

## Studentenmitteilung

1. Semester - WS 2002

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](mailto:lieske@informatik.uni-leipzig.de)  
 www: <http://www.ti-leipzig.de/~lieske/>  
 Sprechstunde: Mi. 14<sup>00</sup> – 15<sup>00</sup>

Datum: 15. November 2002

## Aufgaben zu Übung Grundlagen der Technischen Informatik 1

### 3. Aufgabenkomplex Kennlinien von Halbleiterbauelementen

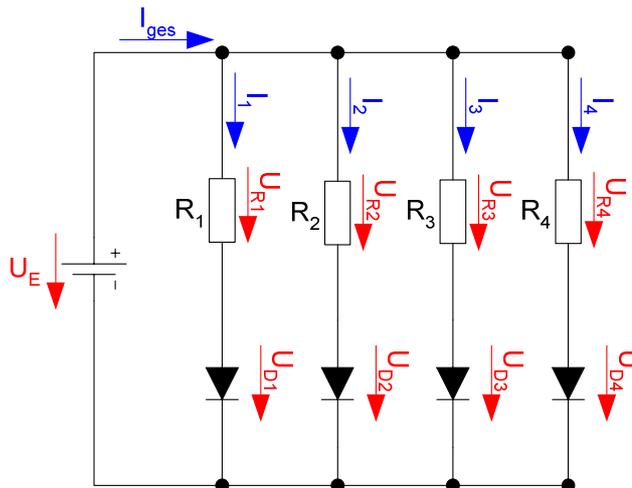
#### 3. Aufgabenkomplex - 1. Aufgabe

#### Vorwiderstände von Silizium- und Leuchtdioden (LED)

Gegeben ist folgende Schaltung:

$$U_E = 5V$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 20mA$$



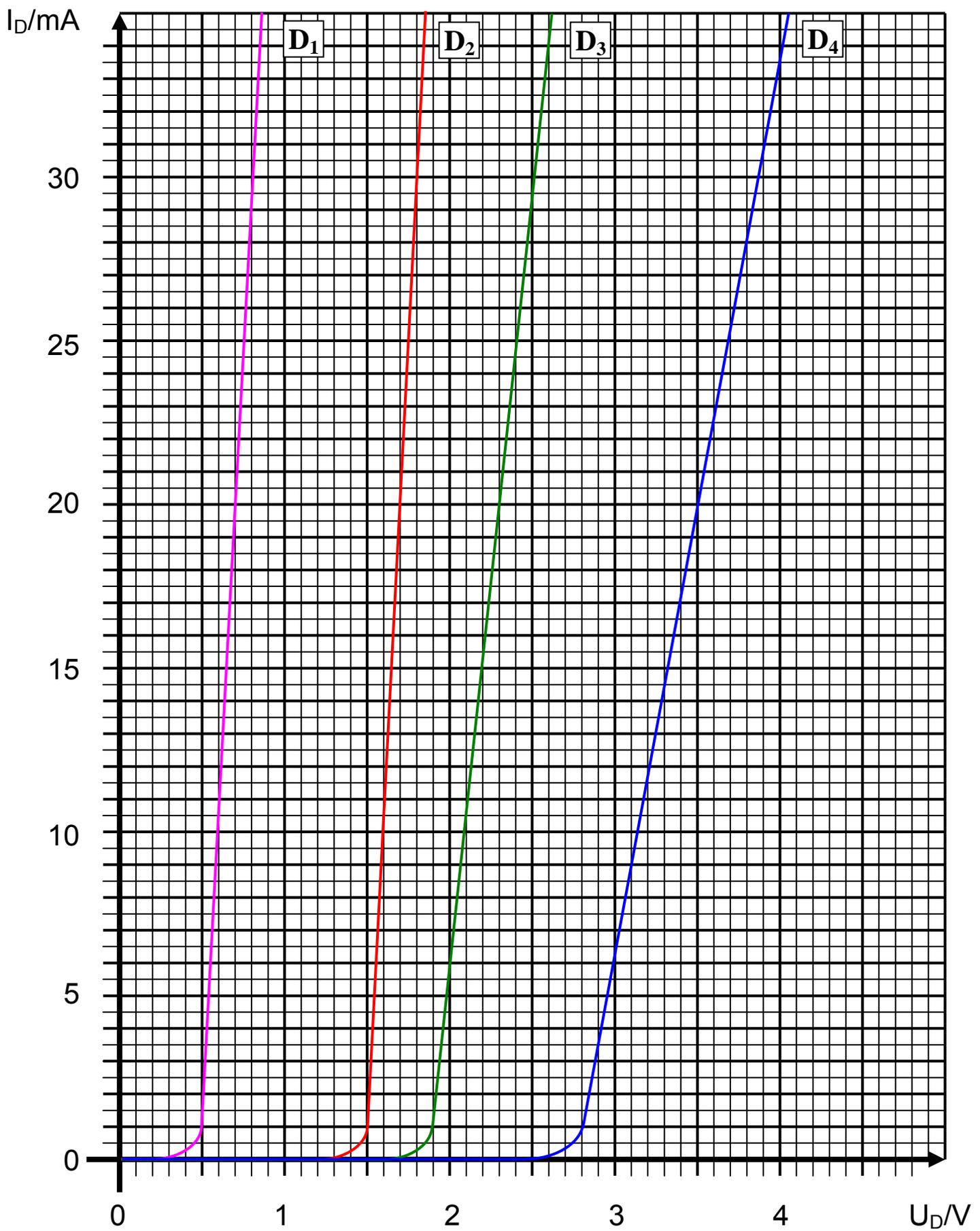
Die Dioden  $D_1$  bis  $D_4$  sollen an der Spannungsquelle  $U_1$  betrieben werden. Dabei soll durch jede Diode der Strom von 20 mA fließen.

Aufgaben:

**Gesamtpunktzahl: 10 Punkte**

1. Bestimmen Sie die mathematische Funktion der Kennlinie  $I_{D1} = f(U_{D1})$  und  $I_{D4} = f(U_{D4})$  für das Intervall  $I \in [1;20]mA$ . **1 Punkt**
2. Bestimmen Sie die Leerlaufspannungen  $U_{LR1} \dots U_{LR4}$  für die Widerstände  $R_1 \dots R_4$ . **1 Punkt**
3. Bestimmen Sie die Spannungen  $U_{AD1} \dots U_{AD4}$  der Arbeitspunkte. **2 Punkte**
4. Konstruieren Sie die Widerstandsgeraden. **2 Punkte**
5. Bestimmen Sie die Widerstände  $R_1 \dots R_4$  mittels  $U_E, U_{AD}$  und  $I_A$ . **2 Punkte**
6. Bestimmen Sie die Kurzschlussströme  $I_{KR1} \dots I_{KR4}$  ( $I_{KRn} = U_E / R_n$ ) für die Widerstände  $R_1 \dots R_4$ .  
Überprüfen sie diese, soweit möglich, anhand der Widerstandsgeraden. **1 Punkt**
7. Welche weitere Möglichkeit gibt es  $R_1 \dots R_4$  zu bestimmen. **1 Punkt**

**Bemerkung: Alle Werte sind auf 3 Stellen zu bestimmen. Beim Ablesen aus den Kennlinienfeldern auf den nächstliegenden Strich runden.  
Als Hilfe können Sie die Unterlagen über die Leuchtdioden aus den Unterlagen im Lehrmaterial zum Hardwarepraktikum (Lernserver) verwenden.**



