

Studentenmitteilung

1. Semester - WS 2004

Abt. Technische Informatik
 Gerätebeauftragter
 Dr. rer.nat. Hans-Joachim Lieske
 Tel.: [49]-0341-97 32213
 Zimmer: HG 02-37
 e-mail: lieske@informatik.uni-leipzig.de
 www: <http://www.ti-leipzig.de/~lieske/>
 Sprechstunde: Mi. 14⁰⁰ – 15⁰⁰

Datum: Freitag, 19. November 2004

Aufgaben zu Übung Grundlagen der Technischen Informatik 1

4. Aufgabenkomplex

Vorwiderstände von Silizium- und Leuchtdioden
 Berechnung einer Transistorschaltung

4. Aufgabenkomplex - 1. Aufgabe

Vorwiderstände von Silizium- und Leuchtdioden (LED)

Gegeben ist folgende Schaltung:

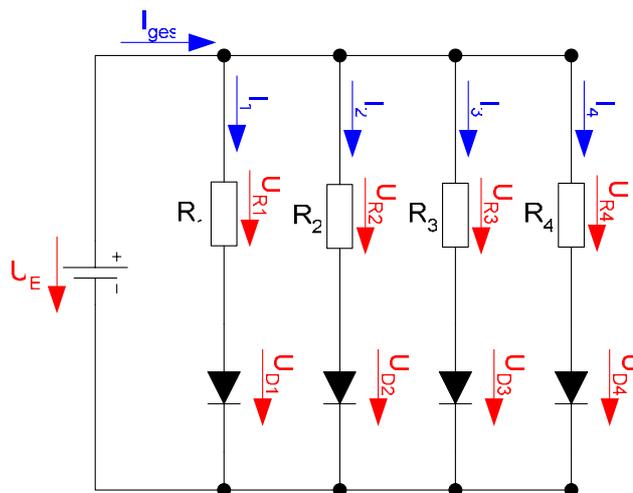
$$U_E = 10V$$

$$U_{AD1} = 0,7V$$

$$U_{AD2} = 1,8V$$

$$U_{AD3} = 2,0V$$

$$U_{AD4} = 3,8V$$



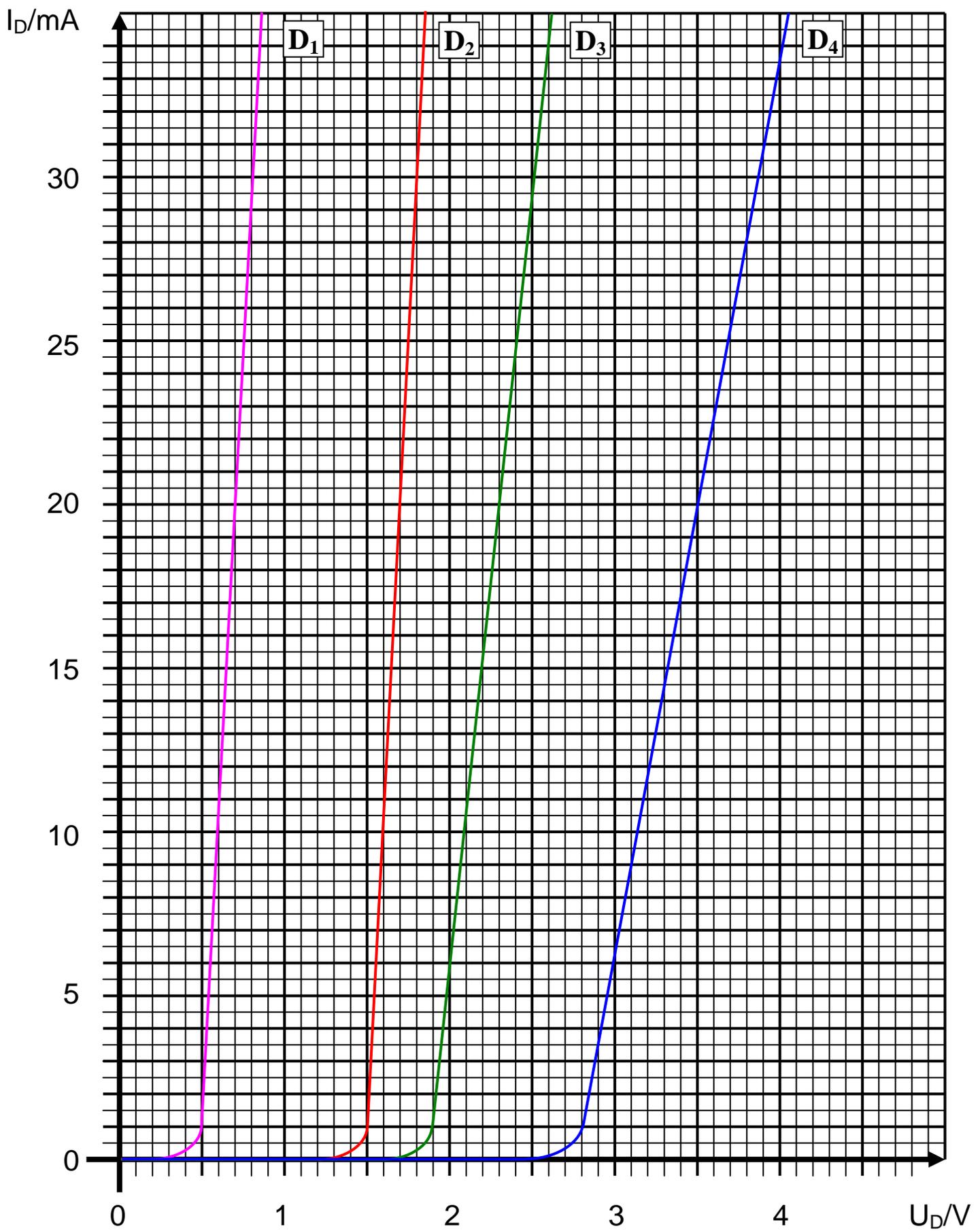
Die Dioden D_1 bis D_4 sollen an der Spannungsquelle U_E betrieben werden. Dabei fallen über die Dioden die Spannungen U_{AD1} - U_{AD4} ab. D_1 ist die Silizium-Diode, D_2 ist die rote Leuchtdiode, D_3 ist die grüne Leuchtdiode, D_4 ist die blaue Leuchtdiode.

