

Musterlösungen zur Klausur

Technische Informatik II/III

vom 29. 3. 1999

IDA
23. 3. 1999

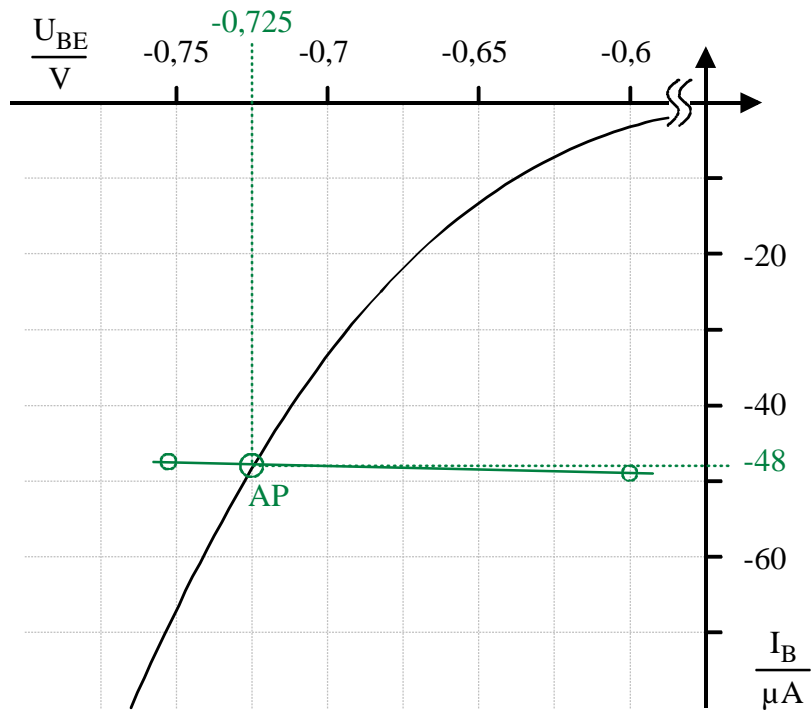
1 TRANSISTORSCHALTUNG

- a) Bestimmen Sie grafisch die Arbeitspunkte des Transistors (ohne Betrachtung des Kondensators C).

Den Arbeitspunkt im Eingangskreis erhält man durch Gleichsetzen der Transistor-Eingangskennlinie mit der Arbeitsgeraden der Vorspannungserzeugung (U_B mit Widerstand R_1). Letztere ermittelt man aus dem Spannungsumlauf $U_B = U_{BE} + I_B \cdot R_1$. Nach I_B aufgelöst ergibt sich:

