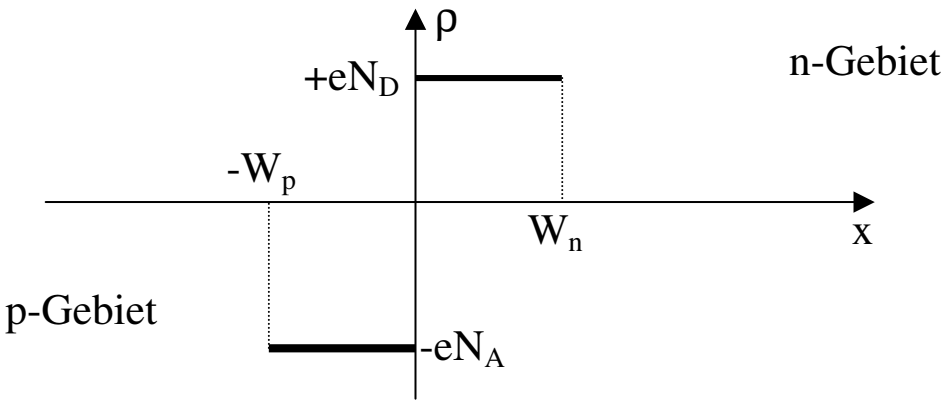
Feld und Potential eines pn-Übergang



$$\rho_p = -eN_A \qquad \rho_n = +eN_D$$

Die Quellengleichung liefert in beiden Raumgebieten links- bzw. rechts des pn-Überganges folgende Gleichungen ($\varepsilon=\varepsilon_0\varepsilon_r$):

$$\frac{d}{dx}\vec{E}_p\vec{i} = \frac{d}{dx}E_p = \frac{\rho_p}{\varepsilon} = -\frac{eN_A}{\varepsilon} \qquad \frac{d}{dx}E_n = \frac{eN_D}{\varepsilon}$$

Die Integration der Gleichungen nach x liefert:

$$E_p = -\frac{eN_A}{\varepsilon}x + C_1 \qquad E_n = \frac{eN_D}{\varepsilon}x + C_2$$

Die Integrationskonstanten C1 und C2 ergeben sich aus den **Randbedingungen**

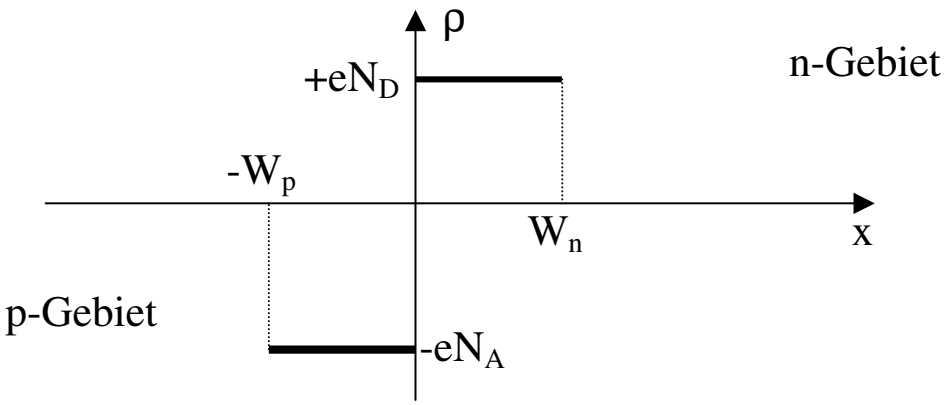
$$E_p(x = -W_p) = 0 \quad und \quad E_n(x = W_n) = 0$$