Gesamtpunktzahl: 10 Punkte

Aufgaben:

1. Bestimmen Sie die Leerlaufspannungen $U_{LR1} \dots U_{LR4}$ für die Widerstände $R_1 \dots R_4$ **1 Punkt**
2. Bestimmen Sie die Ströme $I_{AD1} \dots I_{AD4}$ der Arbeitspunkte **1 Punkt**
3. Bestimmen Sie die Widerstände $R_1 \dots R_4$ mittels U_E, U_{AD} und I_{AD} **2 Punkte**
4. Bestimmen Sie die Ströme $I_{5V-1} \dots I_{5V-4}$ für die 4 Widerstandsgeraden (da die Leerlaufspannung ist nicht auf dem Blatt ist). Das Kennlinienblatt darf nicht verlängert werden **2 Punkte**
5. Bestimmen Sie die Kurzschlussströme $I_{KR1} \dots I_{KR4}$ ($I_{KRn} = U_E / R_n$) für die Widerstände $R_1 \dots R_4$. **2 Punkte**
6. Konstruieren Sie die Widerstandsgeraden. Bestimmen Sie dazu, wenn notwendig, die Spannungen $U_{35mA-1} \dots U_{35mA-4}$ (notwendig, wenn der Kurzschlussstrom nicht auf der I_D -Geraden ist) **2 Punkte**

Bemerkung: Alle Werte sind auf 4 Stellen zu berechnen. Beim Ablesen aus den Kennlinienfeldern genügen 2-3 Stellen. Wenn notwendig auf den nächstliegenden Strich runden. Im Zweifelsfall den nächst höheren wählen.
Als Hilfe können Sie die Unterlagen über die Leuchtdioden aus den Unterlagen im Lehrmaterial zum Hardwarepraktikum (Lernserver) verwenden.



4. Aufgabenkomplex - 2. Aufgabe

Berechnung einer Transistorschaltung

Berechnen Sie folgende Schaltung.

Werte: $U_B = 9V$
 $U_{CEA} = 4V$
 $I_{CA} = 32mA$
 $U_{BEA} = 0,7V$

Formeln:

$$U = I \cdot R$$

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

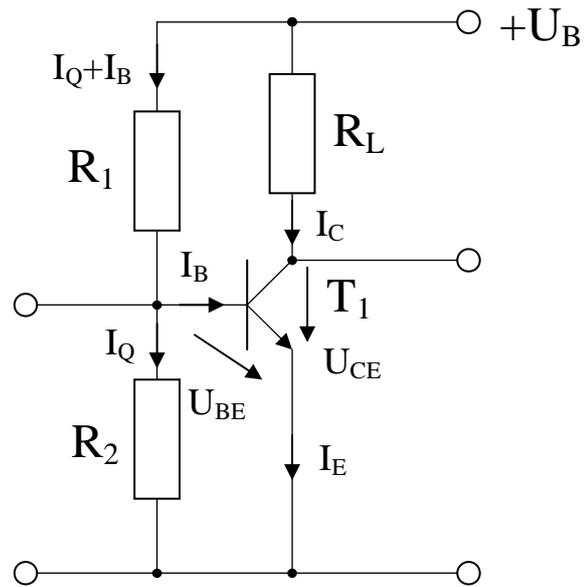
$$I_Q = 5 \cdot I_B$$

$$U_B = U_{R1} + U_{R2} = U_{RL} + U_{CE}$$

$$P_B = U_{BE} \cdot I_B \text{ mit } U_{BE} = 0,7V$$

$$P_C = U_{CE} \cdot I_C$$

$$P_{tot} = P_B + P_C$$



Gesamtpunktzahl: 20 Punkte

Aufgabe:

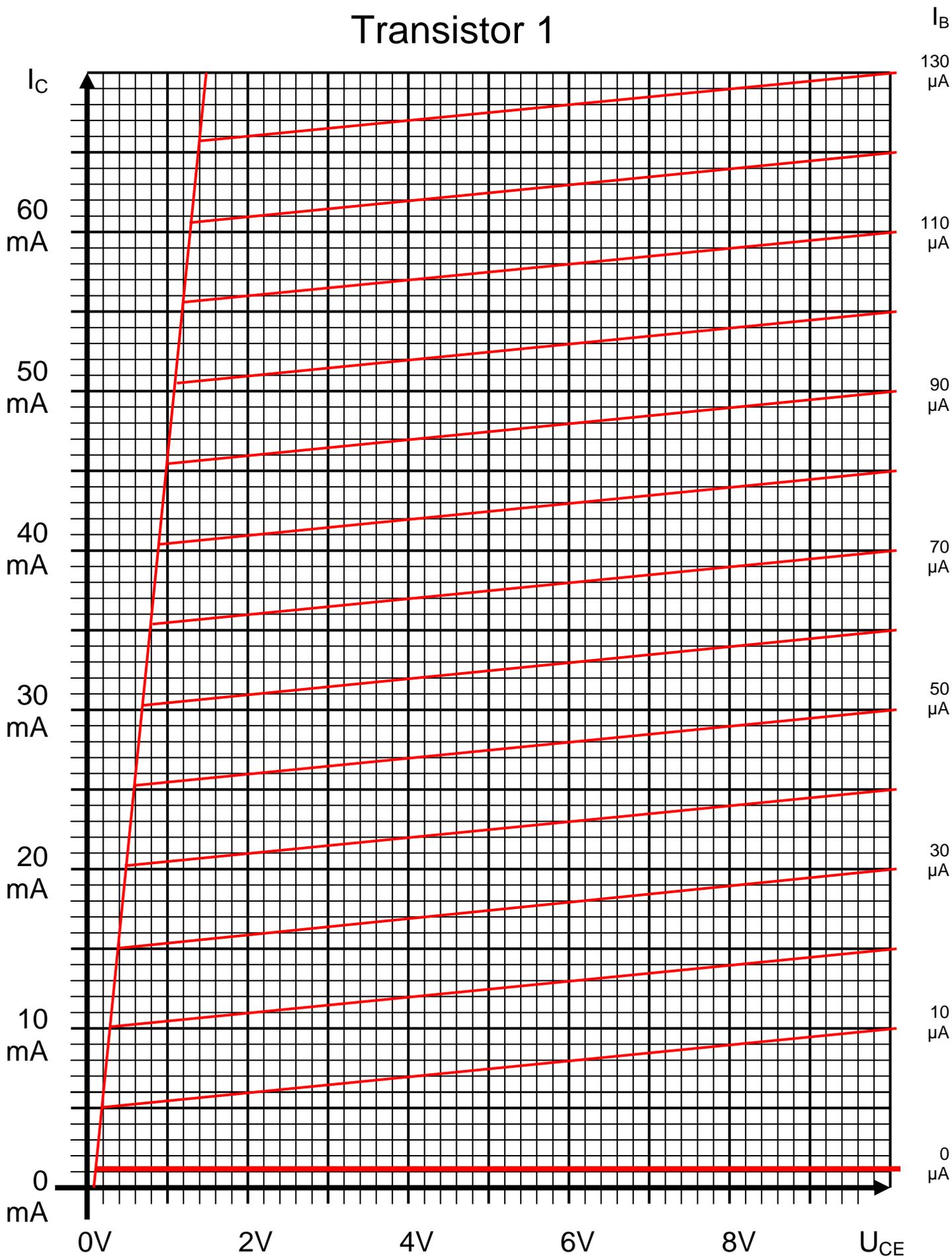
Berechnen Sie die Widerstände der Schaltung.

