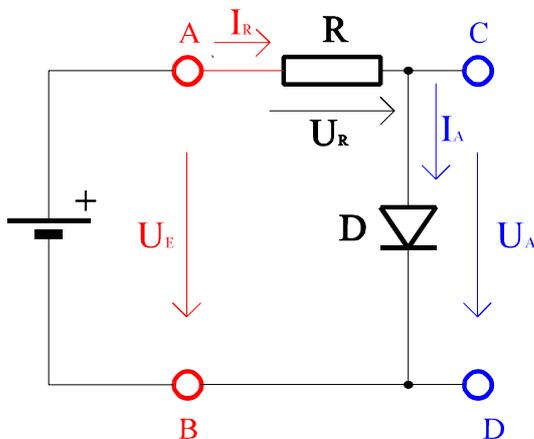


Abt. Technische Informatik
Dr. Hans-Joachim Lieske

Aufgaben zum Seminar Technische Informatik

Aufgabe 2.2.1. - Der Arbeitspunkt von Halbleiterdioden

Gegeben sei folgende Schaltung:



Kennlinien:

$$\begin{aligned}
 D_1: \quad & I_1(U_1) = a U_1 && \text{für } U_1 \in [0, 10] \text{ V} \\
 & I_1(U_1) = 0 && \text{für } U_1 \in [0, -10] \text{ V} \\
 D_2: \quad & I_2(U_2) = b U_2^8 && \text{für } U_2 \in [0, 10] \text{ V} \\
 & I_2(U_2) = 0 && \text{für } U_2 \in [0, -10] \text{ V}
 \end{aligned}$$

Werte:

$$\begin{aligned}
 a &= 1,734665 \text{ mA/V} \\
 b &= 1,734665 \text{ mA/V}^8 \\
 R &= 2,30592074 \text{ k}\Omega \\
 U_E &= 5 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Abb. 1

Aufgabe:

- Bestimmen Sie mit Hilfe der Kennlinien die über die Dioden abfallenden Spannungen U_{A1} und U_{A2} sowie die über die Dioden D_1 und D_2 fließenden Ströme I_{A1} und I_{A2} für die Spannung $U_E = 5 \text{ V}$.
- Berechnen Sie die Spannungen U_{A1} und U_{A2} sowie die Ströme I_{A1} und I_{A2} aus der analytischen Form.

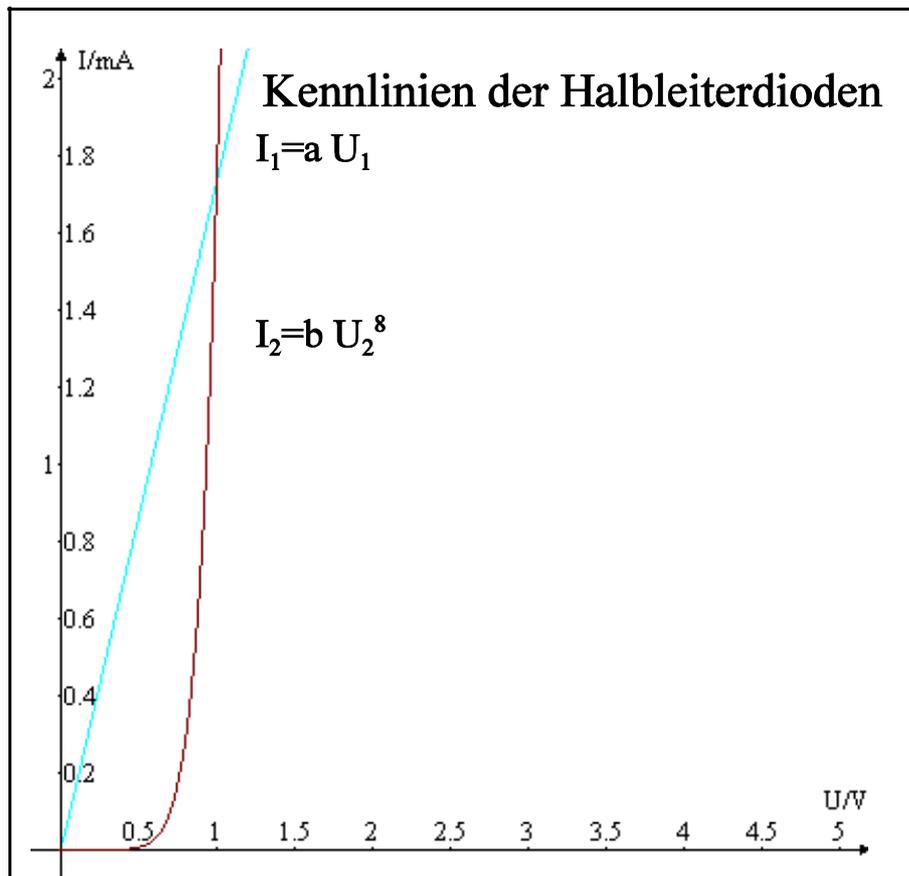
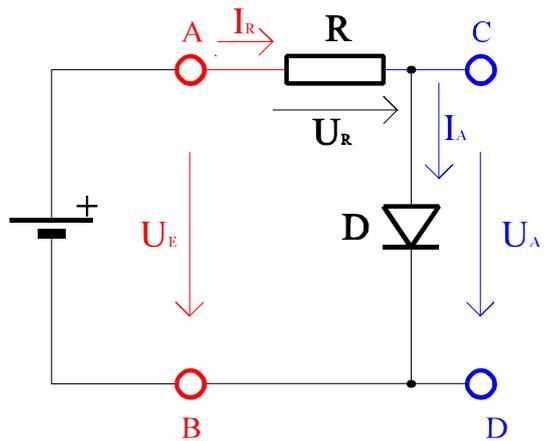


Abb. 2

Aufgabe 2.2.2. - Leuchtdioden als Anzeigebauetelemente in Computern

Eine rote und eine grüne Luminiszenzdiode sollen in einem Computer als Anzeigebauetelemente genutzt werden.

