

Abt. Technische Informatik
Dr. Hans-Joachim Lieske

Aufgaben zum Seminar Technische Informatik

Aufgabe 2.2.1. - Gleichspannungsstabilisatorschaltungen mit Halbleiterdioden

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

Gegeben ist folgende Schaltung:

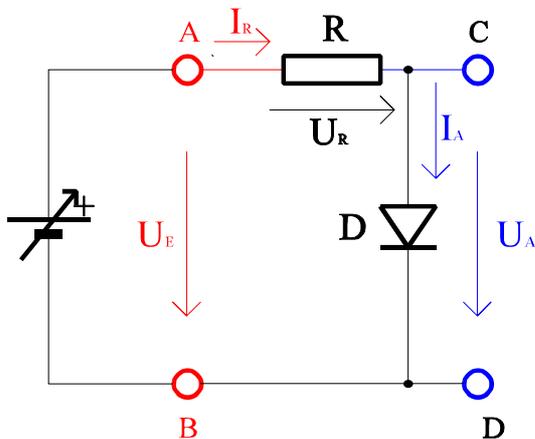


Abb. 1

Aufgabe:

Bestimmen Sie den Stabilisierungsfaktor S der Schaltung

- Bestimmen Sie die Eingangsspannungsdifferenz $\Delta U_{E1} = U_{E1max} - U_{E1min}$.
- 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!
- Bestimmen Sie die Ausgangsspannungsdifferenz $\Delta U_A = U_{Amax} - U_{Amin}$ sowie die Ausgangstromdifferenz $\Delta I_A = I_{Amax} - I_{Amin}$.
- 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?

Werte:

$$D_2 = \text{LED - rot} \quad \begin{aligned} U_{E1max} &= 5 \text{ V} \\ U_{E1mittel} &= 4 \text{ V} \\ U_{E1min} &= 3 \text{ V} \quad R_3 = 40 \Omega \end{aligned}$$

und die Kennlinie für der roten Leuchtdiode

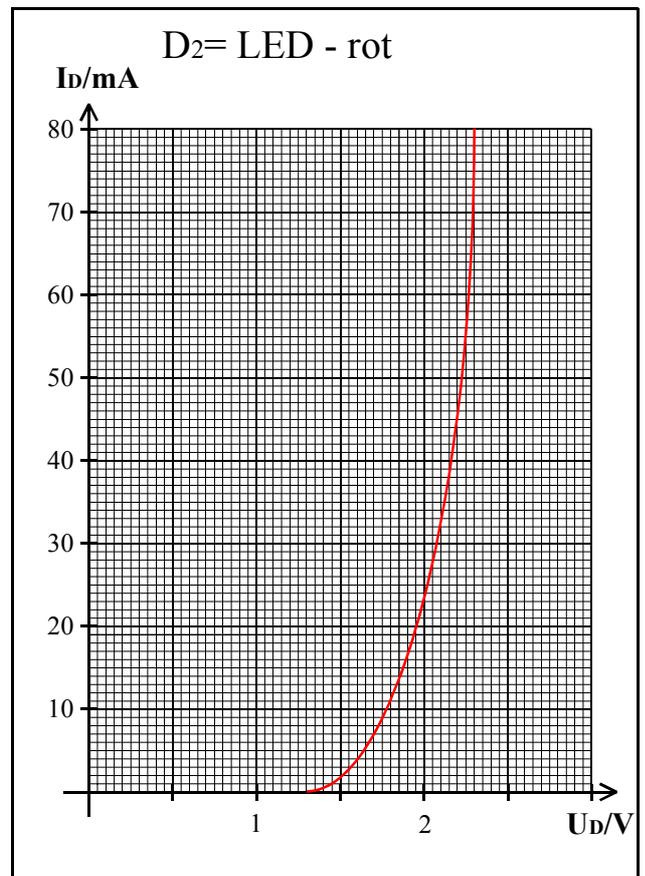


Abb. 2

D₂= LED - rot

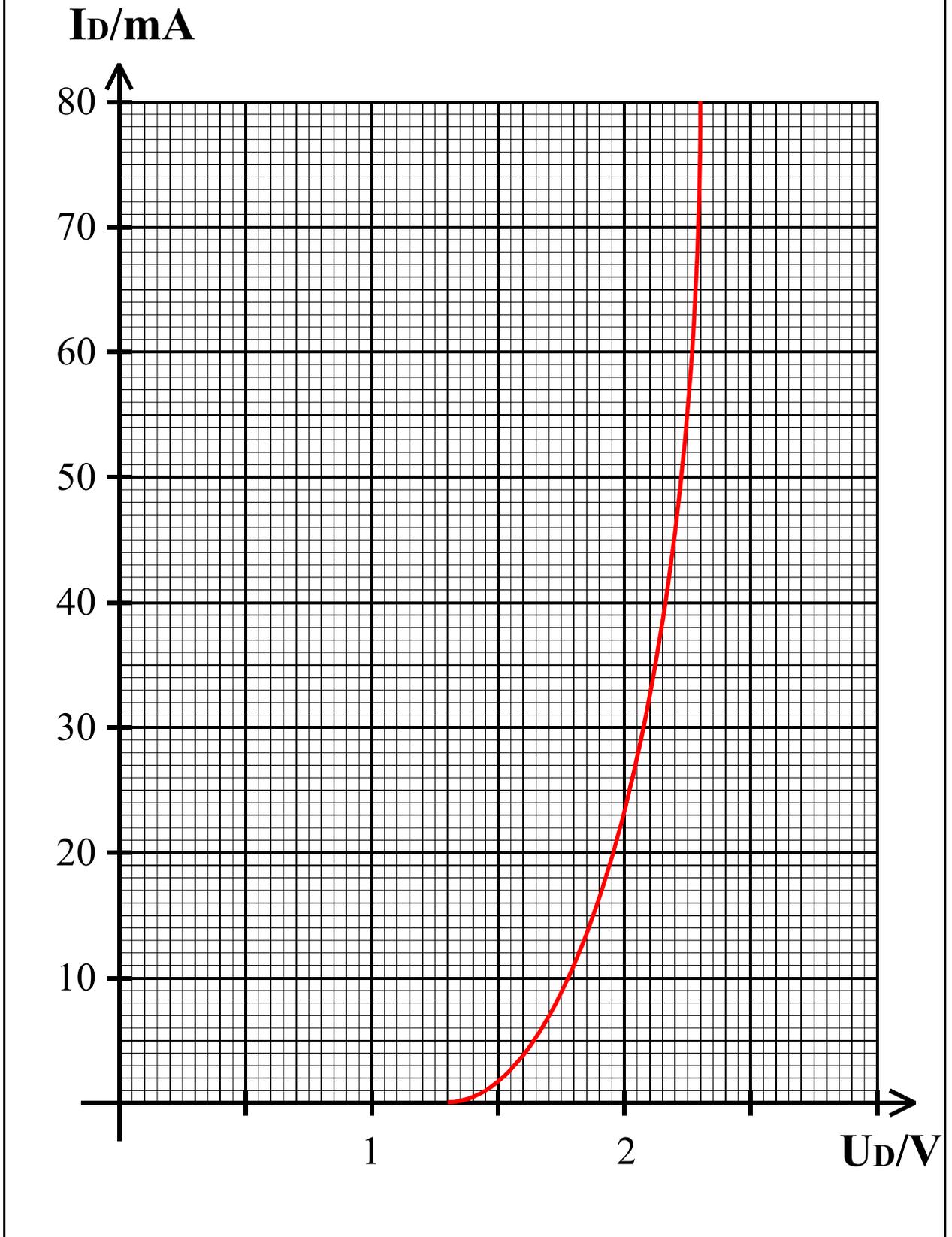
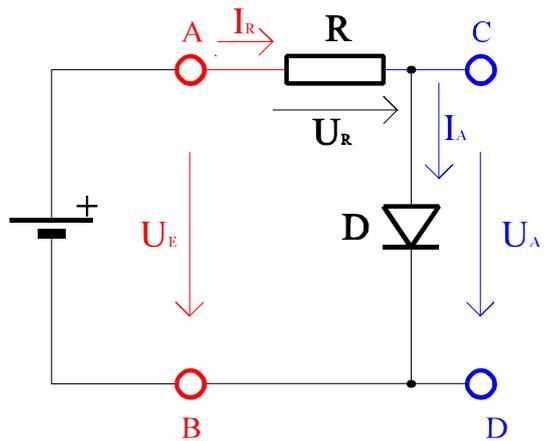


Abb. 3

Aufgabe 2.2.2. - Leuchtdioden als Anzeigebaulemente in Computern

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

Gegeben ist folgende Schaltung:



Werte:

$$U_{E1} = 5V$$

$D_2 = \text{LED-rot}$

$D_3 = \text{LED-grün}$

und die Kennlinien für die rote und grüne Diode

Abb. 4

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.

