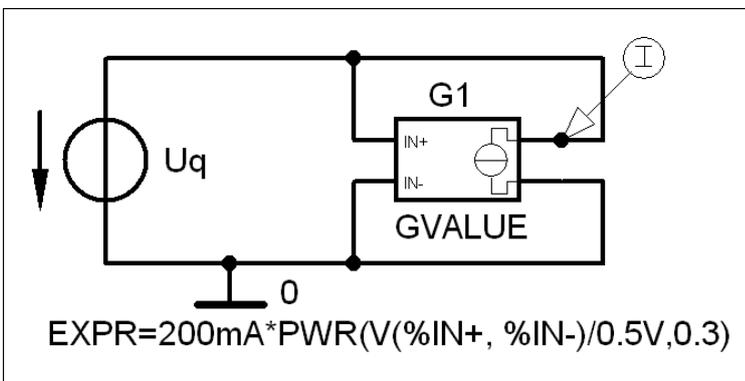


Lösung der Übungsaufgabe ÜA_1_6.4.B:

Für die Glühlampe gilt die Kennlinie nach Bild ÜA_1_6.4.B_2. Diese Kennlinie ist zunächst ohne zusätzliche Festlegungen für weitergehende Übungen dargestellt. Anregungen zur Simulation und zur Darstellung von Glühlampen-Kennlinien finden Sie unter [11] – Abschn. 2.1.



Simulation der Kennlinie über eine Gerade im doppelt logarithmischen Maßstab:

Anstieg: $y = 0,3$

Bezugswerte:

$U_{\text{Bezug}} = 0,5 \text{ V}$

$I_{\text{Bezug}} = 20 \text{ mA}$

Bild ÜA_1_6.4.B_1: Simulation einer Glühlampen-Kennlinie mit einer spannungsgesteuerten Stromquelle