1. Zeichnen Sie mithilfe des Arbeitspunktes (U_{CEA} und I_{CA}) und der Betriebsspannung U_B die Widerstandsgerade für R_L im Kennlinienfeld **2 Punkte**
2. Bestimmen Sie mithilfe der Widerstandsgeraden den Kurzschlußstrom I_K im Kennlinienfeld **1 Punkt**
3. Berechnen Sie Wert des Widerstandes R_L aus der Betriebsspannung U_B und den Kurzschlußstrom I_K **1 Punkt**
4. Berechnen Sie den Strom I_{RL} durch den Widerstand R_L **1 Punkt**
5. Berechnen Sie die Spannung U_{RL} über den Widerstand R_L **1 Punkt**
6. Bestimmen Sie mithilfe des Kennlinienfeldes den Basisstrom I_{BA} für den Arbeitspunkt **1 Punkt**
7. Berechnen Sie die Stromverstärkung B_A für den Arbeitspunkt **1 Punkt**
8. Berechnen Sie Querstrom I_Q **1 Punkt**
9. Berechnen Sie den Strom I_{R1} durch den Widerstand R_1 **1 Punkt**
10. Berechnen Sie die Spannung U_{R1} über den Widerstand R_1 **1 Punkt**
11. Berechnen Sie den Widerstand R_1 **1 Punkt**
12. Berechnen Sie den Strom I_{R2} durch den Widerstand R_2 **1 Punkt**
13. Berechnen Sie die Spannung U_{R2} über den Widerstand R_2 **1 Punkt**
14. Berechnen Sie den Widerstand R_2 **1 Punkt**
15. Bestimmen Sie die Spannung U_{CE0} und den Strom I_{C0} für den nichtangesteuerten Transistor ($I_B=0$) mithilfe des Kennlinienfeldes **1 Punkt**
16. Bestimmen Sie die Spannung U_{CEmax} den Strom I_{Cmax} und den Basisstrom I_{Bmax} für den vollausgesteuerten Transistor ($I_C=max$) mithilfe des Kennlinienfeldes **1 Punkt**
17. Bestimmen Sie die Basisverlustleistung $P_B(0\mu A)$, $P_B(60\mu A)$ und $P_B(I_{Bmax})$ für die Basisströme $I_B=0\mu A$ und $I_B=60\mu A$ und I_{Bmax} **1 Punkt**
18. Bestimmen Sie die Kollektorverlustleistung $P_C(0\mu A)$, $P_C(60\mu A)$ und $P_C(I_{Bmax})$ für die Basisströme $I_B=0\mu A$ und $I_B=60\mu A$ und I_{Bmax} **1 Punkt**
19. Bestimmen Sie die Totale-Verlustleistung $P_{tot}(0\mu A)$, $P_{tot}(60\mu A)$ und $P_{tot}(I_{Bmax})$ für die Basisströme $I_B=0\mu A$ und $I_B=60\mu A$ und I_{Bmax} **1 Punkt**

Die Spannung unter Punkt 15 entspricht dem realen „high“ - Ausgangspegel und die unter Punkt 16 dem realen „low“ - Ausgangspegel. Die Spannung U_{CEmax} ist gerade am kleinsten wenn der Strom I_{Cmax} am größten ist.

Bemerkung: Alle Werte sind auf 4 Stellen zu berechnen. Beim Ablesen aus den Kennlinienfeldern genügen 2-3 Stellen. Wenn notwendig auf den nächstliegenden Strich runden. Im Zweifelsfall den nächst höheren wählen. Bei den Basisströmen ist möglicherweise zu interpolieren..

Transistor 1



Bemerkung:

Für alle Aufgaben gilt:

- 1. In allen Formeln mit Zahlen sind die Maßeinheiten mitzuschleifen.**
- 2. Bei den Endergebnissen sind die Maßeinheiten zu verwenden, die, wenn vorhanden, aus einem Buchstaben bestehen. Während der Rechnung können Sie nach eigenem Ermessen verfahren.**
- 3. Bei den Endergebnissen sind die $10^{\pm 3}$ Präfixe konsequent zu verwenden. Während der Rechnung können Sie nach eigenem Ermessen verfahren.
Präfixe nur verwenden, wenn eine Maßeinheit dahinter ist.**
- 4. Alle Aufgaben auf insgesamt 4 Stellen genau berechnen, wenn in Aufgabe nicht anders angegeben.**
- 5. Die Aufgaben sind zu nummerieren, auch die Teilaufgaben.**
- 6. Der Rechenweg muß ersichtlich sein. Gegebenenfalls das Schmierblatt anheften.**
- 7. Jedes Blatt ist wie folgt zu nummerieren Seite/Gesamtzahl der Seiten (z.B. Seite 6/8)**

Nichtbeachtung wird mit Punktabzug geahndet!

Präfixe zur Kennzeichnung des Vielfachen von gesetzlichen Einheiten (dezimal)		
Zeichen	Faktor	Bezeichnung
Y	10^{24}	Yotta
Z	10^{21}	Zetta
E	10^{18}	Exa
P	10^{15}	Peta
T	10^{12}	Tera
G	10^9	Giga
M	10^6	Mega
k	10^3	Kilo
m	10^{-3}	Milli
μ	10^{-6}	Mikro
n	10^{-9}	Nano
p	10^{-12}	Piko
f	10^{-15}	Femto
a	10^{-18}	Atto
z	10^{-21}	Zepto
y	10^{-24}	Yokto
Weniger gebräuchlich nur zu Information		
h	10^2	Hekto
da	10^1	Deka
d	10^{-1}	Dezi
c	10^{-2}	Zenti

Umgang mit den Präfixen am Beispiel einer 4 stelligen Genauigkeit:

--- , - Präfix Maßeinheit

-- , -- Präfix Maßeinheit

-, --- Präfix Maßeinheit

Beispiele:

216,4 μ F; 33,45kHz; 2,456M Ω ; 7,482A

Lösung:

4. Aufgabenkomplex - 1. Aufgabe

Vorwiderstände von Silizium- und Leuchtdioden (LED)

Aufgaben:

- Bestimmen Sie die Leerlaufspannungen $U_{LR1} \dots U_{LR4}$ für die Widerstände $R_1 \dots R_4$

$$U_{LR1} = U_{LR2} = U_{LR3} = U_{LR4} = 10V$$

- Bestimmen Sie die Ströme $I_{AD1} \dots I_{AD4}$ der Arbeitspunkte

aus dem Kennlinien abgelesen:

$$U_{AD1} = 0,7V \Rightarrow I_{AD1} = 20mA$$

$$U_{AD2} = 1,8V \Rightarrow I_{AD2} = 30mA$$

$$U_{AD3} = 2,0V \Rightarrow I_{AD3} = 6mA$$

$$U_{AD4} = 3,8V \Rightarrow I_{AD4} = 28mA$$

- Bestimmen Sie die Widerstände $R_1 \dots R_4$ mittels U_E, U_{AD} und I_{AD}

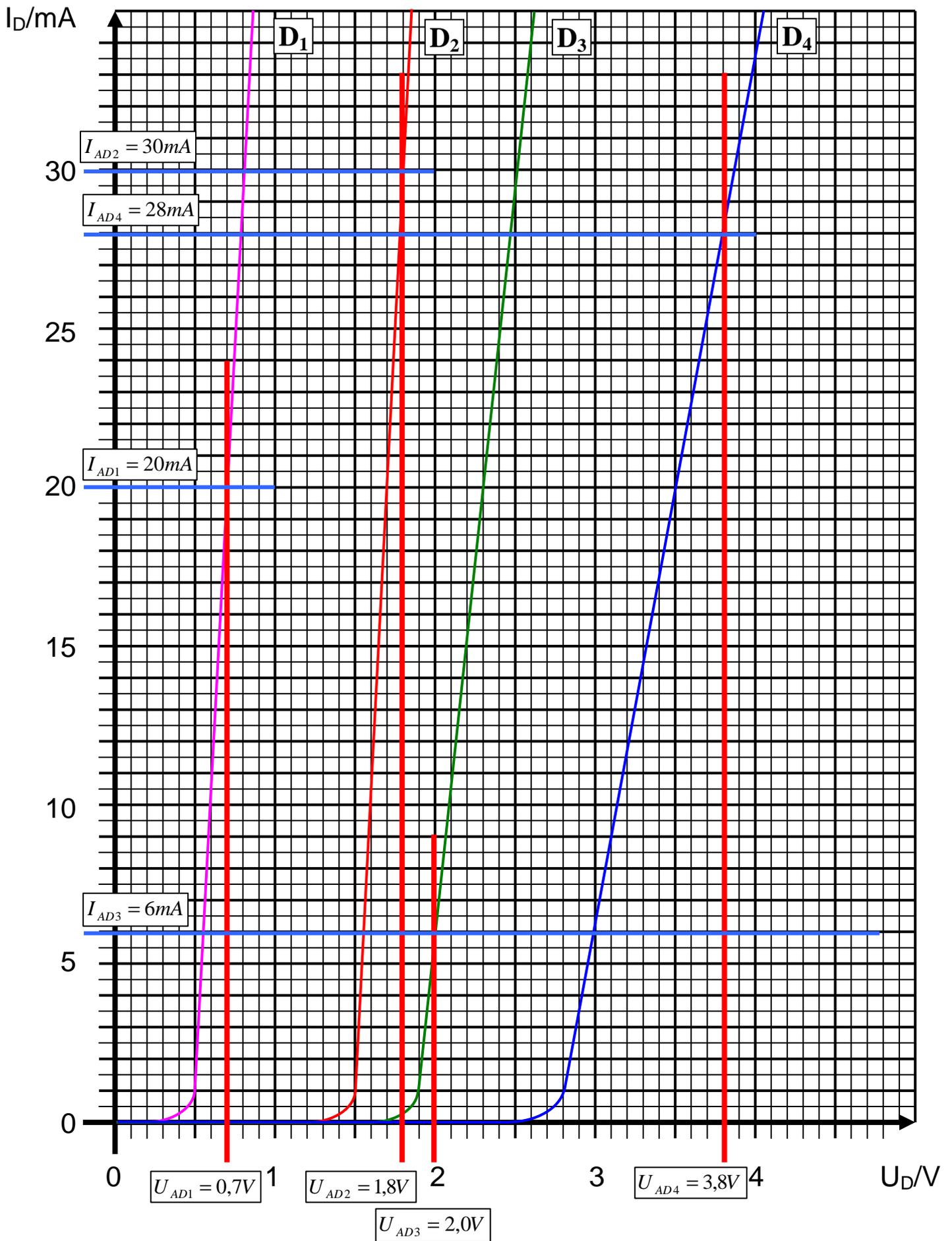
$$R_i = \frac{U_{Ri}}{I_{Ri}} = \frac{U_E - U_{Di}}{I_{Di}}$$

$$U_E = 10V; \quad U_{AD1} = 0,7V; \quad I_{AD1} = 20mA \Rightarrow R_1 = \frac{10V - 0,7V}{20mA} = \frac{9,3V}{20mA} = 0,465k\Omega = 465\Omega$$

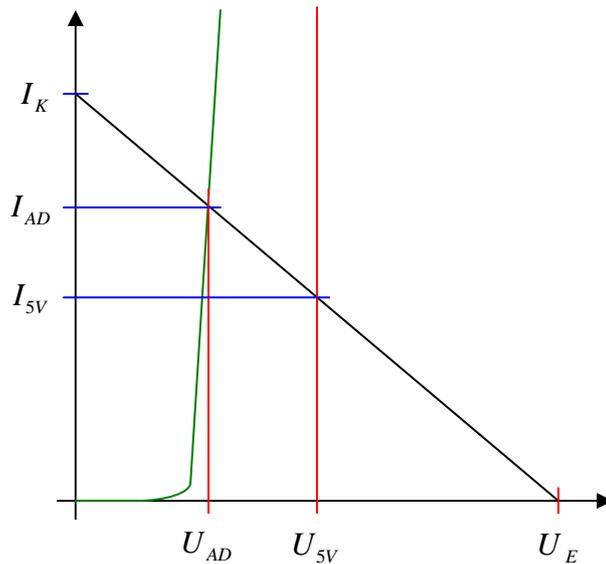
$$U_E = 10V; \quad U_{AD2} = 1,8V; \quad I_{AD2} = 30mA \Rightarrow R_2 = \frac{10V - 1,8V}{30mA} = \frac{8,2V}{30mA} = 0,2733k\Omega = 273,3\Omega$$

$$U_E = 10V; \quad U_{AD3} = 2V; \quad I_{AD3} = 6mA \Rightarrow R_3 = \frac{10V - 2V}{6mA} = \frac{8V}{6mA} = 1,333k\Omega$$

$$U_E = 10V; \quad U_{AD4} = 3,8V; \quad I_{AD4} = 28mA \Rightarrow R_4 = \frac{10V - 3,8V}{28mA} = \frac{6,2V}{28mA} = 0,2214k\Omega = 221,4\Omega$$



4. Bestimmen Sie die Ströme $I_{5V-1} \dots I_{5V-4}$ für die 4 Widerstandsgeraden (da die Leerlaufspannung ist nicht auf dem Blatt ist). Das Kennlinienblatt darf nicht verlängert werden



$$\frac{U_E - U_{AD}}{I_{AD}} = \frac{U_E - U_{5V}}{I_{5V}} \Rightarrow I_{5V} = \frac{U_E - U_{5V}}{U_E - U_{AD}} \cdot I_{AD}$$

$$\text{Diode 1: } U_E = 10V \quad U_{5V} = 5V \quad U_{AD1} = 0,7V \quad I_{AD1} = 20mA$$

$$I_{5V-1} = \frac{10V - 5V}{10V - 0,7V} \cdot 20mA = \frac{5V}{9,3V} \cdot 20mA = 0,5376 \cdot 20mA = 10,75mA$$

$$\text{Diode 2: } U_E = 10V \quad U_{5V} = 5V \quad U_{AD2} = 1,8V \quad I_{AD2} = 30mA$$

$$I_{5V-2} = \frac{10V - 5V}{10V - 1,8V} \cdot 30mA = \frac{5V}{8,2V} \cdot 30mA = 0,6098 \cdot 30mA = 18,29mA$$

$$\text{Diode 3: } U_E = 10V \quad U_{5V} = 5V \quad U_{AD3} = 2V \quad I_{AD3} = 6mA$$

$$I_{5V-3} = \frac{10V - 5V}{10V - 2V} \cdot 6mA = \frac{5V}{8V} \cdot 6mA = 0,625 \cdot 6mA = 3,75mA$$

$$\text{Diode 4: } U_E = 10V \quad U_{5V} = 5V \quad U_{AD4} = 3,8V \quad I_{AD4} = 28mA$$

$$I_{5V-4} = \frac{10V - 5V}{10V - 3,8V} \cdot 28mA = \frac{5V}{6,2V} \cdot 28mA = 0,8065 \cdot 28mA = 22,58mA$$