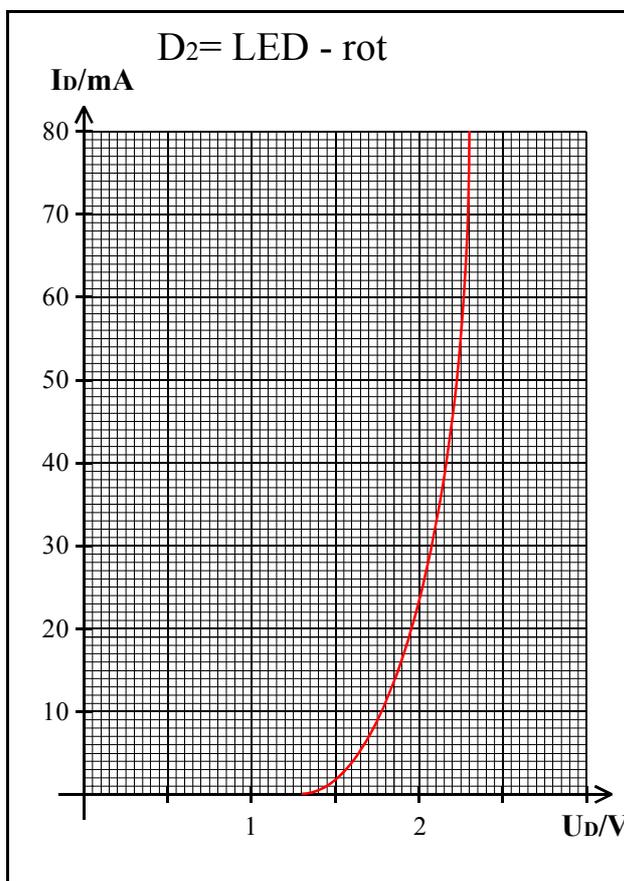


Abb. 6

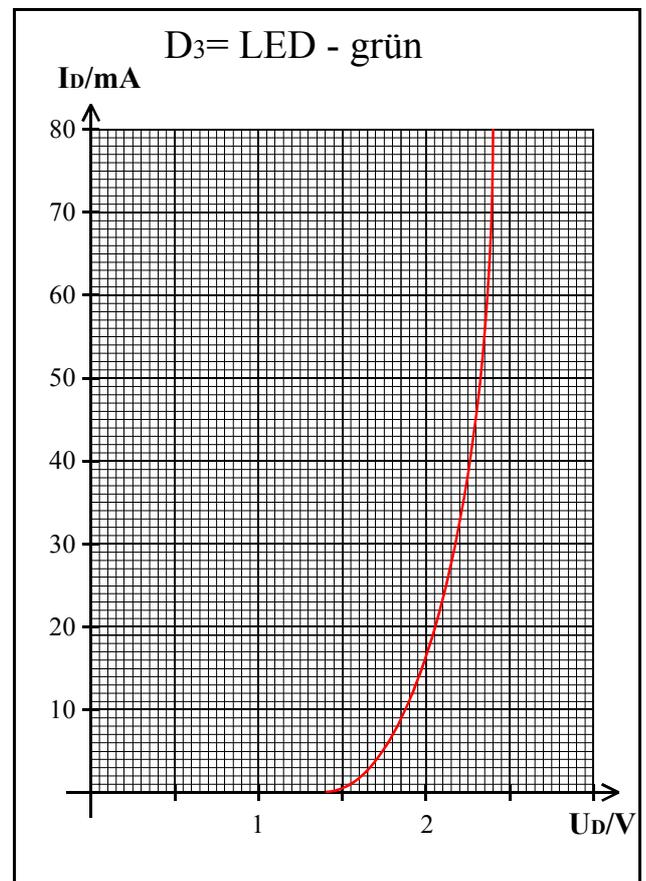


Abb. 5

D₂ = LED - rot

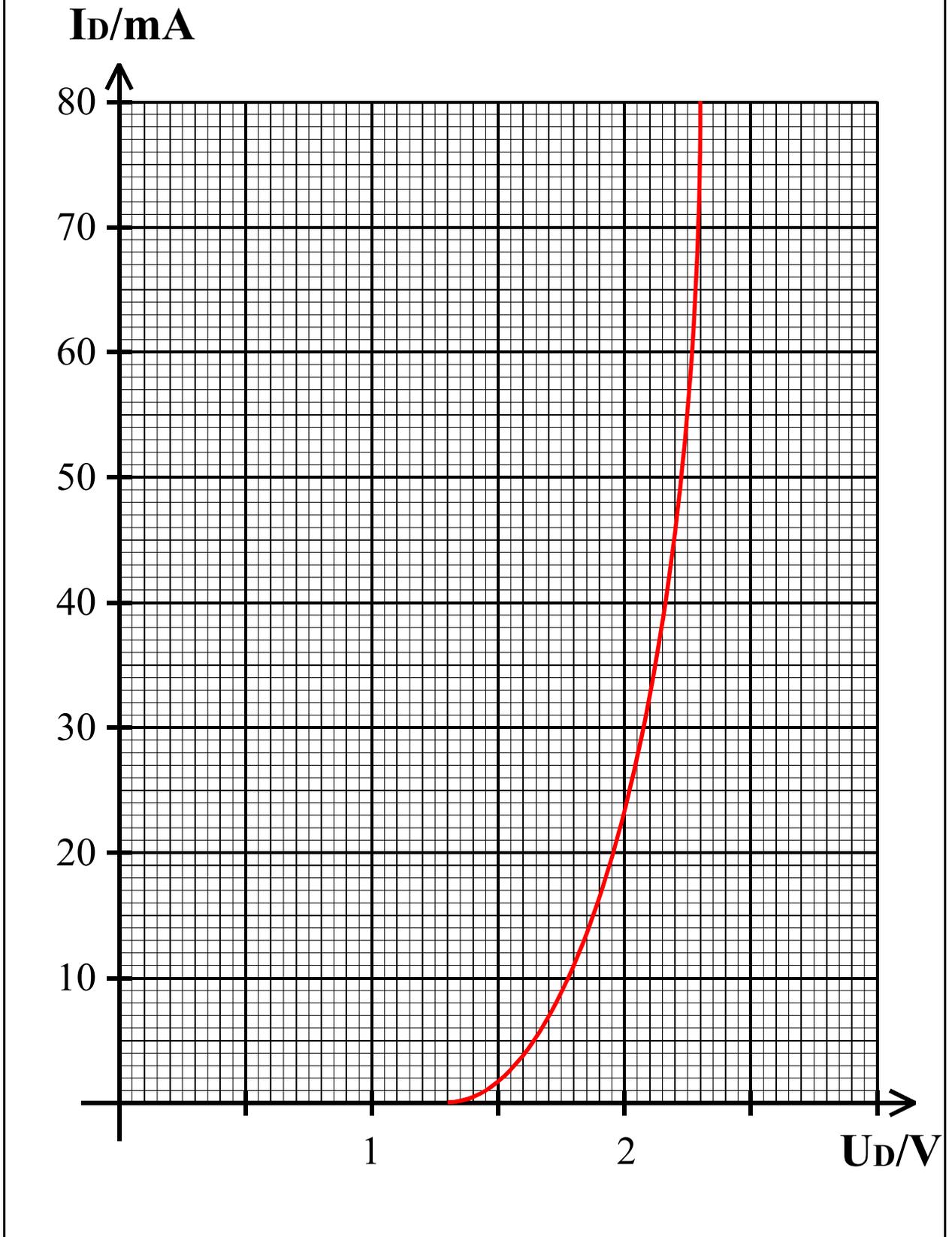


Abb. 7

D₃ = LED - grün

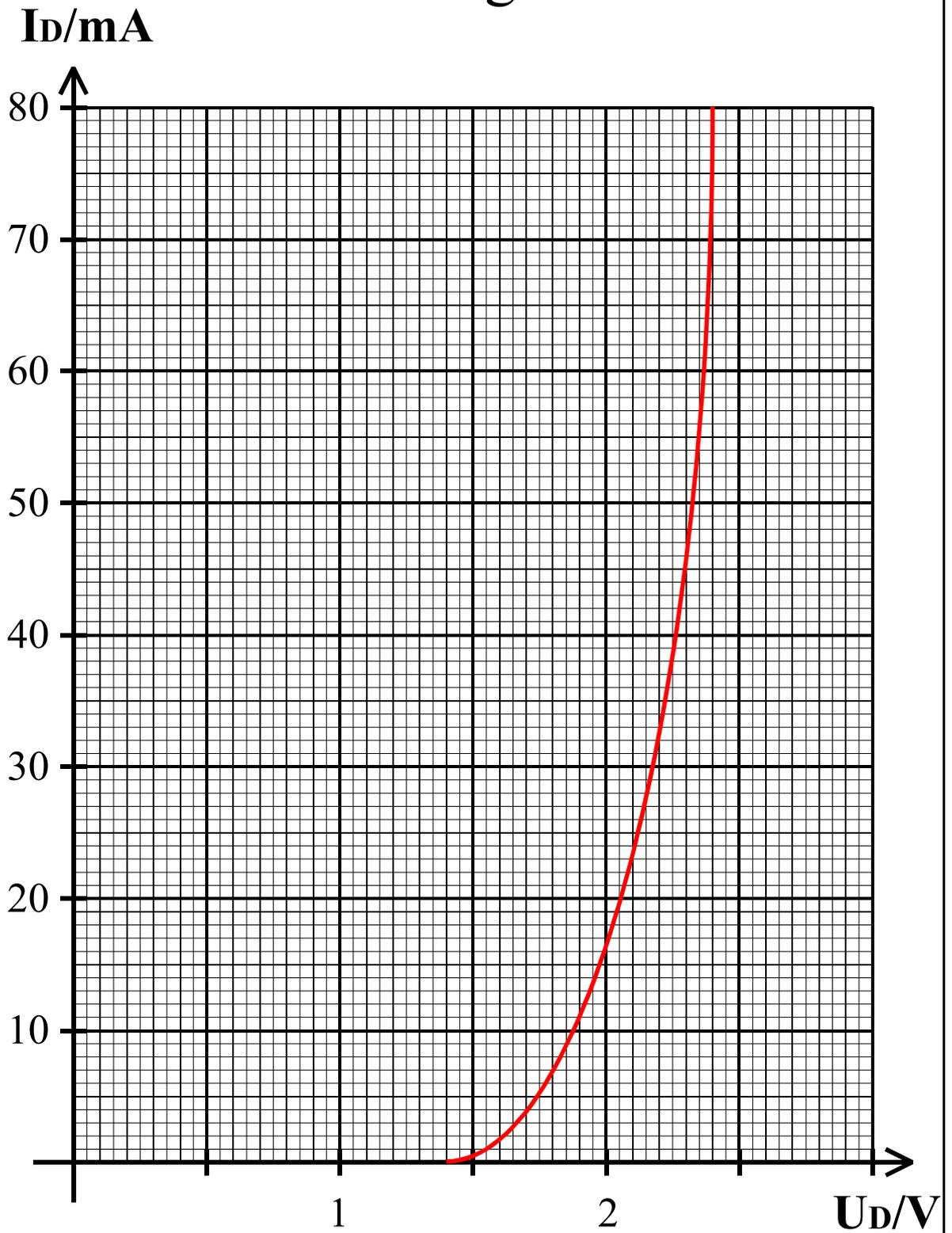


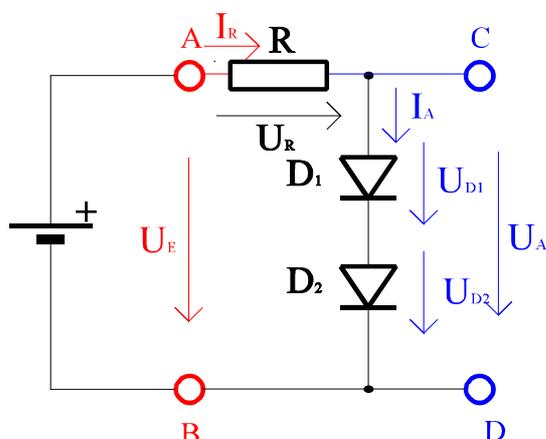
Abb. 8

Aufgabe 2.2.3. - Reihenschaltung von Halbleiterdioden

In integrierten Halbleiterschaltkreisen werden zur Stabilisierung kleiner Spannungen oft Reihenschaltungen von Dioden verwendet.