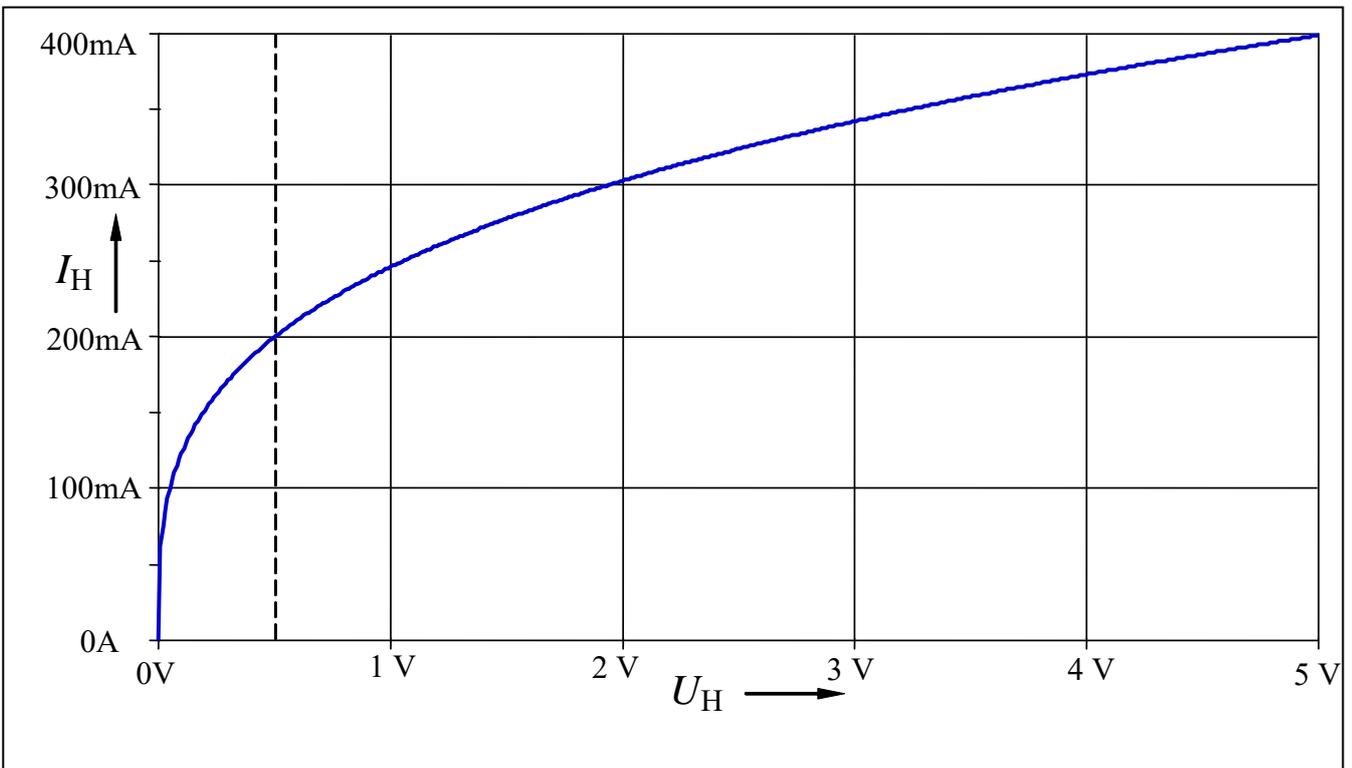


Bild ÜA_1_6.4.B_2: Glühlampen-Kennlinie

• **Konstruktion der Ersatzkennlinie** (für D_3 in Reihe zu H_4):

