

# Halbleiter und Nanotechnologie, Übung 9, Prof. Förster

Christoph Hansen

[chris@university-material.de](mailto:chris@university-material.de)

Dieser Text ist unter dieser [Creative Commons](#) Lizenz veröffentlicht.

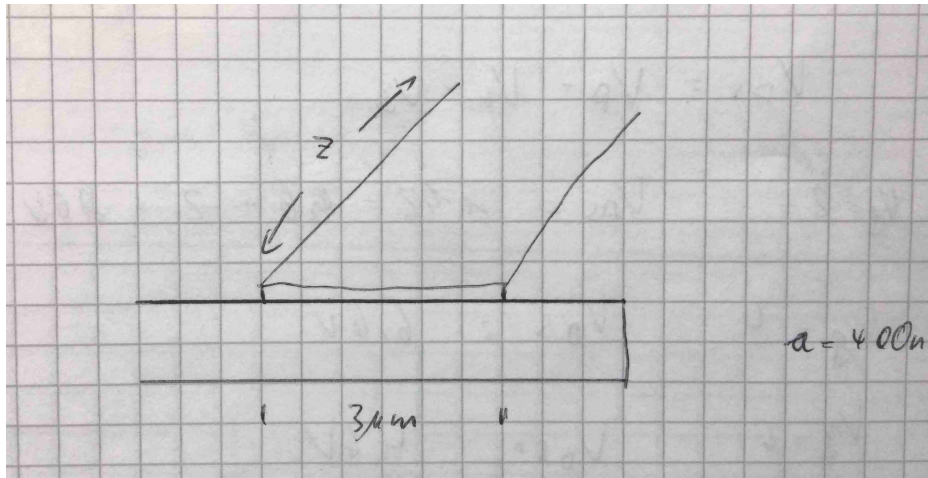
Ich erhebe keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder Richtigkeit. Falls ihr Fehler findet oder etwas fehlt, dann meldet euch bitte über den EMailkontakt.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Aufgabe 1</b>	<b>2</b>
<b>Aufgabe 2</b>	<b>4</b>
<b>Aufgabe 3</b>	<b>5</b>
<b>Aufgabe 4</b>	<b>6</b>

## Aufgabe 1

a)



Pinch-Off Spannung heißt, dass die Raumladungszone verarmt ist. Diese Spannung können wir so berechnen:

$$V_P = \frac{a^2 e N_d}{2 \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r} = \frac{(400 \cdot 10^{-9})^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{23}}{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 12,9} = 11,2 \text{ V}$$

b)

$$I_S = I_P \cdot \left[ \frac{3 \cdot (V_P - V_g - V_{bi})}{V_P} - \frac{2 \cdot (V_P^{3/2} - (V_g + V_{bi})^{3/2})}{V_P^{3/2}} \right]$$

Dabei ist der Pinch-Off Strom:

$$I_P = \frac{z \cdot \mu \cdot q^2 \cdot N_d^2 \cdot a^3}{6 \cdot \epsilon_0 \epsilon_r \cdot L} = \frac{30 \cdot 10^{-6} \cdot 0,2 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2 \cdot (10^{23})^2 \cdot (400 \cdot 10^{-9})^3}{6 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 12,9 \cdot 3 \cdot 10^{-6}} = 47,8 \text{ mA}$$

Die Sättigungsspannungen sind dann:

$$I_{V_g=2} = 47,8 \cdot \left[ \frac{3 \cdot (11,2 - 2 - 0,6)}{11,2} - \frac{2 \cdot (11,2^{3/2} - (2 + 0,6)^{3/2})}{11,2^{3/2}} \right] = 25,2 \text{ mA}$$

$$I_{V_g=4} = 47,8 \cdot \left[ \frac{3 \cdot (11,2 - 4 - 0,6)}{11,2} - \frac{2 \cdot (11,2^{3/2} - (4 + 0,6)^{3/2})}{11,2^{3/2}} \right] = 14 \text{ mA}$$

$$I_{V_g=6} = 47,8 \cdot \left[ \frac{3 \cdot (11,2 - 6 - 0,6)}{11,2} - \frac{2 \cdot (11,2^{3/2} - (6 + 0,6)^{3/2})}{11,2^{3/2}} \right] = 6 \text{ mA}$$

c)

Die Drainströme werden bei folgenden Spannungen erreicht:

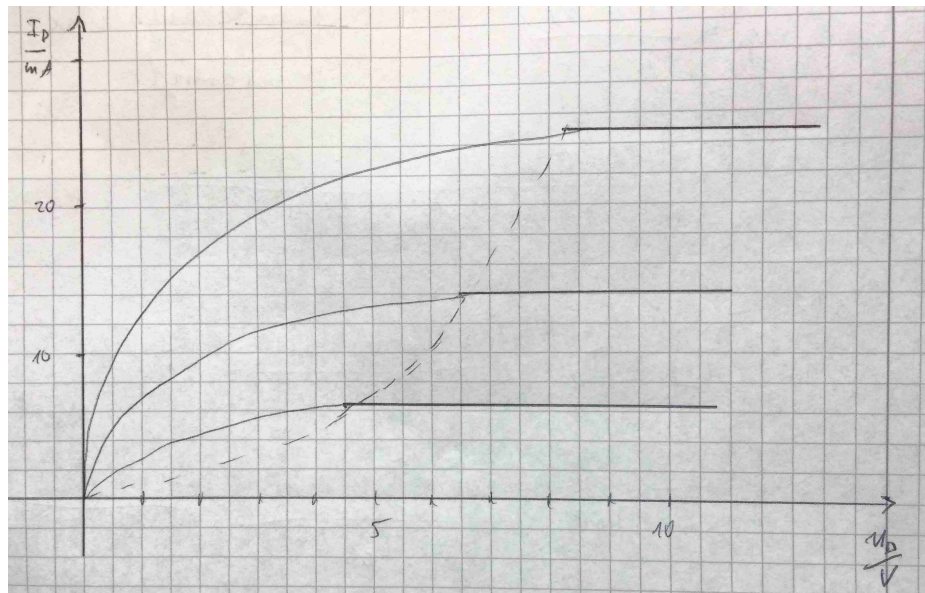
$$V_{DS} = V_P - V_{bi} - V_g$$

$$V_{DS,2} = 11,2 - 0,6 - 2 = 8,6 \text{ V}$$

$$V_{DS,4} = 11,2 - 0,6 - 4 = 6,6 \text{ V}$$

$$V_{DS,6} = 11,2 - 0,6 - 6 = 4,6 \text{ V}$$

d)



e)

Die Steilheiten können wir wieder mit einer Formel berechnen:

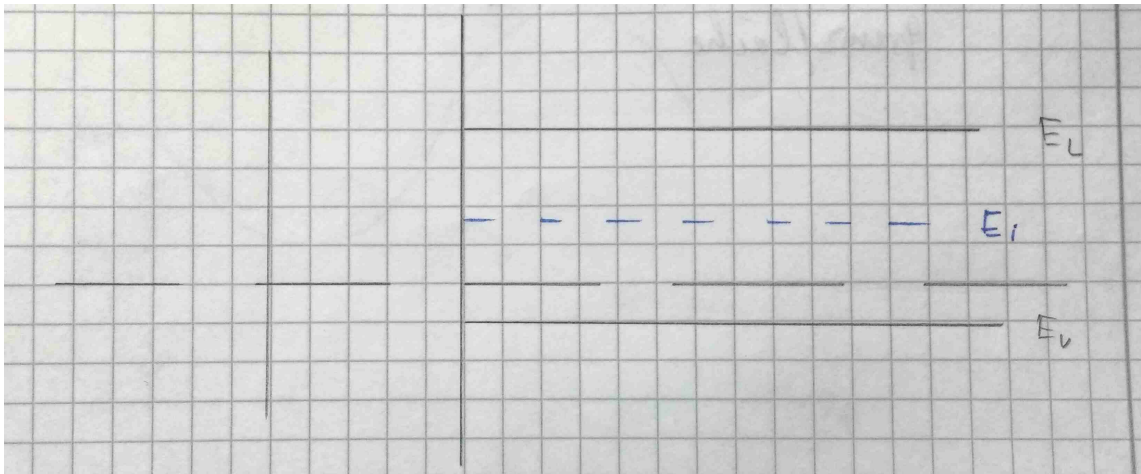
$$-g_{m,2} = I_P \cdot \left[ \frac{-3}{V_P} + \frac{3 \cdot \sqrt{V_g + V_{bi}}}{V_P^{3/2}} \right] = 47,8 \cdot \left[ \frac{-3}{11,2} + \frac{3 \cdot \sqrt{2 + 0,6}}{11,2^{3/2}} \right] = 6,6 \text{ mA/V}$$

$$-g_{m,4} = 47,8 \cdot \left[ \frac{-3}{11,2} + \frac{3 \cdot \sqrt{4 + 0,6}}{11,2^{3/2}} \right] = 4,6 \text{ mA/V}$$