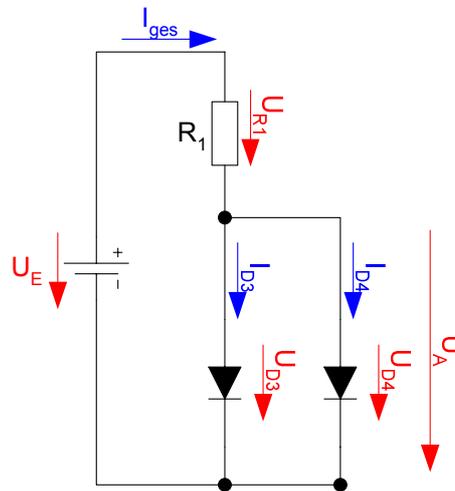
### 3. Aufgabenkomplex - 2. Aufgabe

#### Parallelschaltung von Halbleiterdioden

Unterschiedliche Leuchtdioden sollte man nicht parallel schalten. Ein Beispiel soll das zeigen.

$$U_E = 5V$$

$$R_1 = 200\Omega$$



Aufgaben:

**Gesamtpunktzahl: 10 Punkte**

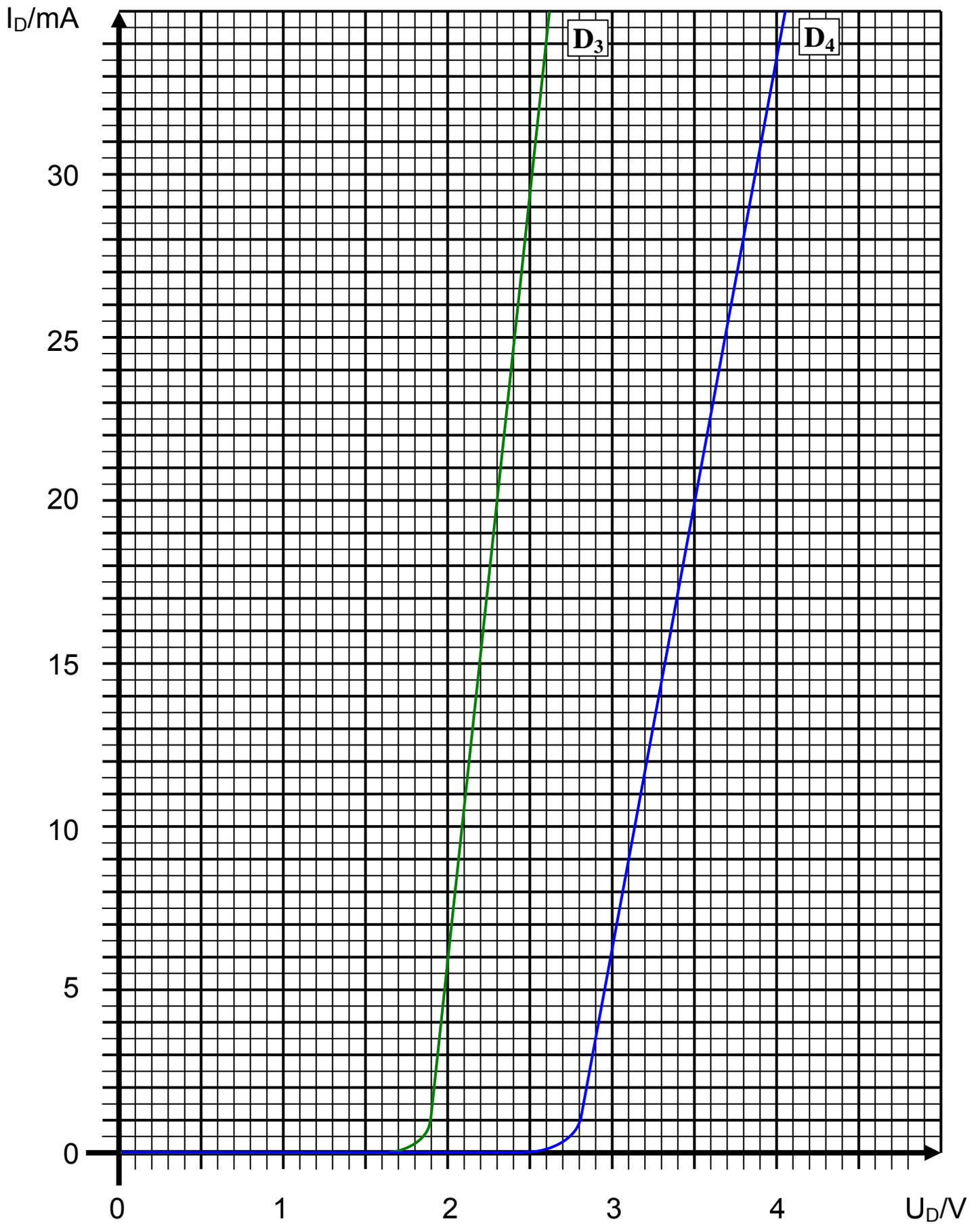
1. Konstruieren Sie die Ersatzkennlinie der Parallelschaltung der Dioden für das Intervall  $I \in [1;35]mA$  ! **0,5 Punkte**
2. Bestimmen Sie die Leerlaufspannungen  $U_{LR1}$  für den Widerstand  $R_1$  ! **0,5 Punkte**
3. Bestimmen Sie den Kurzschlussstrom  $I_{KR1}$  des Widerstandes  $R_1$  ! **0,5 Punkte**
4. Konstruieren Sie die Widerstandsgeraden! **0,5 Punkte**
5. Bestimmen Sie die Spannung  $U_A$  des Arbeitspunktes der Parallelschaltung! **0,5 Punkte**
6. Bestimmen Sie den Strom  $I_A = I_{ges}$  des Arbeitspunktes der Parallelschaltung! **0,5 Punkte**
7. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{A-D3}$  über die Diode 3! **1 Punkt**
8. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{A-D4}$  über die Diode 4! **1 Punkt**
9. Bestimmen Sie den Strom  $I_{A-D3}$  durch die Diode 3! **1 Punkt**
10. Bestimmen Sie den Strom  $I_{A-D4}$  durch die Diode 4! **1 Punkt**
11. Bestimmen Sie den Strom  $I_{R1}$  durch den Widerstand  $R_1$  ! **1 Punkt**
12. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{R1}$  über den Widerstand  $R_1$  ! **1 Punkt**
13. Wie leuchten die Dioden? **1 Punkt**

Bemerkung:

Alle Werte sind auf 3 Stellen zu bestimmen. Beim Ablesen aus den Kennlinienfeldern auf den nächstliegenden Strich runden.

Als Hilfe können Sie die Unterlagen über die Leuchtdioden aus den Unterlagen im Lehrmaterial zum Hardwarepraktikum (Lernserver) verwenden.

Vorsicht, die Aufgabe ist etwas hinterhältig! Sie soll zeigen, wie man etwas nicht machen soll. Bei der Parallelschaltung addieren sich die Ströme für jeden Spannungswert. Zu beginnen ist dabei mit der Diode mit dem niedrigsten Spannungen und die Ströme der Diode mit den höheren sind zu addieren. Ist für einen Spannungswert der Strom der zweiten Diode Null, so ändert sich die Kennlinie der ersten Diode nicht.



### 3. Aufgabenkomplex - 3. Aufgabe

#### Berechnung einer Transistorschaltung

Berechnen Sie folgende Schaltung.

