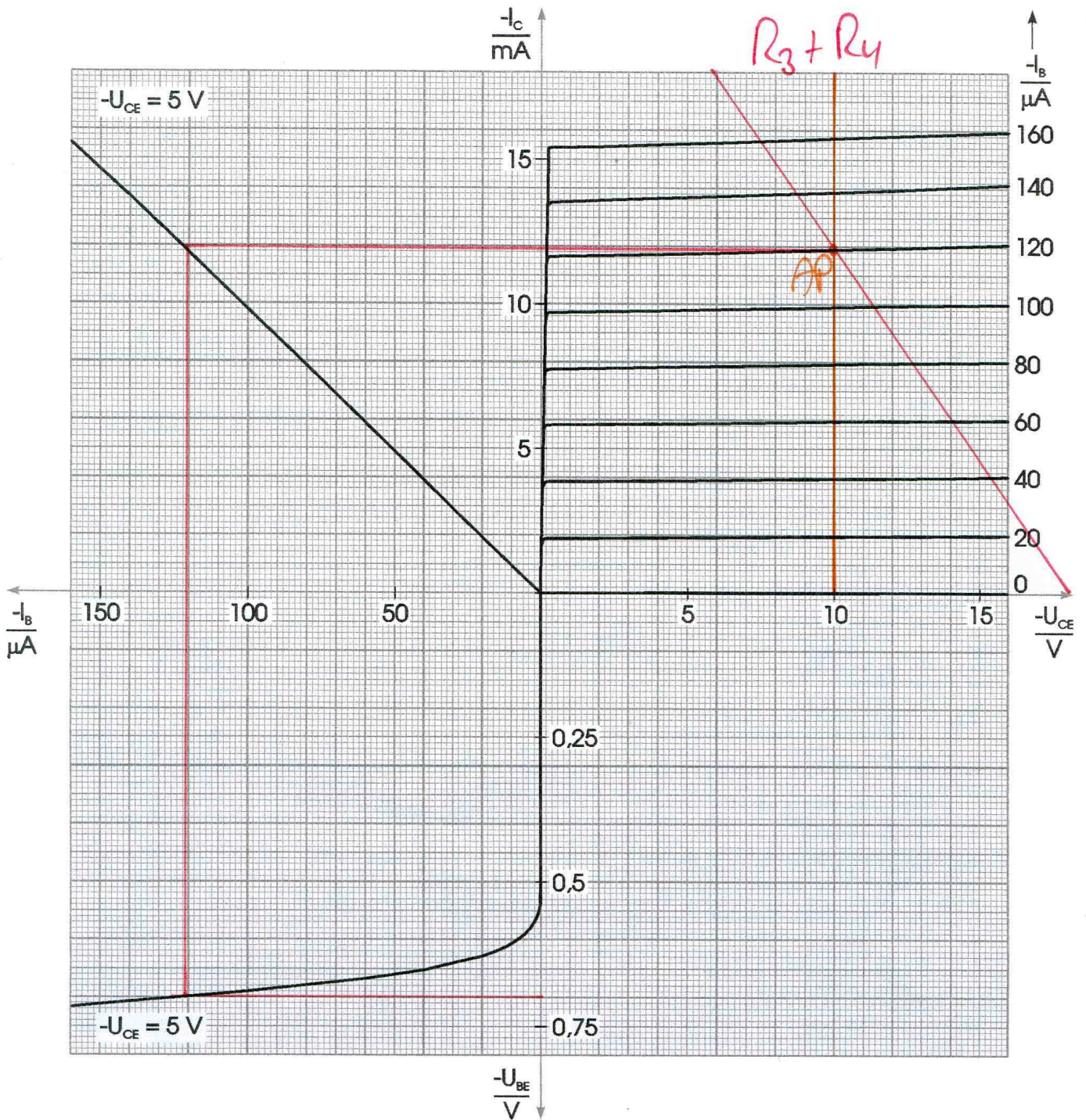
### Aufgabe 3

Dimensionieren Sie die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  gemäß der Normreihe E24 so, dass unter Verwendung des in Aufgabe 2 gewählten Arbeitspunktes ein Querstromverhältnis von etwa 9 vorliegt.

### Anlage 1: Widerstandsnormreihen

Reihe E6, E12, E24 (guck ins Tabellenbuch)

Anlage 2: Vierquadranten-Kennlinienfeld



$$1) \quad R_3 + R_4 = \frac{-U_B - (-U_{CEA})}{-I_{CA}} = \frac{-18V + 10V}{11,9mA} = 672 \Omega$$

$$R_4 = \frac{R_3 + R_4}{6} = \frac{672 \Omega}{6} = 112 \Omega$$

→ Widerstand aus Reihe E12:  $R_{4E12} = 120 \Omega$

$$R_3 = 5 * R_4 = 560 \Omega$$

→ Widerstand 560  $\Omega$  ist in Reihe E12 enthalten



- 2) Da nicht die berechneten Widerstände verwendet werden, verschiebt sich der AP leicht. Die Spannung  $U_{CE}$  soll konstant bleiben,  $I_B$  darf sich leicht verändern (= „soll -10V betragen“ und „soll ca. -120 $\mu$ A betragen“ in der Aufgabenstellung)

$$\triangleright -I_{E\text{tats}} = \frac{-U_{CE}}{R_{3E12} + R_{4E12}} = \frac{8V}{680\Omega} = 11,7\text{ mA} = -I_{CEA} \quad (\text{Basisstrom wird vernachlässigt})$$

$$\triangleright -U_{CE} = 10V$$

$$\triangleright -I_{BA} = 119\mu A$$

$$\triangleright -U_{BE} = 0,7V$$

$$3) \quad q = 9 = \frac{I_{R2}}{-I_{BA}}$$

$$\rightarrow I_{R2} = -I_{BA} * q = 119\mu A * 9 = 1,07\text{ mA}$$

$$R_2 = \frac{U_{R2}}{I_{R2}} = \frac{-U_{BEA} + U_{R4}}{I_{R2}} = \frac{0,7V + 1,42V}{1,07\text{ mA}} = 1,98\text{ k}\Omega$$

$$U_{R4} = R_4 * (-I_{BA} + (-I_{CEA})) = 120\Omega (119\mu A + 11,7\text{ mA}) = 1,42V$$

→ Widerstand aus Reihe E24: 2 k $\Omega$

$$I_{R2\text{tats}} = \frac{U_{R2}}{R_{2E24}} = \frac{2,12V}{2\text{ k}\Omega} = 1,06\text{ mA}$$

$$I_{R1} = I_{R2\text{tats}} + (-I_{BA}) = 1,06\text{ mA} + 119\mu A = 1,18\text{ mA}$$

$$U_{R1} = U_B - U_{R2} = 18V - 2,12V = 15,9V$$

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} = \frac{15,9V}{1,18\text{ mA}} = 13,5\text{ k}\Omega$$

→ Widerstand aus Reihe E24: 13 k $\Omega$