Für einfache Betrachtungen können Diodenkennlinien als Einheit von zwei Geraden approximiert werden.

Gegeben ist folgende Schaltung:



Werte:

$D_1 = \text{Diode 1.1}$

$U_E = 3\text{V}$

$R_1 = 50\ \Omega$

$D_2 = \text{Diode 1.2}$

und die Kennlinien der Dioden

Abb. 9

Aufgabe:

Bestimmen Sie die Ausgangsspannung U_A , den Strom durch die Dioden I_A sowie die Teilspannungen U_{D1} und U_{D2} über die Dioden.

- Bestimmen Sie die mathematische Funktion der Kennlinien $I_{D1}=f(U_{D1})$ für Diode1 und $I_{D2}=f(U_{D2})$ für beide Intervalle.
- Konstruieren Sie die Ersatzkennlinie für die Reihenschaltung von Diode1 und Diode 2. Beachten Sie, daß sich hierbei die Spannungen addieren und drei Intervalle vorhanden sind.
- Bestimmen Sie die mathematische Funktion der Ersatzkennlinie $I_{Ders}=f(U_{Ders})$ der Reihenschaltung von Diode1 und Diode 2. Beachten sie dabei, daß nun drei Intervalle vorhanden sind.
- Bestimmen Sie mithilfe der Ersatzkennlinie die Ausgangsspannung U_A und den Strom I_A für die Reihenschaltung der Dioden sowie die Spannung U_R und den Strom I_R über den Widerstand.
- Bestimmen Sie aus den Einzelkennlinien die Teilspannungen U_{D1} und U_{D2} über die Dioden D_1 und D_2 .

Stellen sie die Ergebnisse in einer Tabelle dar.

Für die Intervalle sind explizite Werte anzugeben. Angaben wie "sonst" oder "Rest" sind nicht zulässig!

