

V4/1a

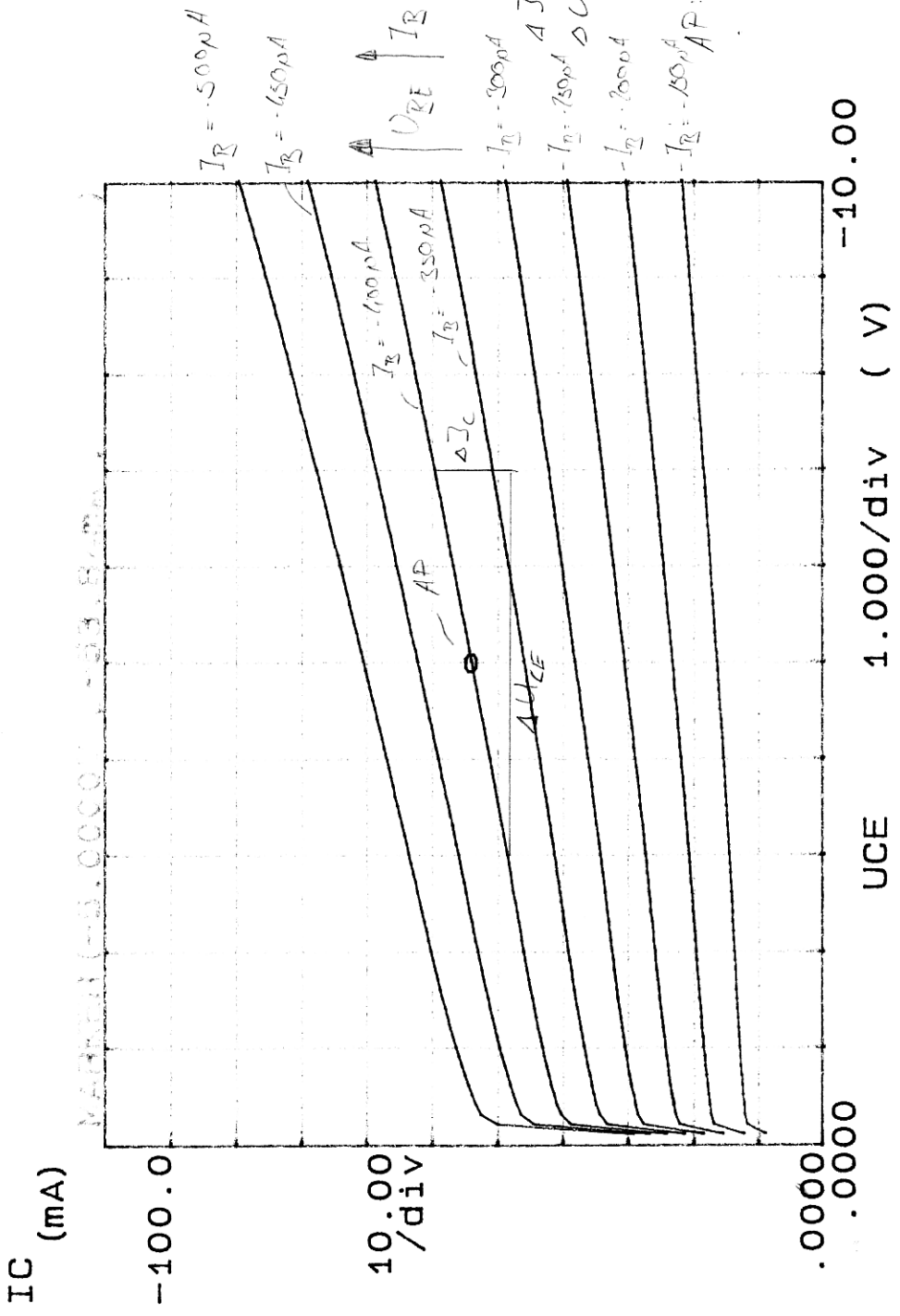
Ausdruck
Zu 1a) Ausgangskennlinienfeld

***** GRAPHICS PLOT *****

Variable1:
 UCE -Ch3
 Linear sweep
 Start .0000V
 Stop -10.000V
 Step -.1000V

Variable2:
 IB -Ch2
 Start -150.0uA
 Stop -500.0uA
 Step -50.00uA

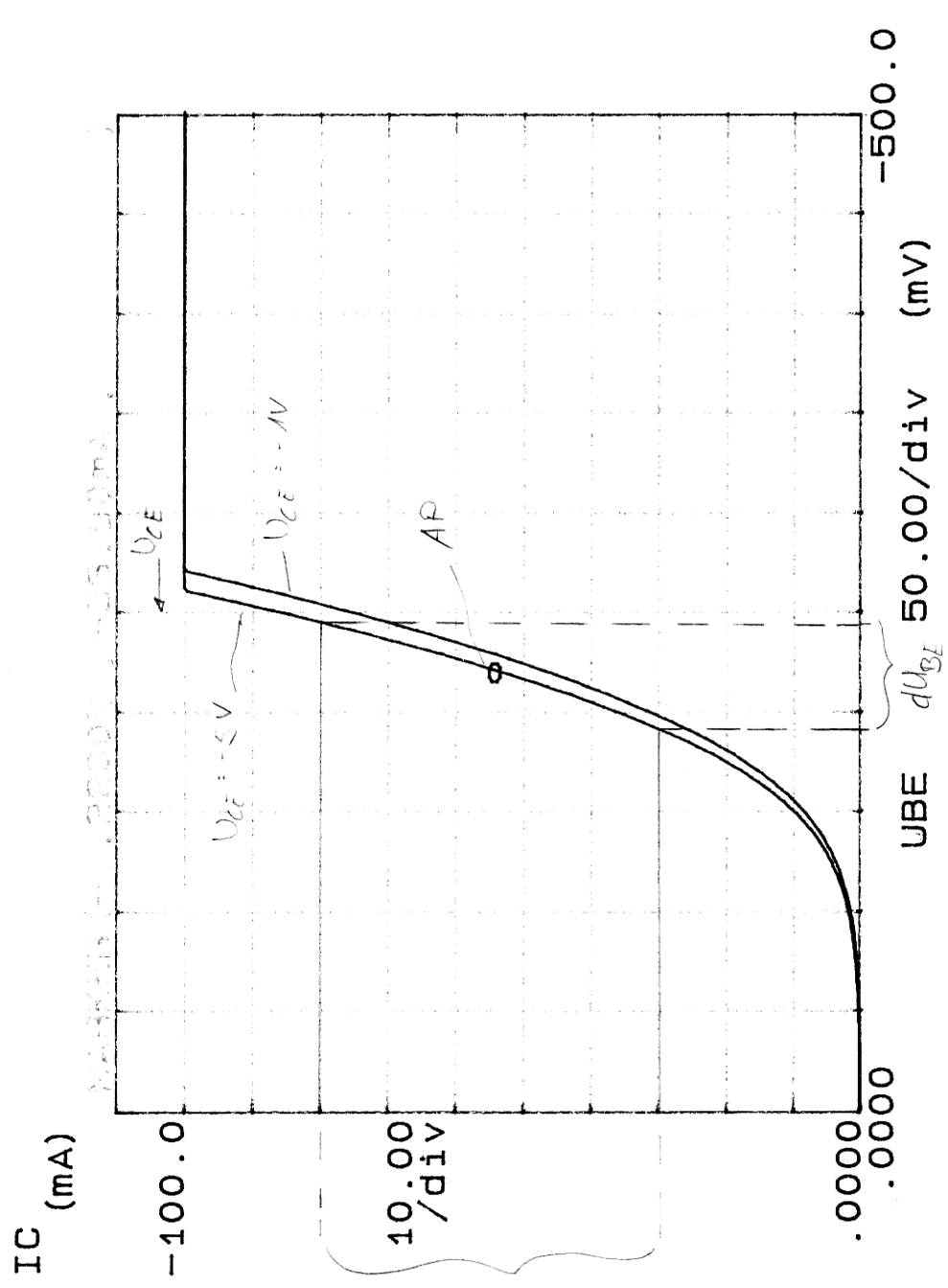
Constants:
 UE -Ch1 .0000V



HFE () = I_C/I_B

V4/76

Ausdruck zu 1b) Steilheit $-I_c = f(-U_{BE})$



Variable1:
 UBE -Ch2
 Linear sweep
 Start .0000V
 Stop -.5000V
 Step -.0020V

Variable2:
 UCE -Ch3
 Start -1.0000V
 Stop -5.0000V
 Step -4.0000V

Constants:
 UE -Ch1 .0000V

$dI_c = 5 \text{ mA}$
 $dU_{BE} = 53.6 \text{ mV} \approx V$
 Tangente wäre genau