5. Bestimmen Sie die Kurzschlussströme $I_{KR1} \dots I_{KR4}$ ($I_{KRn} = U_E / R_n$) für die Widerstände $R_1 \dots R_4$.

$$I_{KRi} = \frac{U_E}{R_i}$$

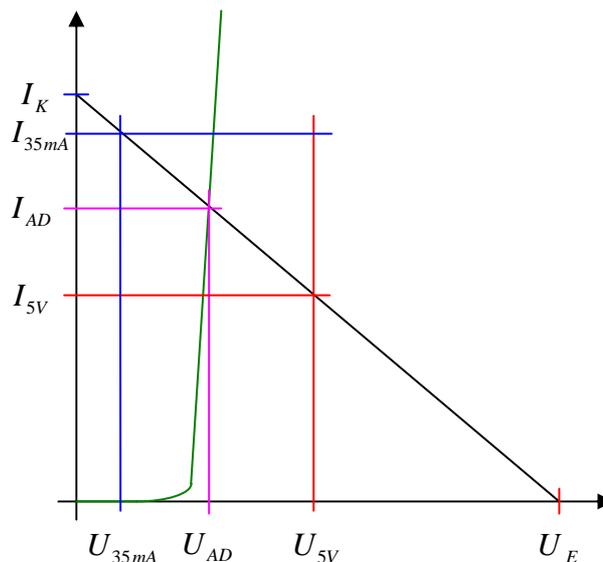
$$U_E = 10V; \quad R_1 = 465\Omega \quad \Rightarrow \quad I_{KR1} = \frac{10V}{465\Omega} = 0,02151 A = 21,51mA$$

$$U_E = 10V; \quad R_2 = 273,3\Omega \quad \Rightarrow \quad I_{KR2} = \frac{10V}{273,3\Omega} = 0,03659 A = 36,59mA$$

$$U_E = 10V; \quad R_3 = 1,333k\Omega \quad \Rightarrow \quad I_{KR3} = \frac{10V}{1,333k\Omega} = 0,007502 A = 7,502mA$$

$$U_E = 10V; \quad R_4 = 221,4\Omega \quad \Rightarrow \quad I_{KR4} = \frac{10V}{221,4\Omega} = 0,04517 A = 45,17mA$$

6. Konstruieren Sie die Widerstandsgeraden. Bestimmen Sie dazu, wenn notwendig, die Spannungen $U_{35mA-1} \dots U_{35mA-4}$ (notwendig, wenn der Kurzschlussstrom nicht auf der I_D -Geraden ist)



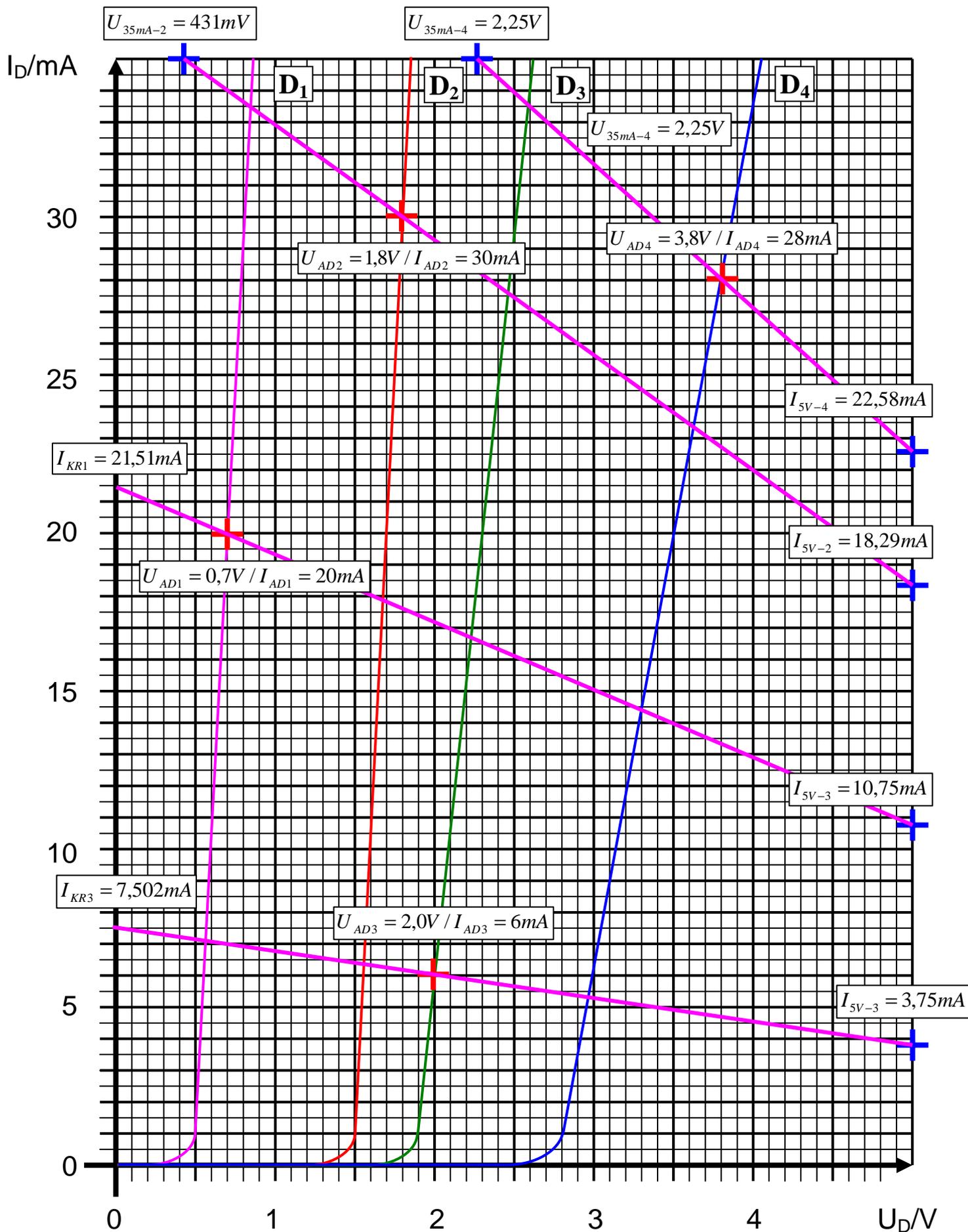
$$R = \frac{U_E - U_{AD}}{I_{AD}} = \frac{U_E - U_{5V}}{I_{5V}} = \frac{U_E - U_{35mA}}{I_{35mA}} \quad \Rightarrow \quad U_{35mA} = U_E - \frac{I_{35mA}}{I_{AD}}(U_E - U_{AD})$$