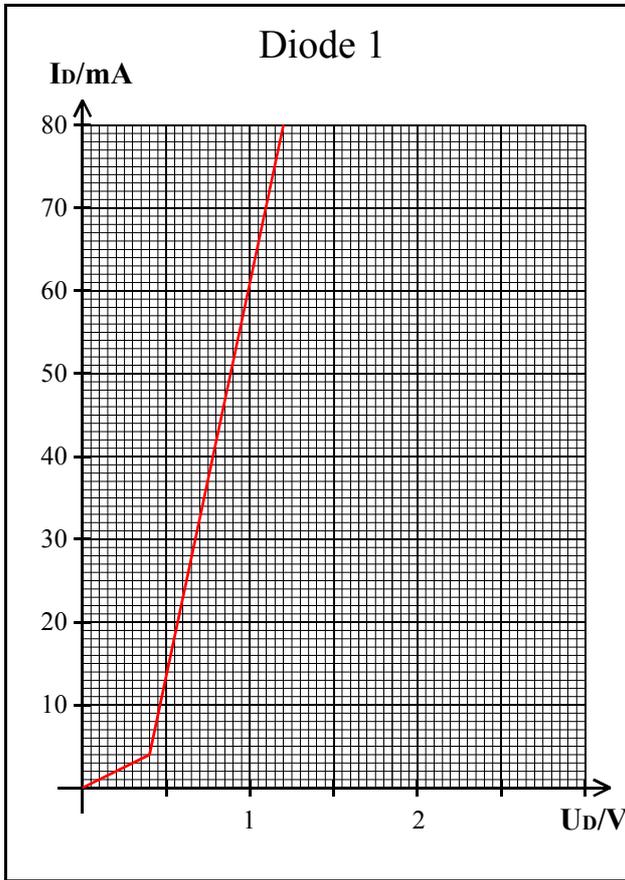


Abb. 10

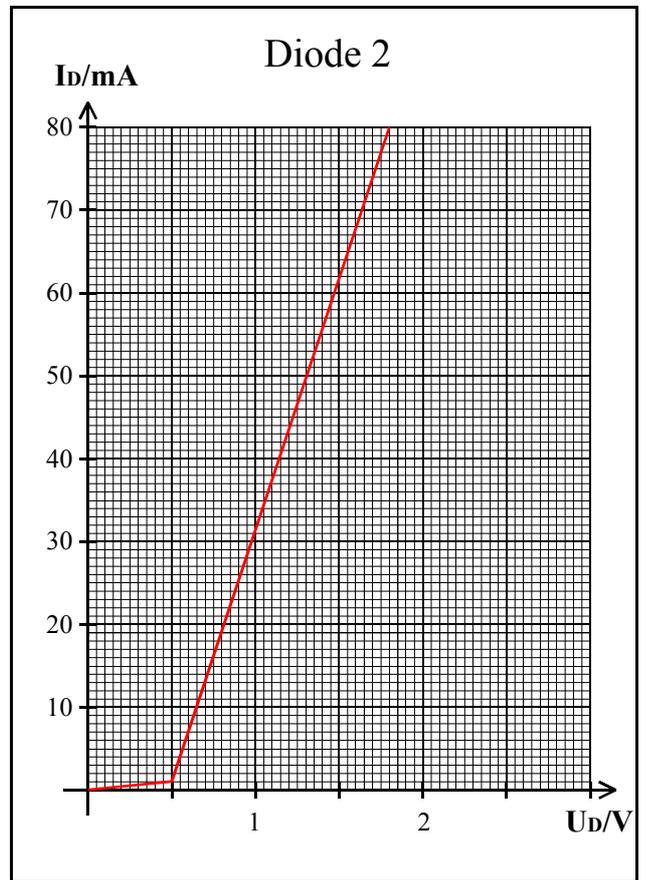


Abb. 11

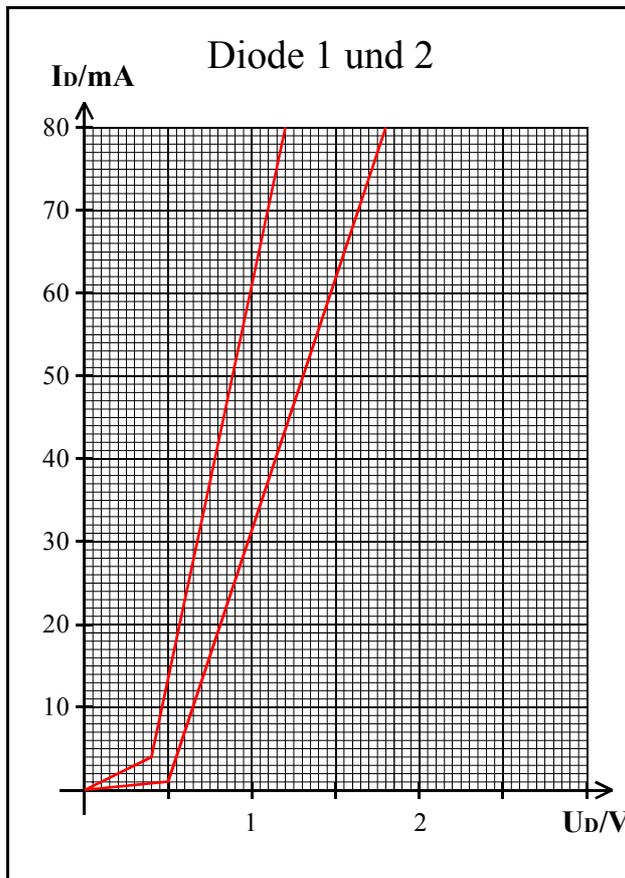


Abb. 12

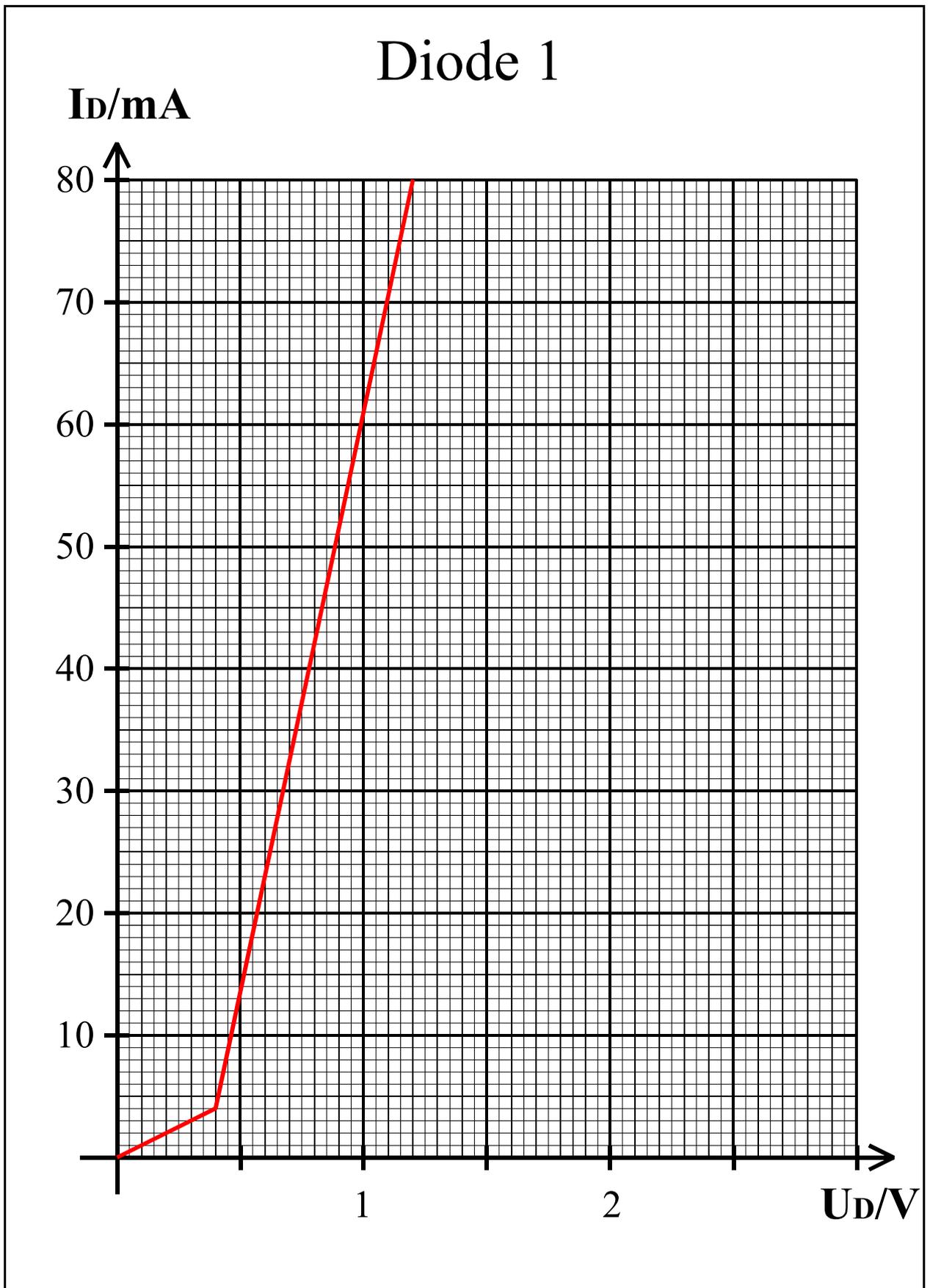


Abb. 13

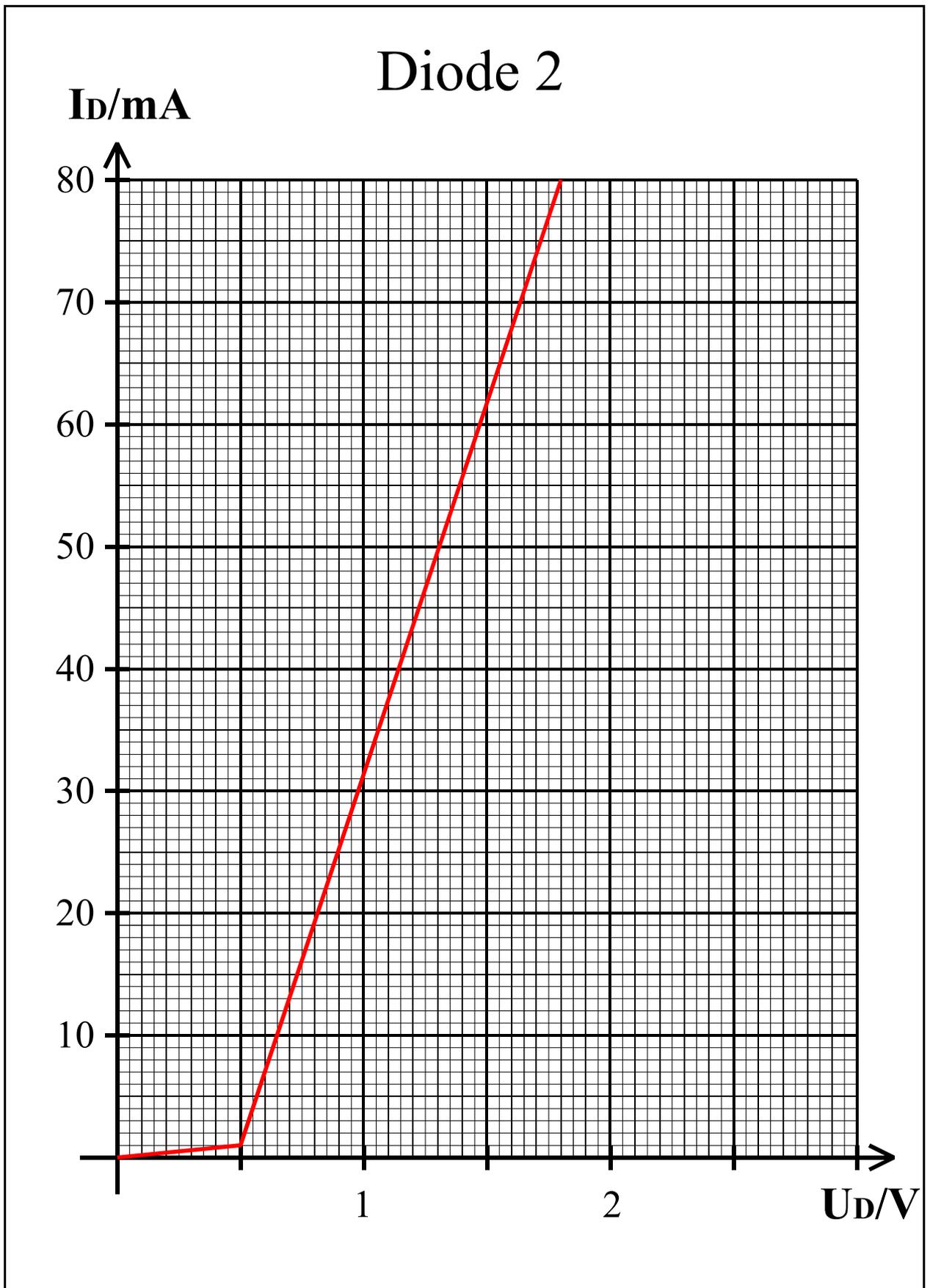


Abb. 14

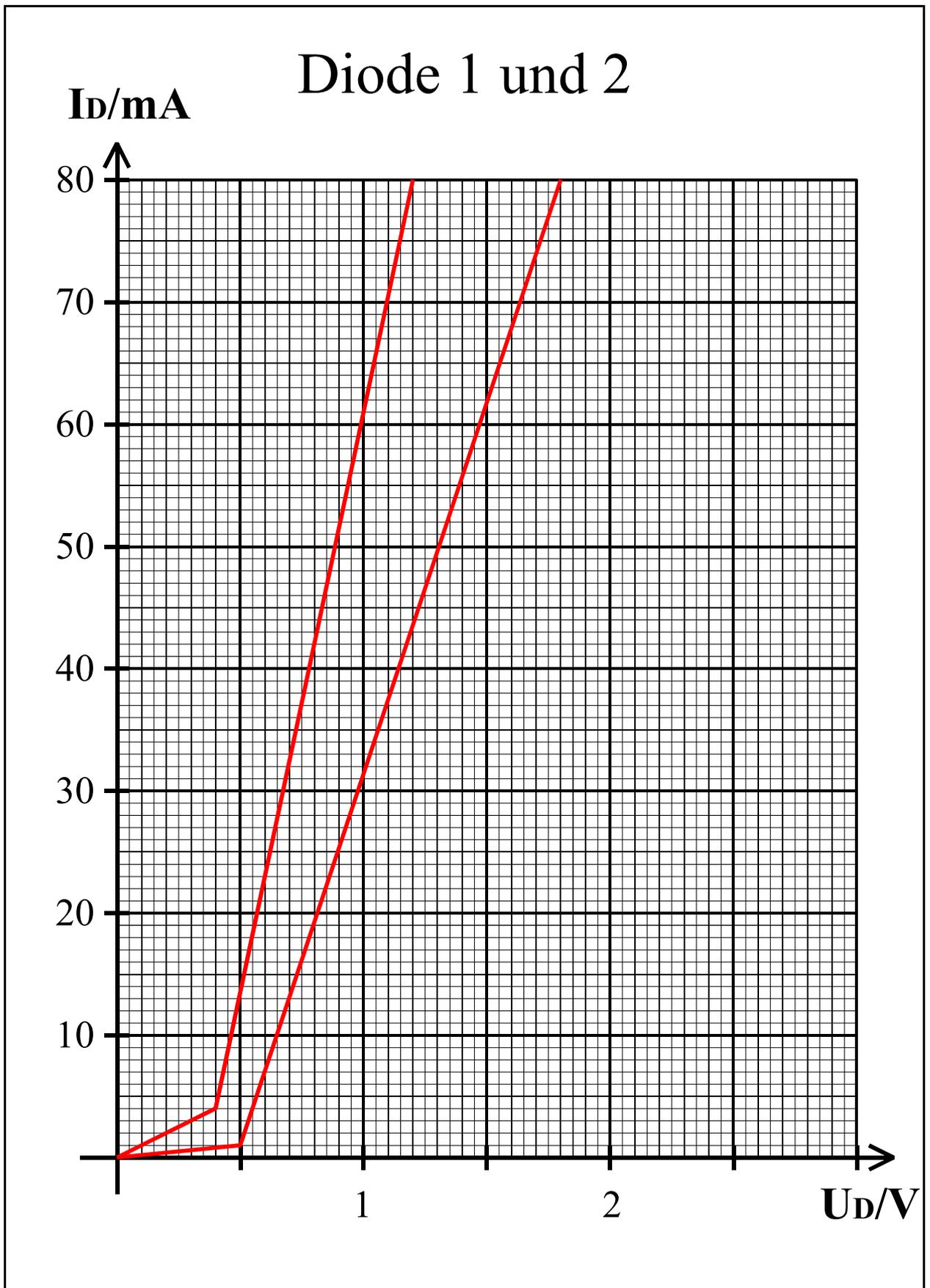


Abb. 15

Lösung: Aufgabe 2.2.1.

