

## Studentenmitteilung

1. Semester - WS 2003

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: Montag, 15. Dezember 2003

## Aufgaben zu Übung Grundlagen der Technischen Informatik 1

### 4. Aufgabenkomplex

### Spannungen und Ströme an Kennlinien und an logischen Schaltungen

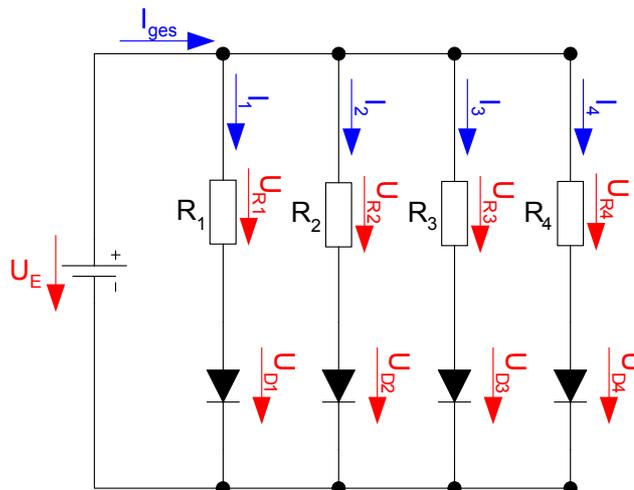
#### 4. Aufgabenkomplex - 1. Aufgabe

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

Gegeben ist folgende Schaltung:

$$U_E = 10V$$

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



Die Dioden  $D_1$  bis  $D_4$  sollen an der Spannungsquelle  $U_E$  betrieben werden. Dabei soll durch jede Diode der Strom von 20 mA fließen.  $D_1$  ist die Silizium-Diode,  $D_2$  ist die rote Leuchtdiode,  $D_3$  ist die grüne Leuchtdiode,  $D_4$  ist die blaue Leuchtdiode.

Aufgaben:

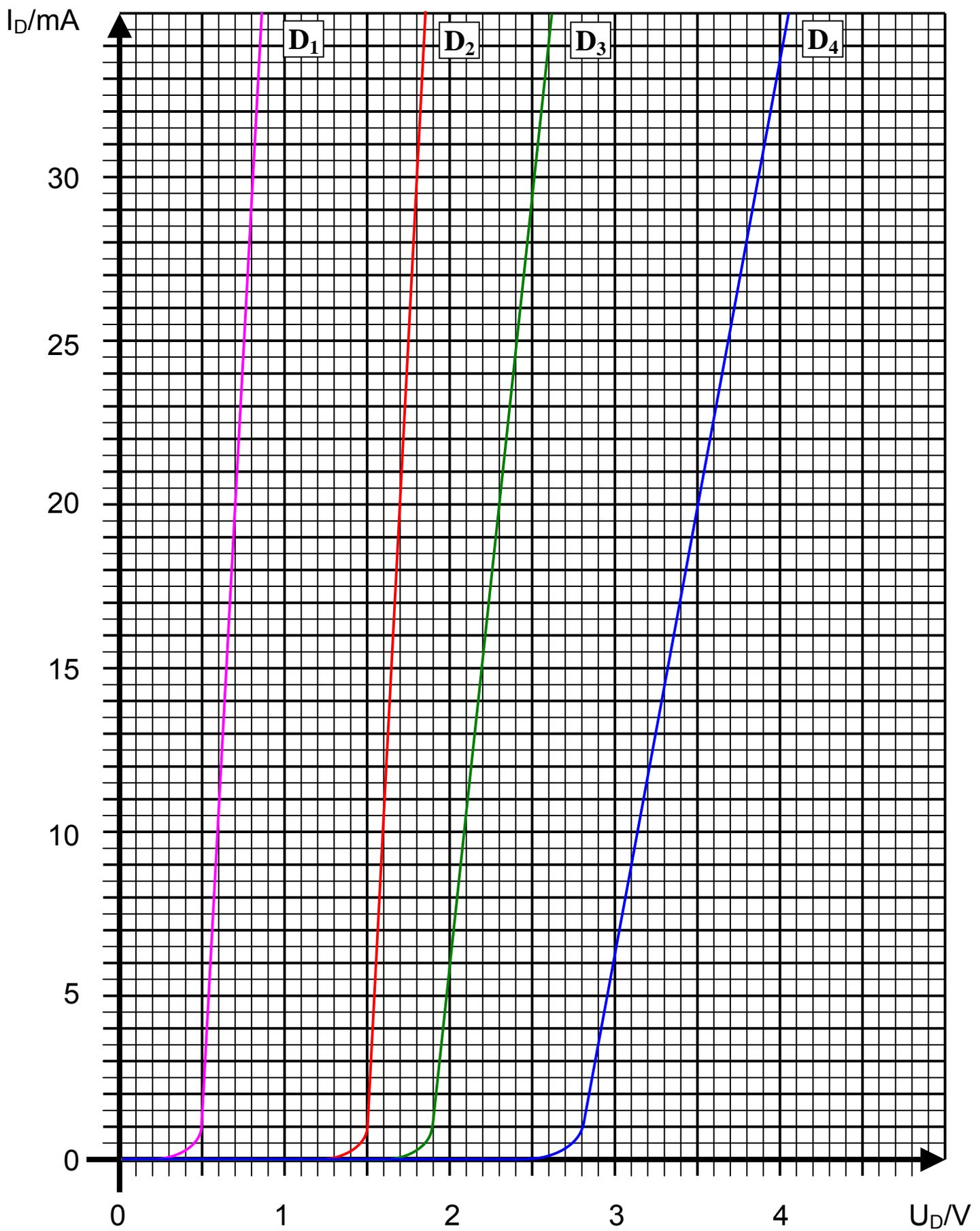
**Gesamtpunktzahl: 10 Punkte**

1. Bestimmen Sie die Leerlaufspannungen  $U_{LR1} \dots U_{LR4}$  für die Widerstände  $R_1 \dots R_4$ . **1 Punkt**
2. Bestimmen Sie die Spannungen  $U_{AD1} \dots U_{AD4}$  der Arbeitspunkte. **2 Punkte**
3. 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**
4. Konstruieren Sie die Widerstandsgeraden. **2 Punkte**
5. Bestimmen Sie die Widerstände  $R_1 \dots R_4$  mittels  $U_E, U_{AD}$  und  $I_A$ . **1 Punkt**
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 2 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.**

**Das nächste mal:**

**Bemerkung: Alle Werte sind auf 4 Stellen zu bestimmen. Beim Ablesen aus den Kennlinienfeldern auf den nächstliegenden Strich runden.**



## 4. Aufgabenkomplex - 2. Aufgabe

### Berechnung einer Transistorschaltung

Berechnen Sie folgende Schaltung.

Werte:  $U_B = 10V$   
 $U_{CEA} = 5V$   
 $I_{CA} = 30mA$   
 $U_{BEA} = 0,7V$

Formeln:

$$U = I \cdot R$$

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

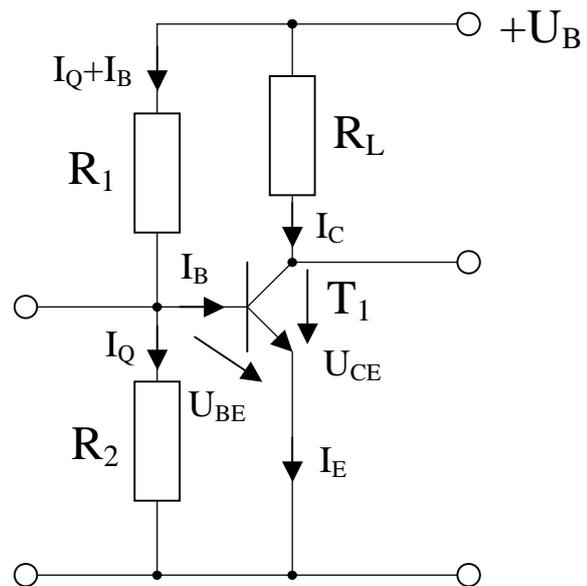
$$I_Q = 5 \cdot I_B$$

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

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

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

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



Aufgabe:

Berechnen Sie die Widerstände der Schaltung.