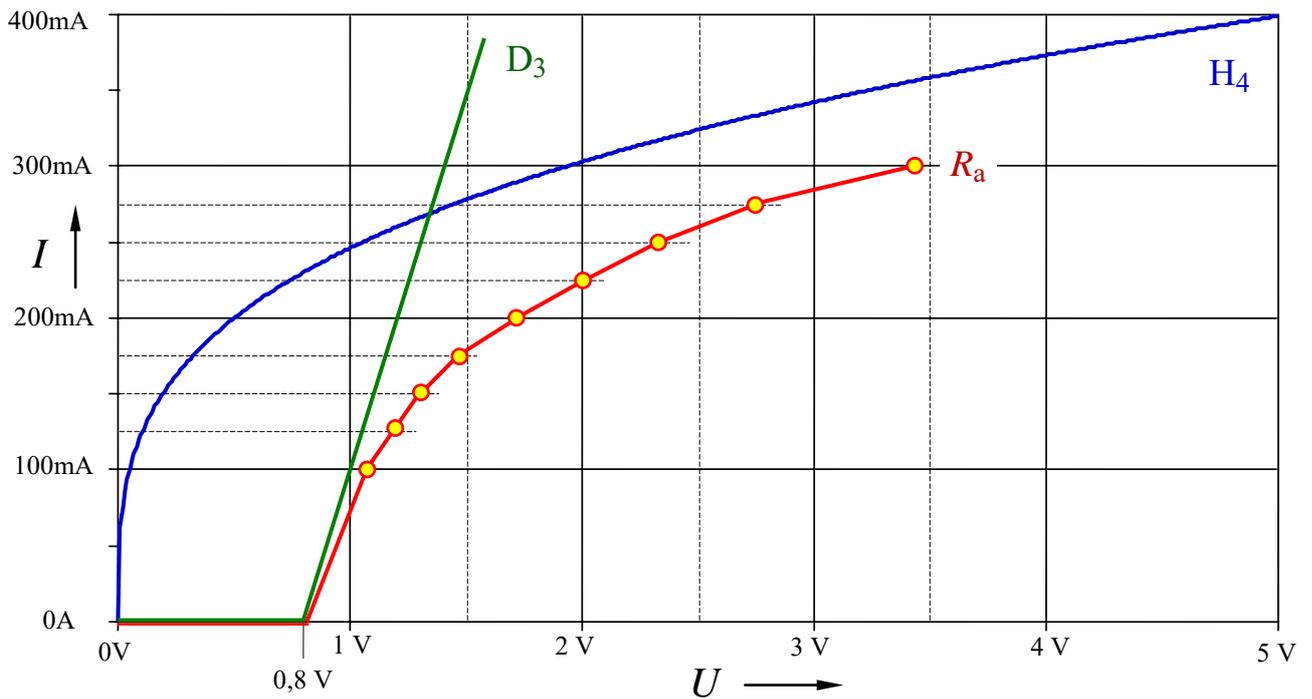


Bild ÜA_1_6.4.B_3: Konstruktion der Ersatzkennlinie des Ersatz-Lastwiderstandes

Zunächst wird die Kennlinie von D_3 (idealisiert) in die Kennlinie von H_4 eingezeichnet. Durch die Addition der Spannungen in der Reihenschaltung (bei jeweils $I = \text{const.}$) erhält man die rot dargestellte Ersatzkennlinie (vgl. auch Abschn. 6.3). Sie beschreibt die Eigenschaften des nichtlinearen Lastwiderstandes R_a , mit dem die Ersatzquelle ($U_L = U_q / 2$ und $R_i = R_1 // R_2$) belastet wird.

• **Einzeichnen der Quellenkennlinie** (für $U_L = 4 \text{ V}$ und $R_i = 10 \Omega \Rightarrow I_K = 400 \text{ mA}$):

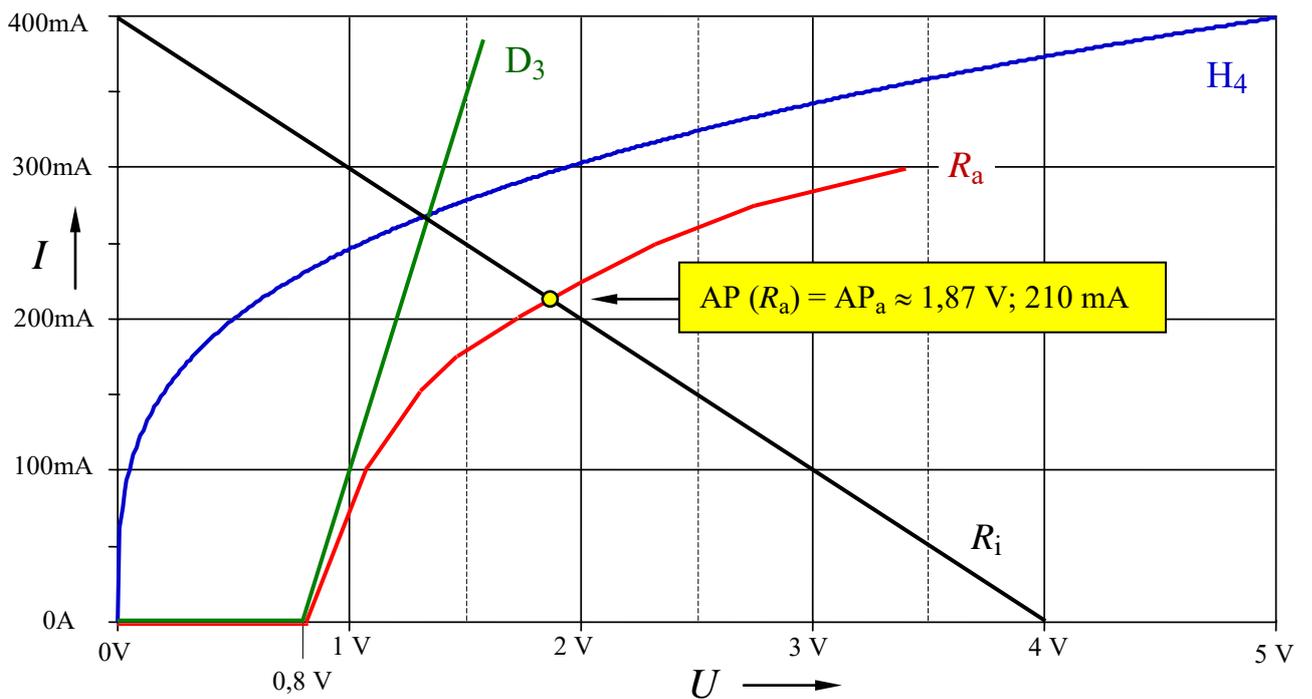


Bild ÜA_1_6.4.B_4: Bestimmung des Arbeitspunktes des Ersatz-Lastwiderstandes

• **Bestimmung der Arbeitspunkte von Diode und Glühlampe:**

(Ablese der Spannungen über der Diode und über der Glühlampe bei $I(AP_a) = 210 \text{ mA}$)