$$\text{Diode 2: } U_E = 10V \quad I_{35mA} = 35mA \quad U_{AD2} = 1,8V \quad I_{AD2} = 30mA$$

$$U_{35mA-2} = 10V - \frac{35mA}{30mA}(10V - 1,8V) = 10V - 1,167 \cdot 8,2V = 10V - 9,569 = 0,431V = 431mV$$

$$\text{Diode 4: } U_E = 10V \quad I_{35mA} = 35mA \quad U_{AD4} = 3,8V \quad I_{AD4} = 28mA$$

$$U_{35mA-4} = 10V - \frac{35mA}{28mA}(10V - 3,8V) = 10V - 1,25 \cdot 6,2V = 10V - 7,75V = 2,25V$$



4. Aufgabenkomplex - 2. Aufgabe

Berechnung einer Transistorschaltung

Aufgabe:

Berechnen Sie die Widerstände der Schaltung.

1. Zeichnen Sie mithilfe des Arbeitspunktes (U_{CEA} und I_{CA}) und der Betriebsspannung U_B die Widerstandsgerade für R_L im Kennlinienfeld
2. Bestimmen Sie mithilfe der Widerstandsgeraden den Kurzschlußstrom I_K im Kennlinienfeld

Aus dem Kennlinienfeld:

$$I_K \approx 57,5mA$$

Berechnet:

$$\frac{U_B - U_{CEA}}{I_{CA}} = \frac{U_B}{I_k} \Rightarrow I_k = \frac{U_B \cdot I_{CA}}{U_B - U_{CEA}}$$
$$\text{Transistor: } U_B = 9V \quad U_{CEA} = 4V \quad I_{CA} = 32mA$$
$$I_k = \frac{9V \cdot 32mA}{9V - 4V} = \frac{9V \cdot 32mA}{5V} = 57,6mA$$

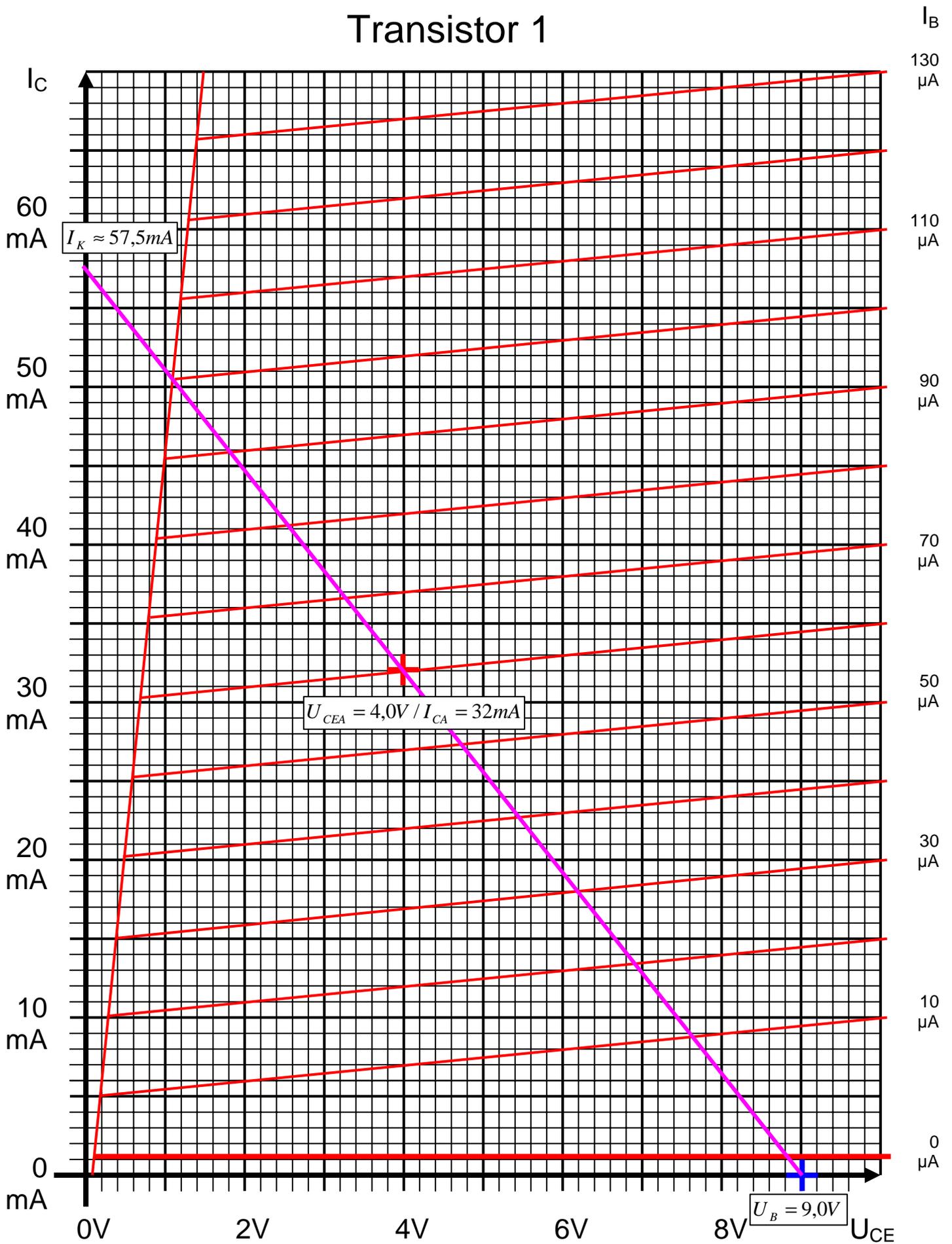
3. Berechnen Sie Wert des Widerstandes R_L aus der Betriebsspannung U_B und den Kurzschlußstrom I_K

$$R_L = \frac{U_B - U_{CEA}}{I_{CA}} = \frac{U_B}{I_k}$$
$$\text{Transistor: } U_B = 9V \quad I_k = 57,6mA$$
$$I_k = \frac{9V}{57,6mA} = 156,25\Omega \approx 156,3\Omega$$