**Gesamtpunktzahl: 15Punkte**

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. **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  $R_2$ . **0,5 Punkt**
13. Berechnen Sie die Spannung  $U_{R2}$  über den Widerstand  $R_2$ . **0,5 Punkt**
14. Berechnen Sie den Widerstand  $R_2$ . **0,5 Punkt**
15. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{CE0}$  und den Strom  $I_{C0}$  für den nichtangesteuerten Transistor ( $I_B=0$ ) mithilfe des Kennlinienfeldes. **0,5 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. **0,5 Punkt**
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 Punkt**
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 Punkt**
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 Punkt**

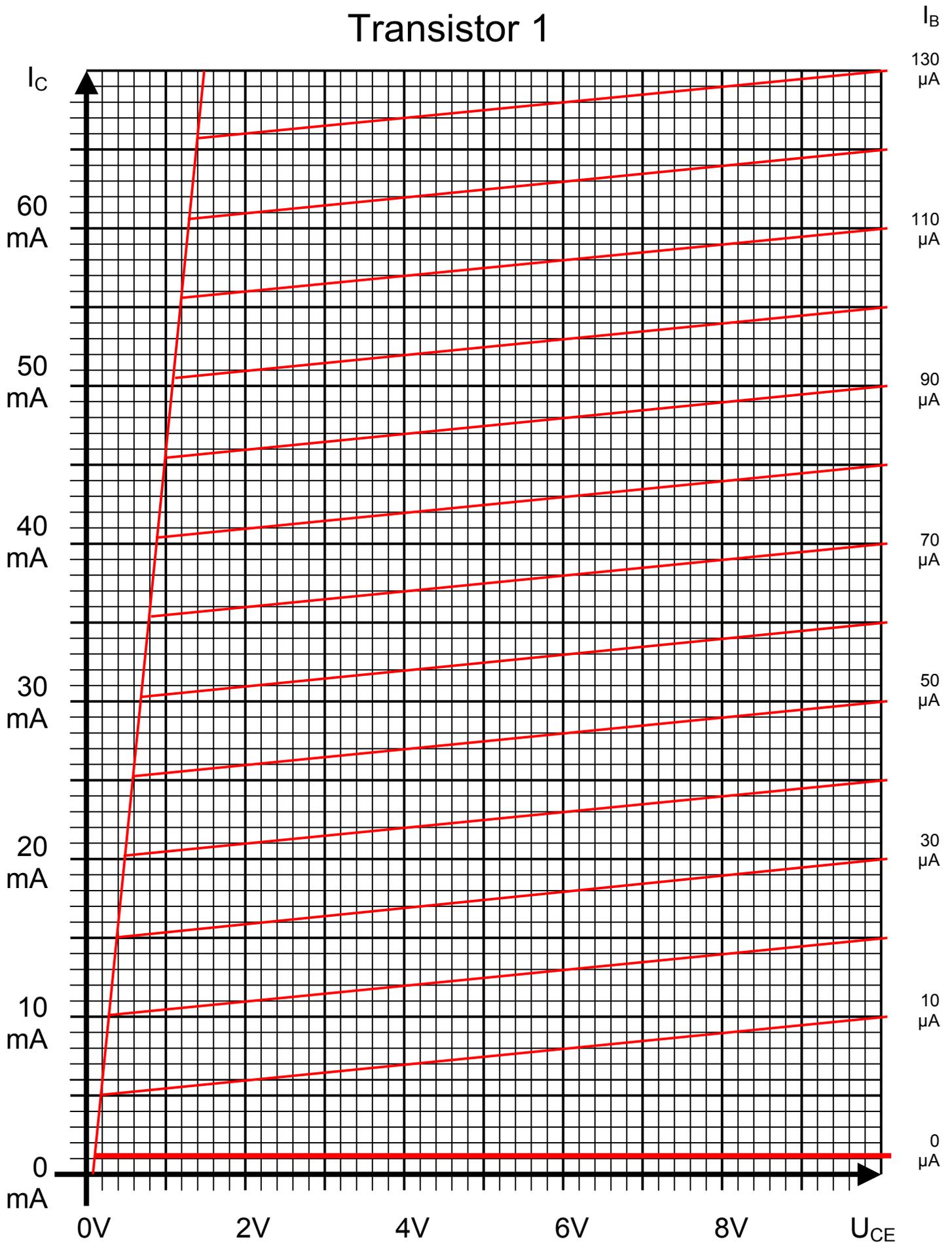
Die Spannung unter Punkt 15 entspricht dem realen „high“ - Ausgangspegel und die unter Punkt 16 dem realen „low“ - Ausgangspegel. Die Spannung  $U_{CEmax}$  ist gerade am kleinsten wenn der Strom  $I_{Cmax}$  am größten ist.

**Bemerkung: Alle Werte sind auf 2 Stellen zu bestimmen. Beim Ablesen aus den Kennlinienfeldern auf den nächsten Strich runden. Im Zweifelsfalle auf den Nächsthöheren Bei den Basisströmen ist zu interpolieren..**

**Das nächste mal!**

**Bemerkung: Alle Werte sind auf 4 Stellen zu bestimmen. Beim Ablesen aus den Kennlinienfeldern auf den nächsten Strich runden. Im Zweifelsfalle auf den Nächsthöheren Bei den Basisströmen ist gegebenenfalls zu interpolieren..**

# Transistor 1



## 4. Aufgabenkomplex - 3. Aufgabe

### Ausgangspegel an logischen Halbleiterschaltungen

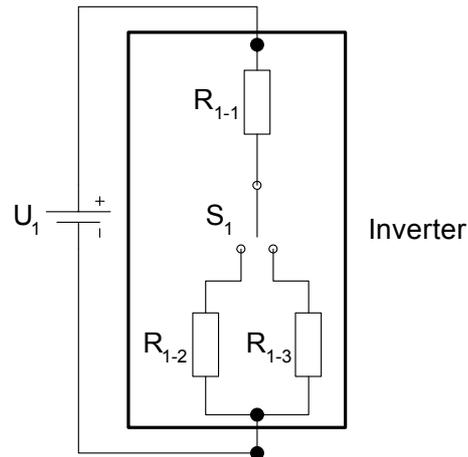
Eine der vielen Arten logischer Schalter mittels Transistoren lässt sich durch folgende Ersatzschaltung simulieren. Es handelt sich hier um einen Inverter. Ist der Schalter  $S_1$  nach links geschaltet bedeutet das eine Ansteuerung mit logisch „0“ auf der anderen Seite mit logisch „1“.

$$U_E = 5V$$

$$R_{1-1} = 10k\Omega$$

$$R_{1-2} = 10M\Omega$$

$$R_{1-3} = 100\Omega$$

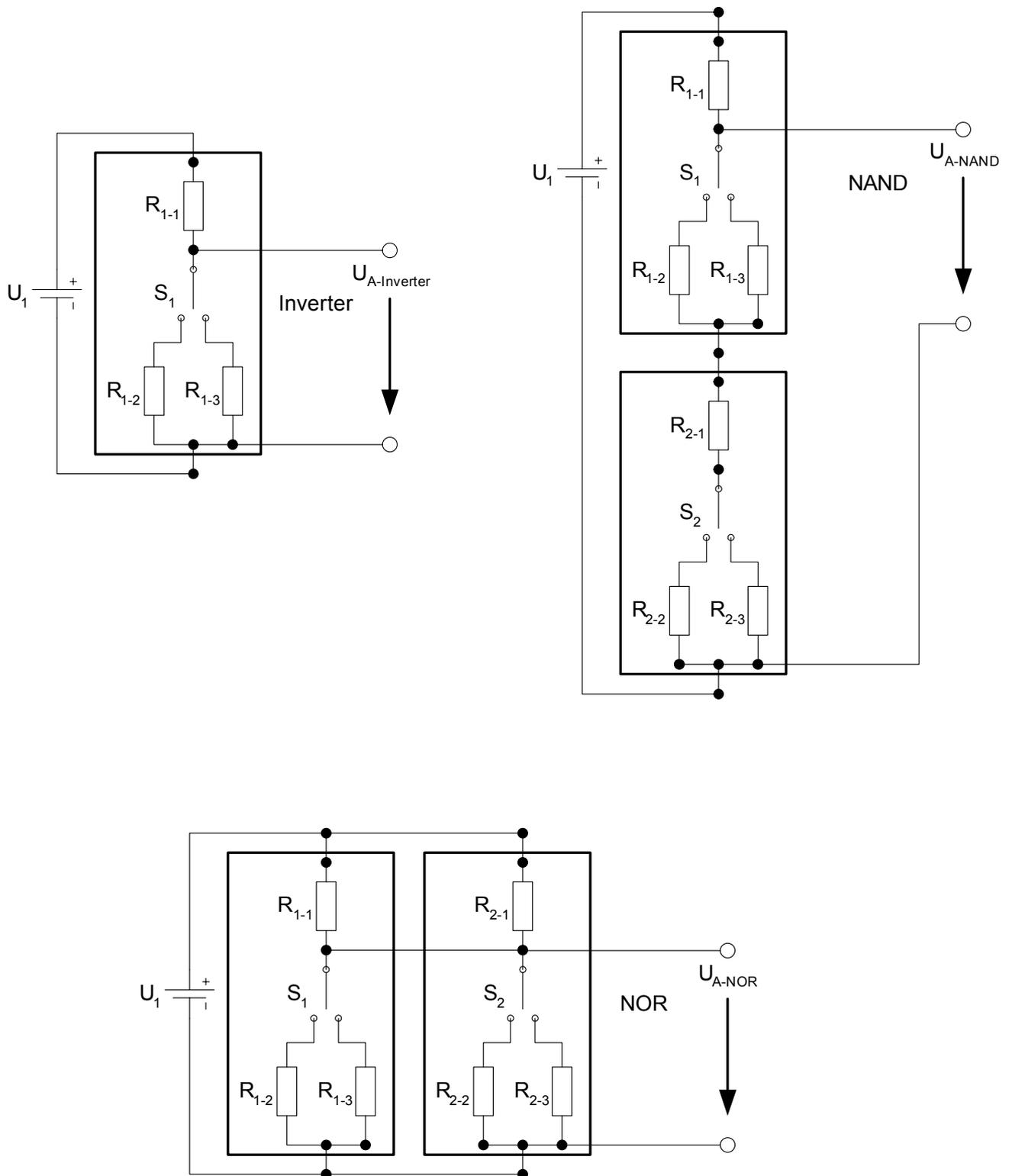


Ein NAND-Gatter kann man mittels einer Reihenschaltung von 2 Invertern, ein NOR-Gatter mit einer Parallelschaltung der Inverter simulieren.