Gleichspannungsstabilisatorschaltungen mit Halbleiterdioden

1. $\Delta U_{E1} = U_{E1\max} - U_{E1\min} = 5V - 3V = 2V$

2. minimale Ausgangsspannung	$U_{\text{amin}} = 2,02V$	$I_{\text{amin}} = 24,7mA$	für $U_{E1\min} = 3V$
mittlere Ausgangsspannung	$U_A = 2,2V$	$I_A = 45,2mA$	für $U_{E1} = 4V$
maximale Ausgangsspannung	$U_{\text{amax}} = 2,28V$	$I_{\text{amax}} = 67,8mA$	für $U_{E1\max} = 5V$

3. $\Delta U_A = U_{A\max} - U_{A\min} = 2,28V - 2,02V = 0,26V = 260mV$
 $\Delta I_A = I_{A\max} - I_{A\min} = 67,8mA - 24,7mA = 43,1mA$

4. $S = \Delta U_A / \Delta U_{E1} = 260mV / 2V = 0,13 = 13\%$

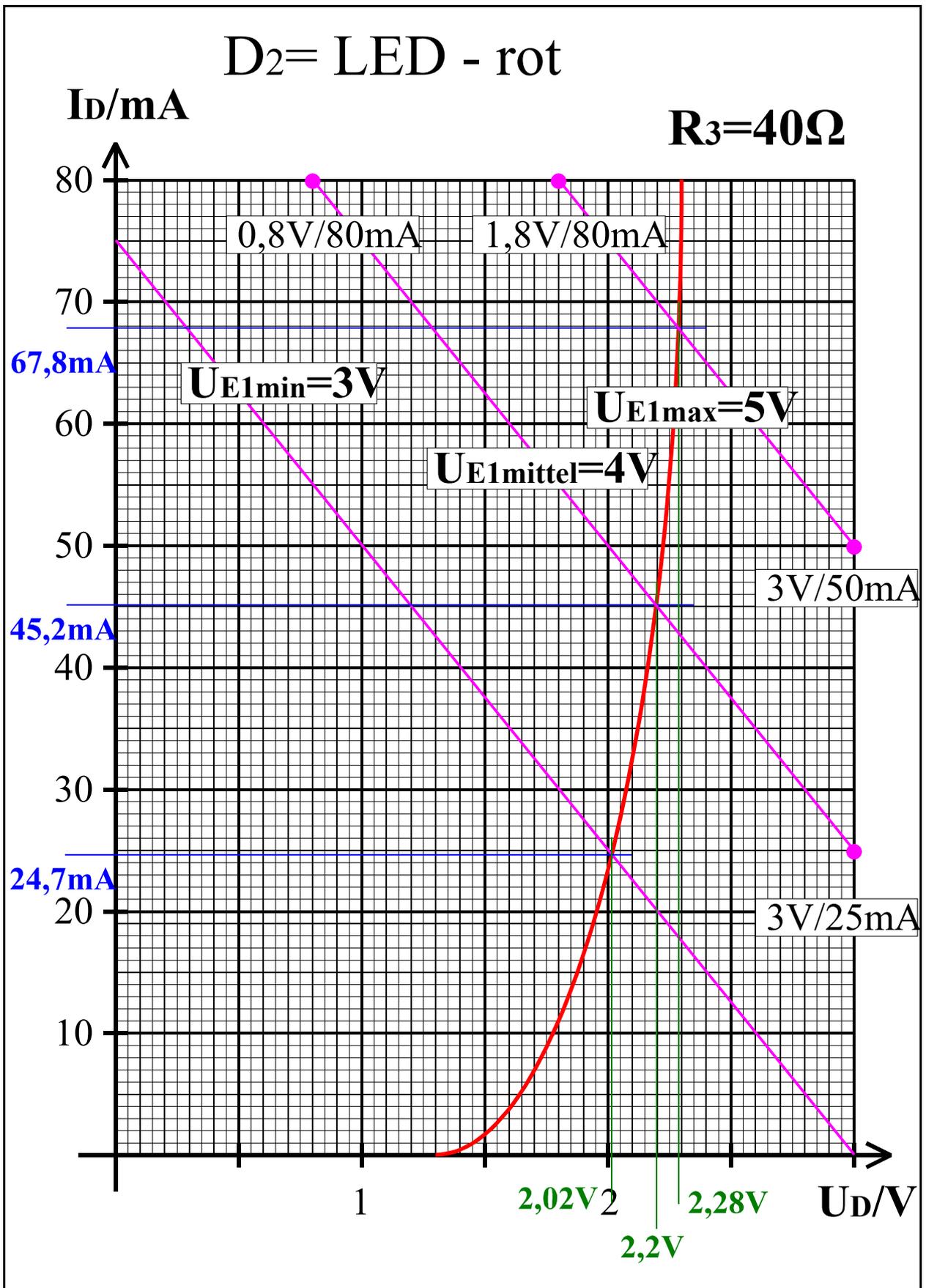


Abb. 16

Lösung: Aufgabe 2.2.2.

Leuchtdioden als Anzeigebaulemente in Computern

1. rote Leuchtdiode

$$U_{E1}=5V$$

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

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

$$=(5V-2,17V)/40mA=70,75\Omega$$

$$\text{Für } U_{p1}=3V : I_{p1}=(U_{E1}-U_p)/R_2=(5V-3V)/70,75\Omega=2V/70,75\Omega=28,27mA$$

$$\text{Für } U_{p2}=0V : I_{p2}=(U_{E1}-U_{A2})/R_2=(5V-0V)/70,75\Omega=5V/70,75\Omega=70,67mA$$

$$(\text{falls } I_p(U_p=0V)>80mA \text{ dann : für } I_p=80mA : U_p=U_{E1}-I_p R_2)$$

2. grüne Leuchtdiode

$$U_{E1}=5V$$

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

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

$$=(5V-2,26V)/40mA=68,5\Omega$$

$$\text{Für } U_{p1}=3V : I_{p1}=(U_{E1}-U_p)/R_2=(5V-3V)/68,5\Omega=2V/68,5\Omega=29,2mA$$

$$\text{Für } U_{p2}=0V : I_{p2}=(U_{E1}-U_{A2})/R_2=(5V-0V)/68,5\Omega=5V/68,5\Omega=73,0mA$$

$$(\text{falls } I_p(U_p=0V)>80mA \text{ dann : für } I_p=80mA : U_p=U_{E1}-I_p R_2)$$