Gegeben ist folgende Schaltung:



Werte:

$$U_{E1} = 3\text{V}$$

$D_2 = \text{LED-rot}$

$D_3 = \text{LED-grün}$

und die Kennlinien für die rote und grüne Diode

Abb. 3

Aufgabe:

Bestimmen Sie den Vorwiderstand R_2 für die rote Leuchtdiode (D_2) und R_3 für die grüne Leuchtdiode (D_3). Durch die Dioden soll dabei ein Strom von 40mA fließen.

1. Bestimmen Sie die beiden Punkte für die Widerstandsgeraden aus der Leerlaufspannung und dem Strom durch die Diode.
2. Bestimmen Sie den Spannungsabfall über die Dioden (U_{A2} und U_{A3}).
3. Bestimmen Sie die Vorwiderstände R_2 und R_3 durch Auswertung der Widerstandsgeraden.

Stellen Sie die Ergebnisse in einer Tabelle dar.

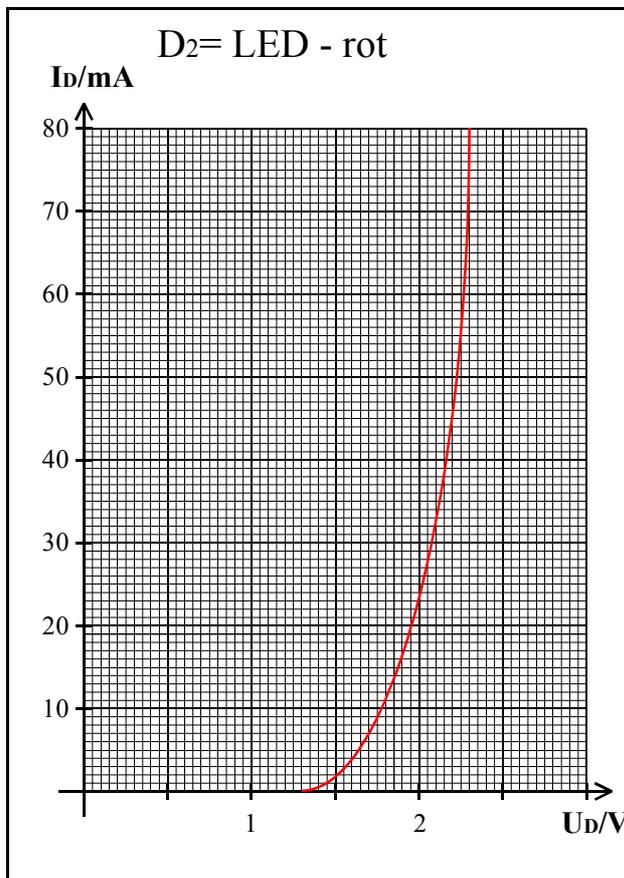


Abb. 5

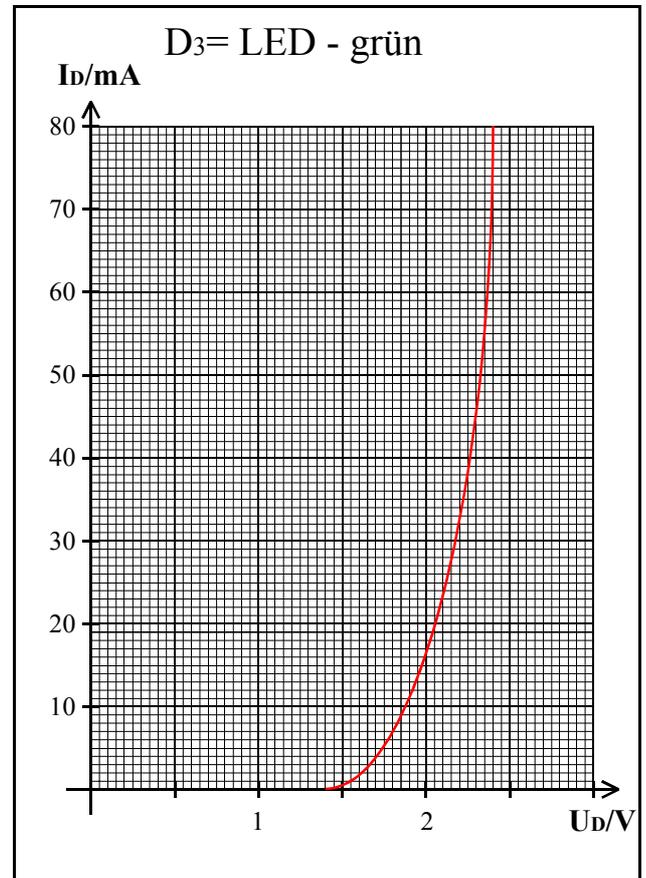


Abb. 4

D₂= LED - rot

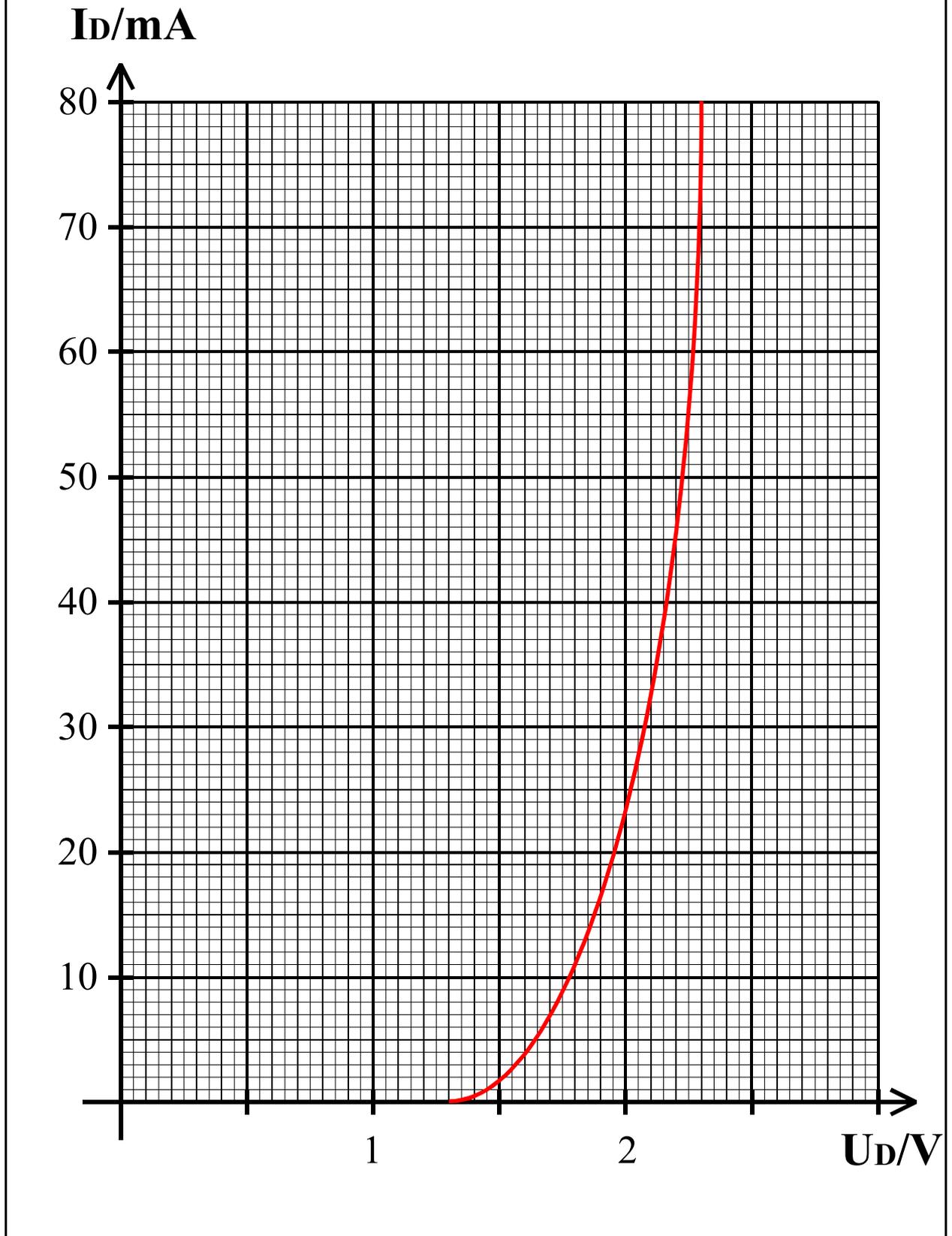


Abb. 6

D₃ = LED - grün

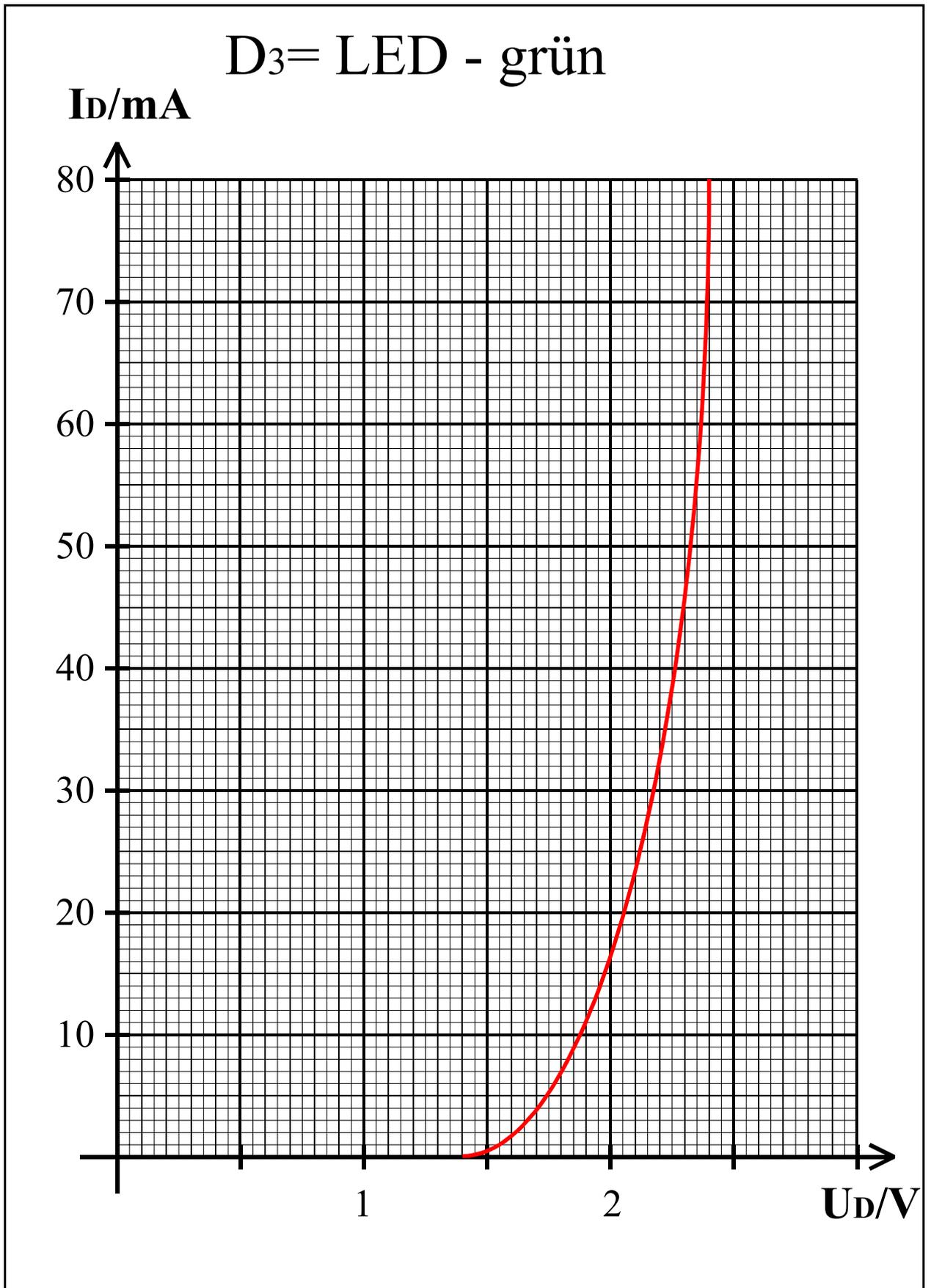


Abb. 7

Aufgabe 2.2.3. - Gleichspannungsstabilisatorschaltungen mit Halbleiterdioden

Eine Leuchtdiode soll für die Stabilisierung einer kleinen Gleichspannung verwendet werden.

