

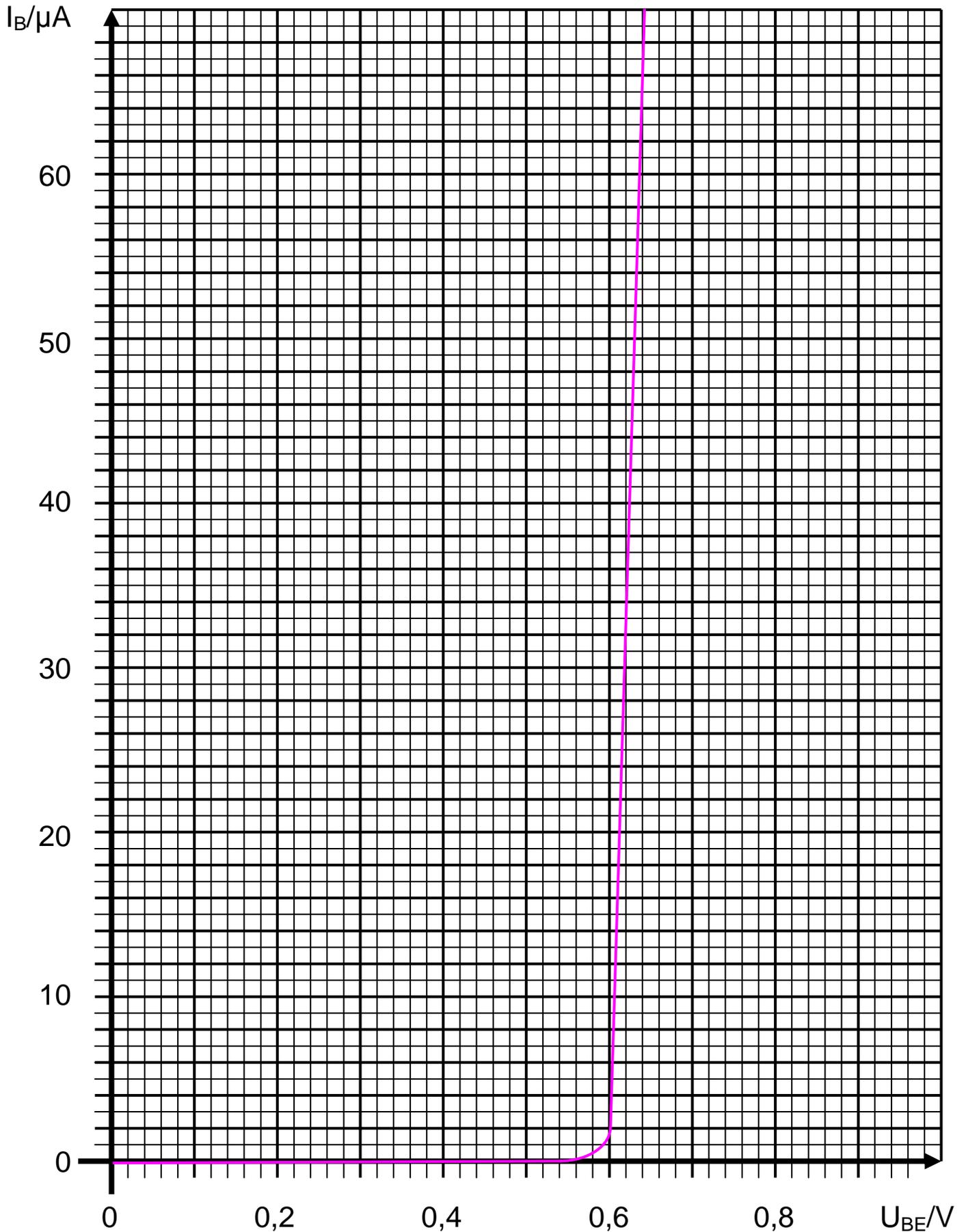
Aufgaben:

Gesamtpunktzahl: 30 Punkte

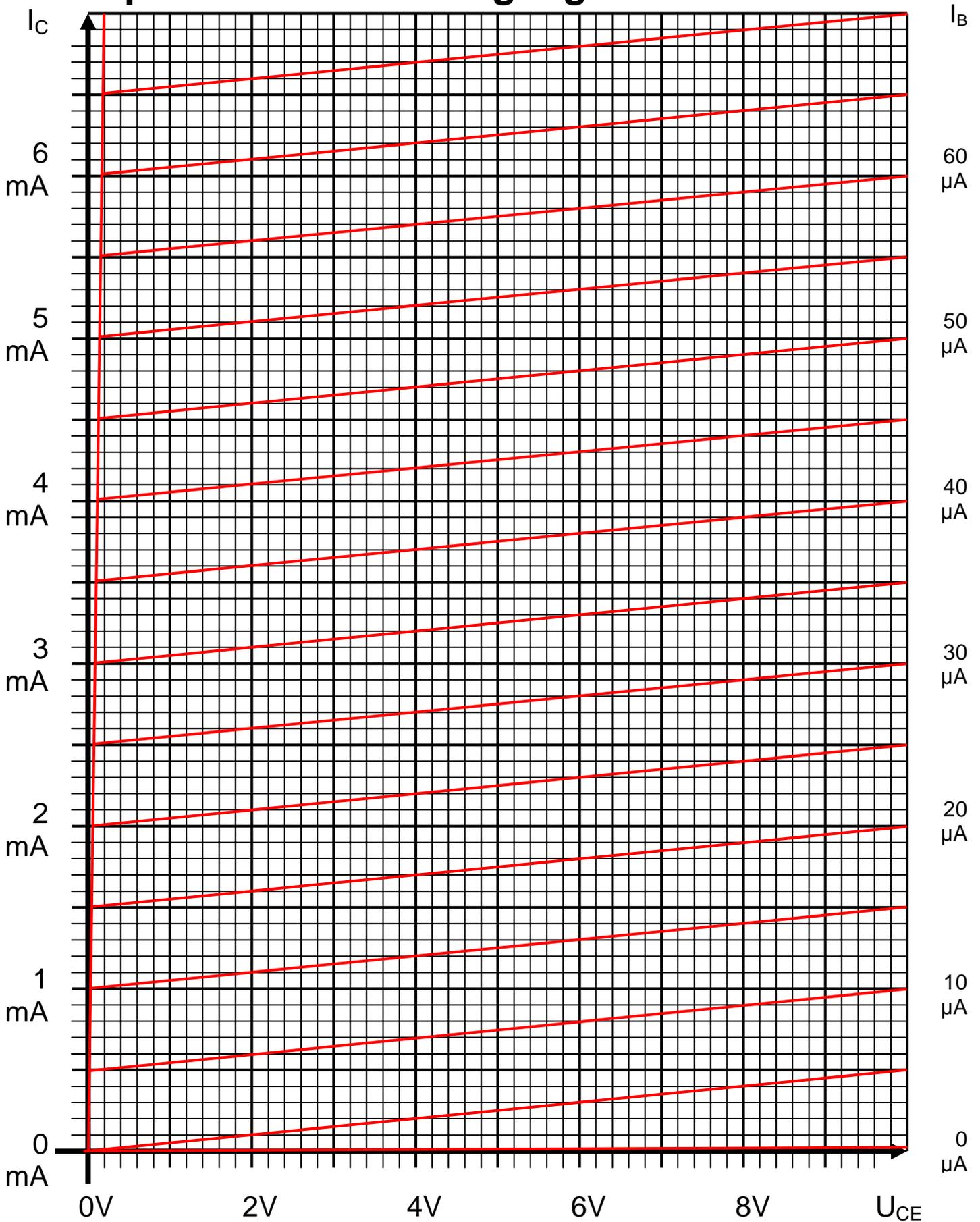
1. Bestimmen Sie die Basis-Emitter Spannungen U_{BE} und Basisströme I_B mithilfe der Eingangswiderstandsgeraden aus den Eingangsspannungen U_E und dem Basiswiderstand R_B im Eingangskennlinienfeld **6 Punkte**
2. Bestimmen Sie den Kurzschlussstrom I_{CK} und die Leerlaufspannung $U_L = U_B$ im Ausgangskennlinienfeld und zeichnen Sie die Widerstandsgeraden für R_L **6 Punkte**
3. Bestimmen Sie den Kollektorstrom I_C , den Emitterstrom I_E und die Kollektor-Emitter Spannung U_{CE} aus den unter 1. ermittelten Basisströmen I_B **6 Punkte**
4. Stellen Sie die Ergebnisse in einer Tabelle dar **6 Punkte**
5. Berechnen Sie die Kollektor-Emitter Spannung U_{CE} aus der Betriebsspannung U_B , dem Kollektorstrom I_C und dem Lastwiderstand R_L
Vergleichen Sie die Ergebnisse mit den abgelesenen Werten **6 Punkte**