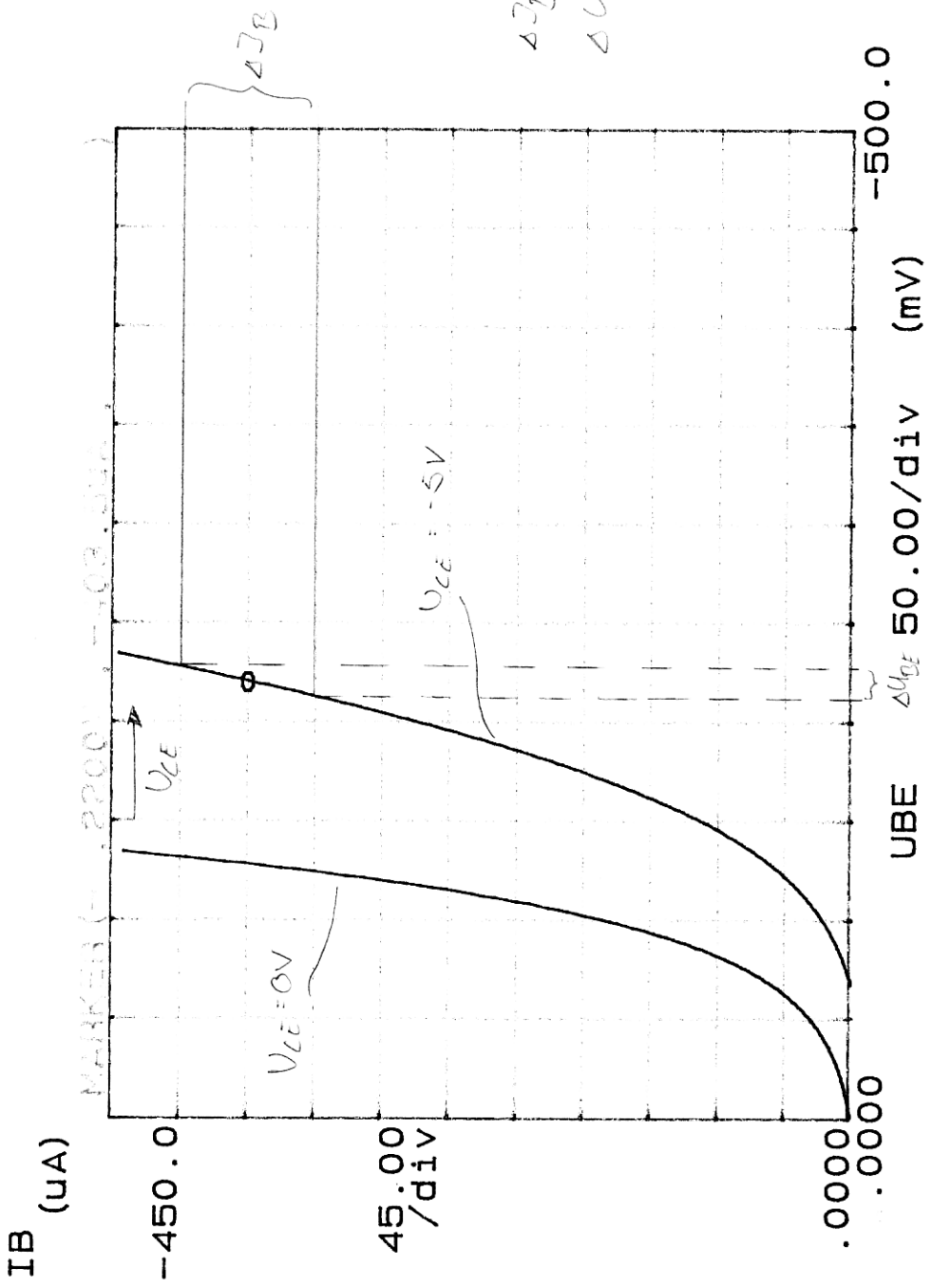
HFE () = I_C / I_B

Ausdruck zu I_C Eingangskennlinie $-I_B = f(-U_{BE})$

Variable1:
 UBE -Ch2
 Linear sweep
 Start .0000V
 Stop -.5000V
 Step -.0010V

Variable2:
 UCE -Ch3
 Start .0000V
 Stop -5.0000V
 Step -5.0000V

Constants:
 UE -Ch1 .0000V



$\Delta I_B = 90 \mu A$
 $\Delta U_{BE} = 14,2 mV$

$HFE () = I_C / I_B$

V4/1d

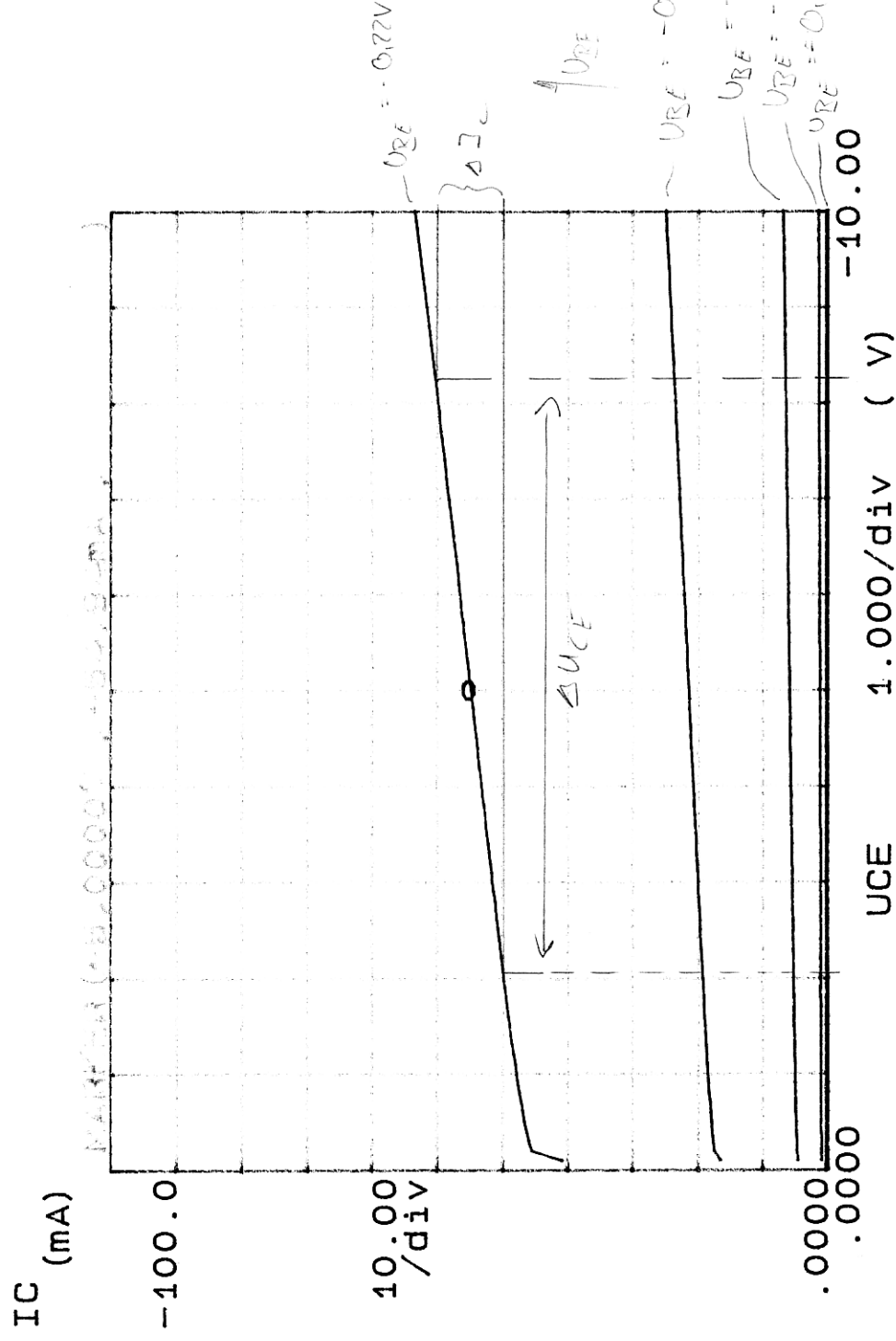
Ausdruck zu 1d) Ausgangskennlinienfeld $-I_c = f(-U_{CE})$