Werte:  $U_B = 5V$   
 $U_{CEA} = 2,5V$   
 $I_{CA} = 16mA$   
 $U_{BEA} = 0,7V$

Formeln:

$$U = I \cdot R$$

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

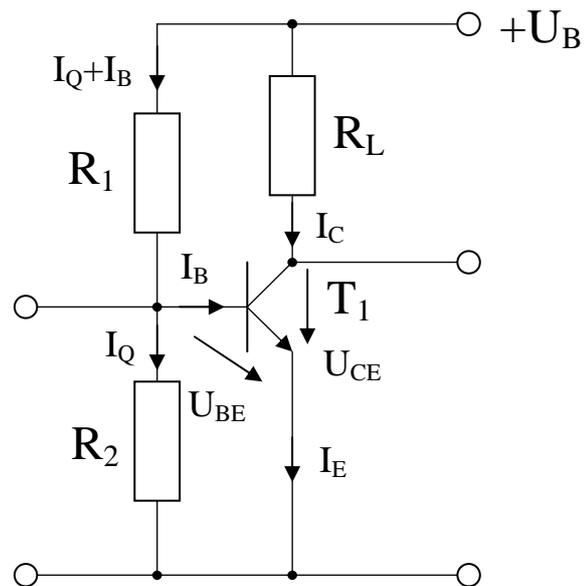
$$I_Q = 5 \cdot I_B$$

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

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

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

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



Aufgabe:

Berechnen Sie die Widerstände der Schaltung.

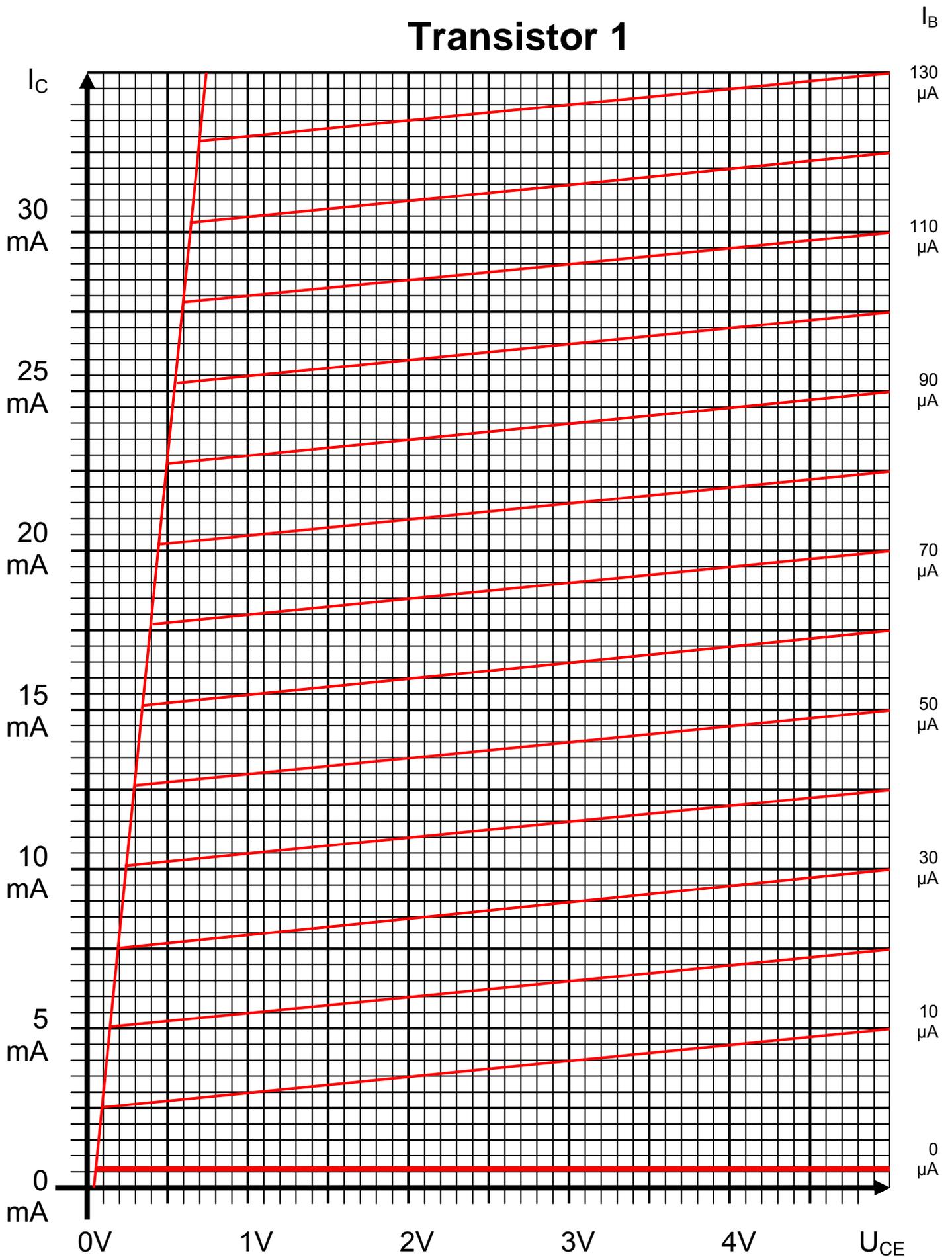
**Gesamtpunktzahl: 10 Punkte**

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

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 3 Stellen zu bestimmen. Beim Ablesen aus den Kennlinienfeldern auf den nächsten Strich runden. Im Zweifelsfalle auf den nächst höheren.**

# Transistor 1



**Bemerkung:**

**Für alle Aufgaben gilt:**

- 1. In allen Formeln 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
$\mu$	$10^{-6}$	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 $\mu$ F; 33,45kHz; 2,456M $\Omega$ ; 7,482A

## Lösung:

### 3. Aufgabenkomplex - 1. Aufgabe

#### Vorwiderstände von Silizium- und Leuchtdioden (LED)

Aufgaben:

- Bestimmen Sie die mathematische Funktion der Kennlinie  $I_{D1} = f(U_{D1})$  und  $I_{D4} = f(U_{D4})$  für das Intervall  $I \in [1;20]mA$ .

$$I = f(U) = a \cdot U + b$$

$$\text{mit } a = \frac{I_2 - I_1}{U_2 - U_1} \quad \text{und} \quad b = I_1 - a \cdot U_1 = I_2 - a \cdot U_2$$

1. Kennlinie 1 (Siliziumdiode)

$$U_{1,1} = 500mV; \quad U_{1,2} = 700mV \quad I_{1,1} = 1mA; \quad I_{1,2} = 20mA$$

$$a = \frac{20mA - 1mA}{700mV - 500mV} = \frac{19mA}{200mV} = \frac{19mA}{0,2V} = 95mS$$

$$b = 1mA - 95mS \cdot 500mV = 20mA - 95mS \cdot 700mV = -46,5mA$$

$$I_{D1} = 95mS \cdot U_{D1} - 46,5mA$$

2. Kennlinie 4 (blaue Leuchtdiode)

$$U_{2,1} = 2,8V; \quad U_{2,2} = 3,5V \quad I_{2,1} = 1mA; \quad I_{2,2} = 20mA$$

$$a = \frac{20mA - 1mA}{3,5V - 2,8V} = \frac{19mA}{700mV} = \frac{19mA}{0,7V} = 27,14mS$$

$$b = 1mA - 27,14mS \cdot 2,8V = -74,992mA = 20mA - 27,14mS \cdot 3,5V = -74,99mA \approx -75mA$$