Bemerkung: Alle Werte sind auf 4 Stellen zu berechnen. Beim Ablesen aus den Kennlinienfeldern auf den nächsten Strich runden. Im Zweifelsfalle auf den nächsthöheren. Die Genauigkeit ergibt sich hier aus der Ablesegenauigkeit. Bei den Basisströmen ist auf $1\mu A$ zu interpolieren. Die Basis-Emitter Spannungen U_{BE} differieren nur sehr gering.

npn-Transistor - Eingangskennlinienfeld



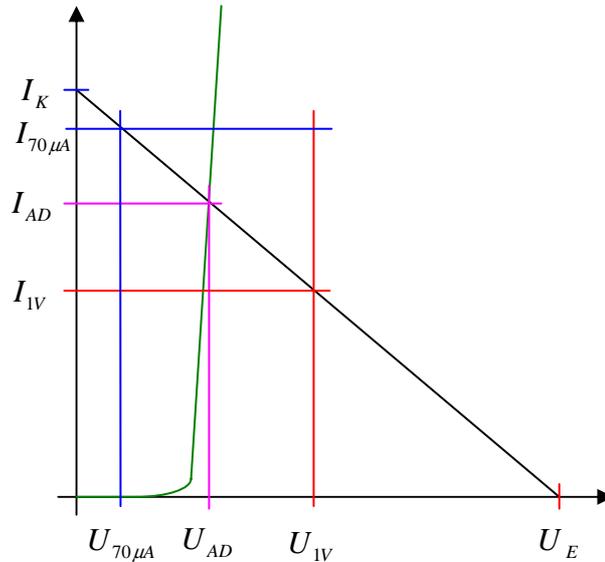
npn-Transistor - Ausgangskennlinienfeld



Inverterschaltung mit npn Bipolartransistor

U_E/V	U_{BE}/V	$I_B/\mu A$	U_{CE}/V	I_C/mA	I_E/mA
0,1					
0,2					
0,4					
0,6					
0,8					
1,0					
2,0					
3,0					
4,0					
5,0					
6,0					
7,0					

Oft sind die Bezugspunkte I_K und $U_L=U_E$ außerhalb des Zeichenbereiches



Grenzwerte für das Datenblatt $U_{1V} = 1V / I_{70\mu A} = 70\mu A$

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

$$R_B = \frac{U_E}{I_K} = \frac{U_E - U_{AD}}{I_{AD}} = \frac{U_E - U_{1V}}{I_{1V}} \Rightarrow I_{1V} = \frac{U_E - U_{1V}}{R_B}$$

$$R_B = \frac{U_E - U_{AD}}{I_{AD}} = \frac{U_E - U_{70\mu A}}{I_{70\mu A}} \Rightarrow U_{70\mu A} = U_E - I_{70\mu A} R_B$$