4. Berechnen Sie den Strom I_{RL} durch den Widerstand R_L

$$I_{RL} = I_{CA}$$
$$\text{Transistor: } I_{CA} = 32mA$$
$$I_{RL} = 32mA$$

Transistor 1



5. Berechnen Sie die Spannung U_{RL} über den Widerstand R_L

$$U_B = U_{CEA} + U_{RL} \Rightarrow U_{RL} = U_B - U_{CEA}$$

Transistor: $U_B = 9V$ $U_{CEA} = 4V$

$$U_{RL} = 9V - 4V = 5V$$

6. Bestimmen Sie mithilfe des Kennlinienfeldes den Basisstrom I_{BA} für den Arbeitspunkt

Aus dem Kennlinienfeld:

$$I_{BA} = 60\mu A$$

7. Berechnen Sie die Stromverstärkung B_A für den Arbeitspunkt

$$B_A = \frac{I_{CA}}{I_{BA}}$$

Transistor: $I_{CA} = 32mA$ $I_{BA} = 60\mu A$

$$B_A = \frac{32mA}{60\mu A} = 533,3$$

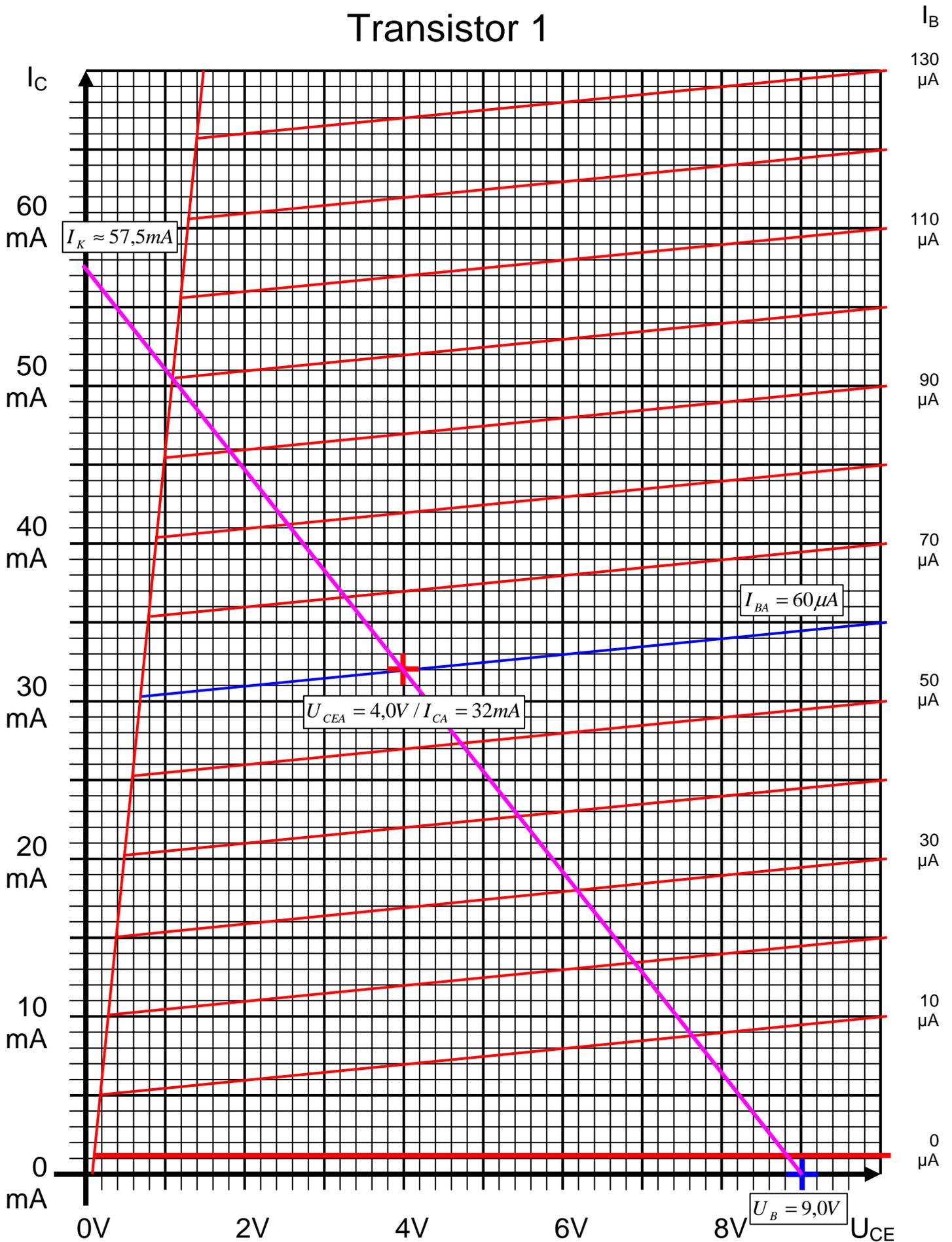
8. Berechnen Sie Querstrom I_Q

$$I_Q = 5 \cdot I_{BA}$$

Transistor: $I_{BA} = 60\mu A$

$$I_Q = 5 \cdot 60\mu A = 300\mu A$$

Transistor 1



9. Berechnen Sie den Strom I_{R1} durch den Widerstand R_1
10. Berechnen Sie die Spannung U_{R1} über den Widerstand R_1
11. Berechnen Sie den Widerstand R_1

$$U_{R1} = U_B - U_{BEA} \quad I_{R1} = I_{BA} + I_Q \quad R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}}$$

Transistor: $U_B = 9V \quad U_{BEA} = 700mV \quad I_{BA} = 60\mu A \quad I_Q = 300\mu A$

$$U_{R1} = 9V - 0,7V = 8,3V \quad I_{R1} = 60\mu A + 300\mu A = 360\mu A$$

$$R_1 = \frac{8,3V}{360\mu A} = 23,06k\Omega$$

12. Berechnen Sie den Strom I_{R2} durch den Widerstand R_2
13. Berechnen Sie die Spannung U_{R2} über den Widerstand R_2
14. Berechnen Sie den Widerstand R_2

$$I_K \approx 57,5mA$$

$$U_{R2} = U_{BEA} \quad I_{R2} = I_Q \quad R_2 = \frac{U_{R2}}{I_{R2}}$$

Transistor: $U_{BEA} = 700mV \quad I_Q = 300\mu A$

$$U_{R2} = 0,7V \quad I_{R2} = 300\mu A$$

$$R_1 = \frac{0,7V}{300\mu A} = 2,333k\Omega$$

$$U_B = 9,0V$$

15. Bestimmen Sie die Spannung U_{CE0} und den Strom I_{C0} für den nichtangesteuerten Transistor ($I_B=0$) mithilfe des Kennlinienfeldes

Aus dem Kennlinienfeld:

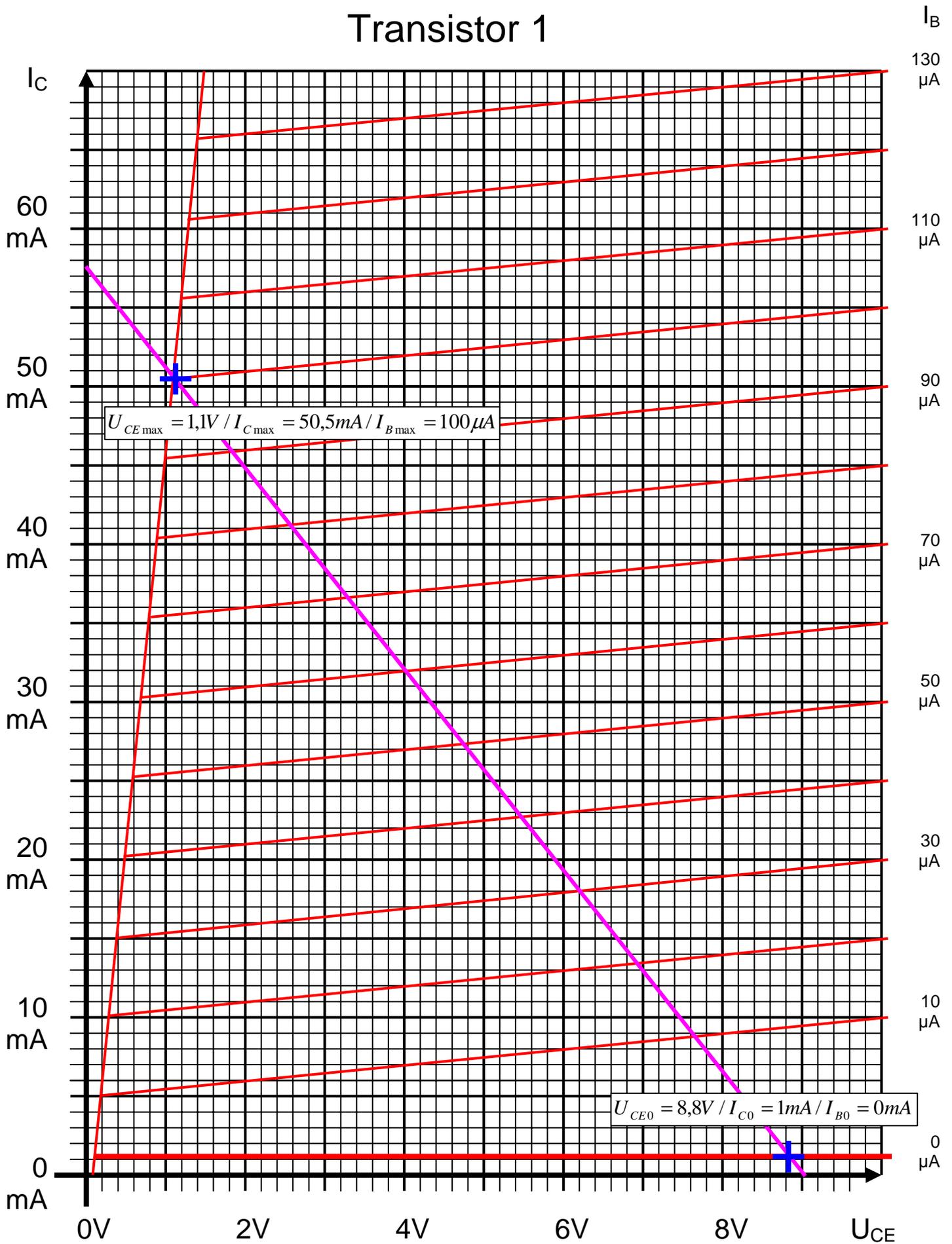
$$U_{CE0} = 8,8V / I_{C0} = 1mA / I_{B0} = 0mA$$

16. Bestimmen Sie die Spannung U_{CEmax} den Strom I_{Cmax} und den Basisstrom I_{Bmax} für den vollausgesteuerten Transistor ($I_C=max$) mithilfe des Kennlinienfeldes

Aus dem Kennlinienfeld:

$$U_{CEmax} = 1,1V / I_{Cmax} = 50,5mA / I_{Bmax} = 100\mu A$$

Transistor 1



17. Bestimmen Sie die Basisverlustleistung $P_B(0\mu A)$, $P_B(60\mu A)$ und $P_B(I_{Bmax})$ für die Basisströme $I_B=0\mu A$ und $I_B=60\mu A$ und I_{Bmax}

$$P_B(I_B) = U_{BE} \cdot I_B$$

$$U_{BE} = 0,7V \quad I_B = 0\mu A \quad \Rightarrow \quad P_B(0\mu A) = 0,7V \cdot 0\mu A = 0\mu W$$

$$U_{BE} = 0,7V \quad I_B = 60\mu A \quad \Rightarrow \quad P_B(60\mu A) = 0,7V \cdot 60\mu A = 42\mu W$$

$$U_{BE} = 0,7V \quad I_{Bmax} = 100\mu A \quad \Rightarrow \quad P_B(100\mu A) = 0,7V \cdot 100\mu A = 70\mu W$$

- 18 Bestimmen Sie die Kollektorverlustleistung $P_C(0\mu A)$, $P_C(60\mu A)$ und $P_C(I_{Bmax})$ für die Basisströme $I_B=0\mu A$ und $I_B=60\mu A$ und I_{Bmax}

$$P_C(I_B) = U_{CE} \cdot I_C$$

$$I_B = 0\mu A \quad U_{CE} = 8,8V \quad I_C = 1mA \quad \Rightarrow \quad P_C(0\mu A) = 8,8V \cdot 1mA = 8,8mW$$

$$I_B = 60\mu A \quad U_{CE} = 4,0V \quad I_C = 32mA \quad \Rightarrow \quad P_C(60\mu A) = 4,0V \cdot 32mA = 128mW$$

$$I_B = 100\mu A \quad U_{CE} = 1,1V \quad I_C = 50,5mA \quad \Rightarrow \quad P_C(100\mu A) = 1,1V \cdot 50,5mA = 55,55mW$$

- 19 Bestimmen Sie die Totale-Verlustleistung $P_{tot}(0\mu A)$, $P_{tot}(60\mu A)$ und $P_{tot}(I_{Bmax})$ für die Basisströme $I_B=0\mu A$ und $I_B=60\mu A$ und I_{Bmax}

$$P_{Ctot}(I_B) = P_B(I_B) + P_C(I_B) \quad (= U_{BE} \cdot I_B + U_{CE} \cdot I_C)$$

$$I_B = 0\mu A \quad P_B(0\mu A) = 0\mu W \quad P_C(0\mu A) = 8,8mW \\ \Rightarrow \quad P_{tot}(0\mu A) = 0\mu W + 8,8mW = 8,8mW$$

$$I_B = 60\mu A \quad P_B(60\mu A) = 42\mu W \quad P_C(60\mu A) = 128mW \\ \Rightarrow \quad P_{tot}(60\mu A) = 42\mu W + 128mW = 128,042mW \approx 128mW$$

$$I_B = 100\mu A \quad P_B(100\mu A) = 70\mu W \quad P_C(100\mu A) = 55,55mW \\ \Rightarrow \quad P_{tot}(100\mu A) = 70\mu W + 55,55mW = 55,62mW$$