***** GRAPHICS *****

Variable1:
 UCE -Ch3
 Linear sweep
 Start .0000V
 Stop -10.000V
 Step -.1000V

Variable2:
 UBE -Ch2
 Start .0000V
 Stop -.2200V
 Step -.0440V

Constants:
 UE -Ch1 .0000V



HFE () = I_C / I_B

V41e

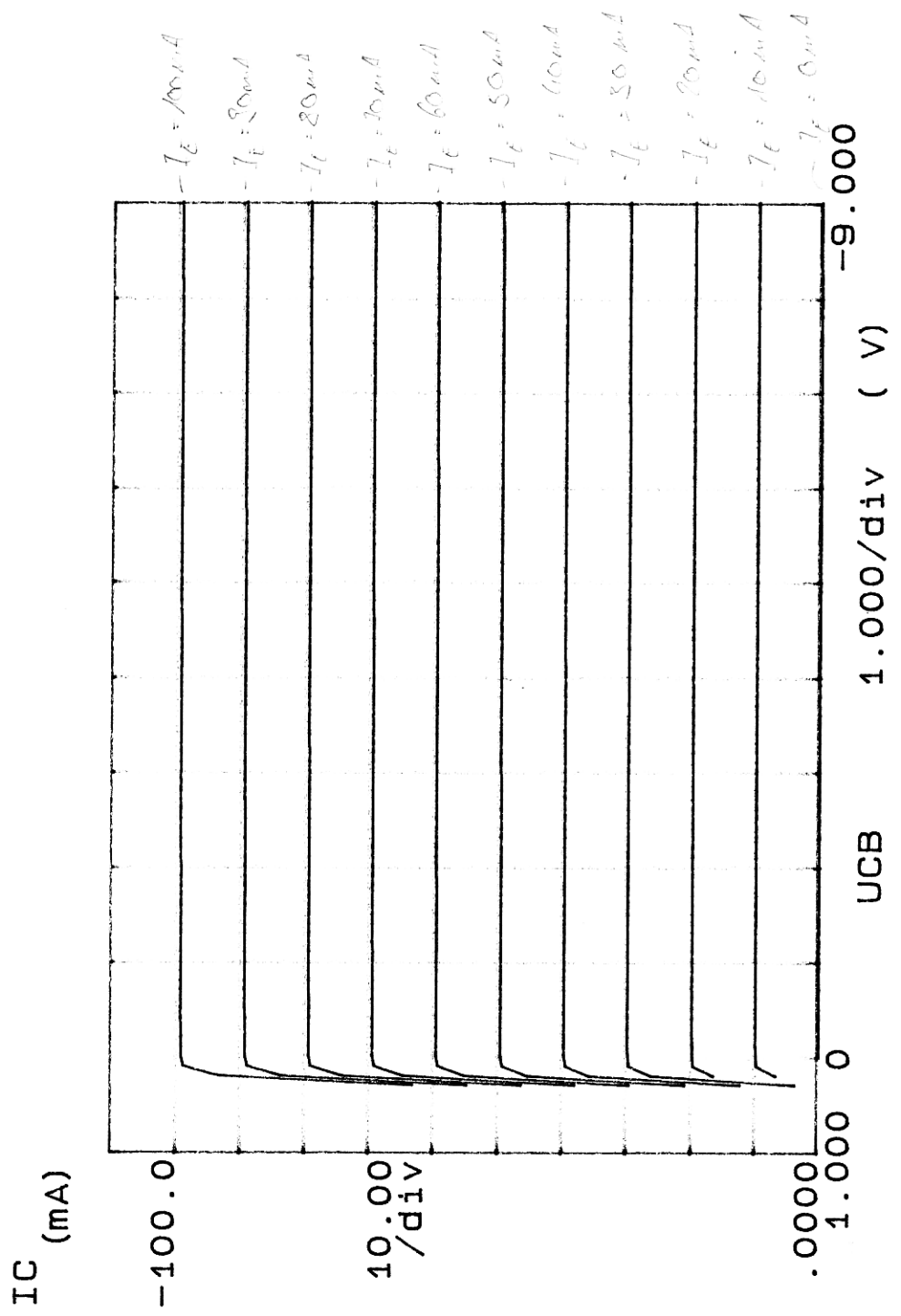
Ausdruck zu 1e) Ausgangskennlinienfeld in Basisschaltung

***** G3A7H1CG PRO *****

Variable1: -Ch3
 UCB -Ch3
 Linear sweep
 Start 1.0000V
 Stop -9.0000V
 Step -.1000V