$$I_B = \frac{U_B - U_{BE}}{R_1}$$

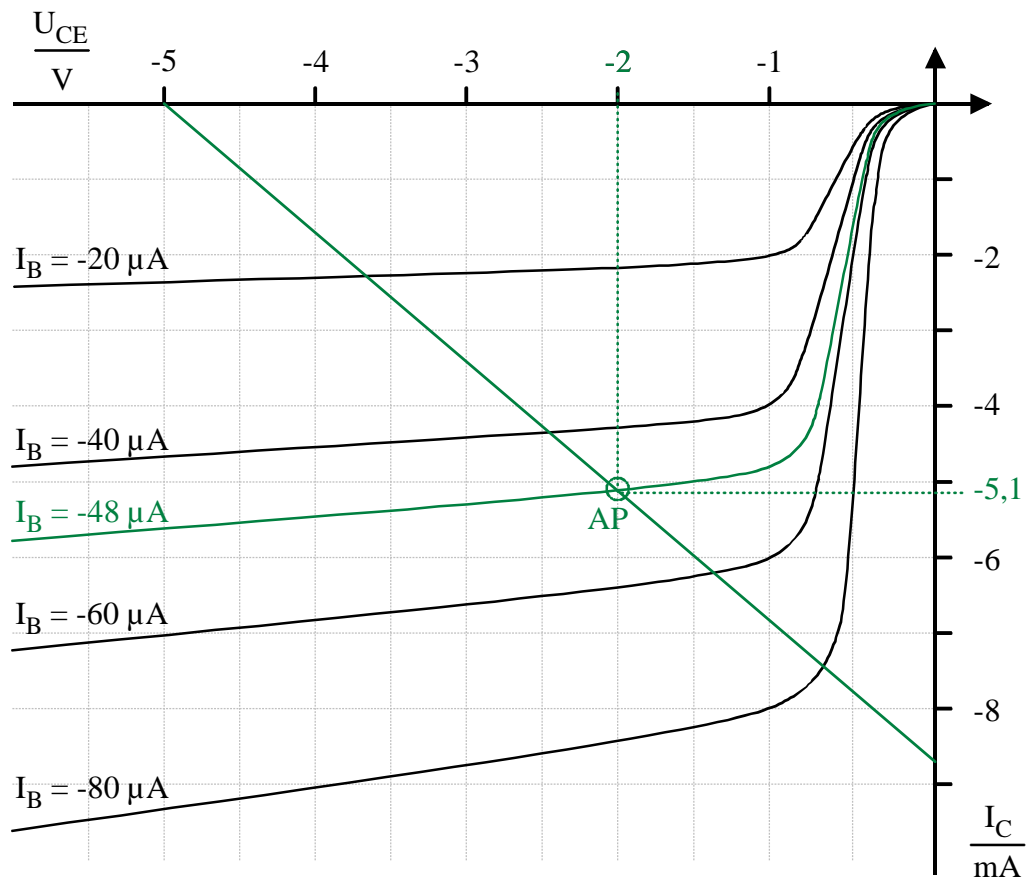
Für U_{BE} setzt man z. B. $-0,75$ V und $-0,6$ V ein. Die zwei Punkte auf der Geraden berechnen sich zu $\{-0,75$ V, $-47,2$ μ A $\}$ und $\{-0,6$ V, $-48,9$ μ A $\}$. Der Arbeitspunkt im Eingangskreis ergibt sich zu $\{-0,725$ V, -48 μ A $\}$.



Den Arbeitspunkt im Ausgangskreis erhält man durch Gleichsetzen der interpolierten Transistor-Ausgangskennlinie für einen Basisstrom $I_B = -48 \mu\text{A}$ mit der Arbeitsgeraden der Ausgangsspannungsversorgung (U_B mit Widerstand R_2). Letztere ermittelt man aus dem Spannungsumlauf $U_B = U_A + I_C \cdot R_2$. Nach I_C aufgelöst ergibt sich:

$$I_C = \frac{U_B - U_A}{R_2}$$

U_A setzt man z. B. auf 0 V und -5 V . Zwei Punkte auf der Geraden sind dann $\{0 \text{ V}, -8,7 \text{ mA}\}$ und $\{-5 \text{ V}, 0 \text{ mA}\}$. Der Arbeitspunkt im Ausgangskreis ergibt sich zu $\{-2 \text{ V}, -5,1 \text{ mA}\}$.

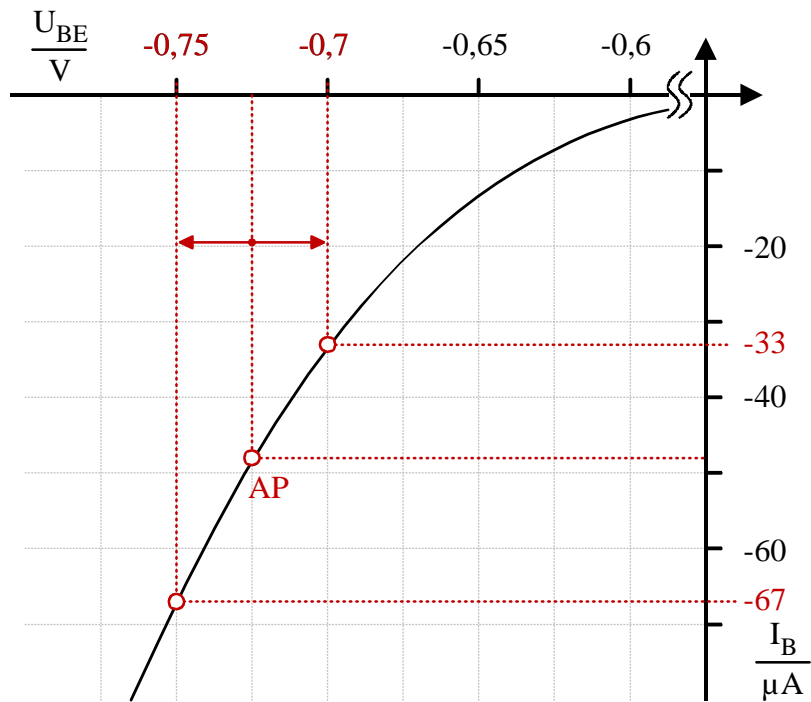


- b) Bestimmen Sie grafisch die Spannungsverstärkung A für eine Aussteuerung des Eingangssignals $\Delta U_E = 50 \text{ mV}$ ($\pm 25 \text{ mV}$).