$$I_{D2} = 27,14mS \cdot U_{D2} - 75mA$$

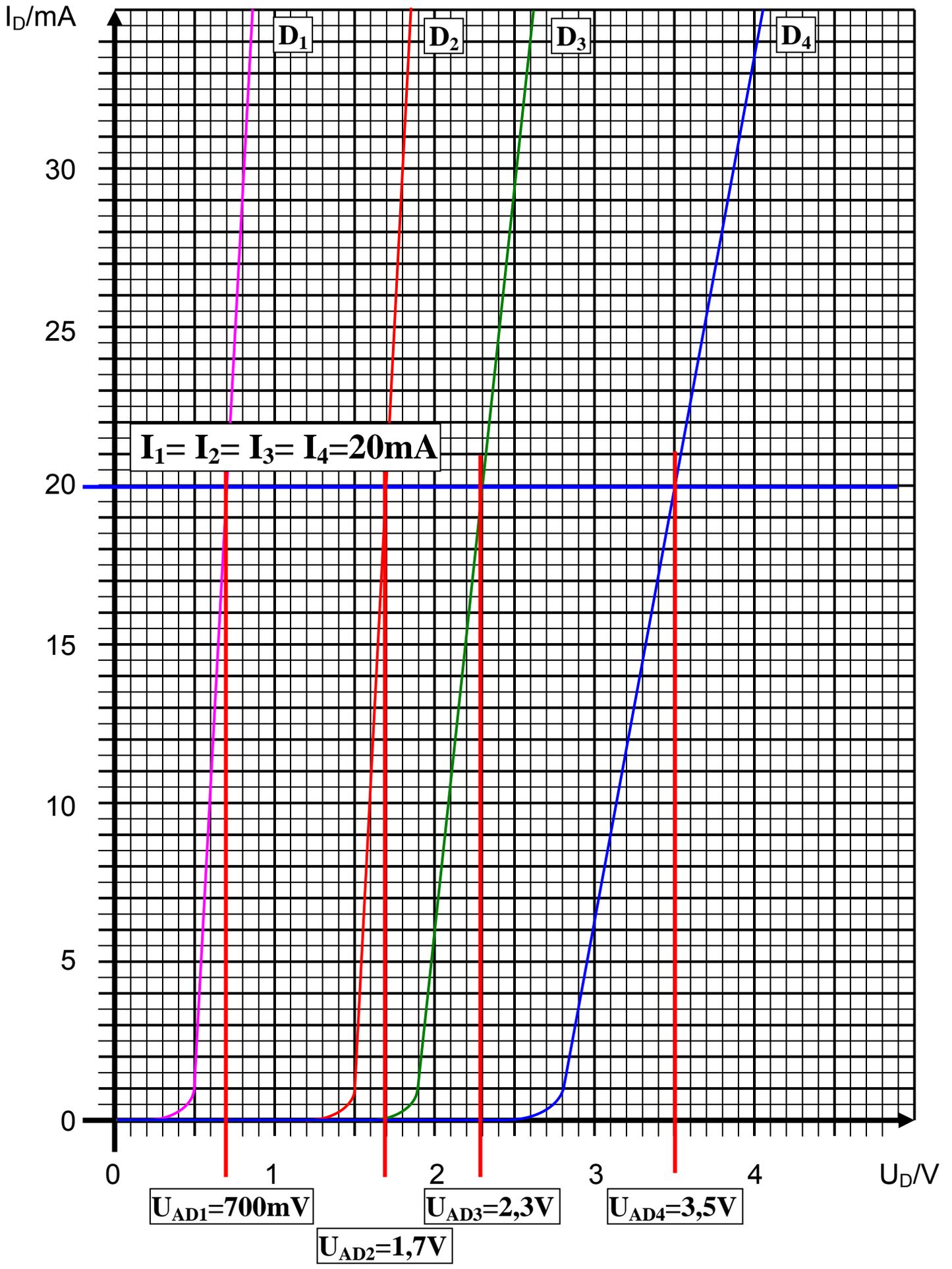
2. Bestimmen Sie die Leerlaufspannungen  $U_{LR1} \dots U_{LR4}$  für die Widerstände  $R_1 \dots R_4$ .

$$\begin{aligned} U_E &= 5V \\ U_{LR1} &= U_{LR2} = U_{LR3} = U_{LR4} = U_E \\ U_{LR1} &= U_{LR2} = U_{LR3} = U_{LR4} = 5V \end{aligned}$$

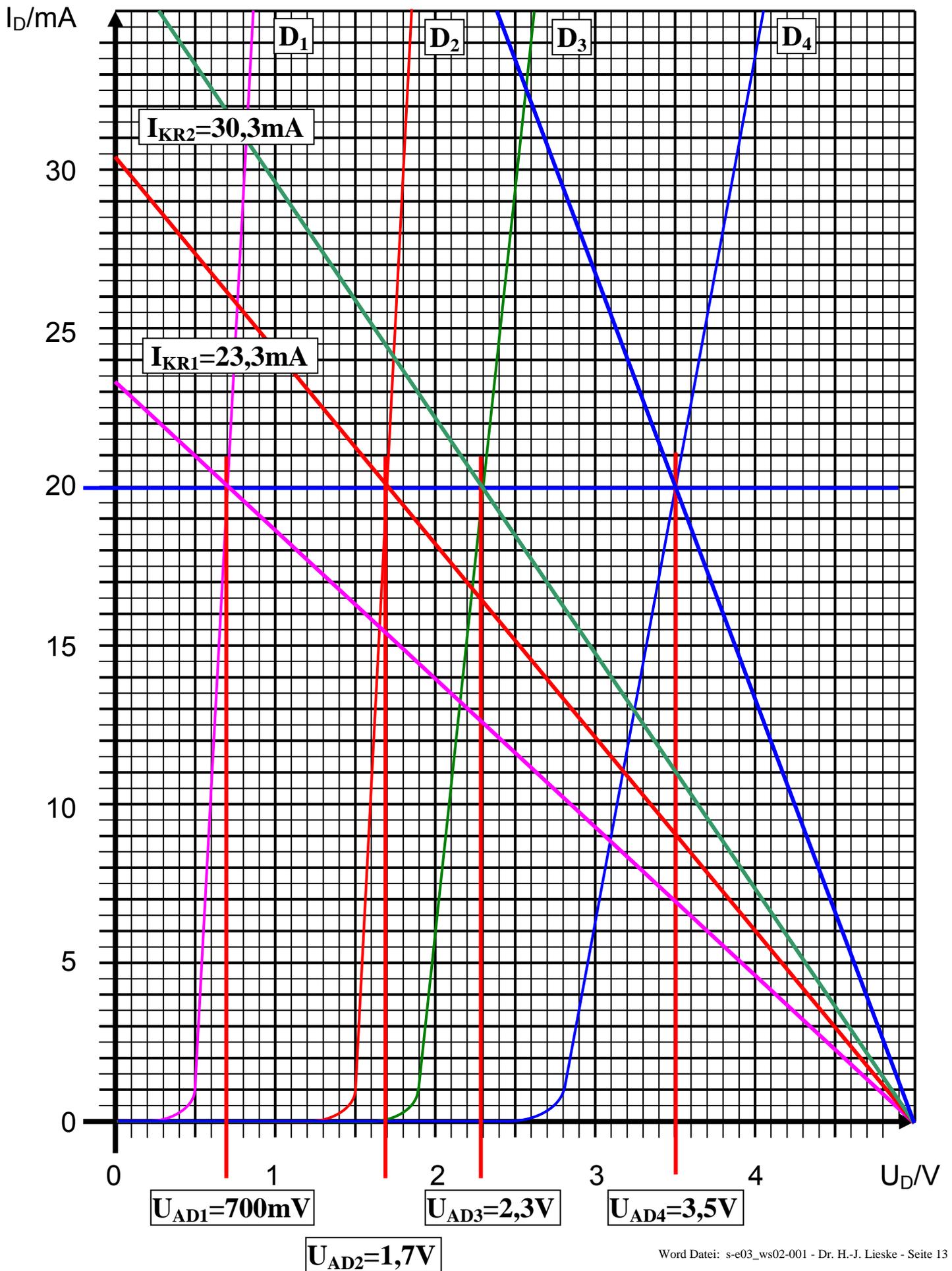
3. Bestimmen Sie die Spannungen  $U_{AD1} \dots U_{AD4}$  der Arbeitspunkte.