Variable2: -Ch1
 IE
 Start .000 A
 Stop 100.0mA
 Step 10.00mA

Constants: -Ch2
 UB .0000V



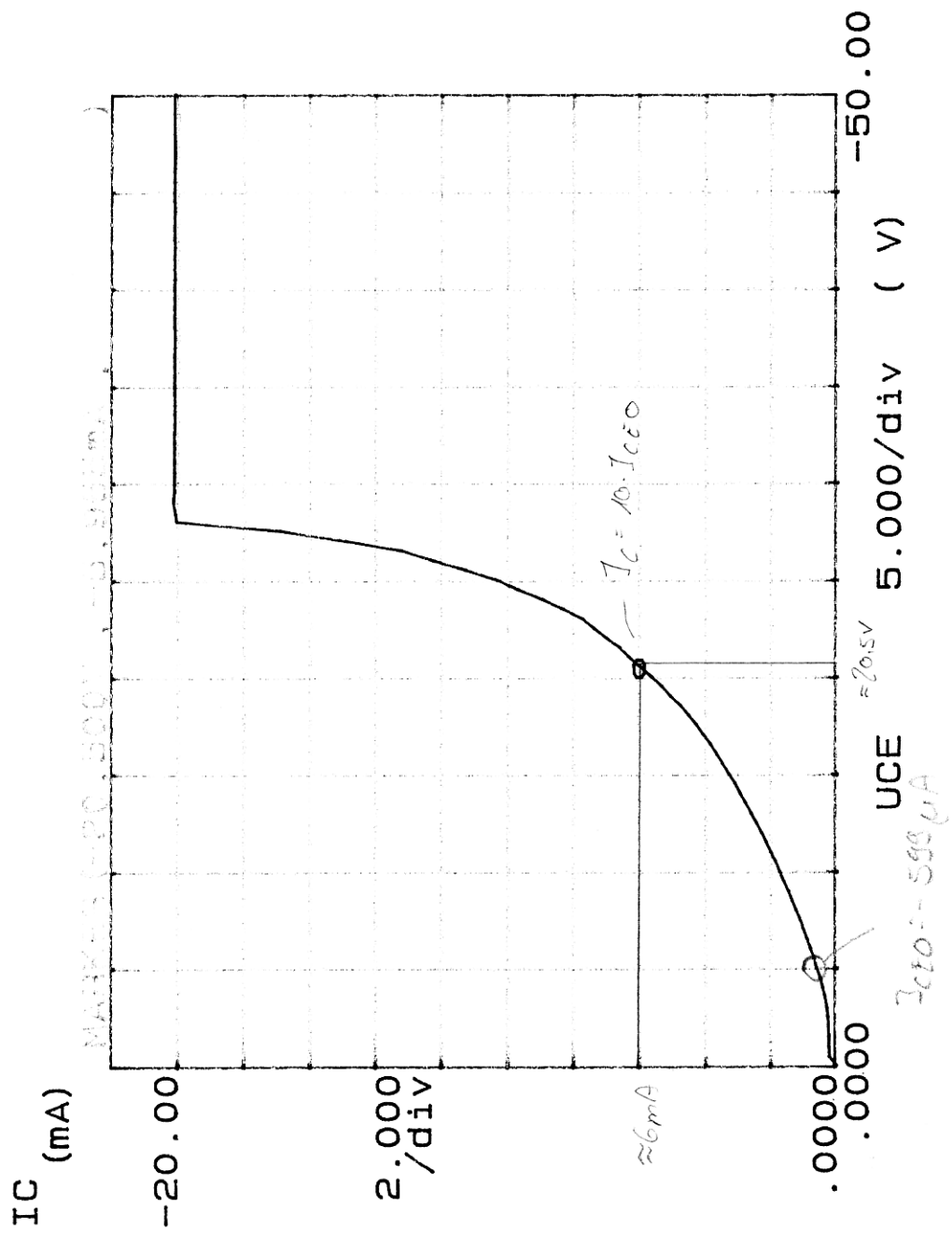
+

+

V4/1A

Ausdruck zu 1f) Messung von I_{CE}

***** CHARACTERISTICS PLOT *****



Variable1:
 UCE -Ch3
 Linear sweep
 Start .0000V
 Stop -50.000V
 Step - .5000V

Constants:
 UE -Ch1 .0000V

$U_{CE} = 5V \rightarrow I_{CE0} = 599 \mu A$

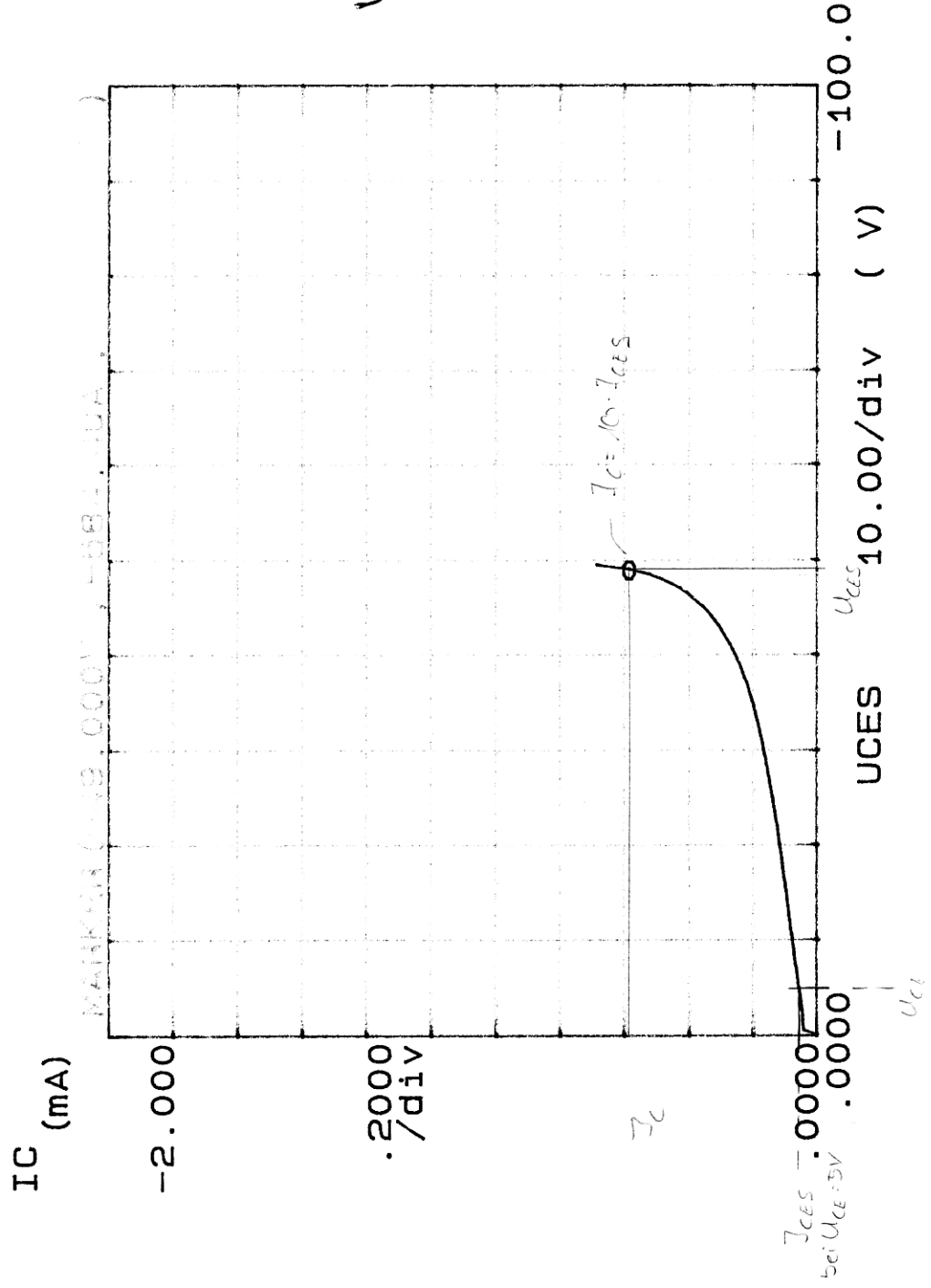
$V_{CE0} = V_{CE}$ für $I_C = 10 \cdot (-599 \mu A)$

$V_{CE0} = 20,5V$

V4/19

Ausdruck zu 14) Messung von U_{CES}

***** DISPLAYS PLOT *****



Variable1:
 UCES -Ch3
 Linear sweep
 Start .0000V
 Stop -100.00V
 Step - .5000V

Constants:
 UE -Ch1 .0000V
 UBE -Ch2 .0000V