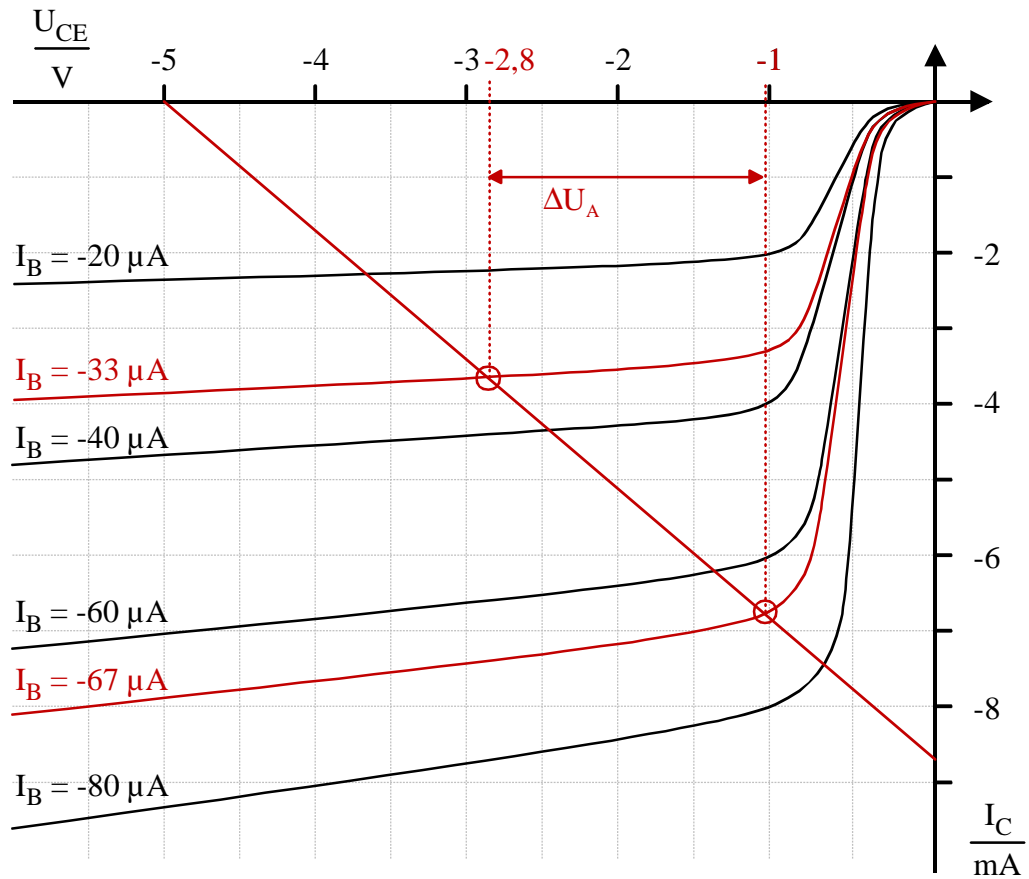
Die Spannungsverstärkung A ist das Verhältnis der Änderung der Ausgangsspannung ΔU_{CE} zur Änderung der Eingangsspannung ΔU_{BE} :

$$A = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta U_{BE}} = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta U_E}$$

Die Spannungsänderung ΔU_{BE} wird an die Eingangskennlinie eingetragen. Es ergeben sich zwei neue Wertepaare: $\{-0,7 \text{ V}, -33 \mu\text{A}\}$ und $\{-0,75 \text{ V}, -67 \mu\text{A}\}$.