Gegeben ist folgende Schaltung:

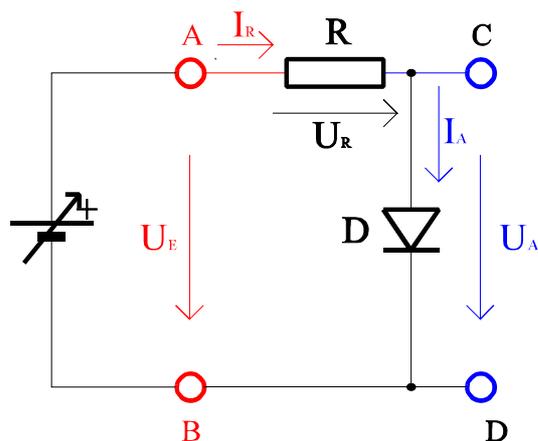


Abb. 8

Werte:

U_{E1max}	= 4 V
$U_{E1mittel}$	= 3 V
U_{E1min}	= 2 V

$R_3 = 40 \Omega$

und die Kennlinie für der roten Leuchtdiode

Aufgabe:

Bestimmen Sie den Stabilisierungsfaktor S der Schaltung

1. Bestimmen Sie die Eingangsspannungsdifferenz $\Delta U_{E1} = U_{E1max} - U_{E1min}$.
2. Bestimmen Sie die mittlere Ausgangsspannung U_A , die minimale Ausgangsspannung U_{Amin} , die maximale Ausgangsspannung U_{Amax} sowie die dazugehörigen Ströme I_A , I_{Amin} , I_{Amax} . Die Indizes richten sich dabei nach den Eingangsspannungen!
3. Bestimmen Sie die Ausgangsspannungsdifferenz $\Delta U_A = U_{Amax} - U_{Amin}$, sowie die Ausgangstromdifferenz $\Delta I_A = I_{Amax} - I_{Amin}$.
4. Bestimmen Sie den Stabilisierungsfaktor $S = \Delta U_A / \Delta U_{E1}$.

Stellen Sie die Ergebnisse in einer Tabelle dar.

Für welche Geräte bzw. Baugruppen werden solche Stabilisierungsfaktoren angegeben?