$U_{CES} = U_{CE}$ für $J_C = 10 \cdot J_{CES}$

HFE () = I_C / I_B

Dabei ist $I_S \approx 10^{-16} \dots 10^{-12} \text{ A}$ (Sättigungsspannstrom)

$U_T \approx 26 \text{ mV}$ (Temp. spg.)

$U_A \approx 30 \dots 150 \text{ V}$ (Early-spg.) (für pnp 50...75V)

Für die Stromverstärkung wird noch die Abhängigkeit von U_{CE} berücksichtigt, da diese vom Early-Effekt berücksichtigt wird:

$$\beta(U_{BE}, U_{CE}) = \beta_0(U_{BE}) \left(1 + \frac{U_{CE}}{U_A}\right) \quad 2.4$$

→ 2.4 in 2.3 Großsignalgleichungen

$$I_C = I_S e^{\frac{U_{BE}}{U_T}} \left(1 + \frac{U_{CE}}{U_A}\right)$$

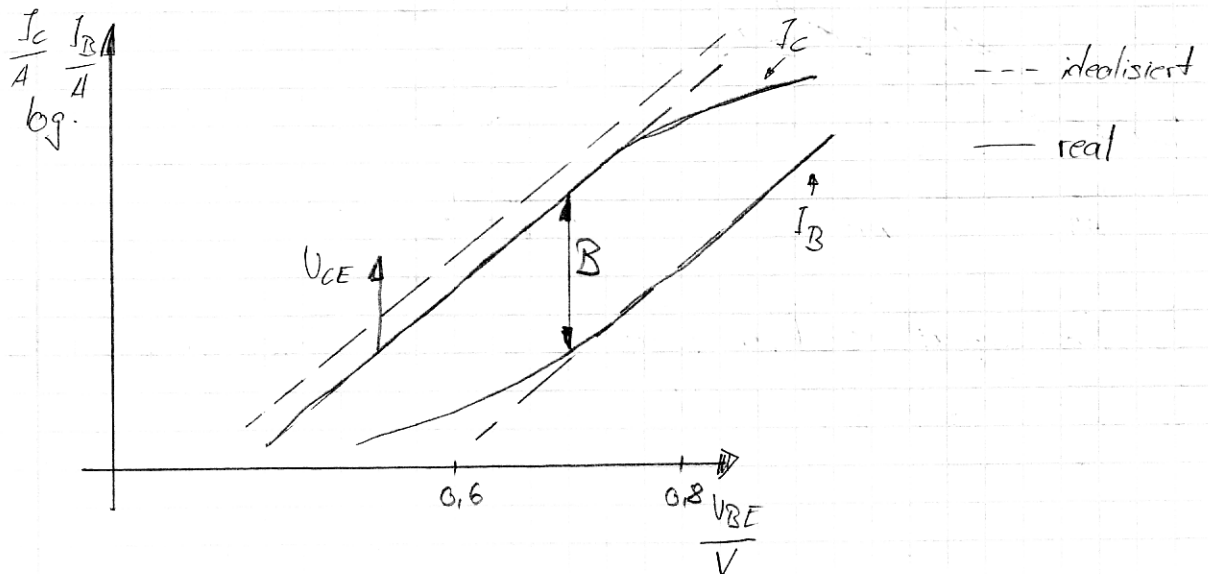
$$I_B = \frac{I_S}{\beta_0} e^{\frac{U_{BE}}{U_T}}$$