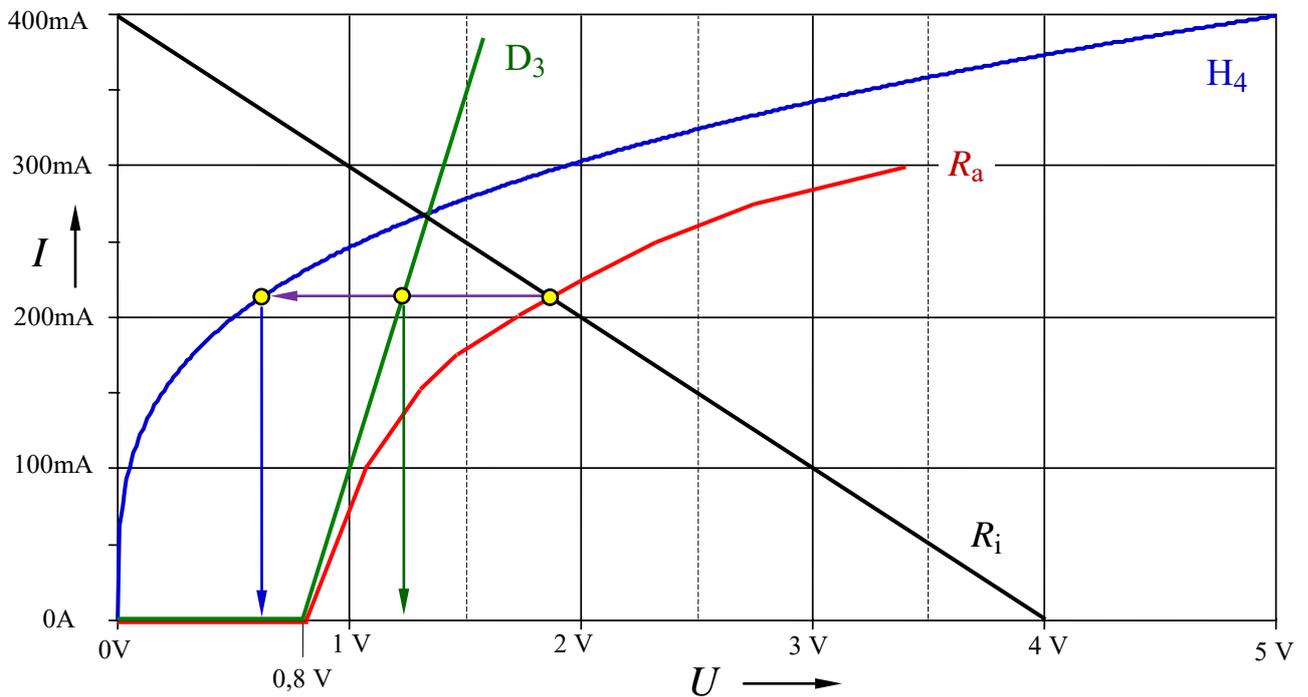


Bild ÜA_1_6.4.B_5: Bestimmung der einzelnen Arbeitspunkte

Lösung zu a) $AP(D_3) = AP_3 \approx 1,25 \text{ V}; 210 \text{ mA}$ und: $AP(H_4) = AP_4 \approx 0,6 \text{ V}; 210 \text{ mA}$

Lösung zu b) $P_{3a} \approx 263 \text{ mW}$ und: $P_{4a} \approx 126 \text{ mW}$

c) Bestimmung des neuen Arbeitspunktes AP_a (c):