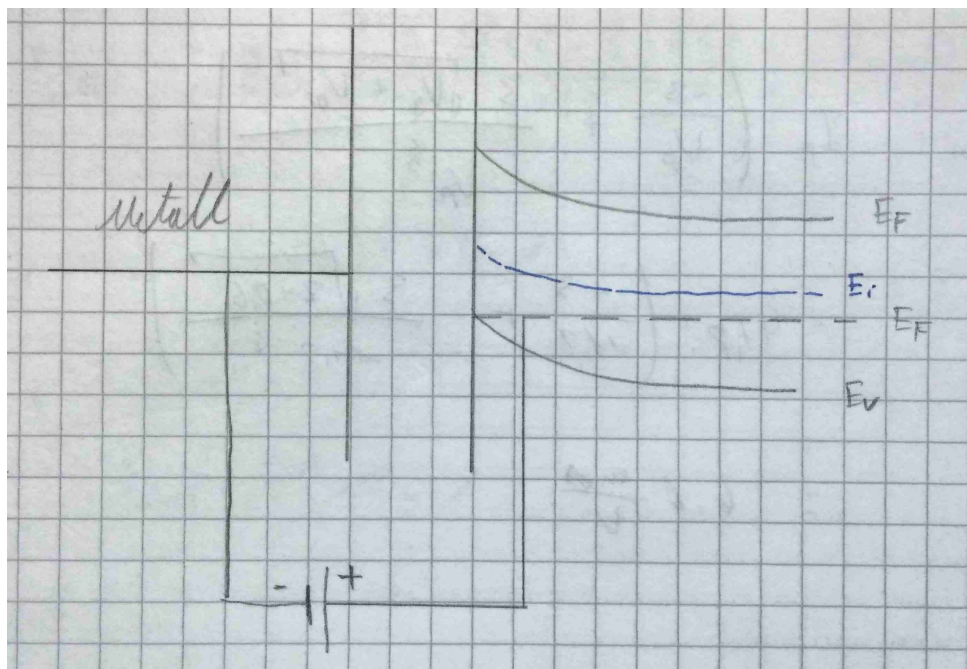
$$-g_{m,6} = 47,8 \cdot \left[ \frac{-3}{11,2} + \frac{3 \cdot \sqrt{6 + 0,6}}{11,2^{3/2}} \right] = 2,8 \text{ mA/V}$$

## Aufgabe 2

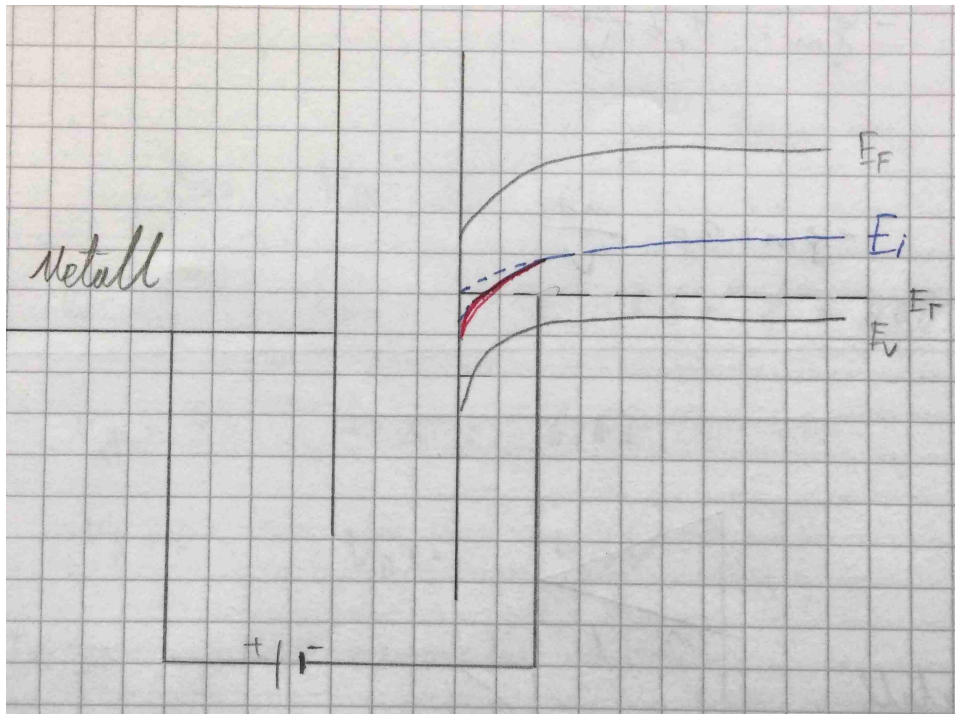
a)



b)



c)



Wenn wir noch höhere Spannungen anlegen, dann kommt es zur Invresion an der Grenzfläche. Das ist n-Leitung und in **rot** gekennzeichnet.