TS 39

Verlauf der Stromverstärkung

Da die Ströme I_B und I_C exponentiell von U_{BE} abhängen, bietet sich eine halblogarithmische Darstellung über U_{BE} mit U_{CE} als Parameter an. → Gummel-Plot

Die exp.-Verläufe gehen dabei in Geraden über (bei $\beta_0 = \text{konst.}$)

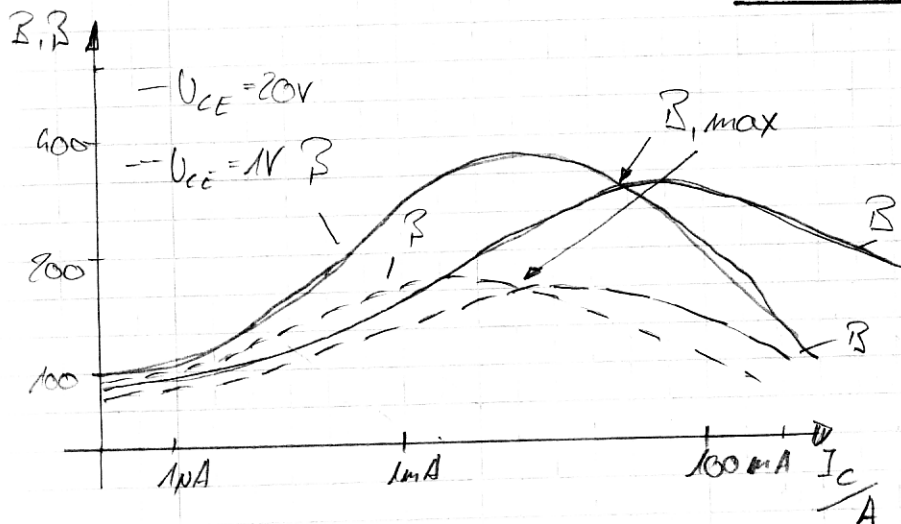


Die realen Verläufe stimmen in einem großen Bereich mit den Geraden überein. Abweichungen ergeben sich:

- Bei sehr kleinen I_C ist β größer als der durch ein konst. β_0 geg. Wert. Diese Abw. wird durch zusätzliche Anteile im Basisstrom verursacht und führt zu einer Abnahme von β bzw. β_0 . \rightarrow Großsig. gl. gültig
- Bei sehr großen I_C ist β kleiner als der durch die Großsig. gl. geg. Wert. Diese Abw. wird durch den Hochstromeffekt verursacht und führt ebenfalls zu einer Abnahme von β bzw. β_0 . Dieser Bereich wird nur vom Leistungstrans. genutzt. \rightarrow Großsig. gl. nicht gültig

In der Praxis wird die Stromverstärkung β als Fkt. von I_C und U_{CE} angegeben. Beachtung findet noch die

$$\left. \begin{array}{l} \text{differentielle Stromverstärkung} \\ \beta = \frac{dI_C}{dI_B} \end{array} \right|_{U_{CE} = \text{konst}}$$



Bei Kleinsignalthansistoren wird das max. der Stromverstärkung bei $I_C \approx 1 \dots 10 \text{ mA}$ erreicht.

In der Praxis wird der Trans. im Bereich des Maximums oder links davon betrieben, da im Bereich rechts des Max. der Hochstromeffekt auftritt. Des Weiteren werden die Grenzfrequ. und die Schaltgeschw. in diesem Bereich reduziert.

Wird der Transistor im Bereich des Maximums der Stromverst. β betrieben, so kann man die Näherung

$$\beta(I_C, U_{CE}) \approx \beta(I_C, U_{CE}) \approx \beta_{\max}(U_{CE})$$

Verwenden:

Typ. Werte : Kleinsig. Trans. : $\beta \approx 100 \dots 500$

Leistungs-Trans. : $\beta \approx 10 \dots 100$

Darlington-Trans.: $\beta \approx 500 \dots 10000$

TS 4.1

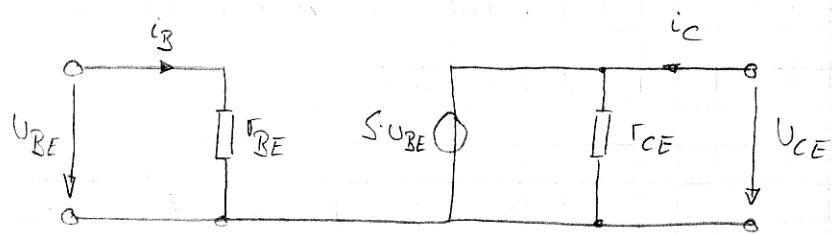
Arbeitspunkt und Kleinsignalverhalten

Ein Anwendungsgebiet des Bip Transistors ist die lineare Verstärkung von Signalen im Kleinsignalbetrieb. Dabei wird der Trans. in einem Arbeitsp. A betrieben und mit kleinen Signalen um den AP angesteuert.