Aufgaben:

**Gesamtpunktzahl: 5 Punkte**

1. Bestimmen Sie die Ausgangspegel (Ausgangsspannungen) des Inverters für die Ansteuerung mit logisch „0“ und logisch „1“ **1 Punkt**
2. Bestimmen Sie die Ausgangspegel des NAND-Gatters für die Ansteuerung der beiden Eingänge mit jeweils mit logisch „0“ und logisch „1“ **2 Punkte**
3. Bestimmen Sie die Ausgangspegel des NOR-Gatters für die Ansteuerung der beiden Eingänge mit jeweils mit logisch „0“ und logisch „1“ **2 Punkte**



Ausgangspegel logischer Halbleiterschaltungen (simuliert)				
Eingang 2	Eingang 1	Inverter	NAND	NOR
$S_2$	$S_1$	$U_{A\text{-Inverter}}$	$U_{A\text{-NAND}}$	$U_{A\text{-NOR}}$
0	0			
0	1			
1	0	---		
1	1	---		

Bemerkung: Alle Werte sind auf 4 Stellen zu bestimmen. Die Spannungen über die Bauelemente sind nach den Bauelementen zu benennen ( $U_{A\text{-Inverter-0}}$ ,  $U_{A\text{-Inverter-1}}$ ,  $U_{A\text{-NAND-0,0}}$ ,  $U_{A\text{-NAND-0,1}}$  usw.).

**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:

### 4. Aufgabenkomplex - 1. Aufgabe

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

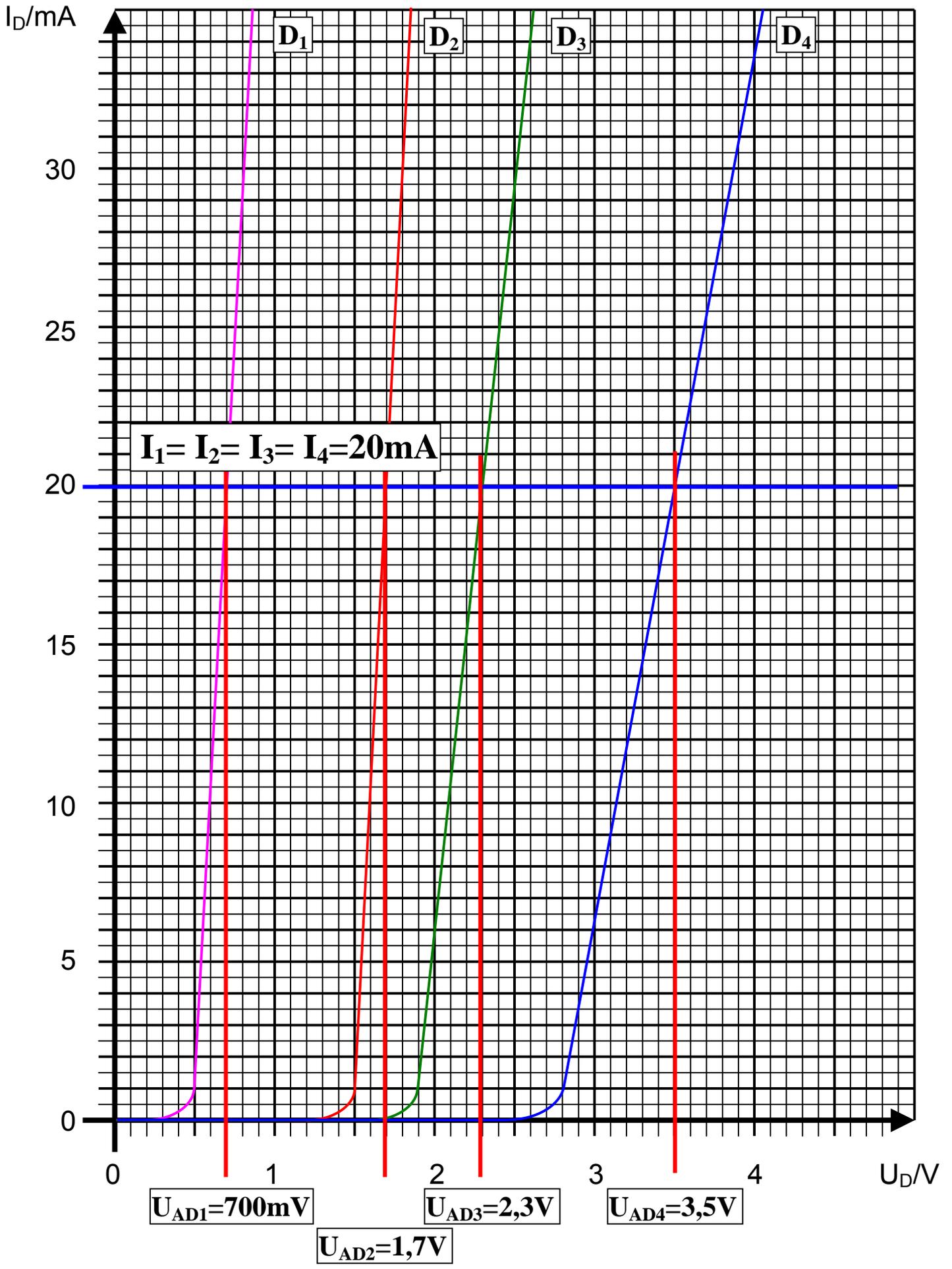
Aufgaben:

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

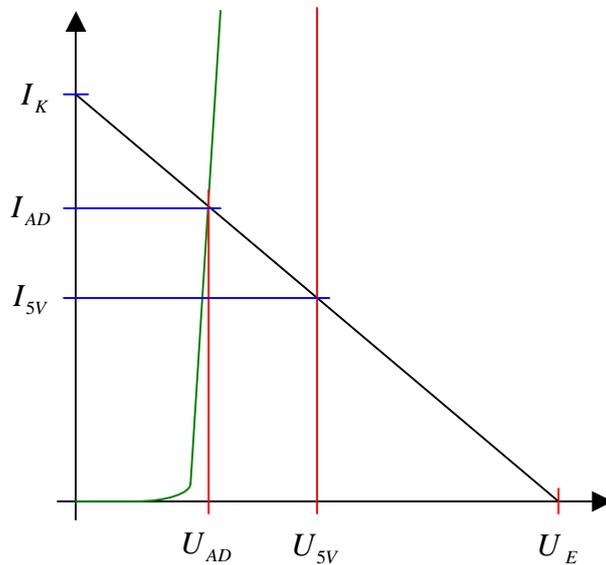
$$\begin{aligned} U_{LR1} &= U_{LR2} = U_{LR3} = U_{LR4} = U_E \\ U_E &= 10V \\ U_{LR1} &= U_{LR2} = U_{LR3} = U_{LR4} = 10V \end{aligned}$$

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

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



3. 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.



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

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

$$I_{5V-1} = \frac{10V - 5V}{10V - U_{AD}} \cdot 20mA = \frac{5V}{10V - 0,7V} \cdot 20mA = \frac{5V}{9,3V} \cdot 20mA = 0,54 \cdot 20mA = 10,8mA \approx 11mA$$

$$\text{Diode 2: } U_E = 10V \quad U_{5V} = 5V \quad U_{AD2} = 1,7V \quad I_{AD2} = 20mA$$

$$I_{5V-2} = \frac{10V - 5V}{10V - U_{AD}} \cdot 20mA = \frac{5V}{10V - 1,7V} \cdot 20mA = \frac{5V}{8,3} \cdot 20mA = 0,60 \cdot 20mA = 12mA$$

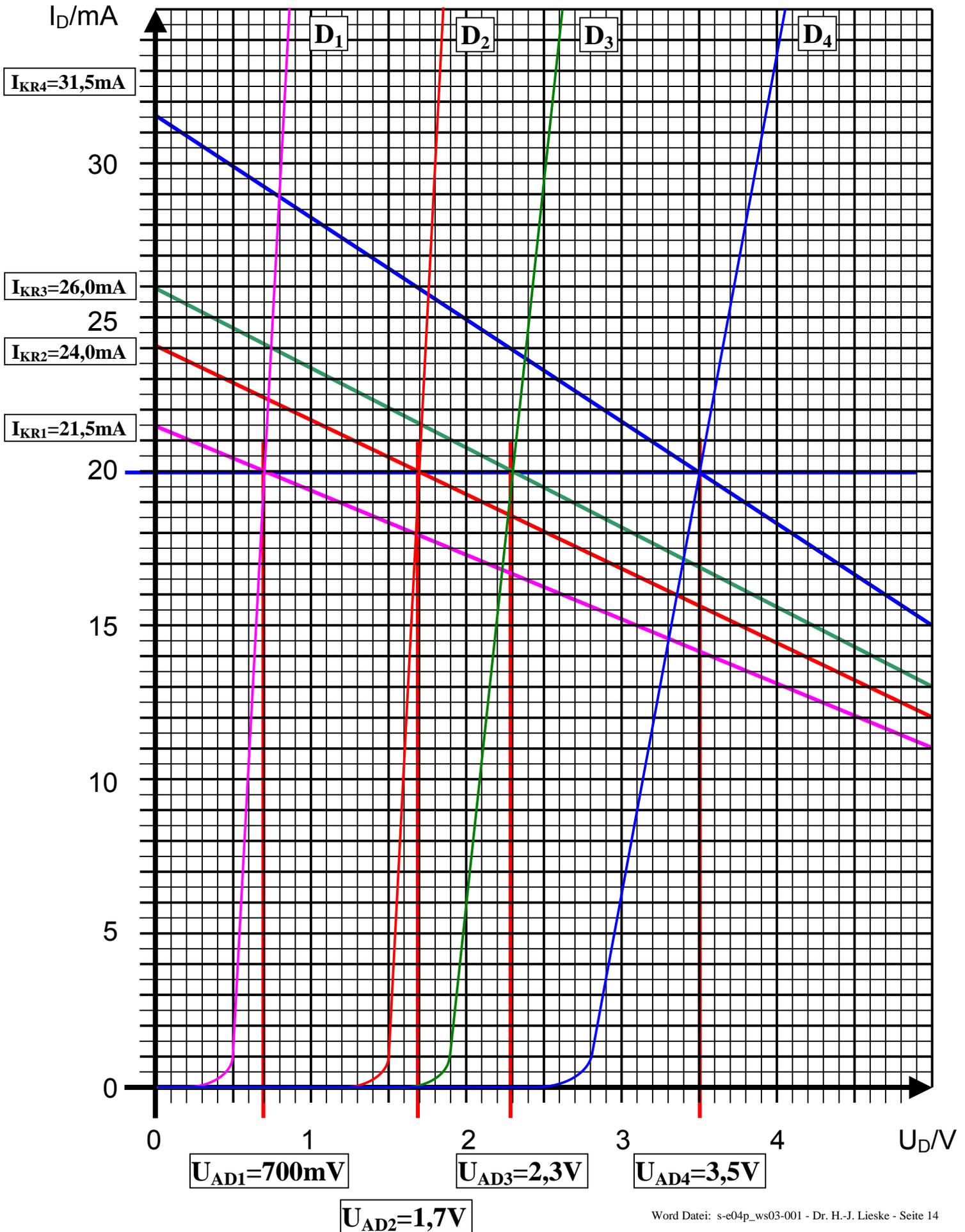
$$\text{Diode 3: } U_E = 10V \quad U_{5V} = 5V \quad U_{AD3} = 2,3V \quad I_{AD3} = 20mA$$