*Aus der Kennlinie folgt:*

$$\begin{aligned} I_1 = 20mA &\Rightarrow U_{AD1} = 0,7V \\ I_2 = 20mA &\Rightarrow U_{AD2} = 1,7V \\ I_3 = 20mA &\Rightarrow U_{AD3} = 2,3V \\ I_4 = 20mA &\Rightarrow U_{AD4} = 3,5V \end{aligned}$$



4. Konstruieren Sie die Widerstandsgeraden.



5. Bestimmen Sie die Widerstände  $R_1 \dots R_4$  mittels  $U_E, U_{AD}$  und  $I_A$ .

$$\begin{aligned}
 U_E &= 5V \\
 U_{AD1} &= 0,7V \quad U_{AD2} = 1,7V \quad U_{AD3} = 2,3V \quad U_{AD4} = 3,5V \\
 I_{AR1} &= 20mA \quad I_{AR2} = 20mA \quad I_{AR3} = 20mA \quad I_{AR4} = 20mA \\
 \\ 
 U_{AR1} &= U_E - U_{AD1} = 5V - 0,7V = 4,3V \Rightarrow R_1 = \frac{U_{AR1}}{I_{AR1}} = \frac{4,3V}{20mA} = 215\Omega \\
 \\ 
 U_{AR2} &= U_E - U_{AD2} = 5V - 1,7V = 3,3V \Rightarrow R_2 = \frac{U_{AR2}}{I_{AR2}} = \frac{3,3V}{20mA} = 165\Omega \\
 \\ 
 U_{AR3} &= U_E - U_{AD3} = 5V - 2,3V = 2,7V \Rightarrow R_3 = \frac{U_{AR3}}{I_{AR3}} = \frac{2,7V}{20mA} = 135\Omega \\
 \\ 
 U_{AR4} &= U_E - U_{AD4} = 5V - 3,5V = 1,5V \Rightarrow R_4 = \frac{U_{AR4}}{I_{AR4}} = \frac{1,5V}{20mA} = 75\Omega
 \end{aligned}$$

6. Bestimmen Sie die Kurzschlussströme  $I_{KR1} \dots I_{KR4}$  ( $I_{KRn} = U_E / R_n$ ) für die Widerstände  $R_1 \dots R_4$ . Überprüfen sie diese, soweit möglich, anhand der Widerstandsgeraden.

$$\begin{aligned}
 U_E &= 5V \\
 R_1 &= 215\Omega \quad R_2 = 165\Omega \quad R_3 = 135\Omega \quad R_4 = 75\Omega \\
 \\ 
 I_{KR1} &= \frac{U_E}{R_1} = \frac{5V}{215\Omega} = 23,3mA \\
 \\ 
 I_{KR2} &= \frac{U_E}{R_2} = \frac{5V}{165\Omega} = 30,3mA \\
 \\ 
 I_{KR3} &= \frac{U_E}{R_3} = \frac{5V}{135\Omega} = 37,0mA \\
 \\ 
 I_{KR4} &= \frac{U_E}{R_4} = \frac{5V}{75\Omega} = 66,7mA
 \end{aligned}$$

$I_{KR1}$  und  $I_{KR2}$  wurden anhand des Kennlinienfeldes bestätigt.

7. Welche weitere Möglichkeit gibt es  $R_1 \dots R_4$  zu bestimmen.

Die Widerstände können auch unter Verwendung des Kurzschlussstromes  $I_K$  und der Leerlaufspannung  $U_L$  bestimmt werden.

### 3. Aufgabenkomplex - 2. Aufgabe

#### Parallelschaltung von Halbleiterdioden

1. Konstruieren Sie die Ersatzkennlinie der Parallelschaltung der Dioden für das Intervall  $I \in [1;35]mA$  !

Für den genannten Strombereich der Diode 3 (grüne Leuchtdiode). Das entspricht dem Spannungsbereich von 1,7V bis 2,6V. In diesem Bereich ist der Strom der Diode 4 (blaue Leuchtdiode) null. Das heißt, dass in diesem Bereich nur die Kennlinie der Diode 3 (grüne Leuchtdiode) wirksam ist.

2. Bestimmen Sie die Leerlaufspannungen  $U_{LR1}$  für den Widerstand  $R_1$  !

$$\begin{array}{l} U_E = 5V \\ U_{LR1} = U_E \\ U_{LR1} = 5V \end{array}$$

3. Bestimmen Sie den Kurzschlussstrom  $I_{KR1}$  des Widerstandes  $R_1$  !

$$\begin{array}{l} U_E = 5V \\ R_1 = 200\Omega \\ I_{KR1} = \frac{U_E}{R_1} = \frac{5V}{200\Omega} = 25mA \end{array}$$