D₂= LED - rot

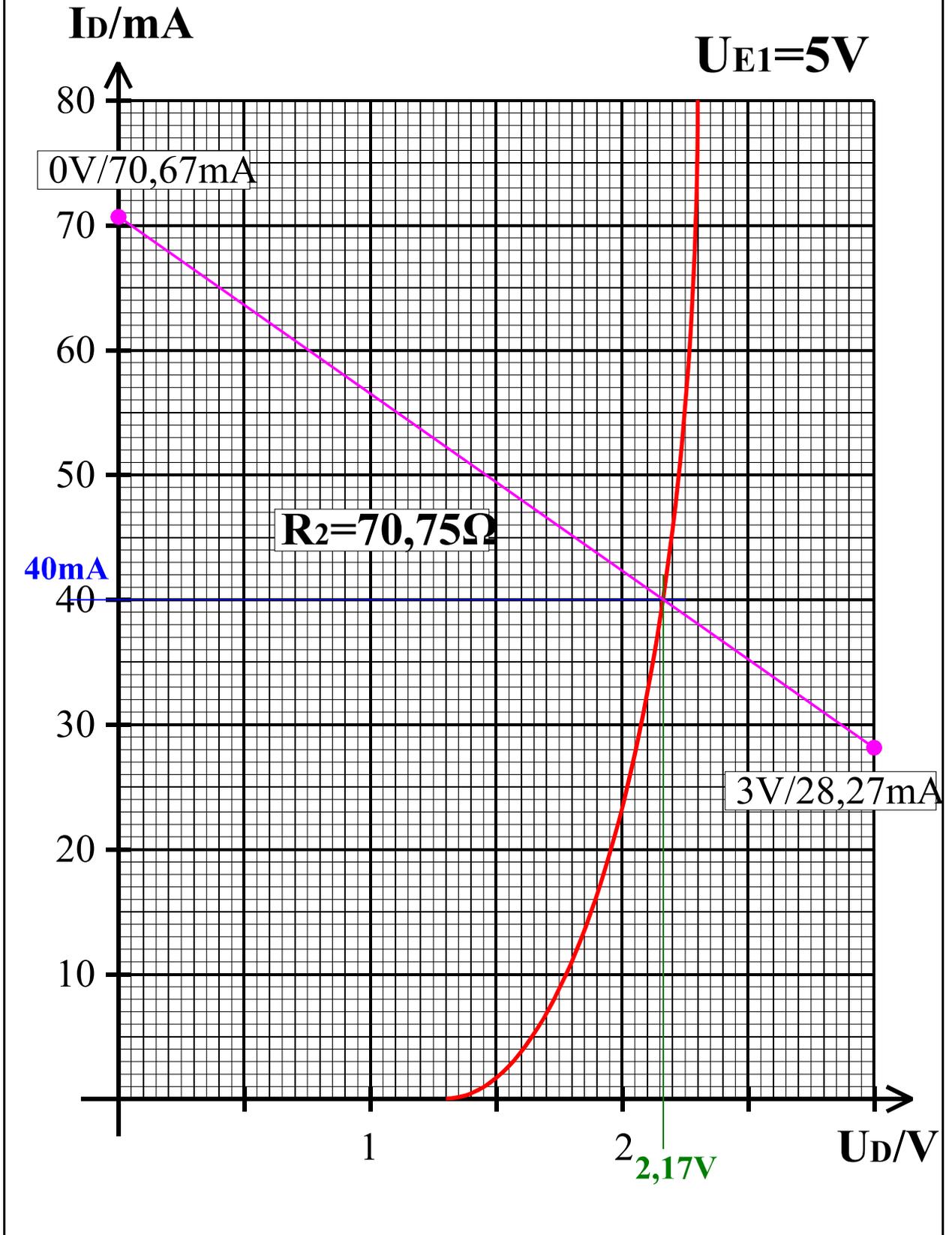


Abb. 17

D₃ = LED - grün

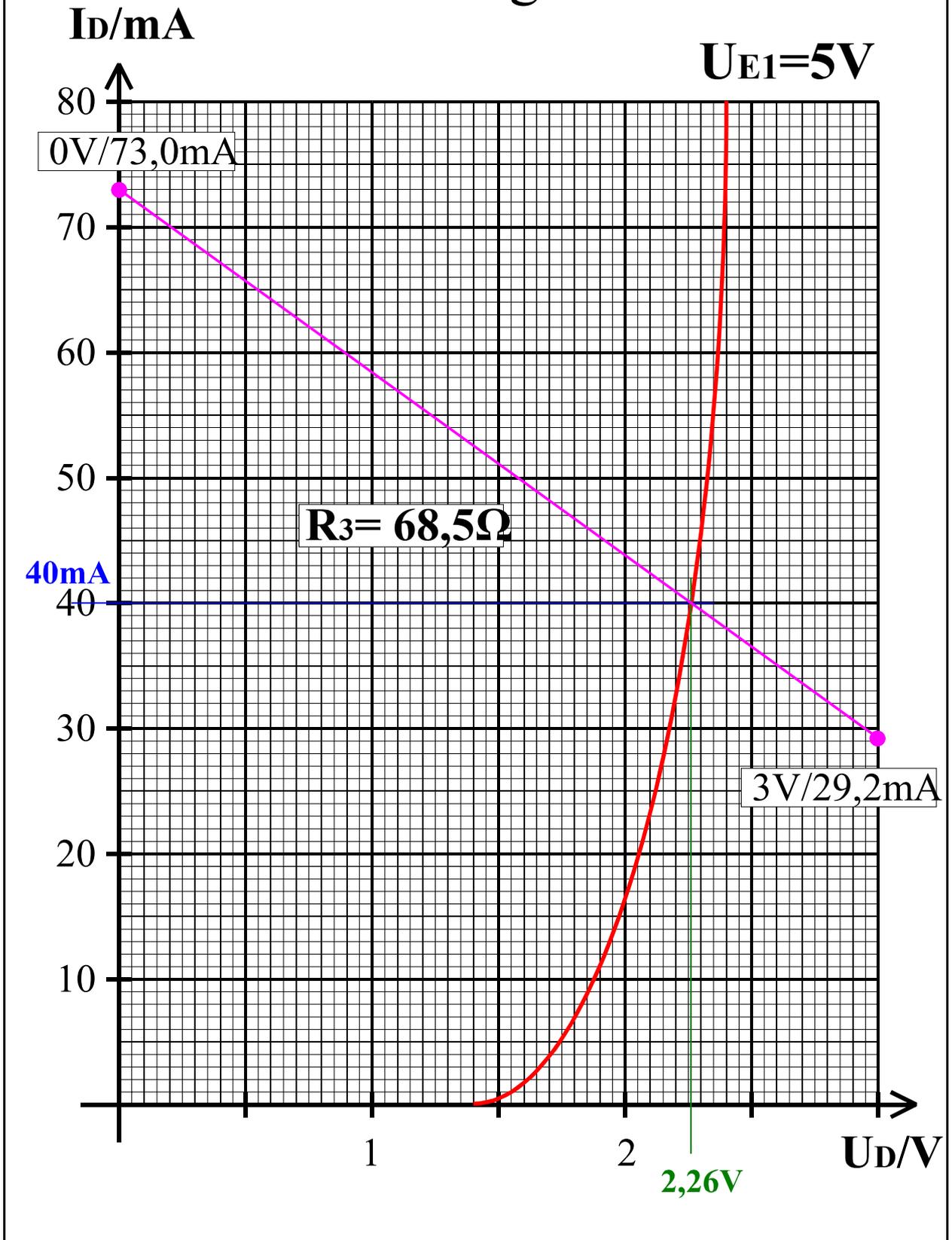


Abb. 18

Lösung: Aufgabe 2.2.3.

Reihenschaltung von Halbleiterdioden

1. Bestimmung der math. Funktion der Kennlinien der Halbleiterdioden

Die Kennlinien wurden als eine Menge von Geraden approximiert

$$I=f(U)=aU+b$$

Befindet sich die Gerade im Intervall $[U_1, U_2]$ so gilt für zwei Punkte:

$$I_1=aU_1+b \text{ und } I_2=aU_2+b$$

und es folgt:

$$a=(I_2-I_1)/(U_2-U_1) \text{ und } b=I_1-aU_1=I_2-aU_2$$

1.1 Diode 1 (Abb.17)

1. Geradenabschnitt $U \in [0;0,4]V$, $I \in [0;4]mA$

$$a=4mA/0,4V=10mS \quad b=0$$

2. Geradenabschnitt $U \in [0,4;1,2]V$, $I \in [4;80]mA$

$$a=(80mA-4mA)/(1,2V-0,4V)=76mA/0,8V=95 \text{ mS}$$
$$b=80mA-95mS \times 1,2V=80mA-114mA=-34mA$$

3. gesamte Kennlinie

$$I_{D1}=f(U_{D1}) = \begin{cases} 10mS \times U_{D1} & \text{für } U_{D1} \in [0;0,4]V \\ 95mS \times U_{D1} - 34mA & \text{für } U_{D1} \in [0,4;1,2]V \end{cases}$$

1.2 Diode 2 (Abb.18)

1. Geradenabschnitt $U \in [0; 0,5] \text{V}$, $I \in [0; 1] \text{mA}$

$$a = 1 \text{mA} / 0,5 \text{V} = 2 \text{mS} \quad b = 0$$

2. Geradenabschnitt $U \in [0,5; 1,8] \text{V}$, $I \in [1; 80] \text{mA}$

$$a = (80 \text{mA} - 1 \text{mA}) / (1,8 \text{V} - 0,5 \text{V}) = 79 \text{mA} / 1,3 \text{V} = 60,77 \text{ mS}$$
$$b = 80 \text{mA} - 60,77 \text{mS} \times 1,8 \text{V} = 80 \text{mA} - 109,39 \text{mA} = -29,39 \text{mA}$$

3. gesamte Kennlinie

$$I_{D2} = f(U_{D2}) = \begin{cases} 2 \text{ mS} \times U_{D2} & \text{für } U_{D2} \in [0; 0,5] \text{V} \\ 60,77 \text{mS} \times U_{D2} - 29,39 \text{mA} & \text{für } U_{D2} \in [0,5; 1,8] \text{V} \end{cases}$$

2. Konstruktion der Gesamtkennlinie der Reihenschaltung von Diode 1 und Diode 2

Bei der Reihenschaltung addieren sich die Spannungen, die Ströme bleiben gleich

$$U_{\text{ers}}(I_{\text{ers}}) = U_{D1}(I_{\text{ers}}) + U_{D2}(I_{\text{ers}})$$

Da für beide Kennlinien Geraden vorliegen, brauchen nur die Knickpunkte beachtet werden.

1. Knickpunkt: $I_{\text{ers}} = 0 \text{mA}$

$$U_{D1} = 0 \text{V}, U_{D2} = 0 \text{V} \quad \text{daraus folgt } U_{\text{ers}} = 0 \text{V}$$

2. Knickpunkt: $I_{\text{ers}} = 1 \text{mA}$

$$U_{D1} = 0,1 \text{V}, U_{D2} = 0,5 \text{V} \quad \text{daraus folgt } U_{\text{ers}} = 0,1 \text{V} + 0,5 \text{V} = 0,6 \text{V}$$

3. Knickpunkt: $I_{\text{ers}} = 4 \text{mA}$

$$U_{D1} = 0,4 \text{V}, U_{D2} = 0,55 \text{V} \quad \text{daraus folgt } U_{\text{ers}} = 0,4 \text{V} + 0,55 \text{V} = 0,95 \text{V}$$

4. Knickpunkt: $I_{\text{ers}} = 80 \text{mA}$

$$U_{D1} = 1,2 \text{V}, U_{D2} = 1,8 \text{V} \quad \text{daraus folgt } U_{\text{ers}} = 1,2 \text{V} + 1,8 \text{V} = 3,0 \text{V}$$

3. Bestimmung der math. Funktion der Ersatzkennlinie der Halbleiterdioden (Abb.19)

Die Kennlinie wurde als eine Menge von Geraden approximiert

$$I=f(U)=aU+b$$

Befindet sich die Gerade im Intervall $[U_1, U_2]$ so gilt für zwei Punkte:

$$I_1=aU_1+b \text{ und } I_2=aU_2+b$$

und es folgt:

$$a=(I_2-I_1)/(U_2-U_1) \text{ und } b=I_1-aU_1=I_2-aU_2$$

Ersatzkennlinie

1. Geradenabschnitt $U \in [0;0,6]V$, $I \in [0;1]mA$

$$a=1mA/0,6V=1,67mS \quad b=0$$

2. Geradenabschnitt $U \in [0,6;0,95]V$, $I \in [1;4]mA$

$$a=(4mA-1mA)/(0,95V-0,6V)=3mA/0,35V=8,57mS$$

$$b=4mA-8,57mS \times 0,95V=4mA-8,14mA=-4,14mA$$

3. Geradenabschnitt $U \in [0,95;3,0]V$, $I \in [4;80]mA$

$$a=(80mA-4mA)/(3,0V-0,95V)=76mA/2,05V=37,07 mS$$

$$b=80mA-37,07mS \times 3,0V=80mA-111,21mA=-31,21 mA$$

4. gesamte Kennlinie

$$I_{\text{ers}}=f(U_{\text{ers}}) = \begin{cases} 1,67mS \times U_{\text{ers}} & \text{für } U_{D1} \in [0;0,6]V \\ 8,57mS \times U_{\text{ers}} - 4,14mA & \text{für } U_{D1} \in [0,6;0,95]V \\ 37,07mS \times U_{\text{ers}} - 31,21mA & \text{für } U_{D1} \in [0,95;3,0]V \end{cases}$$