$$I_{5V-3} = \frac{10V - 5V}{10V - U_{AD}} \cdot 20mA = \frac{5V}{10V - 2,3} \cdot 20mA = \frac{5V}{7,7V} \cdot 20mA = 0,65 \cdot 20mA = 13mA$$

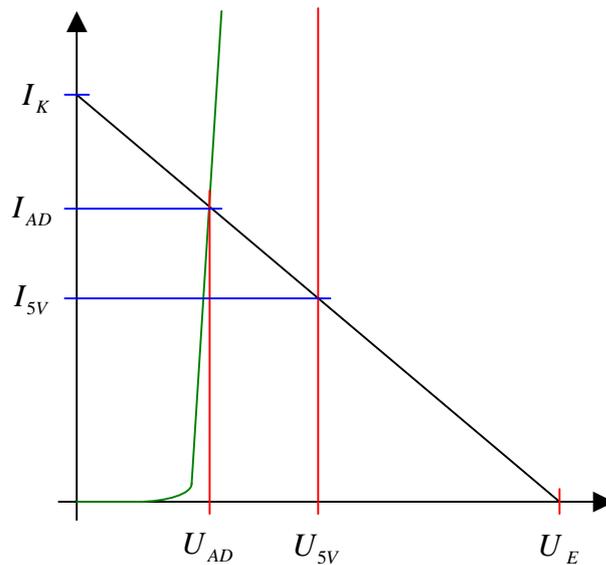
$$\text{Diode 4: } U_E = 10V \quad U_{5V} = 5V \quad U_{AD4} = 3,5V \quad I_{AD4} = 20mA$$

$$I_{5V-4} = \frac{10V - 5V}{10V - U_{AD}} \cdot 20mA = \frac{5V}{10V - 3,5} \cdot 20mA = \frac{5V}{6,5} \cdot 20mA = 0,77 \cdot 20mA = 15,4mA \approx 15mA$$

4. Konstruieren Sie die Widerstandsgeraden.



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



$$R_i = \frac{U_E}{I_K} = \frac{U_E - U_{AD}}{I_{AD}} = \frac{U_E - U_{5V}}{I_{5V}} \quad \text{Alle 3 Formeln möglich am besten die 2. Formel} \quad R_i = \frac{U_E - U_{AD}}{I_{AD}}$$

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

$$R_1 = \frac{10V - 0,7V}{20mA} = \frac{9,3V}{20mA} = 465\Omega \approx 470\Omega$$

$$\text{Diode 2: } U_E = 10V \quad U_{AD2} = 1,7V \quad I_{AD2} = 20mA$$

$$R_2 = \frac{10V - 1,7V}{20mA} = \frac{8,3V}{20mA} = 415\Omega \approx 420\Omega$$

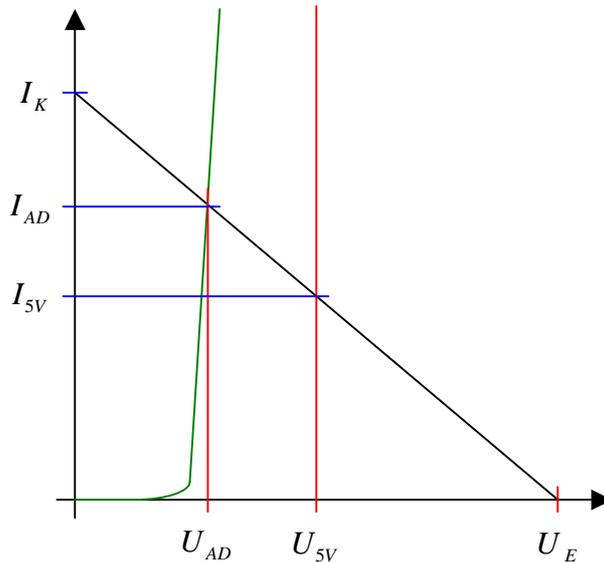
$$\text{Diode 3: } U_E = 10V \quad U_{AD3} = 2,3V \quad I_{AD3} = 20mA$$

$$R_3 = \frac{10V - 2,3V}{20mA} = \frac{7,7V}{20mA} = 385\Omega \approx 390\Omega$$

$$\text{Diode 4: } U_E = 10V \quad U_{AD4} = 3,5V \quad I_{AD4} = 20mA$$

$$R_4 = \frac{10V - 3,5V}{20mA} = \frac{6,5V}{20mA} = 325\Omega \approx 330\Omega$$

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.



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

$$I_K = \frac{U_E}{R_i}$$

Diode 1:  $U_E = 10V$   $R_1 = 470\Omega$

$$I_{K1} = \frac{10V}{470\Omega} = 21,27mA \approx 21mA \quad \text{Zeichnung : } 21,5mA$$

Diode 2:  $U_E = 10V$   $R_1 = 420\Omega$

$$I_{K2} = \frac{10V}{420\Omega} = 23,81mA \approx 22mA \quad \text{Zeichnung : } 24,0mA$$

Diode 3:  $U_E = 10V$   $R_1 = 390\Omega$

$$I_{K1} = \frac{10V}{390\Omega} = 25,64mA \approx 26mA \quad \text{Zeichnung : } 26,0mA$$

Diode 4:  $U_E = 10V$   $R_1 = 330\Omega$

$$I_{K1} = \frac{10V}{330\Omega} = 30,30mA \approx 30mA \quad \text{Zeichnung : } 32,0mA$$

Abweichung der Werte von der Zeichnung durch geringe Rechengenauigkeit von 2 Stellen.  
Deshalb 2. Methode besser.

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

Beide Formeln möglich am besten die 2. Formel  $I_K = \frac{U_E \cdot I_{AD}}{U_E - U_{AD}}$

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

$$I_K = \frac{10V \cdot 20mA}{10V - 0,7V} = \frac{200mAV}{9,3V} = 21,50mA \approx 21mA \quad \text{Zeichnung : } 21,5mA$$

Diode 2:  $U_E = 10V$   $U_{AD2} = 1,7V$   $I_{AD2} = 20mA$

$$I_K = \frac{10V \cdot 20mA}{10V - 1,7V} = \frac{200mAV}{8,3V} = 24,10mA \approx 24mA \quad \text{Zeichnung : } 24,0mA$$

Diode 3:  $U_E = 10V$   $U_{AD3} = 2,3V$   $I_{AD3} = 20mA$

$$I_K = \frac{10V \cdot 20mA}{10V - 2,3V} = \frac{200mAV}{7,7V} = 25,97mA \approx 26mA \quad \text{Zeichnung : } 26,0mA$$

Diode 4:  $U_E = 10V$   $U_{AD4} = 3,5V$   $I_{AD4} = 20mA$

$$I_K = \frac{10V \cdot 20mA}{10V - 3,5V} = \frac{200mAV}{6,5V} = 30,77mA \approx 31mA \quad \text{Zeichnung : } 31,5mA$$

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

Möglichkeiten zur Bestimmung von  $R_i$  :

$$R_i = \frac{U_E}{I_K} = \frac{U_E - U_{AD}}{I_{AD}} = \frac{U_E - U_{5V}}{I_{5V}} \quad \text{Alle 3 Formeln möglich am besten die 2. Formel} \quad R_i = \frac{U_E - U_{AD}}{I_{AD}}$$