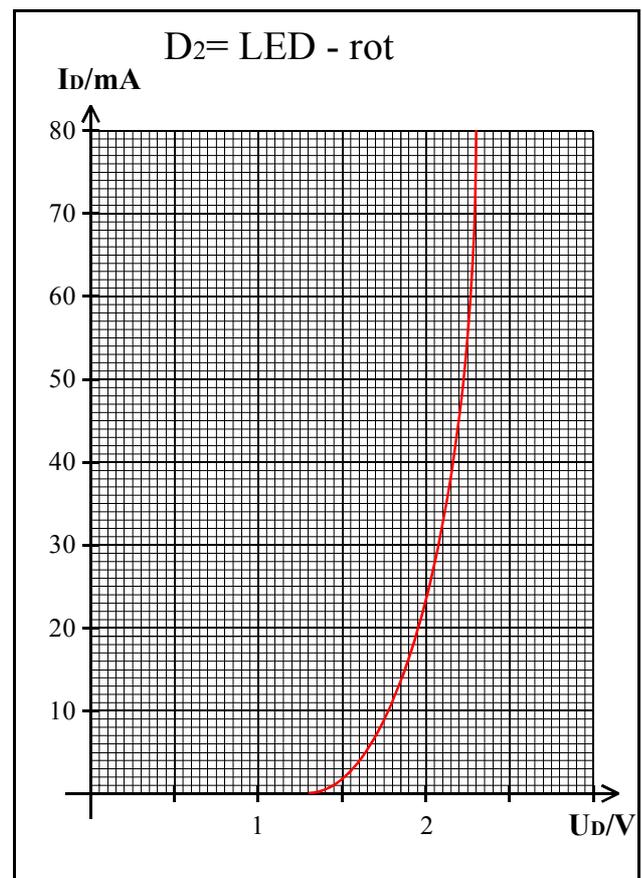


Abb. 9

D₂= LED - rot

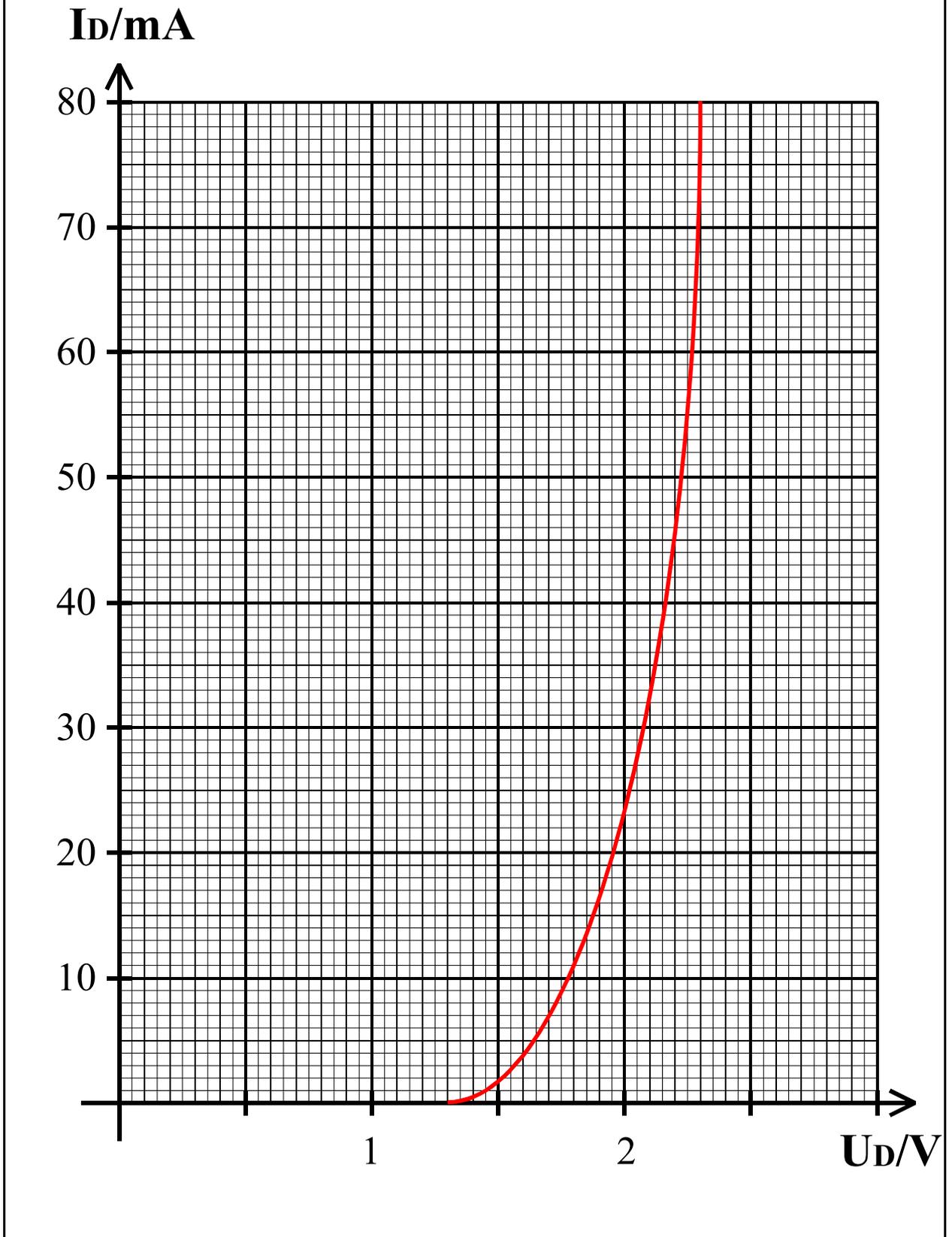


Abb. 10

Lösung: Aufgabe 2.2.1.

Der Arbeitspunkt von Halbleiterdioden

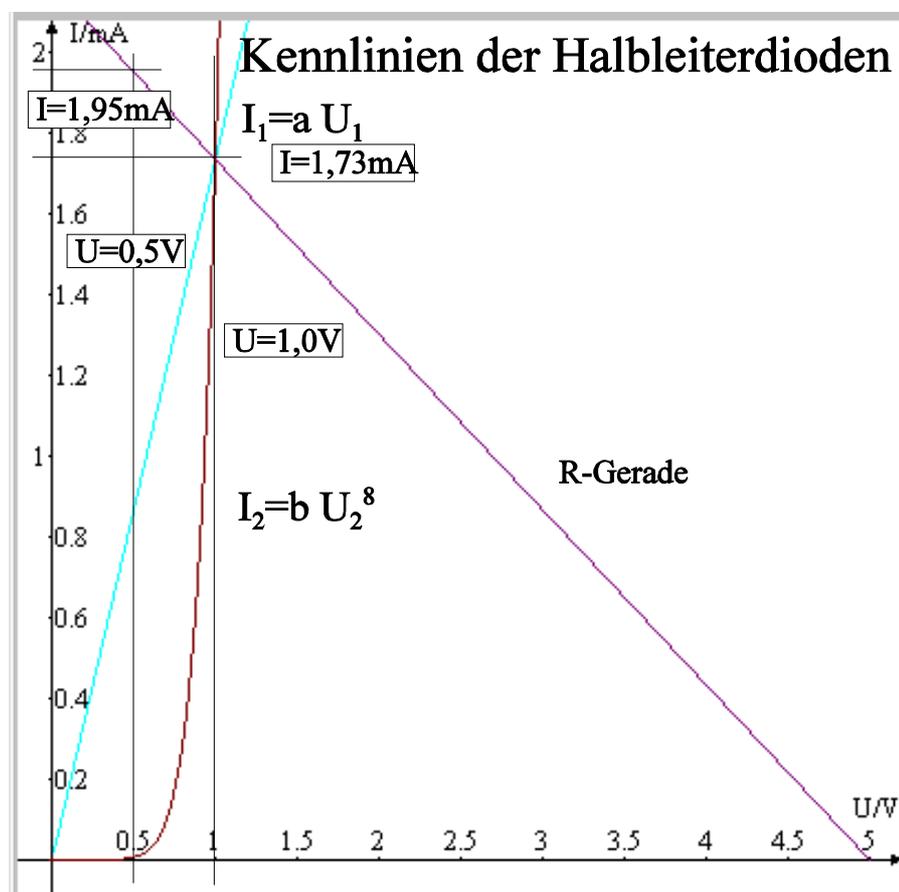
- Bestimmen Sie mit Hilfe der Kennlinien die über die Dioden abfallenden Spannungen U_{A1} und U_{A2} sowie die über die Dioden D_1 und D_2 fließenden Ströme I_{A1} und I_{A2} für die Spannung $U_E=5V$.

$$I_{\max} = U_E / R = 5V / 2,3k\Omega = 2,17 \text{ mA}$$

Dieser Wert läßt sich im Kennlinienfeld nicht mehr eintragen. Deshalb wird der Punkt der R-Geraden für $U=0,5V$ bestimmt. Dabei fällt über den Widerstand eine Spannung von $4,5V$ ab.

$$I(0,5V) = (U_E - 0,5V) / R = 5V - 0,5V / 2,306k\Omega = 4,5V / 2,306k\Omega = 1,95 \text{ mA}$$

Mit diesen Werten läßt sich die R-Gerade zeichnen.



Aus dem Schnittpunkt der R-Gerade und der Kennlinien ergeben sich die Arbeitspunkte:

$$U_1 = 1V \quad I_1 = 1,73mA$$

$$U_2 = 1V \quad I_2 = 1,73mA$$

Über beide Dioden fällt die gleiche Spannung ab und es fließt der gleiche Strom.

Dies ist natürlich ein Sonderfall zur Demonstration.

