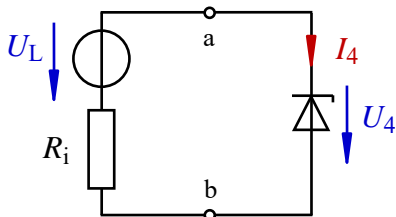


Lösung der Übungsaufgabe ÜA\_1\_6.4.A:

23.09.2022

- **Umrechnung in eine Ersatzschaltung:** (Zweipoltheorie: Trennstelle a – b: links von der Z-Diode)



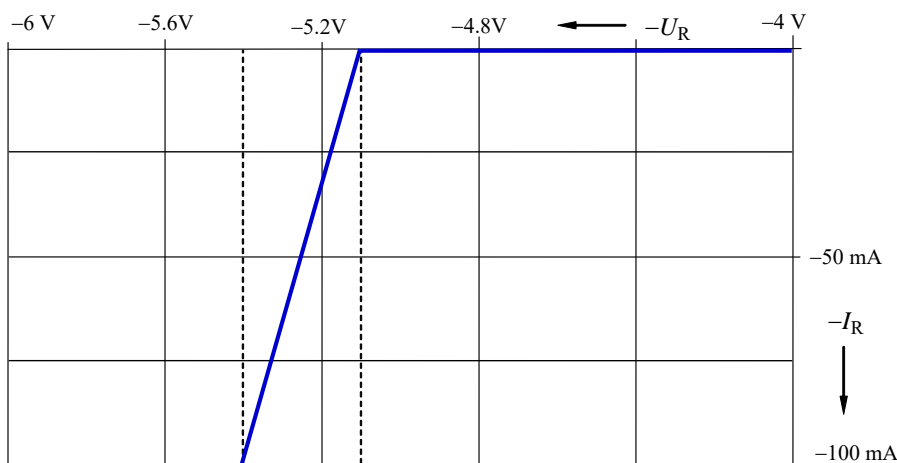
Ersatzquelle:

$$U_L = U_q \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{U_q}{2} = 9 \text{ V}$$

$$R_1 = R_3 + R_1 // R_2 = 100 \ \Omega$$

Bild ÜA\_1\_6.4.A\_1: Spannungsquellen-Ersatzschaltung mit einer Z-Diode als Last

- **Konstruktion der idealisierten Kennlinie:** (Ausschnitt:  $-6 \text{ V} \leq -U_R \leq -4 \text{ V}$ )



Die Diode sperrt bis  $U_z$  ideal. Ab  $U_z = 5,1 \text{ V}$  fällt die Kennlinie linear ab. Das Gefälle wird durch  $r_z$  bestimmt:

$$\Delta U_R = \Delta I_R \cdot r_z$$

$$\Delta I_R \text{ (gewählt)} = 100 \text{ mA}$$

$$\Delta U_R = 0,1 \text{ A} \cdot 3 \ \Omega = 0,3 \text{ V}$$

Bild ÜA\_1\_6.4.A\_2: Idealisierte Sperrkennlinie einer Z-Diode (Ausschnitt)