• **Berechnung der Leistungshyperbel** (für $P^* = 2 P_{4a} \approx 250 \text{ mW}$):

$$I_x = \frac{2P_{4a}}{U_x(\text{gewählt})} = \frac{250 \text{ mW}}{U_x}$$

| | | | | | | | |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| U_x / V | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 1,6 |
| I_x / mA | 313 | 278 | 250 | 227 | 208 | 179 | 156 |

Durch Einzeichnen der Leistungshyperbel in die Kennliniendarstellung des Bildes ÜA_1_6.4.B_5 erhält man einen Leistungsverlauf • in der Strom-Spannungs-Kennlinie für $P^* = 250 \text{ mW}$.

Die Leistungshyperbel schneidet die Glühlampen-Kennlinie bei $U_x = 1 \text{ V}$ und $I_x = 250 \text{ mA}$. Das ist demzufolge der neue Arbeitspunkt AP_4 (c) für die Glühlampe (siehe Bild ÜA_1_6.4.B_6). Den neuen Arbeitspunkt für R_a erhält man im Schnittpunkt der R_a -Kennlinie mit dem Strom $I_x = 250 \text{ mA}$. Durch eine Parallelverschiebung (siehe Bild ÜA_1_6.4.B_7) der Quellenkennlinie des Bildes ÜA_1_6.4.B_5 in diesen neuen Arbeitspunkt schneidet diese Quellenkennlinie die Spannungsachse nun bei $4,8 \text{ V}$.

• Einzeichnen der Leistungshyperbel:

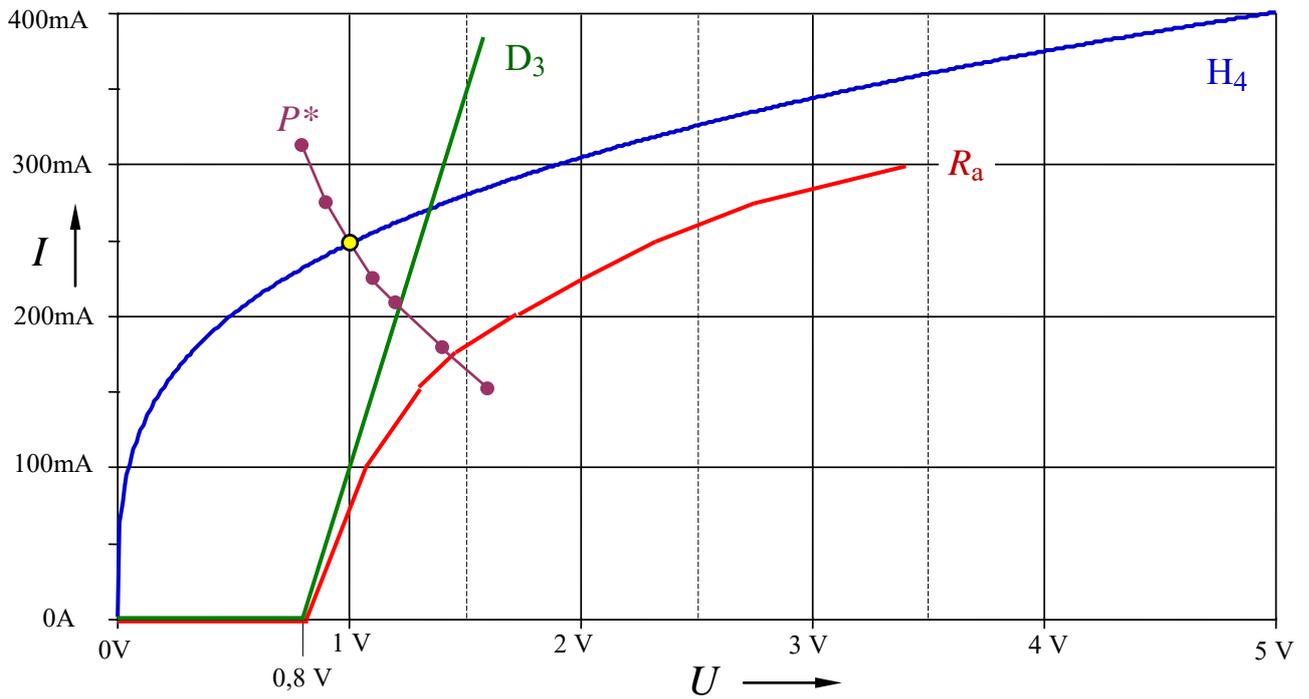


Bild ÜA_1_6.4.B_6: Leistungshyperbel für 250 mW

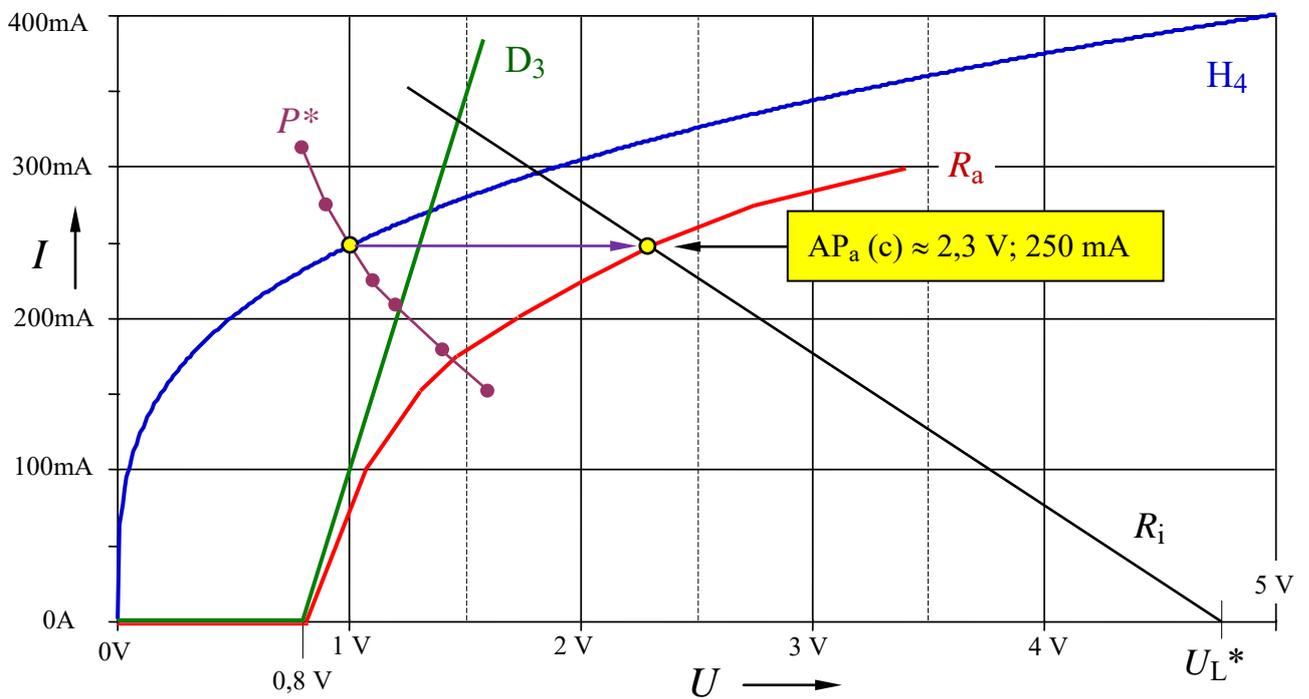


Bild ÜA_1_6.4.B_7: Bestimmung des neuen Arbeitspunktes

Der Innenwiderstand ändert sich bei dieser Parallelverschiebung nicht. Durch den neuen Schnittpunkt mit der Spannungsachse erhält man eine Information über die erforderliche Leerlaufspannung der Ersatzquelle $U_{L^*} = 4,8$ V. Für die neue Quellenspannung U_q^* gilt dann: $U_q^* = 2 U_{L^*} = 9,6$ V.