Beispiel für $U_E = 2V$

Eingangskennlinie: $U_E = 2V$ $R_B = 25k\Omega$

$$U_E = 2V \quad I_K = \frac{U_E}{R_B} = \frac{2V}{25k\Omega} = 80\mu A$$

Eingangskennlinie: $U_E = 2V$ $U_{1V} = 1V$ $R_B = 25k\Omega$

$$I_{1V} = \frac{U_E - U_{1V}}{R_B} = \frac{2V - 1V}{25k\Omega} = 40\mu A$$

Eingangskennlinie: $U_E = 2V$ $I_{70\mu A} = 70\mu A$ $R_B = 25k\Omega$

$$U_{70\mu A} = U_E - I_{70\mu A} R_B = 2V - 70\mu A \cdot 25k\Omega = 2V - 1.75V = 0,25V$$

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 4stelligen Genauigkeit:

--- , - Präfix Maßeinheit

-- , -- Präfix Maßeinheit

-, --- Präfix Maßeinheit

Beispiele:

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

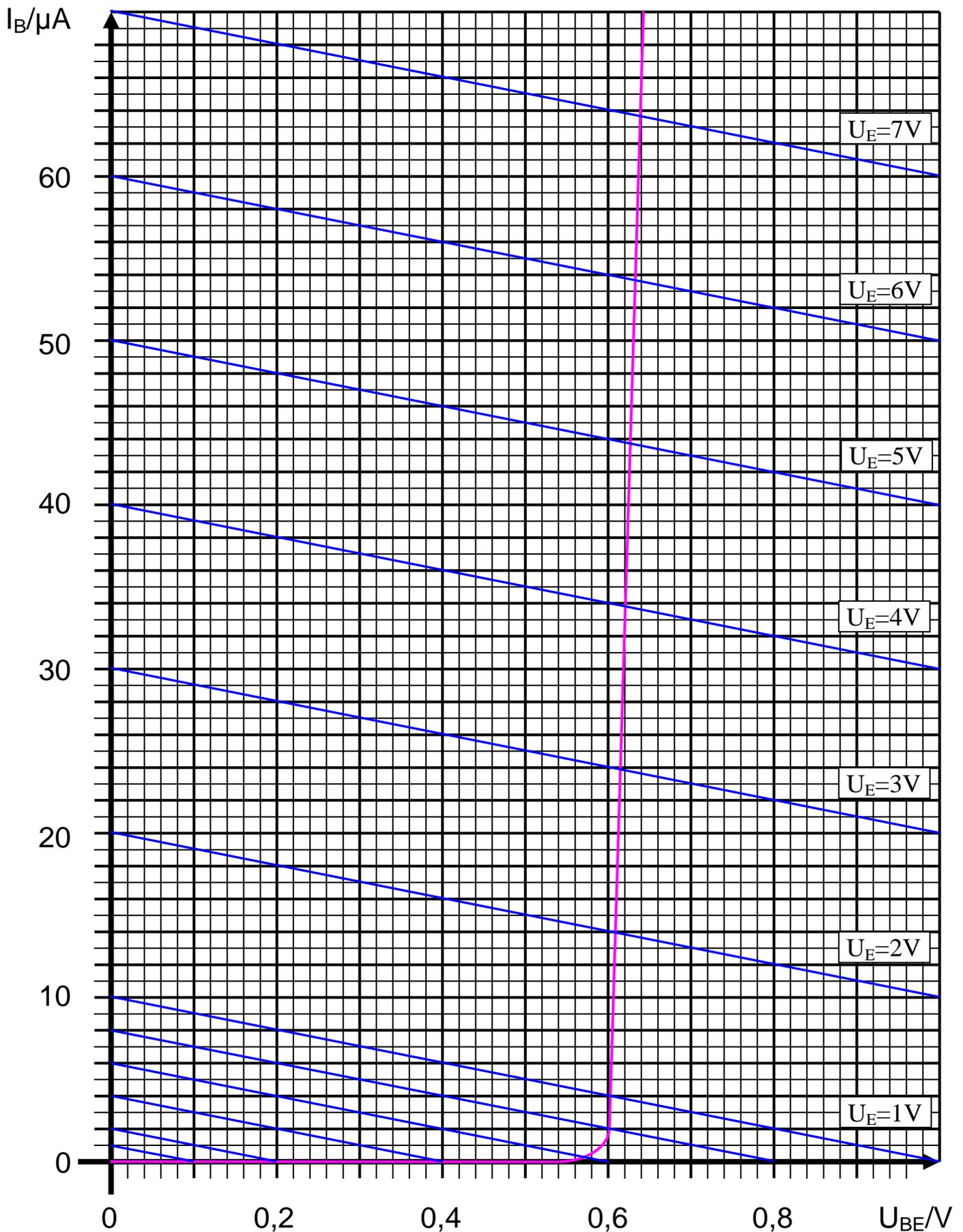
Lösung:

1. Bestimmen Sie die Basis-Emitter Spannungen U_{BE} und Basisströme I_B mithilfe der Eingangswiderstandsgeraden aus den Eingangsspannungen U_E und dem Basiswiderstand R_B im Eingangskennlinienfeld

Bestimmung der Eckpunkte der Eingangswiderstandsgeraden

$I_K = \frac{U_E}{R_B}$	$I_{IV} = \frac{U_E - U_{IV}}{R_B}$	$U_{70\mu A} = U_E - I_{70\mu A} R_B$	
$U_E = 0,1V \dots 7V$	$R_B = 100k\Omega$	$U_{IV} = 1V$	$I_{70\mu A} = 70\mu A$
$U_E = 0,1V$	$I_K = \frac{0,1V}{100k\Omega} = 1\mu A$		
$U_E = 0,2V$	$I_K = \frac{0,2V}{100k\Omega} = 2\mu A$		
$U_E = 0,4V$	$I_K = \frac{0,4V}{100k\Omega} = 4\mu A$		
$U_E = 0,6V$	$I_K = \frac{0,6V}{100k\Omega} = 6\mu A$		
$U_E = 0,8V$	$I_K = \frac{0,8V}{100k\Omega} = 8\mu A$		
$U_E = 1,0V$	$I_K = \frac{1,0V}{100k\Omega} = 10\mu A$		
$U_E = 2,0V$	$I_K = \frac{2,0V}{100k\Omega} = 20\mu A$	$I_{IV} = \frac{2V - 1V}{100k\Omega} = \frac{1V}{100k\Omega} = 10\mu A$	
$U_E = 3,0V$	$I_K = \frac{3,0V}{100k\Omega} = 30\mu A$	$I_{IV} = \frac{3V - 1V}{100k\Omega} = \frac{2V}{100k\Omega} = 20\mu A$	
$U_E = 4,0V$	$I_K = \frac{4,0V}{100k\Omega} = 40\mu A$	$I_{IV} = \frac{4V - 1V}{100k\Omega} = \frac{3V}{100k\Omega} = 30\mu A$	
$U_E = 5,0V$	$I_K = \frac{5,0V}{100k\Omega} = 50\mu A$	$I_{IV} = \frac{5V - 1V}{100k\Omega} = \frac{4V}{100k\Omega} = 40\mu A$	
$U_E = 6,0V$	$I_K = \frac{6,0V}{100k\Omega} = 60\mu A$	$I_{IV} = \frac{6V - 1V}{100k\Omega} = \frac{5V}{100k\Omega} = 50\mu A$	
$U_E = 7,0V$	$I_K = \frac{7,0V}{100k\Omega} = 70\mu A$	$I_{IV} = \frac{7V - 1V}{100k\Omega} = \frac{6V}{100k\Omega} = 60\mu A$	

npn-Transistor - Eingangskennlinienfeld



$$R_B = \frac{U_E - U_{BE}}{I_B} \Rightarrow U_{BE} = U_E - R_B \cdot I_B$$

$$U_E = 0,1V \dots 7V \quad R_B = 100k\Omega \quad U_{IV} = 1V \quad I_{65\mu A} = 65\mu A$$