2. Berechnen Sie die Spannungen U_{A1} und U_{A2} sowie die Ströme I_{A1} und I_{A2} aus der analytischen Form.

Widerstandsgerade:

$$I_R(U_R) = U_E/R - R^{-1}U_R$$

- 2.1 Kennlinie 1:

$$I_1(U_1) = a U_1$$

Daraus folgt: mit $I_R(U_R) = I_1(U_1) = I_{A1}(U_{A1})$ und $U_R = U_1 = U_{A1}$ und der Subtraktion der Gleichung der Kennlinie 1 von der Gleichung der Widerstandsgeraden

$$U_E/R - R^{-1}U_{A1} - aU_{A1} = 0$$

$$U_E/R = (R^{-1} + a)U_{A1}$$

$$U_{A1} = U_E / (1 + aR)$$

$$= 5V / (1 + 1,734665mA/V \cdot 2,30592074k\Omega) = 5V / (1 + 4) = 5V / 5 = 1V$$

Durch Einsetzen in die Gleichung der Kennlinie 1 oder die Gleichung der Widerstandsgeraden erhält man:

$$I_{A1}(U_{A1}) = U_E/R - R^{-1}U_{A1} = a U_{A1}$$

$$= 1,734665mA/V \cdot 1V = 1,734665mA$$

- 2.1 Kennlinie 2:

$$I_2(U_2) = b U_2^8$$

Daraus folgt: mit $I_R(U_R) = I_2(U_2) = I_{A2}(U_{A2})$ und $U_R = U_2 = U_{A2}$ und der Subtraktion der Gleichung der Kennlinie 1 von der Gleichung der Widerstandsgeraden

$$U_E/R - R^{-1}U_{A2} - b U_{A2}^8 = 0$$

$$[U_E/R = -(R^{-1} \cdot U_{A2} + b \cdot U_{A2}^8)]$$

$$-b U_{A2}^8 - R^{-1}U_{A2} + U_E/R = 0$$

Angenommen $U_{A2} = 1V$ ist eine Nullstelle der obigen Funktion, dann ist:

$$-b (1V)^8 - R^{-1}(1V) + U_E/R = 0$$

$$= -1,734665mA/V^8 \cdot 1V^8 - (2,30592074k\Omega)^{-1} \cdot 1V + 5V / 2,30592074k\Omega$$

$$= -1,734665mA - 0,43366625mA/V \cdot 1V + 0,43366625mA/V \cdot 5V$$

$$= -1,734665mA - 0,43366625mA + 2,16833125mA$$

$$\begin{aligned} &= -2,16833125 + 2,16833125 \text{ mA} \\ &= 0 \end{aligned}$$

Durch Einsetzen in die Gleichung der Kennlinie 1 oder die Gleichung der Widerstandsgeraden erhält man:

$$\begin{aligned} I_{A2}(U_{A2}) &= U_E/R - R^{-1}U_{A2} = b U_{A2}^8 \\ &= 1,734665 \text{ mA/V}^8 \cdot (1 \text{ V})^8 = \mathbf{1,734665 \text{ mA}} \end{aligned}$$

Aus dem hier gezeigten Beispiel sehen wir, daß selbst bei relativ einfachen analytischen Funktionen die mathematische Bestimmung des Arbeitspunktes relativ schwierig werden kann.

Explizit kann der Wert mittels des Newtonschen Verfahrens, mittels Iteration oder mittels des Prinzips der Intervallteilung bestimmt werden.

Lösung: Aufgabe 2.2.2.

Leuchtdioden als Anzeigebaelemente in Computern

Bestimmen Sie den Vorwiderstand R_2 für die rote Leuchtdiode (D_2) und R_3 für die grüne Leuchtdiode (D_3). Durch die Dioden soll dabei ein Strom von 40mA fließen.

1. Bestimmen Sie die beiden Punkte für die Widerstandsgeraden aus der Leerlaufspannung und dem Strom durch die Diode.
2. Bestimmen Sie den Spannungsabfall über die Dioden (U_{A2} und U_{A3}).
3. Bestimmen Sie die Vorwiderstände R_2 und R_3 durch Auswertung der Widerstandsgeraden.

1. rote Leuchtdiode

$$U_{E1}=3V$$

$$I_{D2}=40mA=I_{A2} \text{ daraus folgt } U_{D2}=2,17V=U_{A2}$$

$$R_2=(U_{E1}-U_{A2})/I_{A2}$$

$$=(3V-2,17V)/40mA=20,75\Omega$$

$$\text{Für } I_p=80mA : \quad U_p=U_{E1}-I_p R_2=3V-80mA \cdot 20,75\Omega=1,34V$$

2. grüne Leuchtdiode

$$U_{E1}=3V$$

$$I_{D3}=40mA=I_{A3} \text{ daraus folgt } U_{D3}=2,26V=U_{A3}$$

$$R_3=(U_{E1}-U_{A3})/I_{A3}$$

$$=(3V-2,26V)/40mA=18,5\Omega$$

$$\text{Für } I_p=80mA : \quad U_p=U_{E1}-I_p R_3=3V-80mA \cdot 18,5\Omega=1,52V$$