1. Methode mit :  $U_E, I_K$

2. Methode mit :  $U_E, U_{AD}, I_{AD}$

3. Methode mit :  $U_E, U_{5V}, I_{5V}$

## Lösung:

### 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.

Siehe Zeichnung

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

$$\text{Aus dem Kennlinienfeld : } I_K = 60mA$$

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

$$R_L = \frac{U_B}{I_k} \quad R_L = \frac{10V}{60mA} = 166,67\Omega \approx 170\Omega$$

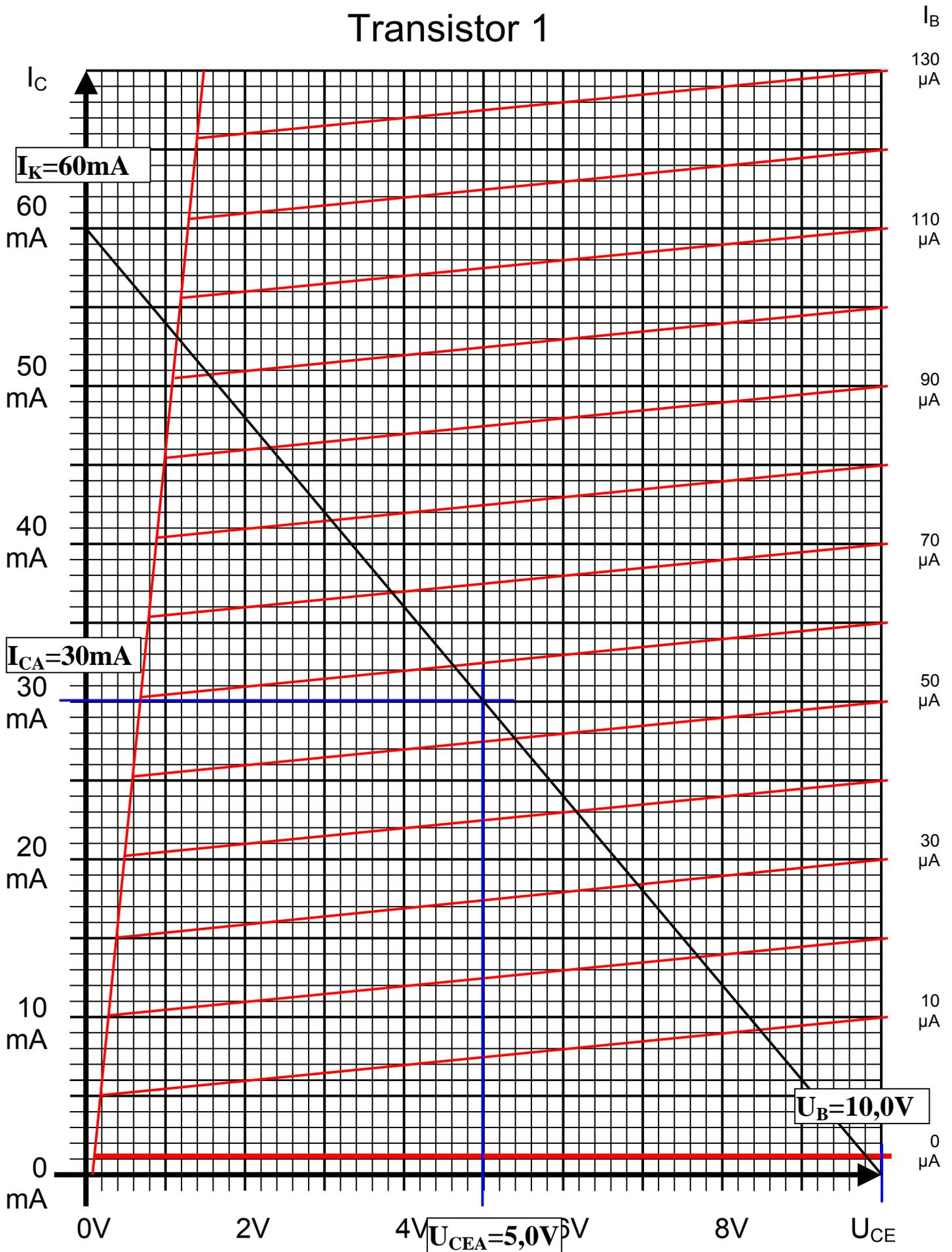
4. Berechnen Sie den Strom  $I_{RL}$  durch den Widerstand  $R_L$ .

$$I_{RL} = I_C = 30mA$$

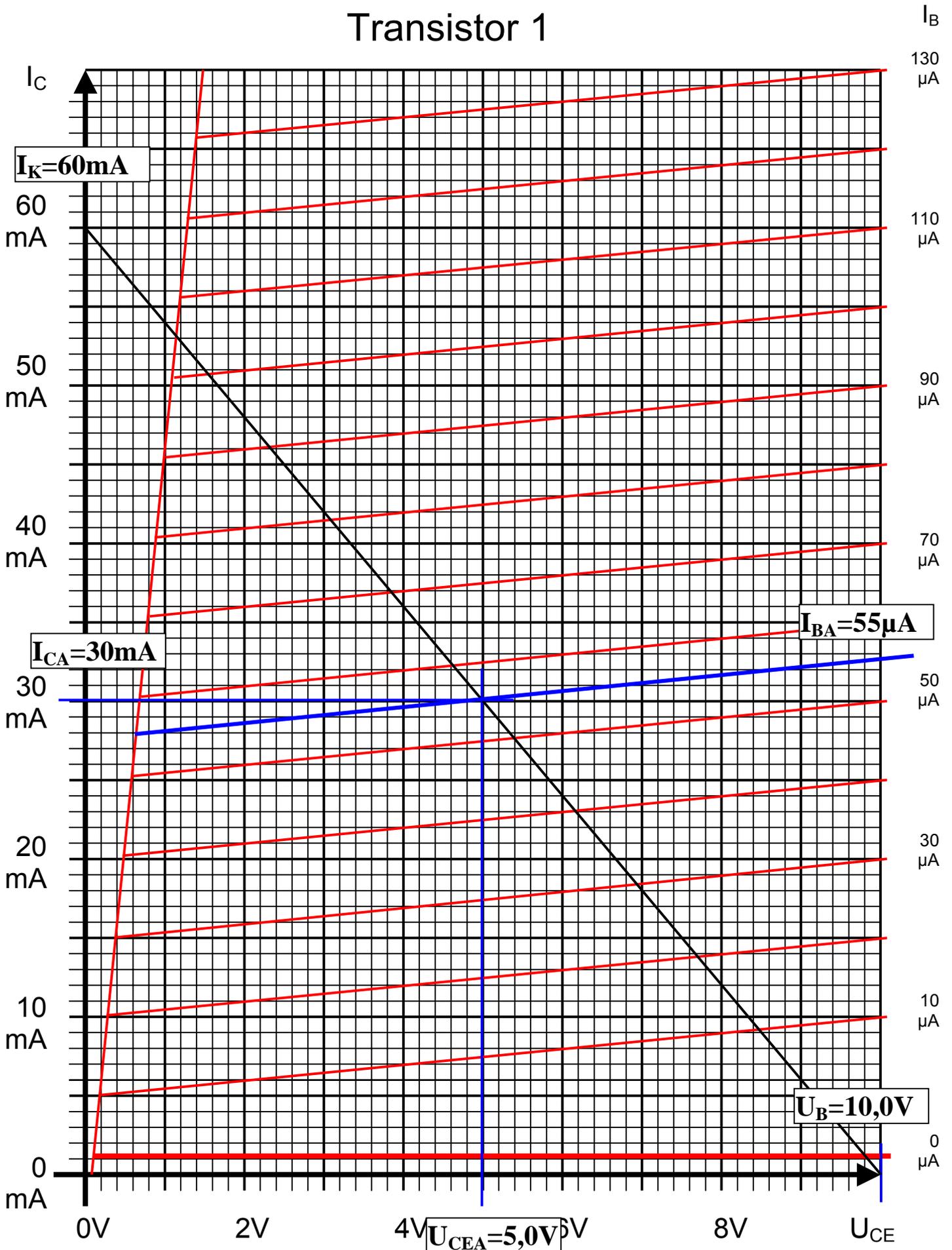
5. Berechnen Sie die Spannung  $U_{RL}$  über den Widerstand  $R_L$ .

$$U_{RL} = U_E - U_{CEA} \quad U_{RL} = 10V - 5V = 5V$$

# Transistor 1



# Transistor 1



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

$$\text{Aus Kennlinienfeld : } I_{BA} \approx 55 \mu A$$

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

$$B_A = \frac{I_{CA}}{I_{BA}} \quad B_A = \frac{30 mA}{55 \mu A} = 540,45 \approx 540$$

8. Berechnen Sie Querstrom  $I_Q$ .

$$I_Q = 5 \cdot I_B \quad I_Q = 5 \cdot 55 \mu A = 275 \mu A \approx 280 \mu A$$

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

$$I_{R1} = I_Q + I_B \quad I_{R1} = 280 \mu A + 55 \mu A = 335 \mu A \approx 340 \mu A$$

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

$$U_{R1} = U_B - U_{BEA} \quad U_{R1} = 10V - 0,7V = 9,3V$$

11. Berechnen Sie den Widerstand  $R_1$ .

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} \quad R_1 = \frac{9,3V}{340 \mu A} = 27,353 k\Omega \approx 27 k\Omega$$