4. Bestimmung der Gesamtspannung und des Gesamtstroms (Abb.20)

$$U_{\text{leer}}=3V \quad I_{\text{max}}=3V/50\Omega=60mA$$

daraus folgt aus der Ersatzkennlinie

$$U_A=1,6V \quad I_A=28,0mA$$

$$U_R = U_E - U_A = 3V - 1,6V = 1,4V$$

$$I_R = I_A = 28,0mA$$

5. Bestimmung der Teilspannungen (Abb.20)

$$I_A = I_{D1} = I_{D2} = 28,0mA$$

$$U_{D1} = 0,66V$$

$$U_{D2} = 0,94V$$

und zur Kontrolle:

$$U_A = U_{D1} + U_{D2} = 0,66V + 0,94V = 1,6V$$

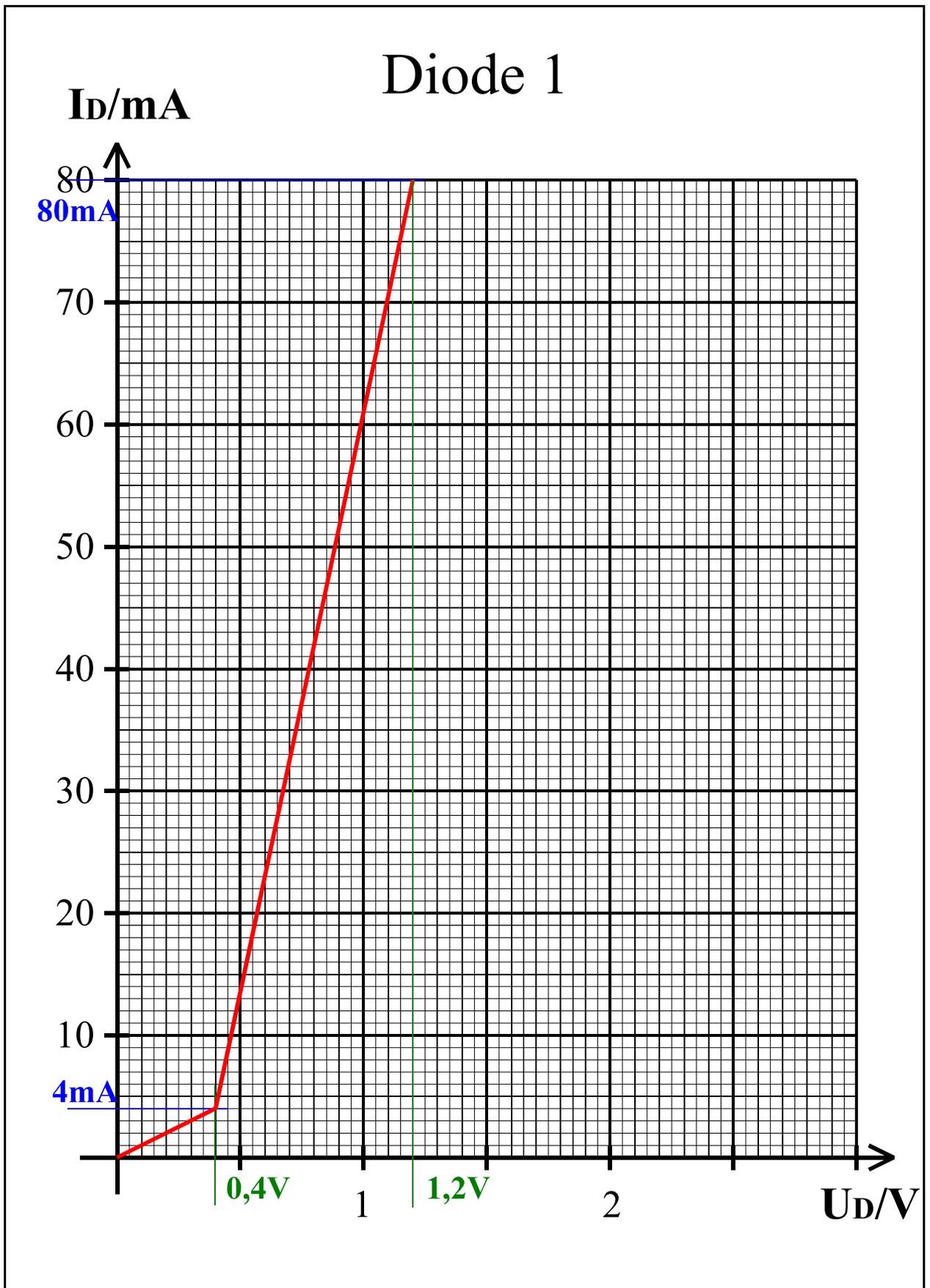


Abb. 19

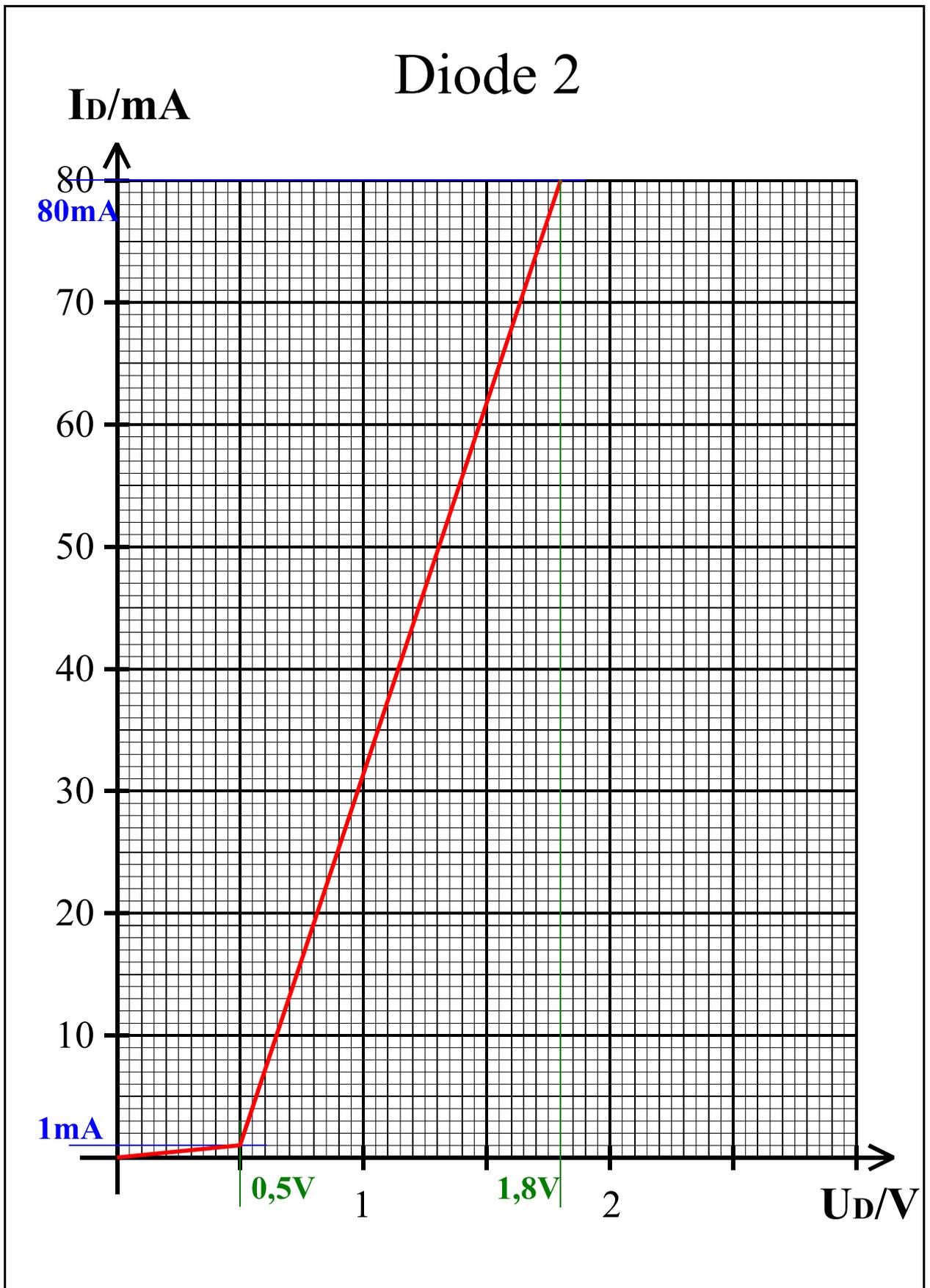


Abb. 20

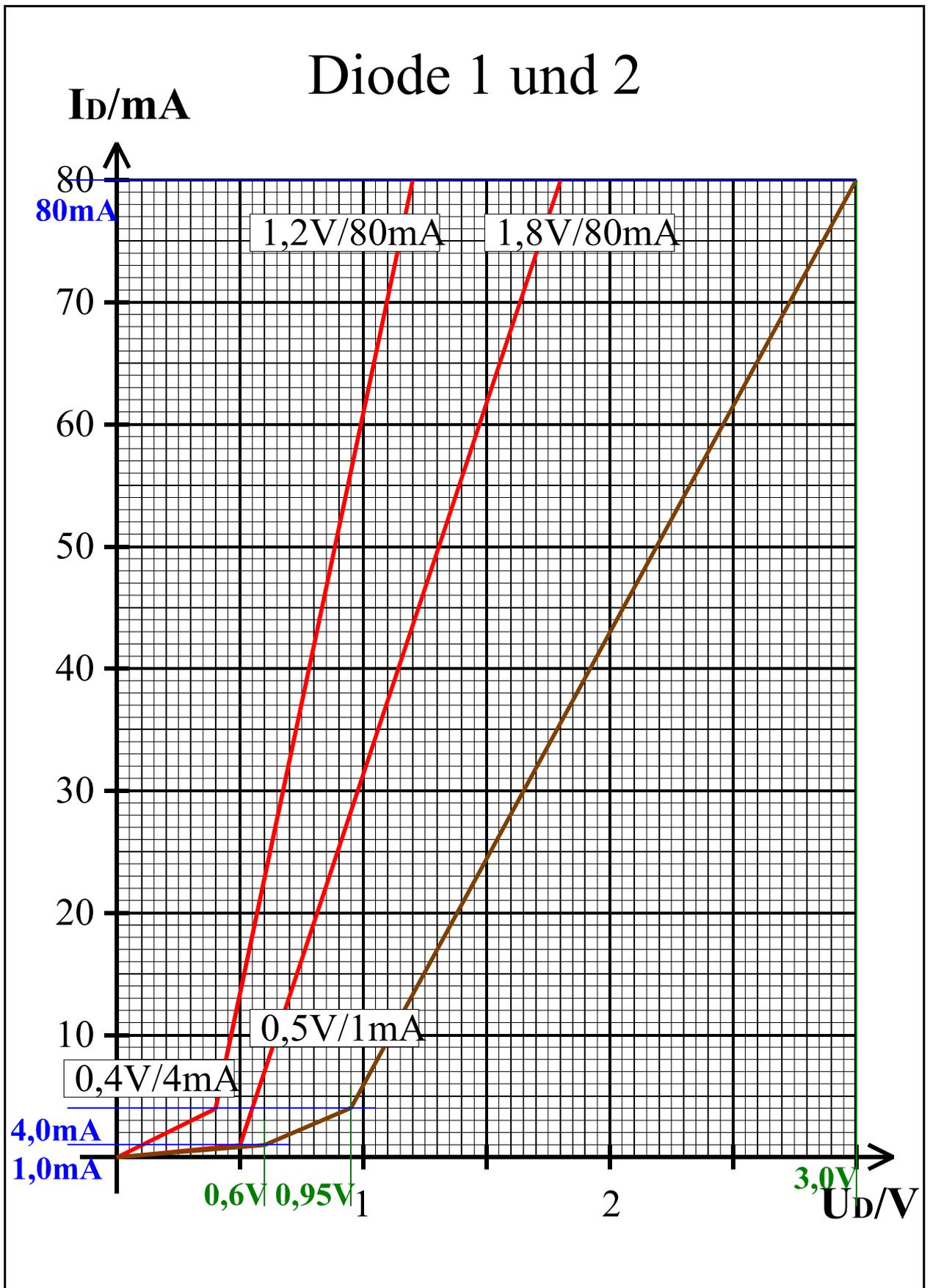


Abb. 21

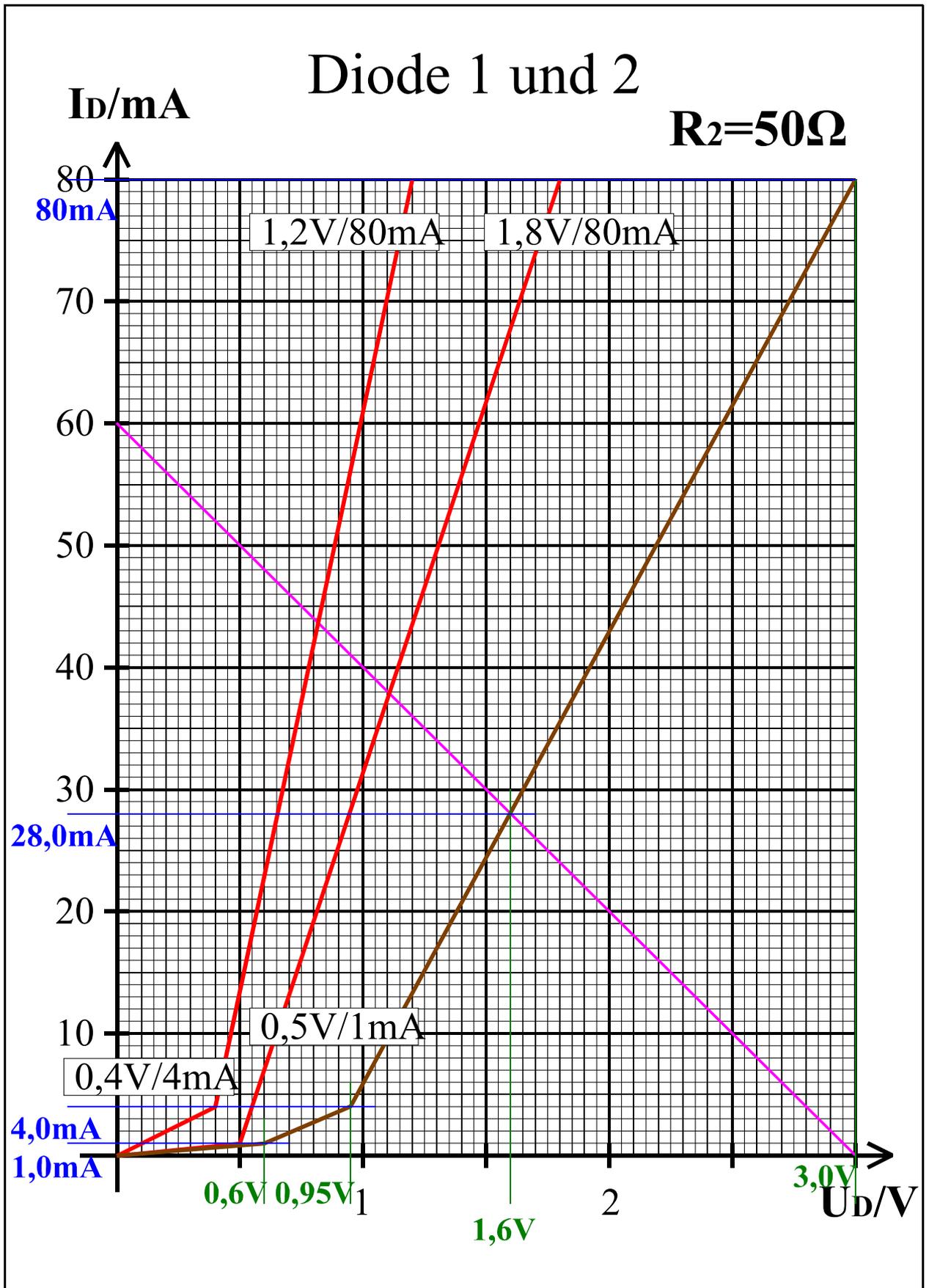


Abb. 22

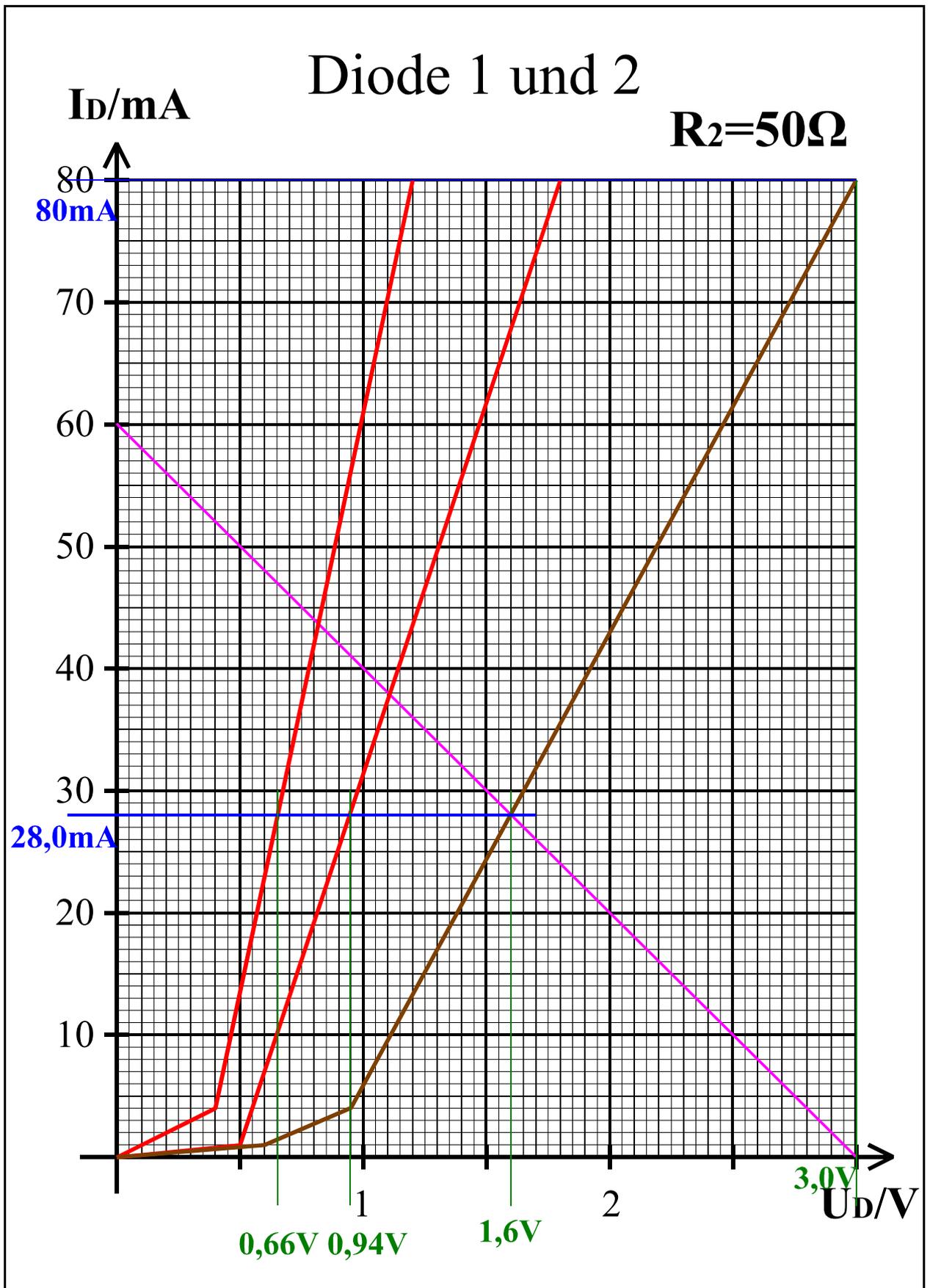


Abb. 23