### Aufgabe 3

a)

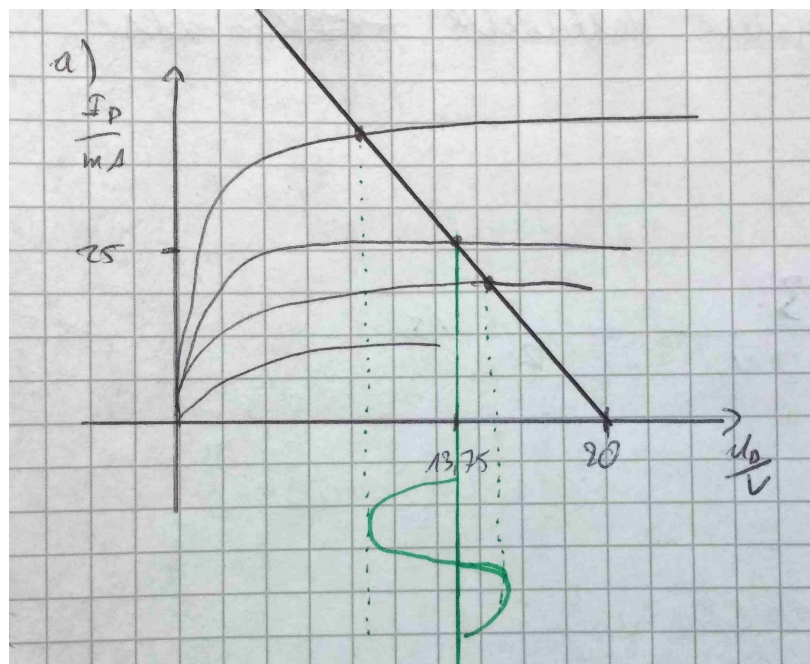


Abbildung 1: Arbeitsgrade mit Ausgangsspannung in grün

Die Spannung am Lastwiderstand bestimmen wir über das ohmsche Gesetz:

$$U_L = R_L \cdot I_L = 250 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 6,25 \text{ V}$$

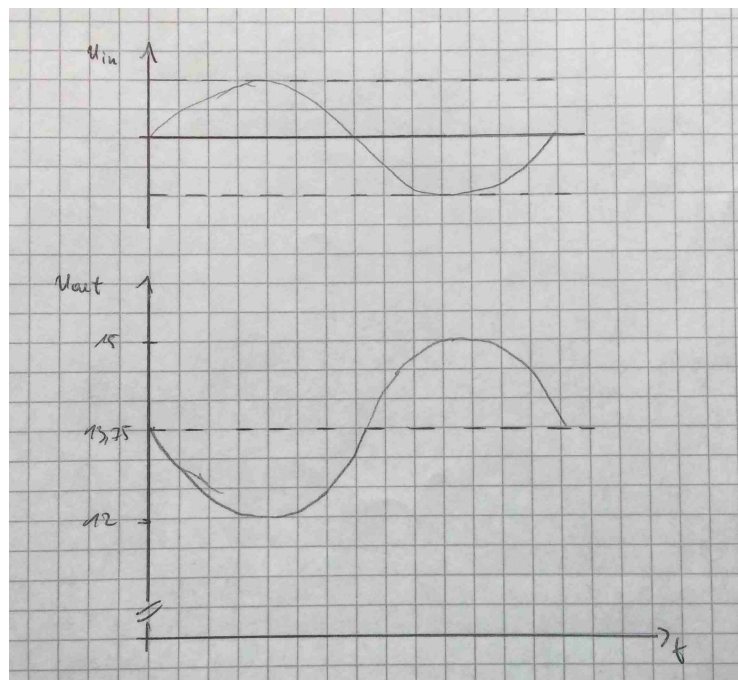
Damit fällt für die Ausgangsspannung noch ab:

$$U_{out} = 20 - 6,25 = 13,75 \text{ V}$$

**b)**

in grün im ersten Bild.

**c)**



**d)**

Nein, da hier die negative Halbwelle größer ist als die positive.

**e)**

$$\frac{\Delta U_{out}}{\Delta U_{in}} = \frac{3}{1} = 1,5$$

## Aufgabe 4

wurde nicht besprochen.