$$(\text{ falls } U_{p1}>3V : \quad I_{p1}=(U_{E1}-U_p)/R_2)$$

D₂ = LED - rot

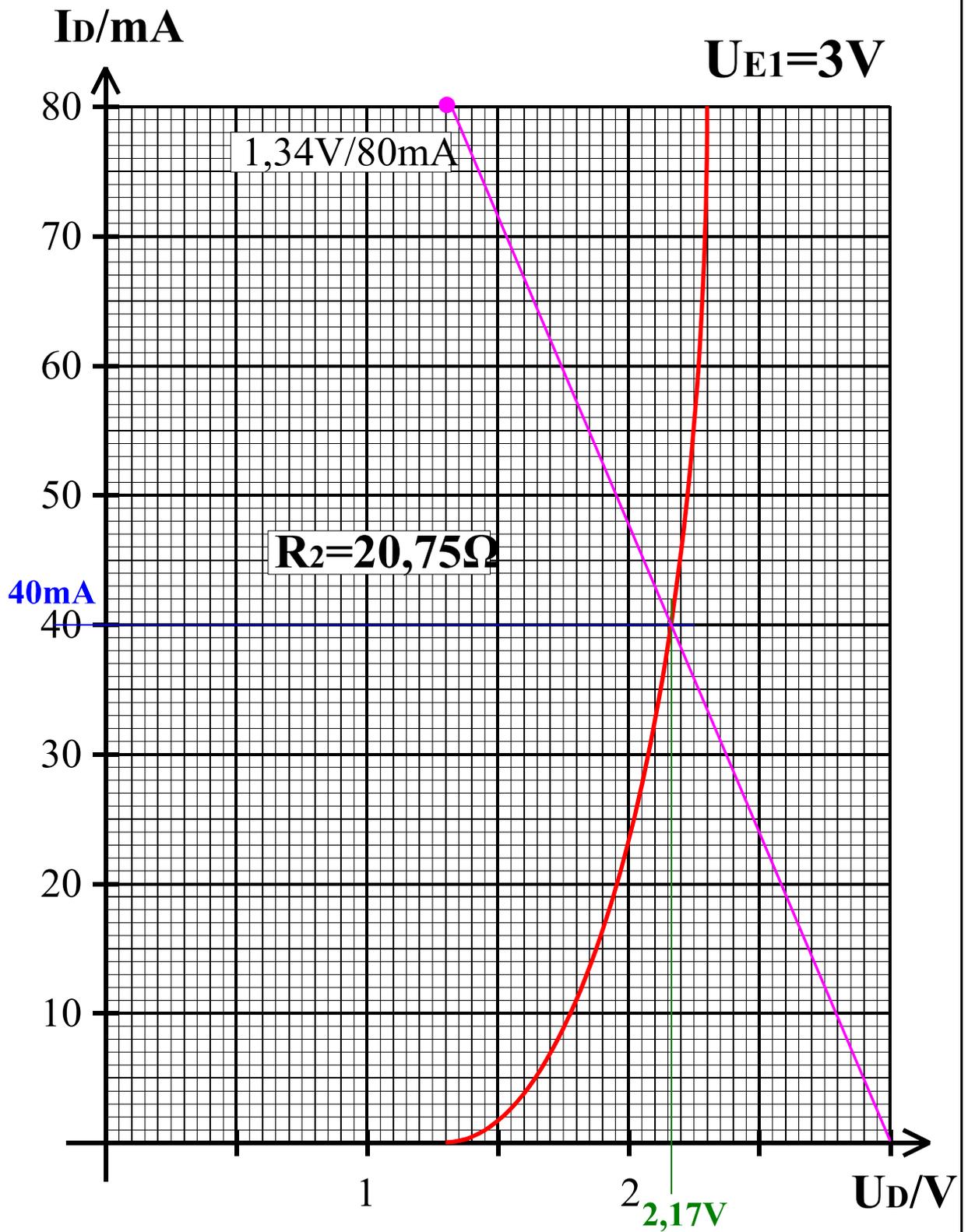


Abb. 12

D₃ = LED - grün

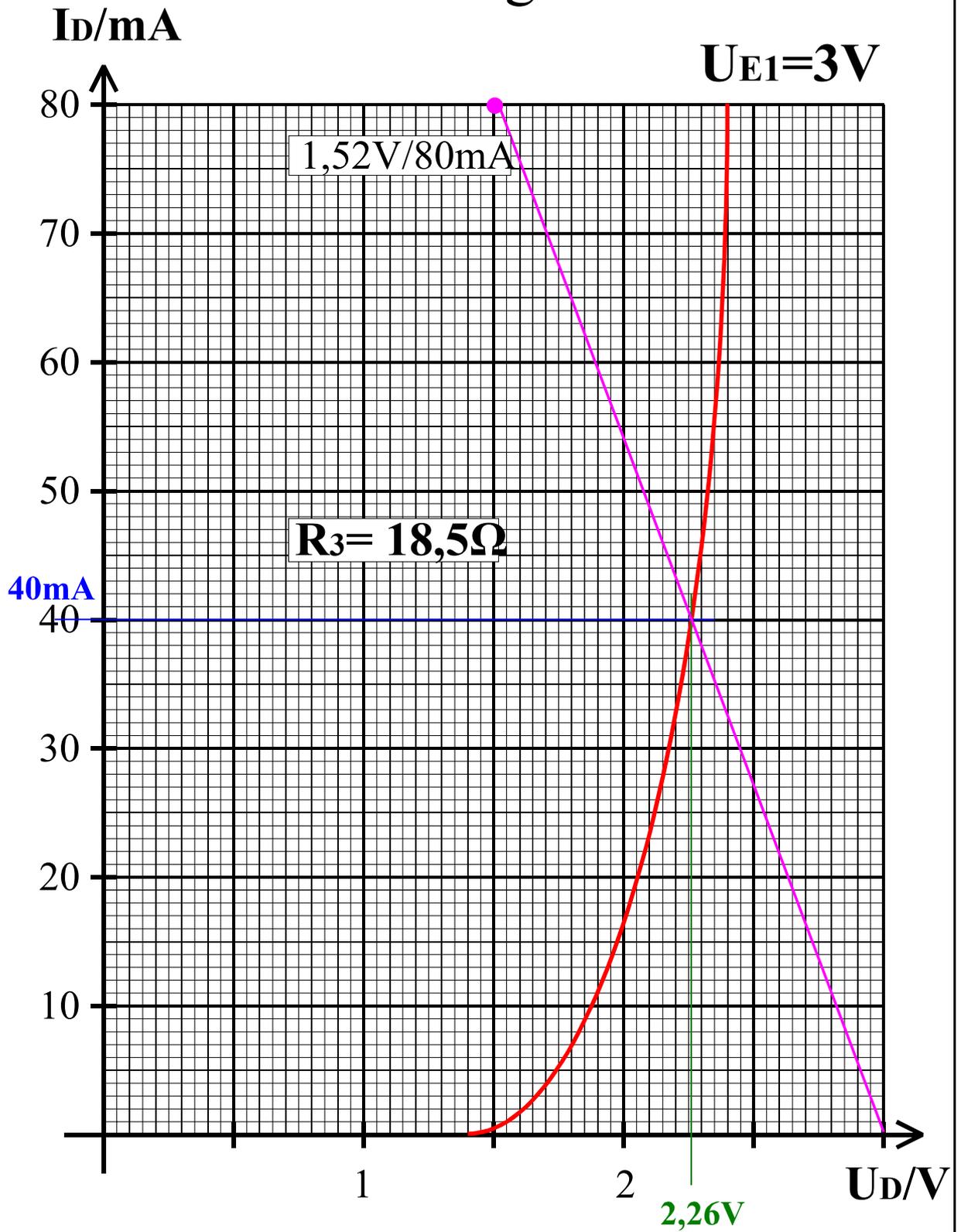


Abb. 13

Lösung: Aufgabe 2.2.3.