Mit den beiden Eckwerten für den Basisstrom ($-33 \mu\text{A}$ und $-67 \mu\text{A}$) interpoliert man die entsprechenden Ausgangskennlinien und liest am Schnittpunkt mit der Arbeitsgeraden die zugehörigen Ausgangsspannungen ab (auf Vorzeichen achten!):

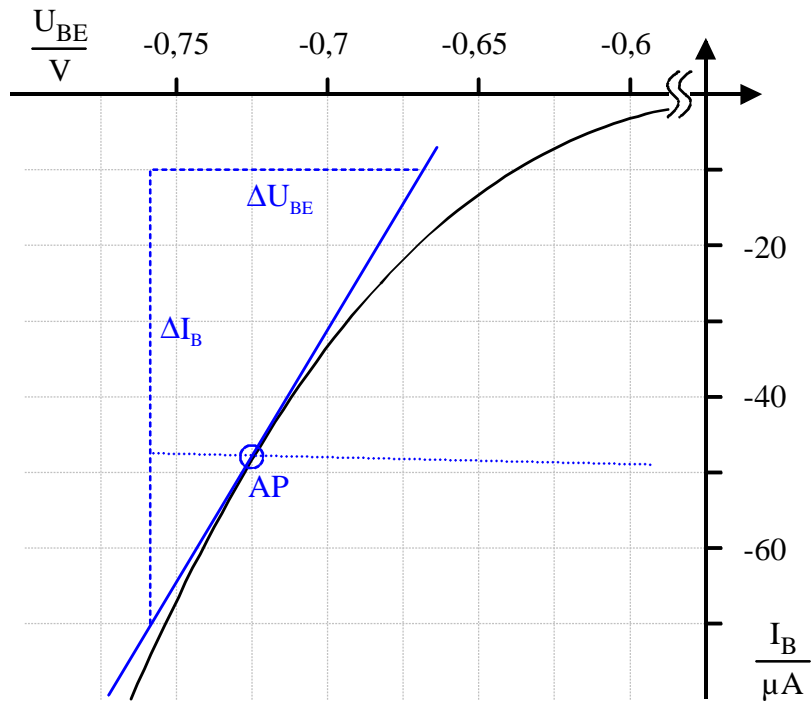


$$A = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta U_{BE}} \approx \frac{-1V - (-2,8V)}{-0,75V - (-0,7V)} = \frac{1,8V}{-0,05V} = -36$$

c) Bestimmen Sie grafisch die Kleinsignalparameter r_{BE} und r_{CE} .

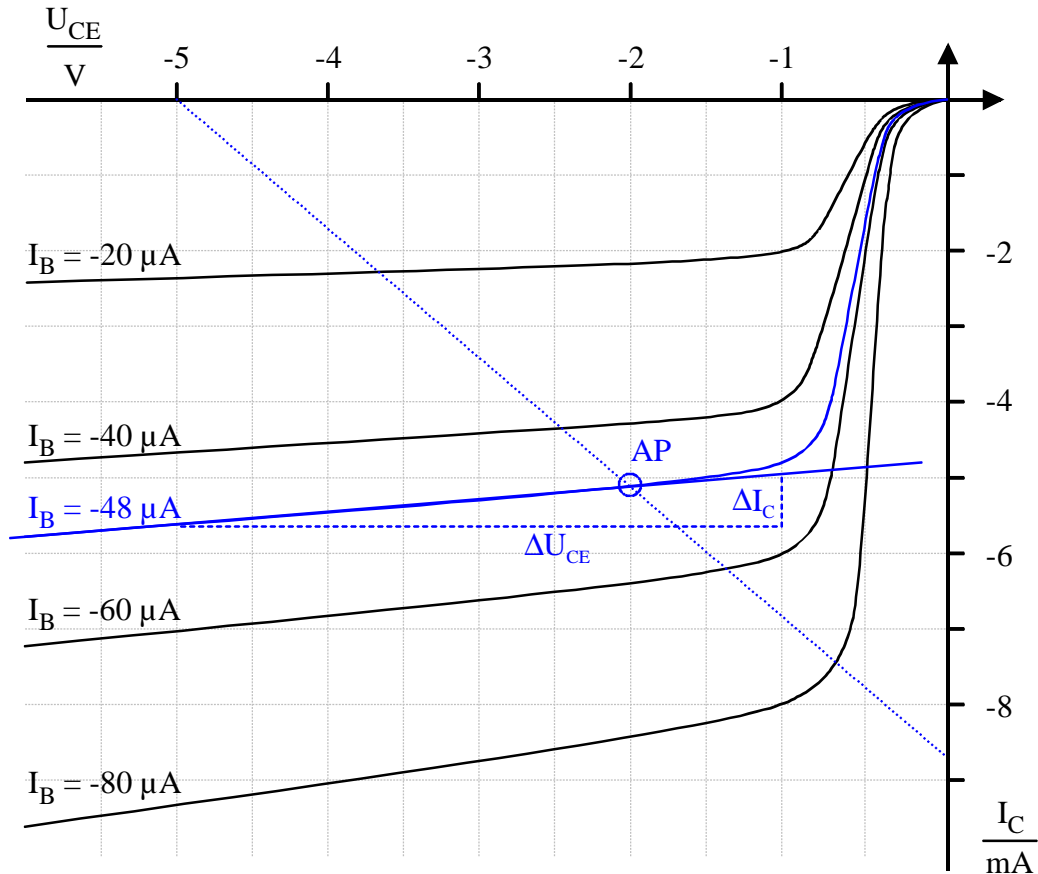
$\frac{1}{r_{BE}}$ ist die Steigung der Eingangskennlinie im Arbeitspunkt. Dazu legt man eine Tangente an den Arbeitspunkt der Eingangskennlinie, um Werte für ΔU_{BE} und ΔI_B ablesen zu können:

$$r_{BE} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B} \approx \frac{0,09V}{60\mu A} = 1,5k\Omega$$



$\frac{1}{r_{CE}}$ ist die Steigung der Ausgangskennlinie im Arbeitspunkt. Dazu legt man eine Tangente an den Arbeitspunkt der Ausgangskennlinie, um Werte für ΔU_{CE} und ΔI_C ablesen zu können:

$$r_{CE} = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta I_C} \approx \frac{4V}{0,7mA} = 5,7k\Omega$$



d) Berechnen Sie die Parameter r_{BE} , r_{CE} und S unter Verwendung von $U_T = -35 \text{ mV}$, $\beta = 100$ und $U_Y = -35 \text{ V}$.

r_{BE} , r_{CE} und S können mit Hilfe der Formeln aus der Vorlesung berechnet werden:

$$S = \frac{I_C}{U_T} = \frac{-5,1mA}{-35mV} \approx 0,15 \frac{1}{\Omega}$$

$$r_{BE} = \frac{\beta}{S} = \frac{100}{0,15 \frac{1}{\Omega}} \approx 667\Omega$$

$$r_{CE} = \frac{U_Y}{I_C} = \frac{-35V}{-5,1mA} \approx 6,9k\Omega$$

2 OPERATIONSVERSTÄRKER

- a) Bestimmen Sie die Übertragungsfunktionen $U_A = f(U_E)$ jeweils im Frequenz- und im Zeitbereich. Fassen Sie mögliche Produkte aus R_X und C sinnvoll zusammen.

Die Gegenkopplungsbedingung ist erfüllt. Die Übertragungsfunktion im Frequenzbereich läßt sich als Kehrwert des Spannungsteilerverhältnisses (Teilerabgriff am „-“-Eingang des OPs) bestimmen:

$$U_A(\omega) = \frac{R_1 + R_2 + \frac{1}{j\omega \cdot C}}{R_1} \cdot U_E(\omega) = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot U_E(\omega) + \frac{1}{j\omega \cdot C \cdot R_1} \cdot U_E(\omega)$$