4. Konstruieren Sie die Widerstandsgeraden!

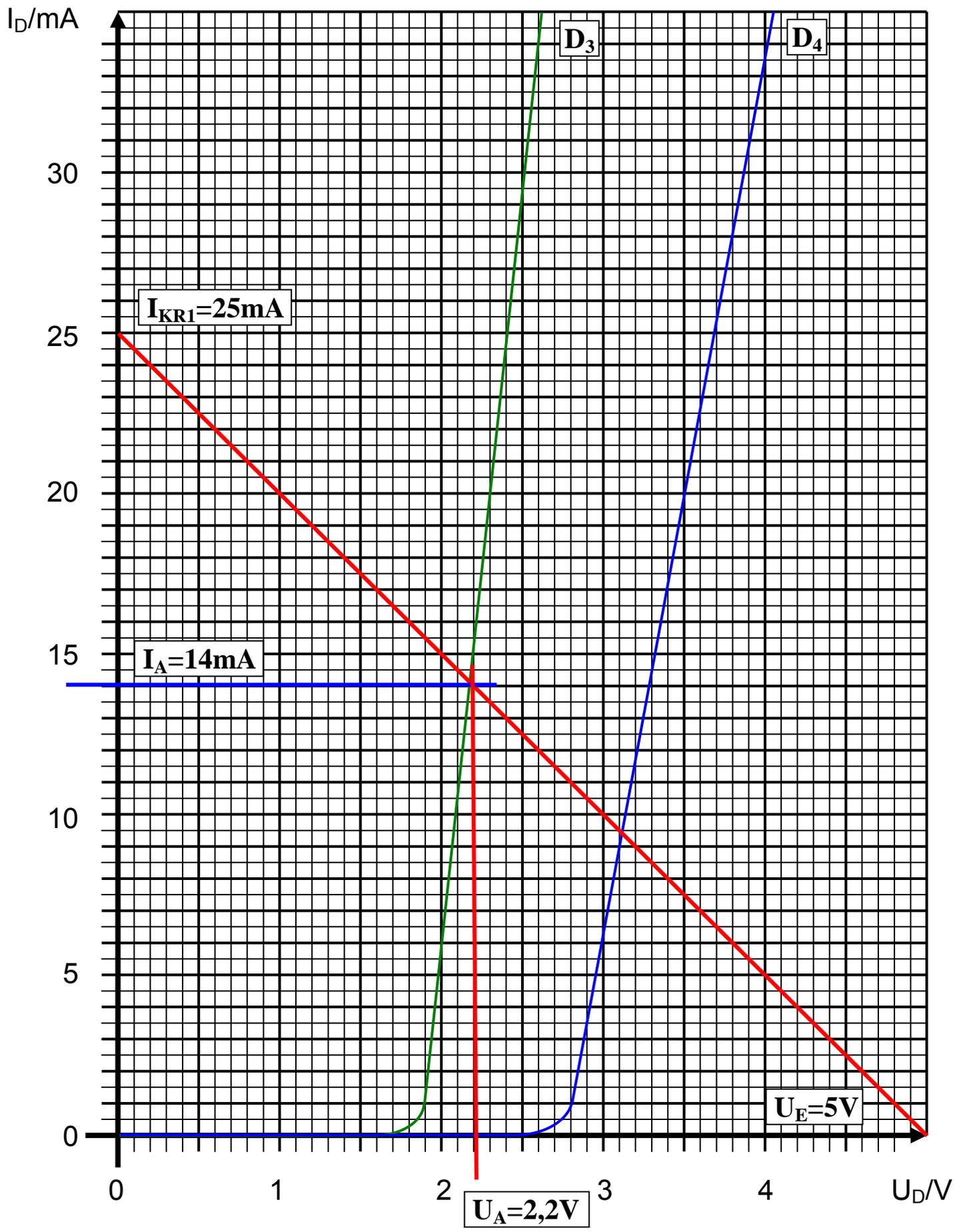
Siehe Kennlinie

5. Bestimmen Sie die Spannung  $U_A$  des Arbeitspunktes der Parallelschaltung!

$$\text{Aus Kennlinie : } U_A = 2,2V$$

6. Bestimmen Sie den Strom  $I_A = I_{ges}$  des Arbeitspunktes der Parallelschaltung!

$$\text{Aus Kennlinie : } I_A = 14mA$$



7. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{A-D3}$  über die Diode 3!

$$\text{Aus Kennlinie : } U_{A-D3} = U_A = 2,2V$$

8. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{A-D4}$  über die Diode 4!

$$\text{Aus Kennlinie : } U_{A-D4} = U_A = 2,2V$$

9. Bestimmen Sie den Strom  $I_{A-D3}$  durch die Diode 3!

$$\text{Aus Kennlinie : } I_{A-D3} = I_A = 14mA$$

10. Bestimmen Sie den Strom  $I_{A-D4}$  durch die Diode 4!

$$\text{Aus Kennlinie : } I_{A-D4} = 0mA$$

11. Bestimmen Sie den Strom  $I_{R1}$  durch den Widerstand  $R_1$ !

$$\text{Aus Kennlinie : } I_{R1} = I_A = 14mA$$

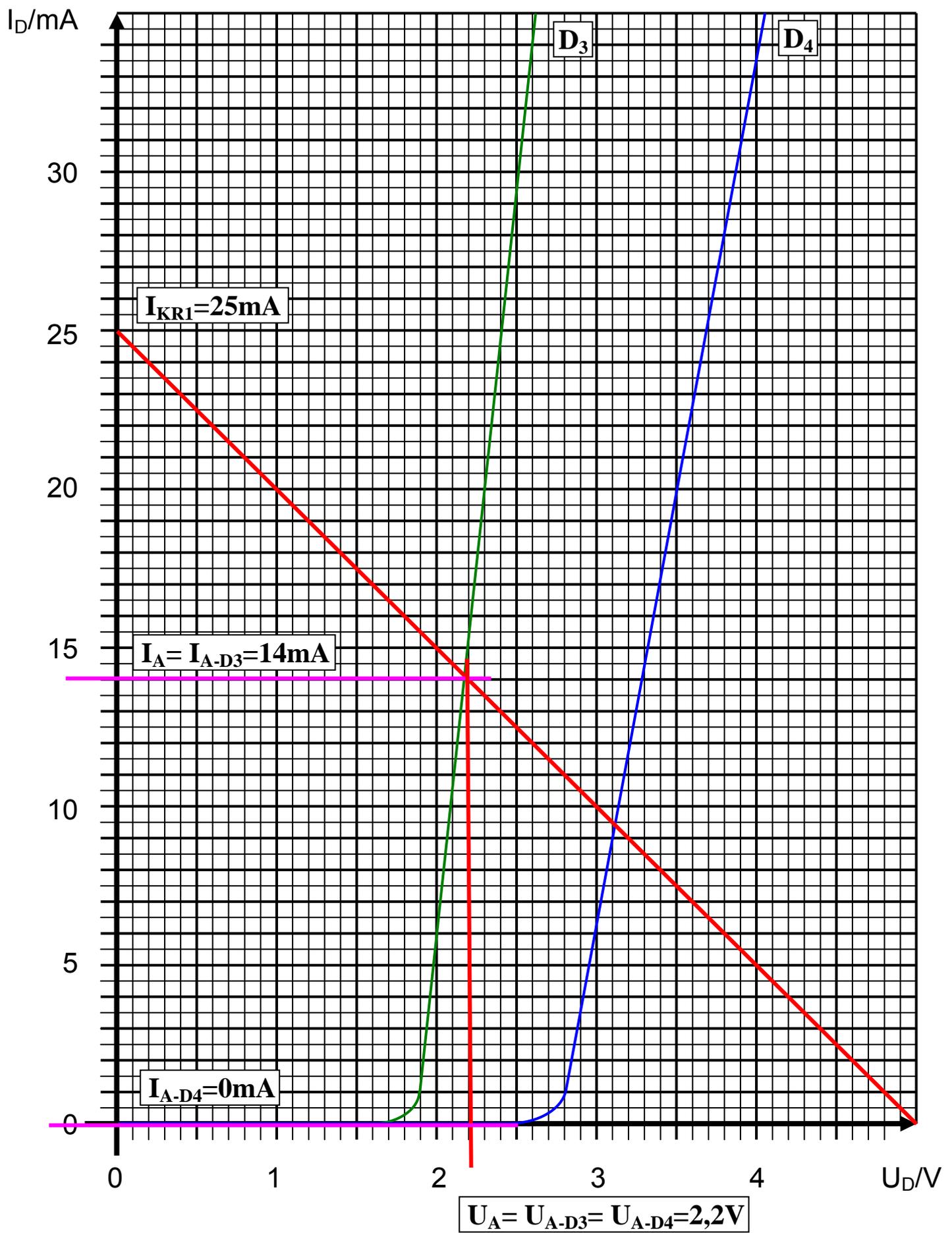
12. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{R1}$  über den Widerstand  $R_1$ !

$$U_{R1} = U_E - U_A \quad U_{R1} = 5V - 2,2V = 2,8V$$

13. Wie leuchten die Dioden?

**Die Diode 3 leuchtet (mittelmäßig) da durch sie ein Strom von 14 mA fließt. Die Diode 4 dagegen leuchtet nicht, da durch sie kein Strom fließt.**

**Bei unterschiedlichen Dioden wird die eine Diode übermäßig belastet, die andere dagegen ganz wenig oder gar nicht.**



### 3. Aufgabenkomplex - 3. 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.

Siehe Kennlinienfeld

2. Bestimmen Sie mithilfe der Widerstandsgeraden den Kurzschlußstrom  $I_K$  im Kennlinienfeld.

$$\boxed{\text{Aus dem Kennlinienfeld: } I_K = 32mA}$$

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

$$\boxed{R_L = \frac{U_B}{I_K} \quad R_L = \frac{5V}{32mA} = 156,25\Omega \approx 156\Omega}$$