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

$$I_{R2} = I_Q \quad I_{R2} = 280 \mu A$$

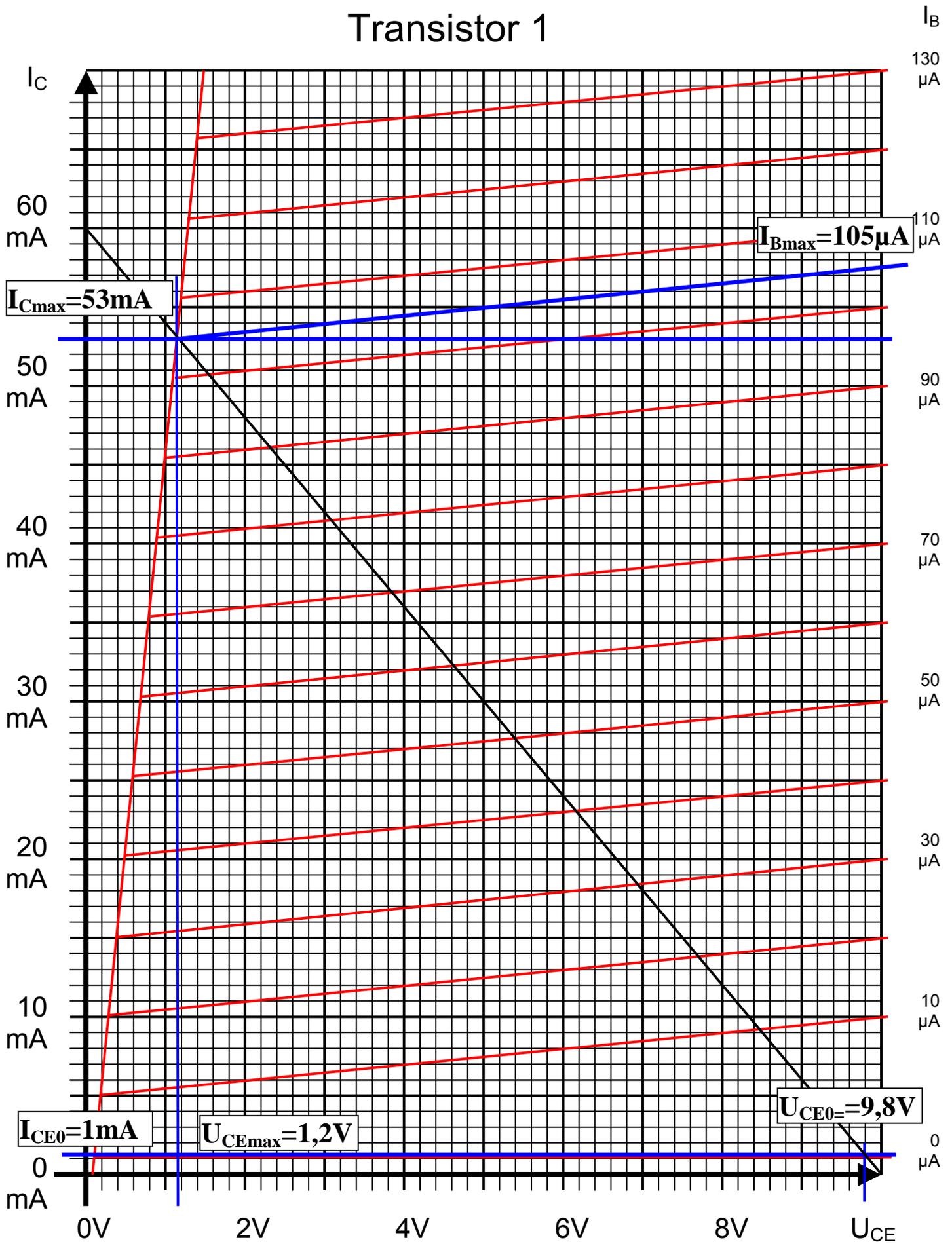
13. Berechnen Sie die Spannung  $U_{R2}$  über den Widerstand  $R_2$ .

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

14. Berechnen Sie den Widerstand  $R_2$ .

$$R_2 = \frac{U_{R2}}{I_{R2}} \quad R_2 = \frac{0,7V}{280 \mu A} = 2,5 k\Omega$$

# Transistor 1



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

$$\text{Aus dem Kennlinienfeld : } U_{CE0} = 9,8V$$

$$\text{Aus dem Kennlinienfeld : } I_{C0} = 1mA$$

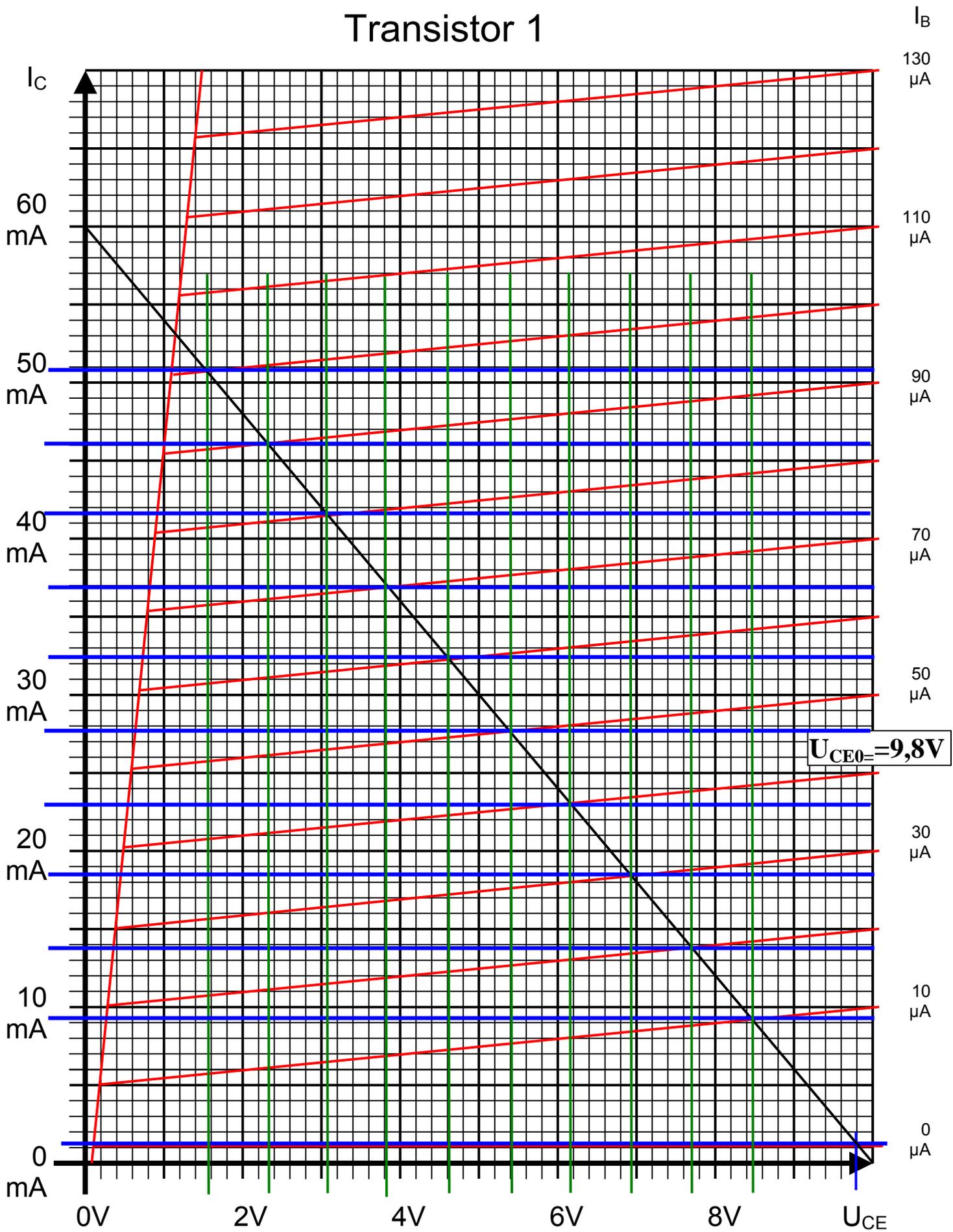
16. Bestimmen Sie die Spannung  $U_{CEmax}$  den Strom  $I_{Cmax}$  und den Basisstrom  $I_{Bmax}$  für den vollausgesteuerten Transistor ( $I_C=max$ ) mithilfe des Kennlinienfeldes.

$$\text{Aus dem Kennlinienfeld : } U_{CEmax} = 1,2V$$

$$\text{Aus dem Kennlinienfeld : } I_{Cmax} = 53mA$$

$$\text{Aus dem Kennlinienfeld : } I_{Bmax} = 105\mu A$$

# 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  $10\mu A$ .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$P_B(I_B = 115\mu A) = 0,7V \cdot 105\mu A = 73,5\mu W$$

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  $10\mu A$ .

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

$$P_C(I_B = 0\mu A) = 9,8V \cdot 1,0mA = 9,8mW$$

$$P_C(I_B = 10\mu A) = 8,4V \cdot 9,0mA = 75,6mW$$

$$P_C(I_B = 20\mu A) = 7,8V \cdot 14mA = 109,2mW$$

$$P_C(I_B = 30\mu A) = 7,0V \cdot 19mA = 133mW$$

$$P_C(I_B = 40\mu A) = 6,2V \cdot 23mA = 142,6mW$$

$$P_C(I_B = 50\mu A) = 5,4V \cdot 28mA = 151,2mW$$

$$P_C(I_B = 60\mu A) = 4,6V \cdot 32mA = 147,2mW$$

$$P_C(I_B = 70\mu A) = 3,8V \cdot 37mA = 140,6mW$$

$$P_C(I_B = 80\mu A) = 3,0V \cdot 42mA = 126mW$$

$$P_C(I_B = 90\mu A) = 2,4V \cdot 46mA = 110,4mW$$

$$P_C(I_B = 100\mu A) = 1,6V \cdot 51mA = 81,6mW$$

$$P_C(I_B = 115\mu A) = 1,2V \cdot 53mA = 63,6mW$$

- 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  $10\mu A$ .