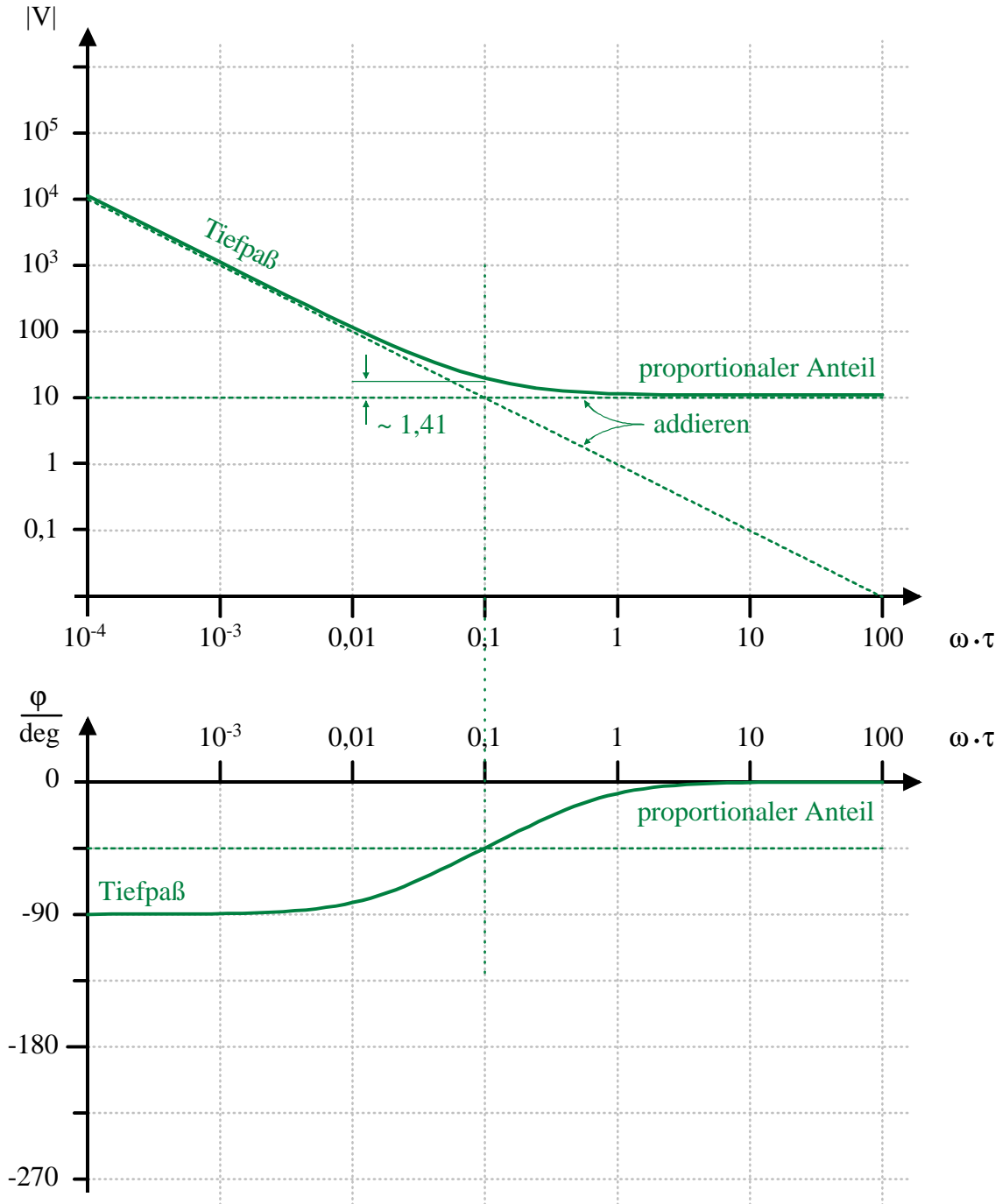
$$U_A(\omega) = 10 \cdot U_E(\omega) + \frac{1}{j\omega \cdot t} \cdot U_E(\omega)$$

mit $t = C \cdot R_1 = 1 \mu\text{F} \cdot 10\text{k}\Omega = 10\text{ms}$ und $\frac{R_1 + R_2}{R_1} = \frac{10\text{k}\Omega + 90\text{k}\Omega}{10\text{k}\Omega} = 10$