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

$$\boxed{I_{RL} = I_C = 16mA}$$

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

$$\boxed{U_{RL} = U_E - U_{CEA} \quad U_{RL} = 5V - 2,5V = 2,5V}$$

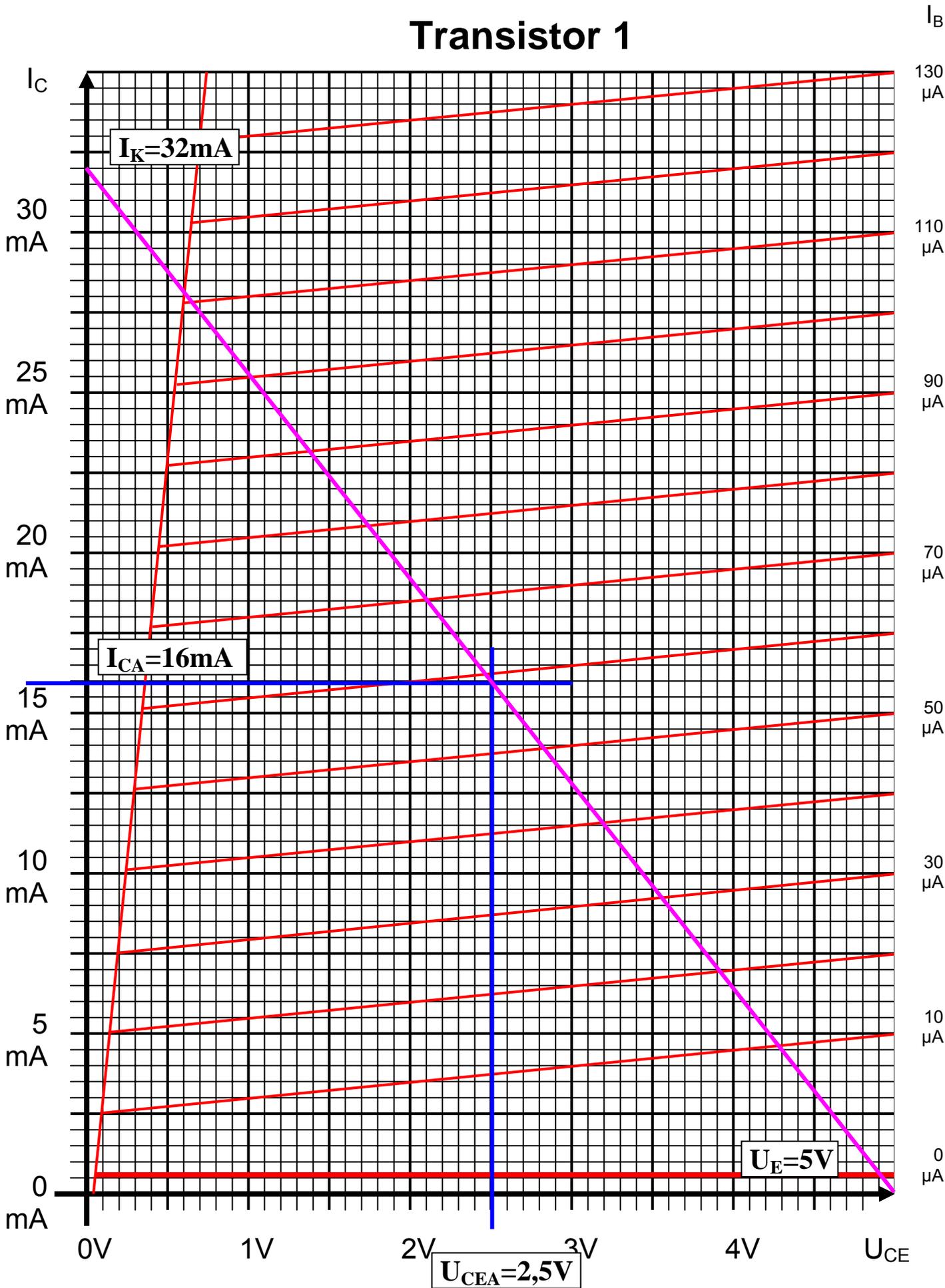
6. Bestimmen Sie mithilfe des Kennlinienfeldes den Basisstrom  $I_{BA}$  für den Arbeitspunkt.

$$\boxed{\text{Aus Kennlinienfeld: } I_{BA} \approx 60\mu A}$$

7. Berechnen Sie die Stromverstärkung  $B_A$  für den Arbeitspunkt.

$$\boxed{B_A = \frac{I_{CA}}{I_{BA}} \quad B_A = \frac{16mA}{60\mu A} = 266,66 \approx 266}$$

# Transistor 1



8. Berechnen Sie Querstrom  $I_Q$ .

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

9. Berechnen Sie den Strom  $I_{R1}$  durch den Widerstand  $R_1$ .

$$I_{R1} = I_Q + I_B \quad I_{R1} = 300 \mu A + 60 \mu A = 360 \mu A$$

10. Berechnen Sie die Spannung  $U_{R1}$  über den Widerstand  $R_1$ .

$$U_{R1} = U_B - U_{BEA} \quad U_{R1} = 5V - 0,7V = 4,3V$$

11. Berechnen Sie den Widerstand  $R_1$ .

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} \quad R_1 = \frac{4,3V}{360 \mu A} = 11944 \Omega \approx 11,9 k\Omega$$

12. Berechnen Sie den Strom  $I_{R2}$  durch den Widerstand  $R_2$ .

$$I_{R2} = I_Q \quad I_{R2} = 300 \mu A$$

13. Berechnen Sie die Spannung  $U_{R2}$  über den Widerstand  $R_2$ .

$$U_{R2} = U_{BEA} \quad U_{R2} = 700 mV$$

14. Berechnen Sie den Widerstand  $R_2$ .

$$R_2 = \frac{U_{R2}}{I_{R2}} \quad R_2 = \frac{0,7V}{300 \mu A} = 2333,3 \Omega \approx 2,33 k\Omega$$