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

$$P_{tot}(I_B = 0\mu A) = 9,8mW + 0\mu W = 9,8mW$$

$$P_{tot}(I_B = 10\mu A) = 75,6mW + 7\mu W = 75,607mW$$

$$P_{tot}(I_B = 20\mu A) = 109,2mW + 14\mu W = 109,214mW$$

$$P_{tot}(I_B = 30\mu A) = 133mW + 21\mu W = 133,021mW$$

$$P_{tot}(I_B = 40\mu A) = 142,6mW + 28\mu W = 142,628mW$$

$$P_{tot}(I_B = 50\mu A) = 151,2mW + 35\mu W = 151,235mW$$

$$P_{tot}(I_B = 60\mu A) = 147,2mW + 42\mu W = 147,242mW$$

$$P_{tot}(I_B = 70\mu A) = 140,6mW + 49\mu W = 140,649mW$$

$$P_{tot}(I_B = 80\mu A) = 126mW + 56\mu W = 126,056mW$$

$$P_{tot}(I_B = 90\mu A) = 110,4mW + 63\mu W = 110,463mW$$

$$P_{tot}(I_B = 100\mu A) = 81,6mW + 70\mu W = 81,670mW$$

$$P_{tot}(I_B = 115\mu A) = 63,6mW + 73,5\mu W = 63,6735mW$$

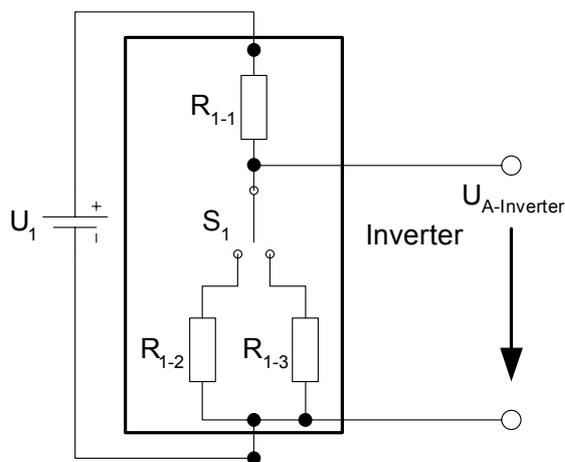
## Lösung:

### 4. Aufgabenkomplex - 3. Aufgabe

#### Ausgangspegel an logischen Halbleiterschaltungen

Aufgaben:

- Bestimmen Sie die Ausgangspegel (Ausgangsspannungen) des Inverters für die Ansteuerung mit logisch „0“ und logisch „1“



$$U_E = "0": \quad \frac{U_1}{U_{A-Inverter-0}} = \frac{R_{1-1} + R_{1-2}}{R_{1-2}} \Rightarrow U_{A-Inverter-0} = \frac{R_{1-2}}{R_{1-1} + R_{1-2}} \cdot U_1$$

$$U_1 = 5V \quad R_{1-1} = 10k\Omega \quad R_{1-2} = 10M\Omega$$

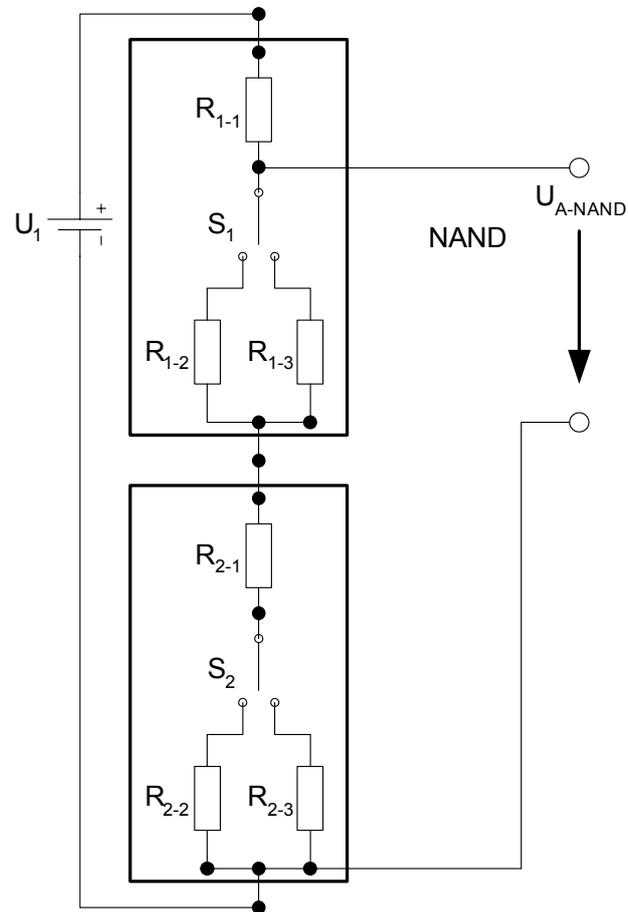
$$U_{A-Inverter-0} = \frac{10M\Omega}{10k\Omega + 10M\Omega} \cdot 5V = \frac{10M\Omega}{10,01M\Omega} \cdot 5V = 0,9990 \cdot 5V = 4,995V$$

$$U_E = "1": \quad \frac{U_1}{U_{A-Inverter-1}} = \frac{R_{1-1} + R_{1-3}}{R_{1-3}} \Rightarrow U_{A-Inverter-1} = \frac{R_{1-3}}{R_{1-1} + R_{1-3}} \cdot U_1$$

$$U_1 = 5V \quad R_{1-1} = 10k\Omega \quad R_{1-3} = 100\Omega$$

$$U_{A-Inverter-1} = \frac{100\Omega}{10k\Omega + 100\Omega} \cdot 5V = \frac{100\Omega}{10,1k\Omega} \cdot 5V = 9,901 \cdot 10^{-3} \cdot 5V = 49,505mV \approx 49,51mV$$

2. Bestimmen Sie die Ausgangspegel des NAND-Gatters für die Ansteuerung der beiden Eingänge mit jeweils mit logisch „0“ und logisch „1“



$$U_{E2}, U_{E1}, = "0,0": \quad \frac{U_1}{U_{A-NAND-0,0}} = \frac{R_{1-1} + (R_{1-2} + R_{2-1} + R_{2-2})}{R_{1-2} + R_{2-1} + R_{2-2}} \Rightarrow U_{A-NAND-0,0} = \frac{(R_{1-2} + R_{2-1} + R_{2-2})}{R_{1-1} + (R_{1-2} + R_{2-1} + R_{2-2})} \cdot U_1$$

$$U_1 = 5V \quad R_{1-1} = R_{2-1} = 10k\Omega \quad R_{1-2} = R_{2-2} = 10M\Omega$$

$$U_{A-NAND-0,0} = \frac{(10M\Omega + 10k\Omega + 10M\Omega)}{10k\Omega + (10M\Omega + 10k\Omega + 10M\Omega)} \cdot 5V = \frac{(20,01M\Omega)}{10k\Omega + (20,01M\Omega)} \cdot 5V = \frac{(20,01M\Omega)}{(20,02M\Omega)} \cdot 5V$$

$$= 0,9995 \cdot 5V = 4,9975V \approx 4,998V$$

$$U_{E2}, U_{E1}, = "0,1": \quad \frac{U_1}{U_{A-NAND-0,1}} = \frac{R_{1-1} + (R_{1-2} + R_{2-1} + R_{2-3})}{R_{1-2} + R_{2-1} + R_{2-3}} \Rightarrow U_{A-NAND-0,1} = \frac{(R_{1-2} + R_{2-1} + R_{2-3})}{R_{1-1} + (R_{1-2} + R_{2-1} + R_{2-3})} \cdot U_1$$

$$U_1 = 5V \quad R_{1-1} = R_{2-1} = 10k\Omega \quad R_{1-2} = 10M\Omega \quad R_{2-3} = 100\Omega$$

$$U_{A-NAND-0,1} = \frac{(10M\Omega + 10k\Omega + 100\Omega)}{10k\Omega + (10M\Omega + 10k\Omega + 100\Omega)} \cdot 5V = \frac{(10,0101M\Omega)}{10k\Omega + (10,0101M\Omega)} \cdot 5V = \frac{(10,0101M\Omega)}{(10,0201M\Omega)} \cdot 5V$$

$$= 0,9990 \cdot 5V = 4,995V$$

$$U_{E2}, U_{E1}, = "1,0": \quad \frac{U_1}{U_{A-NAND-1,0}} = \frac{R_{1-1} + (R_{1-3} + R_{2-1} + R_{2-2})}{R_{1-3} + R_{2-1} + R_{2-2}} \Rightarrow U_{A-NAND-1,0} = \frac{(R_{1-3} + R_{2-1} + R_{2-2})}{R_{1-1} + (R_{1-3} + R_{2-1} + R_{2-2})} \cdot U_1$$

$$U_1 = 5V \quad R_{1-1} = R_{2-1} = 10k\Omega \quad R_{2-2} = 10M\Omega \quad R_{1-3} = 100\Omega$$