$U_E = 0,1V$	$I_B = 0\mu A$	$U_{BE} = 0,1V$
$U_E = 0,2V$	$I_B = 0\mu A$	$U_{BE} = 0,2V$
$U_E = 0,4V$	$I_B = 0\mu A$	$U_{BE} = 0,4V$
$U_E = 0,6V$	$I_B = 0,2\mu A$	$U_{BE} = 0,57V$
$U_E = 0,8V$	$I_B = 2\mu A$	$U_{BE} = 0,6V$
$U_E = 1,0V$	$I_B = 4\mu A$	$U_{BE} = 0,6V$
$U_E = 2,0V$	$I_B = 14\mu A$	$U_{BE} = 0,608V$
$U_E = 3,0V$	$I_B = 24\mu A$	$U_{BE} = 0,618V$
$U_E = 4,0V$	$I_B = 34\mu A$	$U_{BE} = 0,62V$
$U_E = 5,0V$	$I_B = 44\mu A$	$U_{BE} = 0,628V$
$U_E = 6,0V$	$I_B = 54\mu A$	$U_{BE} = 0,632V$
$U_E = 7,0V$	$I_B = 64\mu A$	$U_{BE} = 0,64V$

2. Bestimmen Sie den Kurzschlussstrom I_{CK} und die Leerlaufspannung $U_L = U_B$ im Ausgangskennlinienfeld und zeichnen Sie die Widerstandsgeraden für R_L