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

$$\text{Aus dem Kennlinienfeld: } U_{CE0} = 4,9V$$

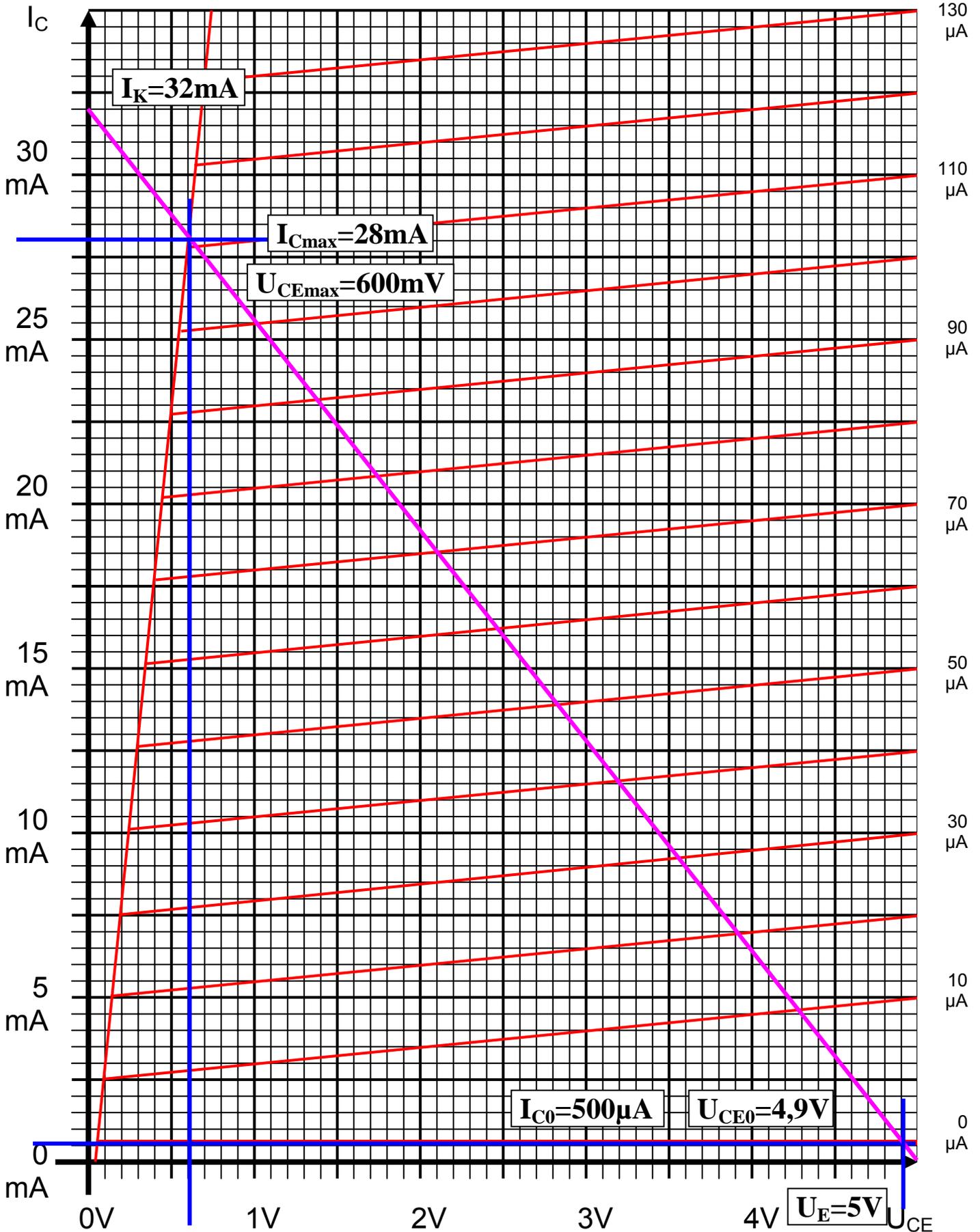
$$\text{Aus dem Kennlinienfeld: } I_{C0} = 500 \mu A$$

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.

$$\text{Aus dem Kennlinienfeld: } U_{CEmax} = 600mV$$

$$\text{Aus dem Kennlinienfeld: } I_{Cmax} = 28mA$$

# Transistor 1



17. Bestimmen Sie die Basisverlustleistung  $P_B(0\mu A)$ ,  $P_B(10\mu A)$  ...  $P_B(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $10\mu A$  ...  $I_{Bmax}$  in Schritten von  $10\mu A$ .
18. Bestimmen Sie die Kollektorverlustleistung  $P_C(0\mu A)$ ,  $P_C(10\mu A)$  ...  $P_C(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $10\mu A$  ...  $I_{Bmax}$  in Schritten von  $10\mu A$ .
19. Bestimmen Sie die totale-Verlustleistung  $P_{tot}(0\mu A)$ ,  $P_{tot}(10\mu A)$  ...  $P_{tot}(I_{Bmax})$  für die Basisströme  $I_B=0\mu A$  und  $10\mu A$  ...  $I_{Bmax}$  in Schritten von  $10\mu A$ .

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

$$P_C(I_B = 0\mu A) = 0,7V \cdot 0\mu A = 0\mu W$$

$$P_C(I_B = 10\mu A) = 0,7V \cdot 10\mu A = 7\mu W$$

$$P_C(I_B = 20\mu A) = 0,7V \cdot 20\mu A = 14\mu W$$

$$P_C(I_B = 30\mu A) = 0,7V \cdot 30\mu A = 21\mu W$$

$$P_C(I_B = 40\mu A) = 0,7V \cdot 40\mu A = 28\mu W$$

$$P_C(I_B = 50\mu A) = 0,7V \cdot 50\mu A = 35\mu W$$

$$P_C(I_B = 60\mu A) = 0,7V \cdot 60\mu A = 42\mu W$$

$$P_C(I_B = 70\mu A) = 0,7V \cdot 70\mu A = 49\mu W$$

$$P_C(I_B = 80\mu A) = 0,7V \cdot 80\mu A = 56\mu W$$

$$P_C(I_B = 90\mu A) = 0,7V \cdot 90\mu A = 63\mu W$$

$$P_C(I_B = 100\mu A) = 0,7V \cdot 100\mu A = 70\mu W$$

$$P_C(I_B = 110\mu A) = 0,7V \cdot 110\mu A = 77\mu W$$

$$P_C(I_B) = U_{CE} \cdot I_C \quad \text{bei dem entsprechenden } I_B$$

$$P_C(I_B = 0\mu A) = 4,9V \cdot 0,5mA = 2,45mW$$

$$P_C(I_B = 10\mu A) = 4,3V \cdot 4,5mA = 19,4mW$$

$$P_C(I_B = 20\mu A) = 3,9V \cdot 7,0mA = 27,3mW$$

$$P_C(I_B = 30\mu A) = 3,6V \cdot 9,5mA = 34,2mW$$

$$P_C(I_B = 40\mu A) = 3,2V \cdot 11,5mA = 36,8mW$$

$$P_C(I_B = 50\mu A) = 2,9V \cdot 14,0mA = 40,6mW$$

$$P_C(I_B = 60\mu A) = 2,5V \cdot 16,5mA = 41,3mW$$

$$P_C(I_B = 70\mu A) = 2,1V \cdot 18,5mA = 38,9mW$$

$$P_C(I_B = 80\mu A) = 1,8V \cdot 21,0mA = 37,8mW$$

$$P_C(I_B = 90\mu A) = 1,4V \cdot 23,5mA = 32,9mW$$

$$P_C(I_B = 100\mu A) = 1,0V \cdot 25,05mA = 25,1mW$$

$$P_C(I_B = 110\mu A) = 0,6V \cdot 28mA = 16,8mW$$

$$P_{tot}(I_B) = P_B(I_B) + P_C(I_B) = U_{BE} \cdot I_B + U_{CE} \cdot I_C \quad \text{bei dem entsprechenden } I_B$$

$$P_{tot}(I_B = 0\mu A) = 0\mu W + 2,45mW = 2,45mW$$

$$P_{tot}(I_B = 10\mu A) = 7\mu W + 19,4mW = 19,407mW \approx 19,4mW$$

$$P_{tot}(I_B = 20\mu A) = 14\mu W + 27,3mW = 27,314mW \approx 27,3mW$$

$$P_{tot}(I_B = 30\mu A) = 21\mu W + 34,2mW = 34,221mW \approx 34,2mW$$

$$P_{tot}(I_B = 40\mu A) = 28\mu W + 36,8mW = 36,828mW \approx 36,8mW$$

$$P_{tot}(I_B = 50\mu A) = 35\mu W + 40,6mW = 40,635mW \approx 40,6mW$$

$$P_{tot}(I_B = 60\mu A) = 42\mu W + 41,3mW = 41,342mW \approx 41,3mW$$

$$P_{tot}(I_B = 70\mu A) = 49\mu W + 38,9mW = 38,949mW \approx 38,9mW$$

$$P_{tot}(I_B = 80\mu A) = 56\mu W + 37,8mW = 37,856mW \approx 37,9mW$$

$$P_{tot}(I_B = 90\mu A) = 63\mu W + 32,9mW = 32,963mW \approx 33,0mW$$

$$P_{tot}(I_B = 100\mu A) = 70\mu W + 25,1mW = 25,170mW \approx 25,1mW$$

$$P_{tot}(I_B = 110\mu A) = 77\mu W + 16,8mW = 16,877mW \approx 16,8mW$$

# Transistor 1