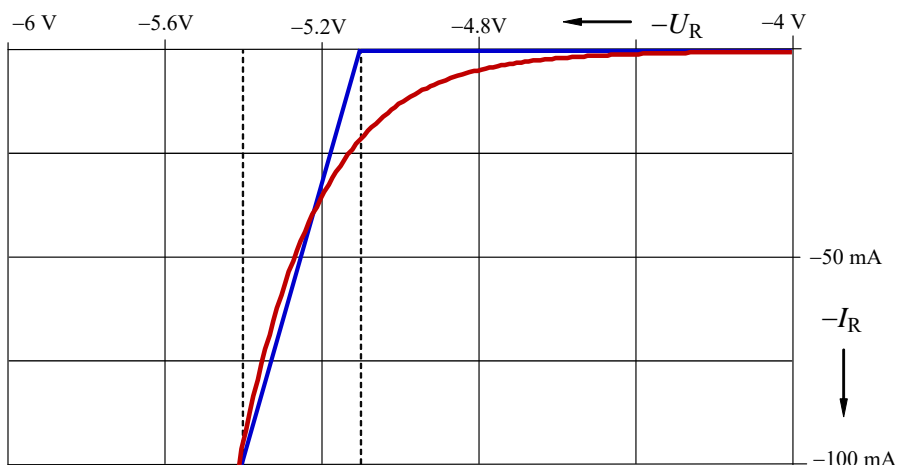
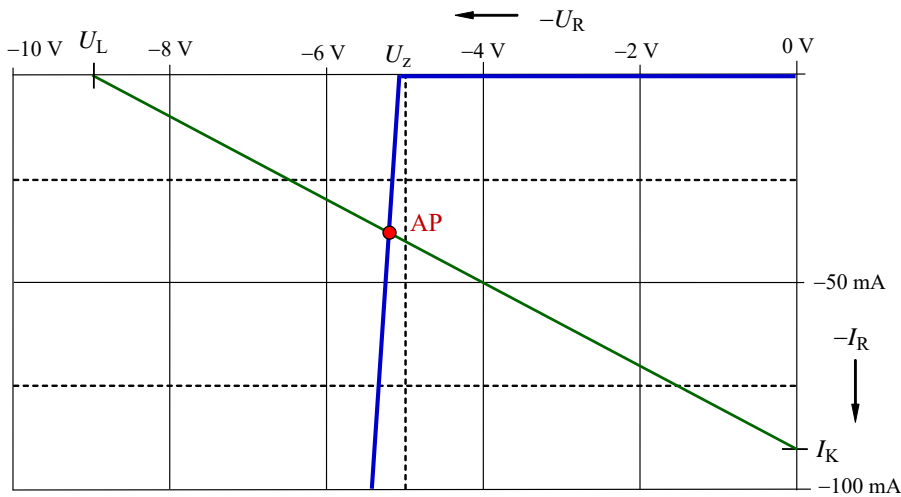


Bild ÜA\_1\_6.4.A\_3: Vergleich zwischen idealisierter und realer Sperrkennlinie einer Z-Diode

Bild ÜA\_1\_6.4.A\_3 zeigt, dass eine reale Kennlinie einer Z-Diode mit vergleichbaren Daten ab einem bestimmten Sperrstrom mit einer idealisierten Kennlinie näherungsweise nachgebildet werden kann.

• **Bestimmung des Arbeitspunktes aus der idealisierten Kennlinie:** ( $-10 \text{ V} \leq -U_R \leq 0 \text{ V}$ )

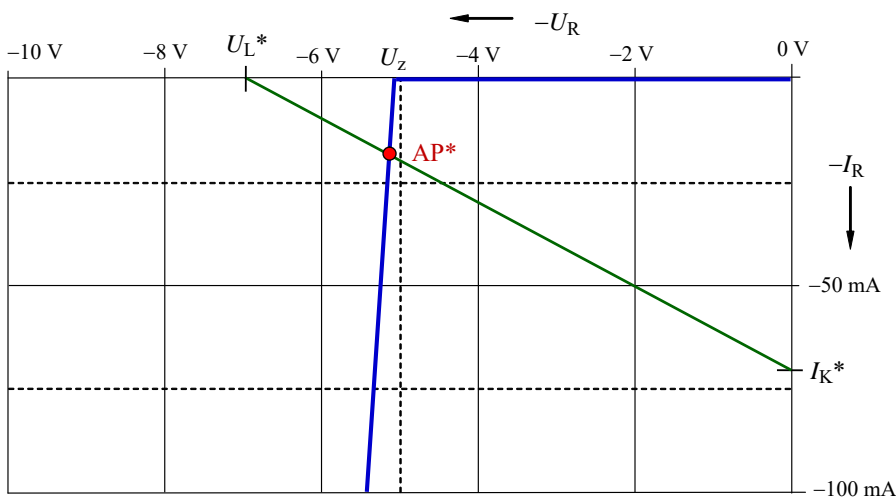


Maßnahmen:  
 Leerlaufspannung  $U_L = 9 \text{ V}$  mit dem Kurzschlussstrom  $I_K = U_L / R_i = 90 \text{ mA}$  verbinden. Der Schnittpunkt dieser Quellenkennlinie mit der Kennlinie der Z-Diode bestimmt den Arbeitspunkt.