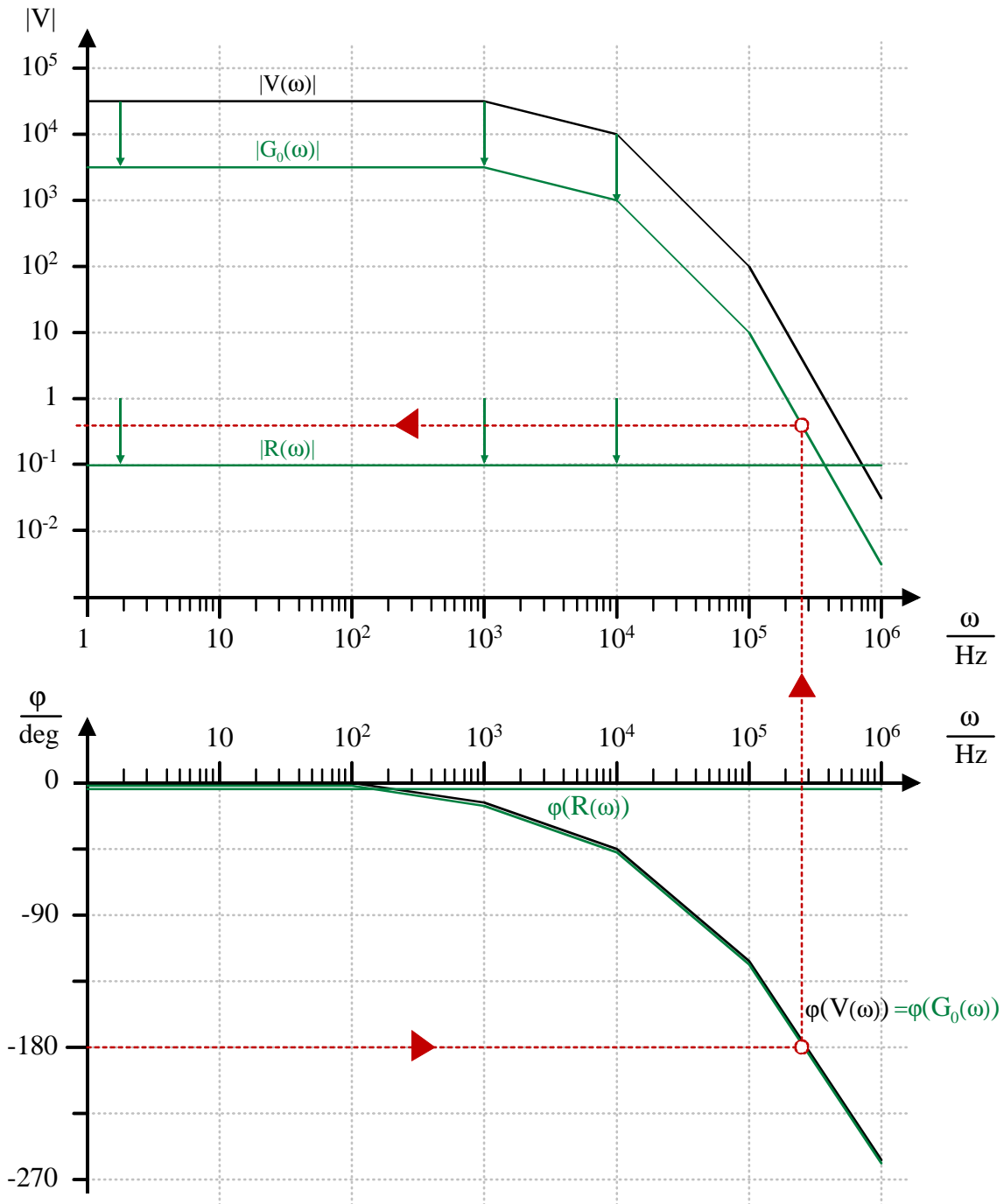
Für den Zeitbereich gilt dann entsprechend (ohne weitere Herleitung):

$$U_A(t) = 10 \cdot U_E(t) + \frac{1}{t} \cdot \int U_E(t) \cdot dt + U_{C0}$$

- b) Skizzieren Sie die Übertragungsfunktion im Frequenzbereich getrennt nach Betrag und Phase (Bode-Diagramm). Der Frequenzbereich soll dabei ca. 5–7 Dekaden abdecken. Bezeichnen Sie alle charakteristischen Größen. Teilfunktionen können als Hilfe eingetragen werden (ohne Wertung). Sie können die vorbereitete Grafik in Bild 2-2 als Grundlage verwenden.



- c) Ermitteln Sie grafisch, ob der reale Operationsverstärker in der o. g. Schaltung stabil arbeitet. Benutzen Sie dazu Bild 2-3 und erweitern es entsprechend. Erklären Sie kurz, weshalb die Schaltung stabil oder instabil arbeitet.



Die Schleifenverstärkung für einen Phasenwinkel von -180° (Mitkopplungsbedingung) ist kleiner als eins (ca. 0,4). Daher arbeitet die Schaltung stabil.