$$U_{A-NAND-1,0} = \frac{(100\Omega + 10k\Omega + 10M\Omega)}{10k\Omega + (100\Omega + 10k\Omega + 10M\Omega)} \cdot 5V = \frac{(10,0101M\Omega)}{10k\Omega + (10,0101M\Omega)} \cdot 5V = \frac{(10,0101M\Omega)}{(10,0201M\Omega)} \cdot 5V$$

$$= 0,9990 \cdot 5V = 4,995V$$

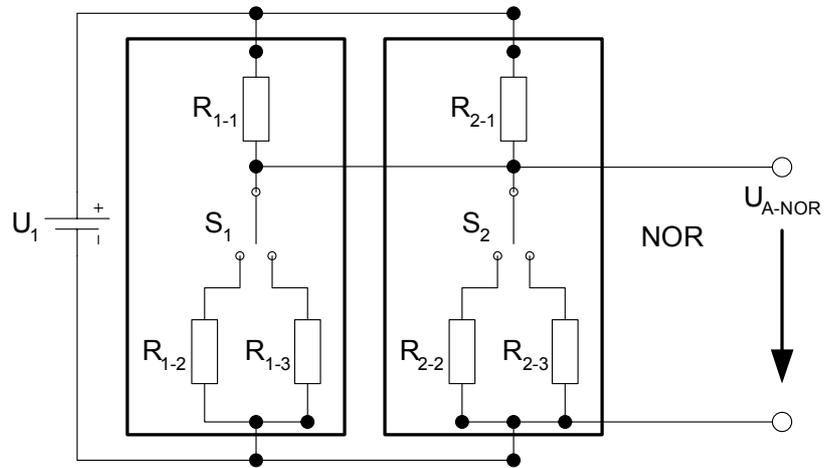
$$U_{E2}, U_{E1}, = "1,1": \quad \frac{U_1}{U_{A-NAND-1,1}} = \frac{R_{1-1} + (R_{1-3} + R_{2-1} + R_{2-3})}{R_{1-3} + R_{2-1} + R_{2-3}} \Rightarrow U_{A-NAND-1,1} = \frac{(R_{1-3} + R_{2-1} + R_{2-3})}{R_{1-1} + (R_{1-3} + R_{2-1} + R_{2-3})} \cdot U_1$$

$$U_1 = 5V \quad R_{1-1} = R_{2-1} = 10k\Omega \quad R_{1-3} = R_{2-3} = 100\Omega$$

$$U_{A-NAND-1,1} = \frac{(100\Omega + 10k\Omega + 100\Omega)}{10k\Omega + (100\Omega + 10k\Omega + 100\Omega)} \cdot 5V = \frac{(10,2k\Omega)}{10k\Omega + (10,2k\Omega)} \cdot 5V = \frac{(10,2k\Omega)}{(20,02k\Omega)} \cdot 5V$$

$$= 0,505 \cdot 5V = 2,525V$$

3. Bestimmen Sie die Ausgangspegel des NOR-Gatters für die Ansteuerung der beiden Eingänge mit jeweils mit logisch „0“ und logisch „1“



$$R_{1-1} \parallel R_{2-1} = \frac{R_{1-1} \cdot R_{2-1}}{R_{1-1} + R_{2-1}} = \frac{10k\Omega \cdot 10k\Omega}{10k\Omega + 10k\Omega} = \frac{10k\Omega \cdot 10k\Omega}{20k\Omega} = 5k\Omega$$

$$U_{E2}, U_{E1}, = "0,0": \quad \frac{U_1}{U_{A-NOR-0,0}} = \frac{R_{1-1} \parallel R_{2-1} + R_{1-2} \parallel R_{2-2}}{R_{1-2} \parallel R_{2-2}} \Rightarrow U_{A-NOR-0,0} = \frac{R_{1-2} \parallel R_{2-2}}{R_{1-1} \parallel R_{2-1} + R_{1-2} \parallel R_{2-2}} \cdot U_1$$

$$U_1 = 5V \quad R_{1-1} = R_{2-1} = 10k\Omega \quad R_{1-2} = R_{2-2} = 10M\Omega$$

$$R_{1-2} \parallel R_{2-2} = \frac{R_{1-2} \cdot R_{2-2}}{R_{1-2} + R_{2-2}} = \frac{10M\Omega \cdot 10M\Omega}{10M\Omega + 10M\Omega} = \frac{10M\Omega \cdot 10M\Omega}{20M\Omega} = 5M\Omega$$

$$U_{A-NOR-0,0} = \frac{5M\Omega}{5k\Omega + 5M\Omega} \cdot 5V = \frac{5M\Omega}{5,005M\Omega} \cdot 5V = 0,9990 \cdot 5V = 4,995V$$

$$U_{E2}, U_{E1}, = "0,1": \quad \frac{U_1}{U_{A-UE=0,0}} = \frac{R_{1-1} \parallel R_{2-1} + R_{1-3} \parallel R_{2-2}}{R_{1-3} \parallel R_{2-2}} \Rightarrow U_{A-UE=0,0} = \frac{R_{1-3} \parallel R_{2-2}}{R_{1-1} \parallel R_{2-1} + R_{1-3} \parallel R_{2-2}} \cdot U_1$$

$$U_1 = 5V \quad R_{1-1} = R_{2-1} = 10k\Omega \quad R_{1-2} = 10M\Omega \quad R_{2-3} = 100\Omega$$

$$R_{1-3} \parallel R_{2-2} = \frac{R_{1-3} \cdot R_{2-2}}{R_{1-3} + R_{2-2}} = \frac{100\Omega \cdot 10M\Omega}{100\Omega + 10M\Omega} = \frac{10M\Omega \cdot 100\Omega}{10,00001M\Omega} = 0,999999 \cdot 100\Omega = 99,9999\Omega \approx 100\Omega$$

$$U_{A-NOR-0,1} = \frac{100\Omega}{5k\Omega + 100\Omega} \cdot 5V = \frac{100\Omega}{5,1k\Omega} \cdot 5V = 19,61 \cdot 10^{-3} \cdot 5V = 98,5mV$$

$$U_{E2}, U_{E1}, = "1,0": \quad \frac{U_1}{U_{A-NOR-1,0}} = \frac{R_{1-1} \parallel R_{2-1} + R_{1-2} \parallel R_{2-3}}{R_{1-2} \parallel R_{2-3}} \Rightarrow U_{A-NOR-1,0} = \frac{R_{1-2} \parallel R_{2-3}}{R_{1-1} \parallel R_{2-1} + R_{1-2} \parallel R_{2-3}} \cdot U_1$$

$$U_1 = 5V \quad R_{1-1} = R_{2-1} = 10k\Omega \quad R_{1-2} = 10M\Omega \quad R_{2-3} = 100\Omega$$

$$R_{1-2} \parallel R_{2-3} = \frac{R_{1-2} \cdot R_{2-3}}{R_{1-2} + R_{2-3}} = \frac{10M\Omega \cdot 100\Omega}{10M\Omega + 100\Omega} = \frac{10M\Omega \cdot 100\Omega}{10,00001M\Omega} = 0,999999 \cdot 100\Omega = 99,9999\Omega \approx 100\Omega$$

$$U_{A-NOR-1,0} = \frac{100\Omega}{5k\Omega + 100\Omega} \cdot 5V = \frac{100\Omega}{5,1k\Omega} \cdot 5V = 19,61 \cdot 10^{-3} \cdot 5V = 98,5mV$$

$$R_{1-1} \parallel R_{2-1} = \frac{R_{1-1} \cdot R_{1-2}}{R_{1-1} + R_{1-2}} = \frac{10k\Omega \cdot 10k\Omega}{10k\Omega + 10k\Omega} = \frac{10k\Omega \cdot 10k\Omega}{20k\Omega} = 5k\Omega$$

$$U_{E2}, U_{E1}, = "1,1": \quad \frac{U_1}{U_{A-NOR-1,1}} = \frac{R_{1-1} \parallel R_{2-1} + R_{1-3} \parallel R_{2-3}}{R_{1-3} \parallel R_{2-3}} \Rightarrow U_{A-NOR-1,1} = \frac{R_{1-3} \parallel R_{2-3}}{R_{1-1} \parallel R_{2-1} + R_{1-3} \parallel R_{2-3}} \cdot U_1$$

$$U_1 = 5V \quad R_{1-1} = R_{2-1} = 10k\Omega \quad R_{1-3} = R_{2-3} = 100\Omega$$

$$R_{1-3} \parallel R_{2-3} = \frac{R_{1-3} \cdot R_{2-3}}{R_{1-3} + R_{2-3}} = \frac{100\Omega \cdot 100\Omega}{100\Omega + 100\Omega} = \frac{100\Omega \cdot 100\Omega}{200\Omega} = 50\Omega$$

$$U_{A-NOR-1,1} = \frac{50\Omega}{5k\Omega + 50\Omega} \cdot 5V = \frac{50\Omega}{5,05k\Omega} \cdot 5V = 9,901 \cdot 10^{-3} \cdot 5V = 49,51mV$$

Ausgangspegel logischer Halbleiterschaltungen (simuliert)				
Eingang 2	Eingang 1	Inverter	NAND	NOR
S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	U <sub>A-Inverter</sub>	U <sub>A-NAND</sub>	U <sub>A-NOR</sub>
0	0	4,995V	4,998V	4,995V
0	1	49,51mV	4,995V	98,5mV
1	0	---	4,995V	98,5mV
1	1	---	2,525V	49,51mV