Gleichspannungsstabilisatorschaltungen mit Halbleiterdioden

Bestimmen Sie den Stabilisierungsfaktor S der Schaltung

1. Bestimmen Sie die Eingangsspannungsdifferenz $\Delta U_{E1} = U_{E1max} - U_{E1min}$.

$$\Delta U_{E1} = U_{E1max} - U_{E1min} = 4V - 2V = \mathbf{2V}$$

2. Bestimmen Sie die mittlere Ausgangsspannung U_A , die minimale Ausgangsspannung U_{Amin} , die maximale Ausgangsspannung U_{Amax} sowie die dazugehörigen Ströme I_A , I_{Amin} , I_{Amax} . Die Indizes richten sich dabei nach den Eingangsspannungen!

minimale Ausgangsspannung	$U_{amin} = \mathbf{1,71V}$	$I_{amin} = 7,3mA$	für $U_{E1min} = 2V$
mittlere Ausgangsspannung	$U_A = \mathbf{2,02V}$	$I_A = 24,7mA$	für $U_{E1} = 3V$
maximale Ausgangsspannung	$U_{amax} = \mathbf{2,20V}$	$I_{amax} = 45,2mA$	für $U_{E1max} = 4V$

3. Bestimmen Sie die Ausgangsspannungsdifferenz $\Delta U_A = U_{Amax} - U_{Amin}$, sowie die Ausgangstromdifferenz $\Delta I_A = I_{Amax} - I_{Amin}$.

$$\Delta U_A = U_{Amax} - U_{Amin} = 2,20V - 1,71V = 0,49V = \mathbf{490mV}$$
$$\Delta I_A = I_{Amax} - I_{Amin} = 45,2mA - 7,3mA = \mathbf{37,9mA}$$

4. Bestimmen Sie den Stabilisierungsfaktor $S = \Delta U_A / \Delta U_{E1}$.

$$S = \Delta U_A / \Delta U_{E1} = 490mV / 2V = 0,245 = \mathbf{24,5\%}$$

D₂ = LED - rot

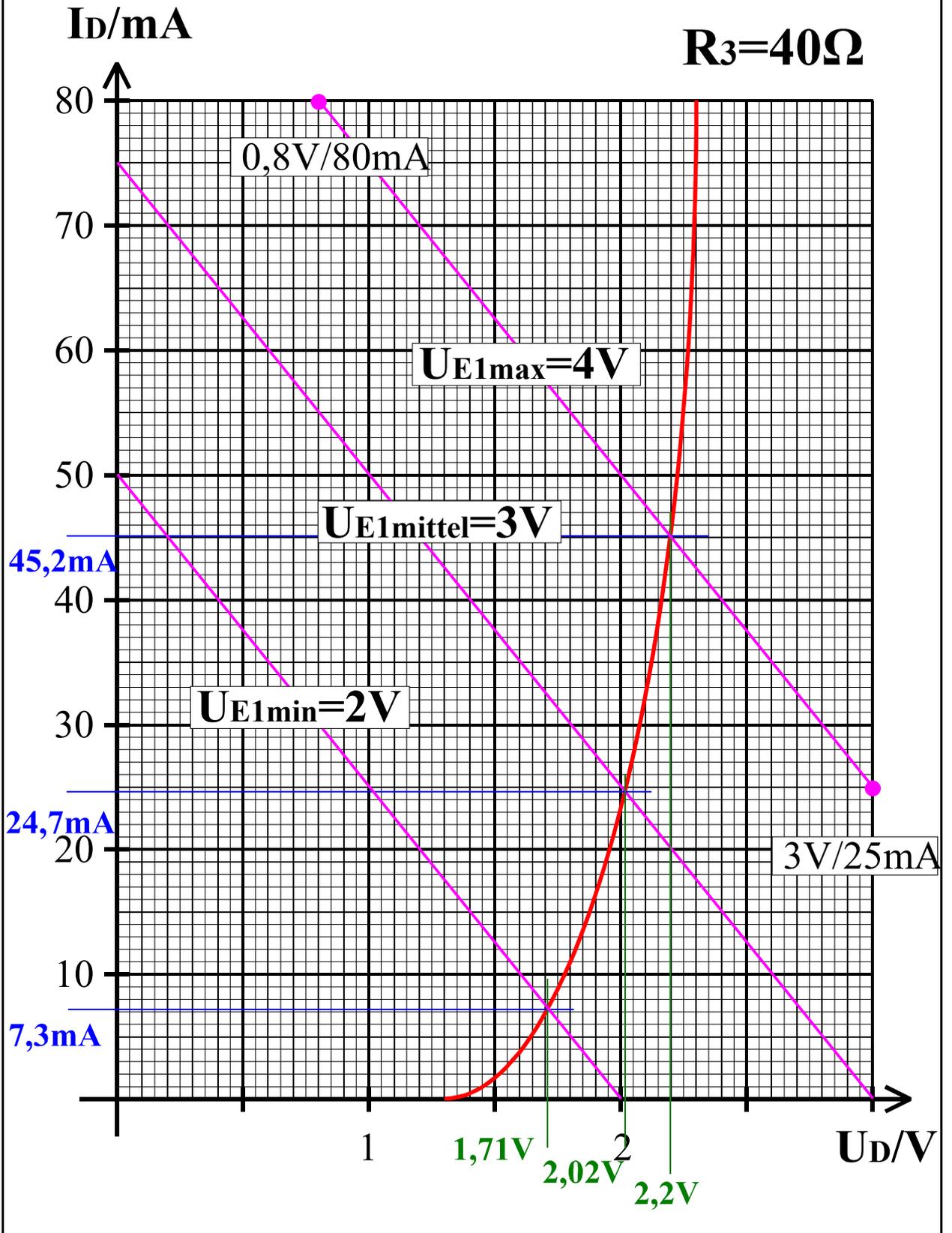


Abb. 14