Bild ÜA\_1\_6.4.A\_4: Arbeitspunkt der Z-Diode

$AP \approx (5,2 \text{ V}; 38 \text{ mA}) \Rightarrow P_Z = U_{AP} \cdot I_{AP} \approx 200 \text{ mW}$

• **Bestimmung des neuen Arbeitspunktes AP\*:** ( $P_Z^* \approx 100 \text{ mW}$ )



Maßnahmen:  
 Parallelverschiebung der Quellenkennlinie auf etwa den halben Wert von  $I_{AP}$ :  
 $I_{AP}^* \approx 0,5 I_{AP}$   
 Die Spannung über der Z-Diode ändert sich dabei nur geringfügig:  
 $U_{AP}^* \approx U_{AP}$

Bild ÜA\_1\_6.4.A\_5: Neuer Arbeitspunkt der Z-Diode

$AP^* \approx (5,15 \text{ V}; 19,5 \text{ mA}) \Rightarrow P_Z^* \approx 100 \text{ mW}$

$U_L^* \approx 7 \text{ V} \Rightarrow U_q^* \approx 14 \text{ V} \quad \text{und:} \quad I_K^* \approx 70 \text{ mA}$

**• Zusatzaufgabe: Probe der Zahlenwerte über eine MICROCAP-Simulation**

Das nachfolgende Bild zeigt die Kennlinie einer Z-Diode (1N752). Der Strom wurde auf den Bereich:  $100 \text{ mA} < I > -200 \text{ mA}$  begrenzt. Das grafische Layout dieser MICROCAP-Kennlinie wurde in WORD noch leicht korrigiert (Strichstärke / Beschriftung usw.).