$$I_K = \frac{U_B}{R_L}$$

$$U_B = 10V \quad R_B = 2k\Omega$$

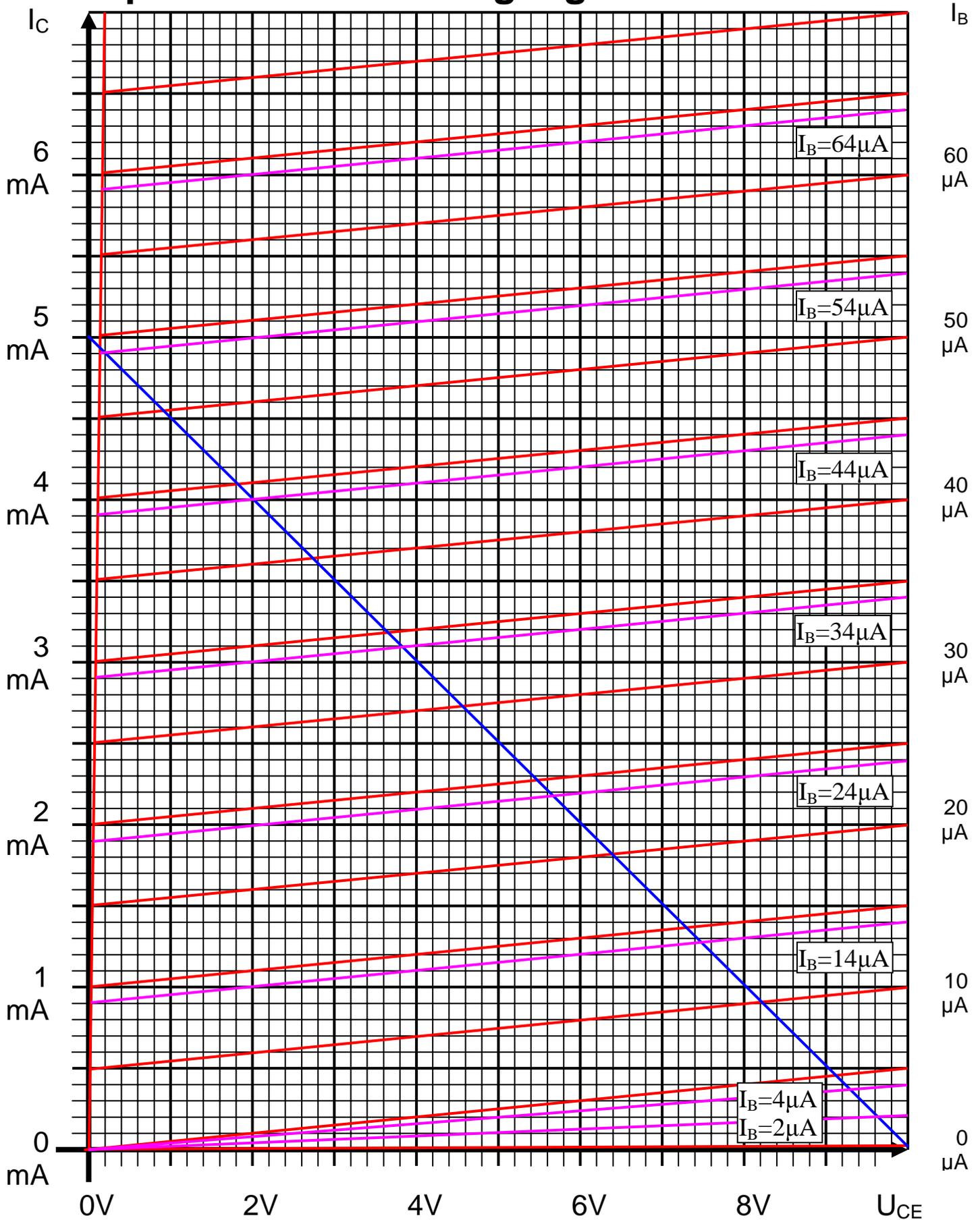
$$I_K = \frac{10V}{2k\Omega} = 5mA$$

3. Bestimmen Sie den Kollektorstrom I_C , den Emitterstrom I_E und die Kollektor-Emitter Spannung U_{CE} aus den unter 1. ermittelten Basisströmen I_B
4. Stellen Sie die Ergebnisse in einer Tabelle dar

$U_E = 0,1V \dots 7V$		$I_E = I_B + I_C$		
$U_E = 0,1V$	$I_B = 0\mu A$	$U_{CE} = 10V$	$I_C = 0mA$	$I_E = 0\mu A + 0mA = 0mA$
$U_E = 0,2V$	$I_B = 0\mu A$	$U_{CE} = 10V$	$I_C = 0mA$	$I_E = 0\mu A + 0mA = 0mA$
$U_E = 0,4V$	$I_B = 0\mu A$	$U_{CE} = 10V$	$I_C = 0mA$	$I_E = 0\mu A + 0mA = 0mA$
$U_E = 0,6V$	$I_B = 0,2\mu A$	$U_{CE} = 10V$	$I_C = 0mA$	$I_E = 0,2\mu A + 0mA = 200nA$
$U_E = 0,8V$	$I_B = 2\mu A$	$U_{CE} = 9,6V$	$I_C = 0,2mA$	$I_E = 2\mu A + 0,2mA = 0,202mA$
$U_E = 1,0V$	$I_B = 4\mu A$	$U_{CE} = 9,3V$	$I_C = 0,38mA$	$I_E = 4\mu A + 0,38mA = 0,384mA$
$U_E = 2,0V$	$I_B = 14\mu A$	$U_{CE} = 7,5V$	$I_C = 1,3mA$	$I_E = 14\mu A + 1,3mA = 1,314mA$
$U_E = 3,0V$	$I_B = 24\mu A$	$U_{CE} = 5,7V$	$I_C = 2,2mA$	$I_E = 24\mu A + 2,2mA = 2,224mA$
$U_E = 4,0V$	$I_B = 34\mu A$	$U_{CE} = 3,8V$	$I_C = 3,1mA$	$I_E = 34\mu A + 3,1mA = 3,134mA$
$U_E = 5,0V$	$I_B = 44\mu A$	$U_{CE} = 2,0V$	$I_C = 4,0mA$	$I_E = 44\mu A + 4,0mA = 4,044mA$
$U_E = 6,0V$	$I_B = 54\mu A$	$U_{CE} = 0,2V$	$I_C = 4,9mA$	$I_E = 54\mu A + 4,9mA = 4,954mA$
$U_E = 7,0V$	$I_B = 64\mu A$	$U_{CE} = 0,18V$	$I_C = 4,95mA$	$I_E = 64\mu A + 4,95mA = 5,59mA$