• **Zusatzaufgabe:**

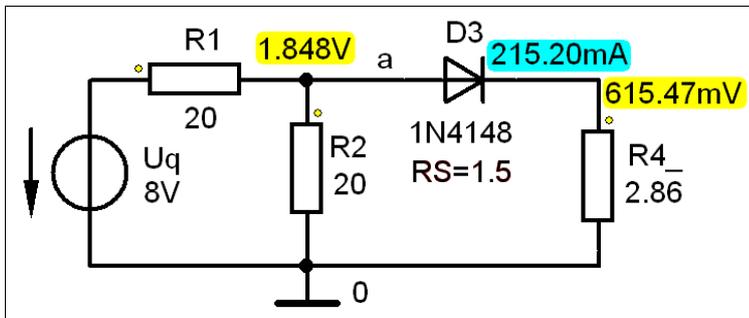
Führen Sie für die in dieser Aufgabe ermittelten Arbeitspunkte eine PSPICE-Simulation durch und diskutieren Sie eventuelle Abweichungen.

Lösungsansatz:

Die Kennlinienverläufe können für die vorgegebene Schaltung leider nicht simuliert werden, da die Kennlinie der Glühlampe mit einer idealen spannungsgesteuerten Stromquelle nachgebildet wird. Infolge der Existenz einer idealen Stromquelle ist die in Reihe geschaltete Diode wirkungslos. Aus diesem Grund wird die Glühlampe im jeweiligen Arbeitspunkt durch ihren Gleichstromwiderstand R_4 nachgebildet.

Als Diode wird die Schaltdiode 1N4148 verwendet. Der geforderte differenzielle Widerstand von $2\ \Omega$ kann näherungsweise über den Modellparameter $RS=1.5$ (Bahnwiderstand $R_S = 1,5\ \Omega$) eingestellt werden (vgl. auch [11] – Abschn. 2.4.3).

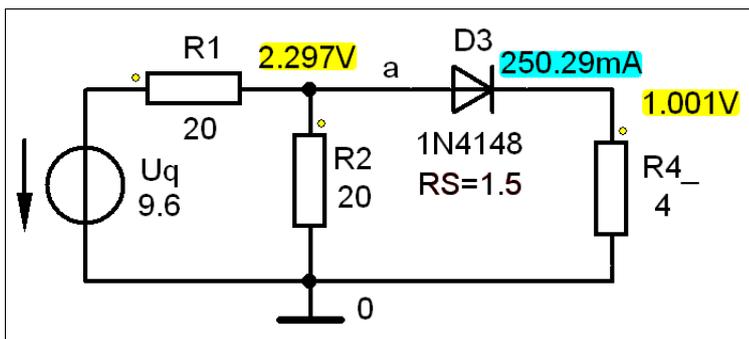
Die folgenden Bilder bestätigen mit den Ergebnissen einer Arbeitspunkt-Analyse die grafisch ermittelten Arbeitspunkte.



Grafisch ermittelte Arbeitspunkte:

AP (R_a) = AP_a \approx 1,87 V; 210 mA
 AP (D_3) = AP₃ \approx 1,25 V; 210 mA
 AP (H_4) = AP₄ \approx 0,6 V; 210 mA

Bild ÜA_1_6.4.B_8: Arbeitspunkte zur Teilaufgabe a)



Grafisch ermittelte Arbeitspunkte:

AP_a (c) \approx 2,3 V; 250 mA
 AP₃ (c) \approx 1,3 V; 250 mA
 AP₄ (c) \approx 1 V; 250 mA

Bild ÜA_1_6.4.B_9: Arbeitspunkte zur Teilaufgabe c)

Die Abweichungen zwischen der grafischen Lösung (idealisierte Diode) und dem Simulationsergebnis (Modelldaten der Schaltdiode 1N4148) sind vertretbar.

Hinweis: Aufgaben mit vergleichbaren Inhalten finden Sie im:

Übungsbuch [14] – Berechnungsbeispiele 3.10 und 5.4 sowie 6.1 bis 6.5