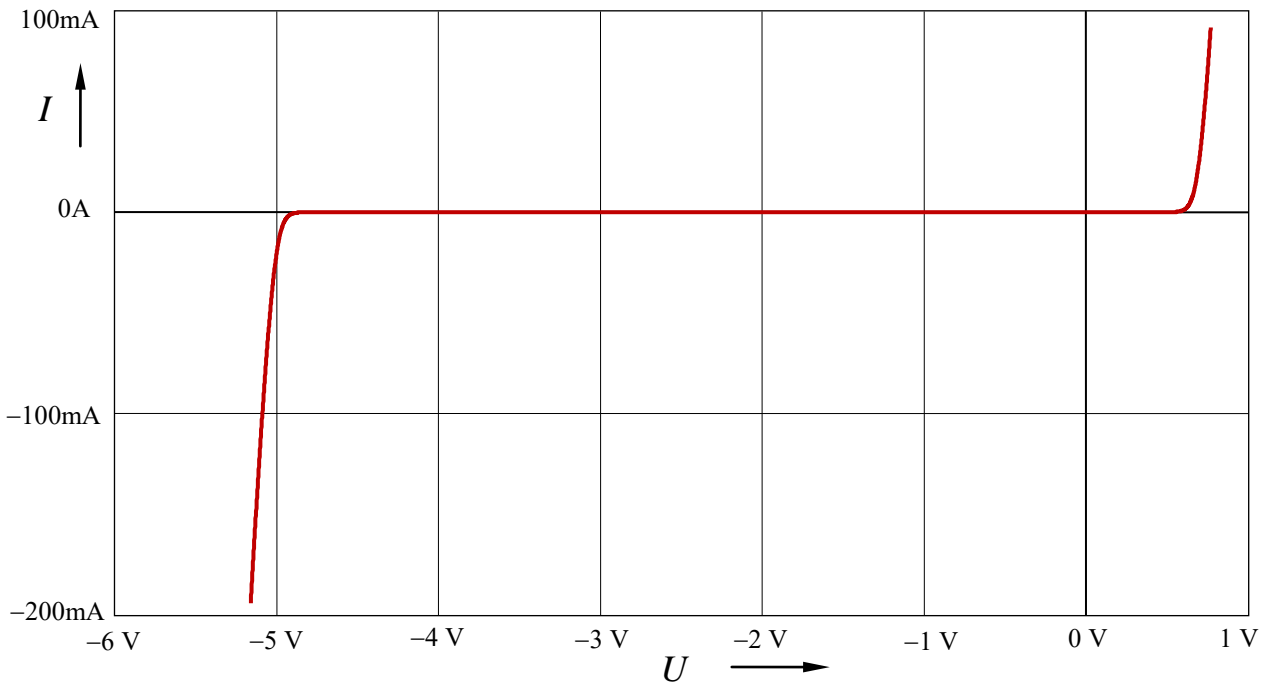
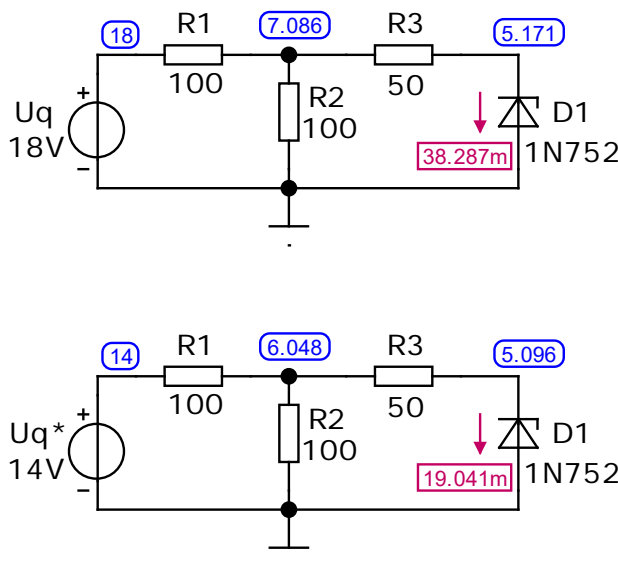


Bild ÜA\_1\_6.4.A\_6: Reale Kennlinie der Z-Diode (Durchlass- und Sperrbereich zum Vergleich)

Das grafische Layout dieser MICROCAP-Kennlinie wurde in WORD noch leicht korrigiert. Für den geringen Anstieg der Sperrkennlinie ist der relativ große Widerstand  $r_z$  verantwortlich. Beim originalen Modell der hier verwendeten Z-Diode 1N752 liegt dieser Widerstand in der Größenordnung von  $0,3 \Omega$  bis  $0,6 \Omega$ . Der Parameter  $R_S$  wurde auf  $R_S = 3 \Omega$  eingestellt.

Die nachfolgend dargestellte Dynamic-DC-Analyse bestätigt die Ergebnisse der grafischen Lösung.



<p>Grafisch ermittelte Arbeitspunkte:</p> <p><math>P_Z = 200 \text{ mW}</math></p> <p><math>AP \approx 5,2 \text{ V}; 38 \text{ mA}</math></p>
<p><math>P_Z^* = 100 \text{ mW}</math>:</p> <p><math>AP^* \approx 5,15 \text{ V}; 19,5 \text{ mA}</math></p>

Bild ÜA\_1\_6.4.A\_7: Arbeitspunkte AP und AP\* der Z-Diode

Die leichten Abweichungen kommen dadurch zustande, dass in diesem Bereich die idealisierte Kennlinie etwas von der realen Kennlinie abweicht (vgl. Bild ÜA\_1\_6.4.1\_3).