Inverterschaltung mit npn Bipolartransistor					
U_E/V	U_{BE}/V	$I_B/\mu A$	U_{CE}/V	I_C/mA	I_E/mA
0,1	0,1	0	10	0	0
0,2	0,2	0	10	0	0
0,4	0,4	0	10	0	0
0,6	0,57	0,2	10	0	0,0002
0,8	0,6	2	9,6	0,2	0,202
1,0	0,6	4	9,3	0,38	0,384
2,0	0,608	14	7,5	1,3	1,314
3,0	0,618	24	5,7	2,2	2,224
4,0	0,62	34	3,8	3,1	3,134
5,0	0,628	44	2,0	4,0	4,044
6,0	0,632	54	0,2	4,9	4,954
7,0	0,64	64	0,18	4,95	5,014

npn-Transistor - Ausgangskennlinienfeld



5. Berechnen Sie die Kollektor-Emitter Spannung U_{CE} aus der Betriebsspannung U_B , dem Kollektorstrom I_C und dem Lastwiderstand R_L
Vergleichen Sie die Ergebnisse mit den abgelesenen Werten

$$U_B = U_{CE} + U_{RL} = U_{CE} + I_C \cdot R_L \Rightarrow U_{CE} = U_B - I_C \cdot R_L$$

$$U_E = 0,1V \dots 7V \quad I_E = I_B + I_C$$

$$U_E = 0,1V \quad \text{abgelesen} \quad U_{CE} = 10V \quad \text{berechnet} \quad U_{CE} = 10V - 0mA \cdot 2k\Omega = 10V - 0V$$

$$U_E = 0,2V \quad \text{abgelesen} \quad U_{CE} = 10V \quad \text{berechnet} \quad U_{CE} = 10V - 0mA \cdot 2k\Omega = 10V - 0V$$

$$U_E = 0,4V \quad \text{abgelesen} \quad U_{CE} = 10V \quad \text{berechnet} \quad U_{CE} = 10V - 0mA \cdot 2k\Omega = 10V - 0V$$

$$U_E = 0,6V \quad \text{abgelesen} \quad U_{CE} = 10V \quad \text{berechnet} \quad U_{CE} = 10V - 0mA \cdot 2k\Omega = 10V - 0V$$

$$U_E = 0,8V \quad \text{abgelesen} \quad U_{CE} = 9,6V \quad \text{berechnet} \quad U_{CE} = 10V - 0,2mA \cdot 2k\Omega = 10V - 0,4V = 9,6V$$

$$U_E = 1,0V \quad \text{abgelesen} \quad U_{CE} = 9,3V \quad \text{berechnet} \quad U_{CE} = 10V - 0,38mA \cdot 2k\Omega = 10V - 0,76V = 9,24V$$

$$U_E = 2,0V \quad \text{abgelesen} \quad U_{CE} = 7,5V \quad \text{berechnet} \quad U_{CE} = 10V - 1,3mA \cdot 2k\Omega = 10V - 2,6V = 7,4V$$

$$U_E = 3,0V \quad \text{abgelesen} \quad U_{CE} = 5,7V \quad \text{berechnet} \quad U_{CE} = 10V - 2,2mA \cdot 2k\Omega = 10V - 4,4V = 5,6V$$

$$U_E = 4,0V \quad \text{abgelesen} \quad U_{CE} = 3,8V \quad \text{berechnet} \quad U_{CE} = 10V - 3,1mA \cdot 2k\Omega = 10V - 6,2V = 3,8V$$

$$U_E = 5,0V \quad \text{abgelesen} \quad U_{CE} = 2,0V \quad \text{berechnet} \quad U_{CE} = 10V - 4,0mA \cdot 2k\Omega = 10V - 8V = 2V$$

$$U_E = 6,0V \quad \text{abgelesen} \quad U_{CE} = 0,2V \quad \text{berechnet} \quad U_{CE} = 10V - 4,9mA \cdot 2k\Omega = 10V - 9,8V = 0,2V$$

$$U_E = 7,0V \quad \text{abgelesen} \quad U_{CE} = 0,18V \quad \text{berechnet} \quad U_{CE} = 10V - 4,95mA \cdot 2k\Omega = 10V - 9,9V = 0,1V$$