Bestimmung des AP:

Der AP wird durch die Spg. $U_{CE}^{(A)}$, $U_{BE}^{(A)}$ und die Ströme $I_C^{(A)}$ und $I_B^{(A)}$ charakterisiert und die äußere Beschaltung des Trans. festgelegt.

Kleinsignaltersatzschaltbild



Grenzdaten und Sperrströme

Durchbruchspannungen:

- BE - Diode: Bei der Emitter-Basis-Durchbruchspg. U_{BREBO} bricht die BE-Diode im Sperrbetrieb durch. Typ. $U_{BREBO} \approx 5 \dots 7V$

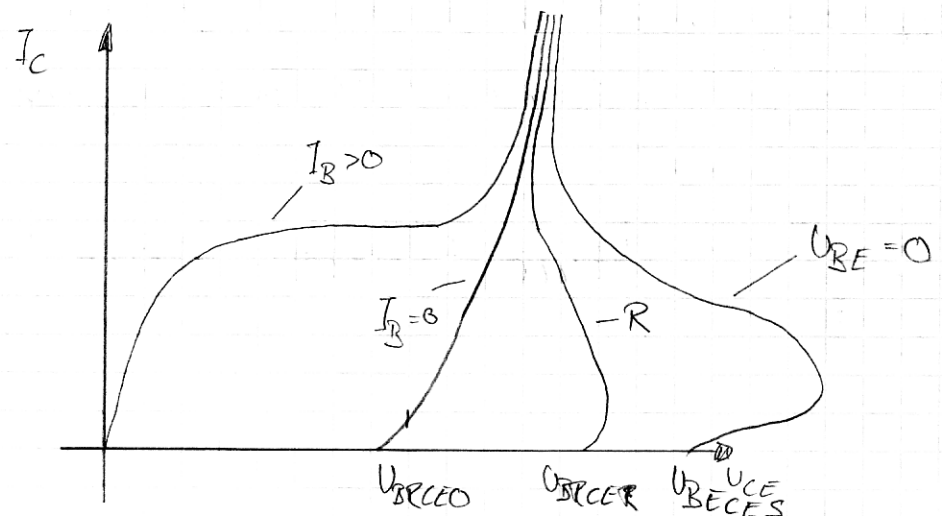
- BC - Diode: Bei der CB-Durchbruchspg. U_{BRCBO} bricht die BC-Diode im Sperrbetrieb durch.

Da im NB die BC-Diode gesperrt ist, ist durch U_{BRCBO} eine für die Praxis wichtige Obergrenze für die Kollektor-Basis-Spg. gegeben.

Nieder spg. Trans: $U_{BRCBO} \approx 20 \dots 80V$

Hochspg. Trans: bis 1000V

Kollektor-Emitter Strecke:



Bei einer bestimmten U_{CE} tritt ein Durchbruch auf, der ein starkes Ansteigen von I_C zur Folge hat und in den meisten Fällen zur Zerstörung des Trans. führt.

$I_B > 0$: Im Bereich von U_{BRCEO} steigt I_C stark an und die Kennlinie geht näherungsweise in eine Vertikale über. Die Spg. U_{BRCEO} ist die Spg., bei der trotz offener Basis ($I_B = 0$) I_C aufgrund des Durchbruchs einen bestimmten Wert überschreitet. Zur Bestimmung von U_{BRCEO}

$I_B = 0$: wird die Kennlinie $I_B = 0$ verwendet, die bei U_{BRCEO} näherungsweise in eine Vertikale übergeht.

R : Bei der Aufnahme der Kennlinie „R“ wird ein Widerstand zwischen Basis und Emitt. geschaltet; dadurch erhöht sich die Durchbruchspg. auf U_{BRCEER} . Der bei Durchbruch auftretende Stromanstieg hat in diesem Fall ein Absinken von U_{CE} von U_{BRCEER} auf U_{BRCEO} zur Folge. Der Basisstrom I_B ist dabei negativ.

$U_{BE} = 0$: Das selbe Verhalten zeigt die Kennlinie $U_{BE} = 0$, die mit kurzgeschl. BE-Strecke aufgenommen wird.

Allgemein gilt : $U_{BRCEO} < U_{BRCEER} < U_{BRCEES} < U_{BRCEO}$

- Durchbruch 2. Art: Tritt bei Leistungs- u. Hochspannströmung auf.

Durchbruch 1. Art \rightarrow Einschnürung
 \rightarrow Einbruch U_{CE} \rightarrow Zerstörung

Grenzströme: Max. Dauerströme: I_{Cmax} , I_{Bmax} , I_{Emax}

Max. Spitzenwerte: im Pulsbetrieb mit vorgeg. Pulsdauer, Wdh.-Rate

I_{CM} , I_{BM} , I_{EM}

I_{CM} , I_{BM} , I_{EM}

1,2 ... 2 x Dauerströme

Sperrströme: I_{EBO} , I_{CBO} \rightarrow BE- / BC-Diode

I_{CEO} , I_{CES} \rightarrow Kollektor-Emitter-Strom

$\hookrightarrow I_{CES} < I_{CEO}$

Max. Verlustleistung | Zul. Betriebsbereich:

$$P_V = U_{CE} I_C + U_{BE} I_B \approx U_{CE} I_C$$

Sie entsteht im wesentlichen in der Sperrschicht der BC-Diode.

Die Temp. der Sperrschicht darf einen materialabhängigen

Grenzwert nicht übersteigen. Si: $175^\circ C$ ($150^\circ C$)

Je nach Aufbau u. Montage ergibt sich daraus eine max.

Verlustleistung P_{tot} . SOA (Safe Operating Area) =