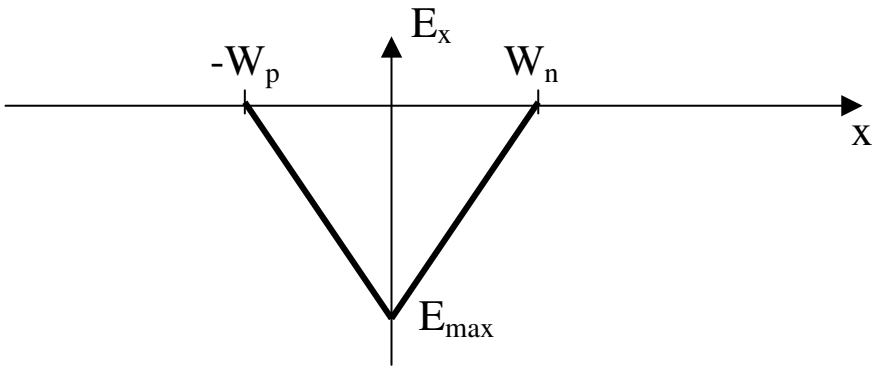
zu

$$C_1 = -\frac{eN_A}{\varepsilon}W_p \quad bzw. \quad C_2 = -\frac{eN_D}{\varepsilon}W_n$$

Durch Einsetzen erhält man für das elektrische Feld:

$$\boxed{\begin{aligned} E_p &= -\frac{eN_A}{\varepsilon}(x + W_p) \\ E_n &= -\frac{eN_D}{\varepsilon}(W_n - x) \end{aligned}}$$





Aus Stetigkeitsgründen gilt an der Stelle x = 0:

$$E(x=0) = E_{\max} = E_p = E_n = -\frac{eN_A}{\varepsilon} W_p = -\frac{eN_D}{\varepsilon} W_n$$

Daraus ergibt sich zusätzlich: $N_A W_p = N_D W_n$

Zur Berechnung des Potentials aus dem elektrischen Feld verwenden wir die Beziehung

$$V_{p,n}(x) = \int E_{p,n}(x)dx$$

Die Integration liefert folgende Gleichungen:

$$V_p = \frac{eN_A}{2\varepsilon} x^2 + \frac{eN_A W_p}{\varepsilon} x + C_3$$

$$V_n = \frac{eN_D W_n}{\varepsilon} x - \frac{eN_D}{2\varepsilon} x^2 + C_4$$

Wir setzen das Potential an der Stelle x=0 Null. Damit erhalten wir für die Integrationskonstanten den Betrag Null.

$$\boxed{\begin{aligned} V_p &= \frac{eN_A}{2\varepsilon}x^2 + \frac{eN_A W_p}{\varepsilon}x \\ V_n &= \frac{eN_D W_n}{\varepsilon}x - \frac{eN_D}{2\varepsilon}x^2 \end{aligned}}$$

Für die gesamte Potentialdifferenz (Potentialbarriere am pn-Übergang)

$V_{np} = V_n(W_n) - V_p(-W_p)$ erhält man somit

$$V_{np} = \Psi - U_a = \frac{e}{2\varepsilon}(N_D W_n^2 + N_A W_p^2)$$

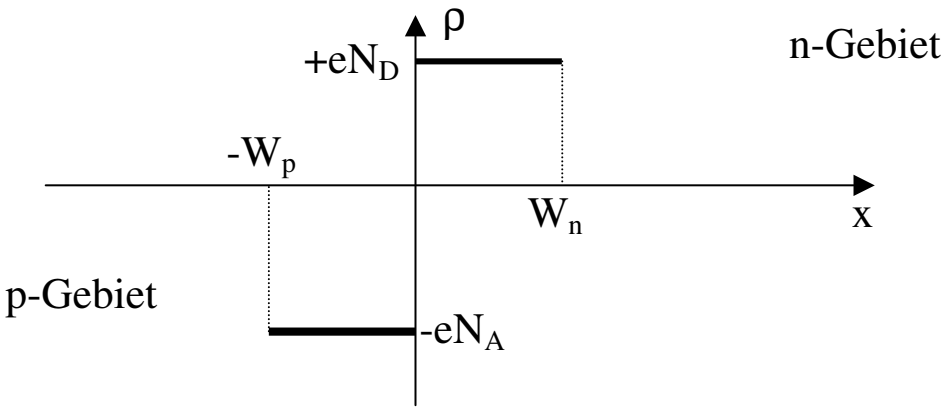
Mit Hilfe der Relation $N_A W_p = N_D W_n$

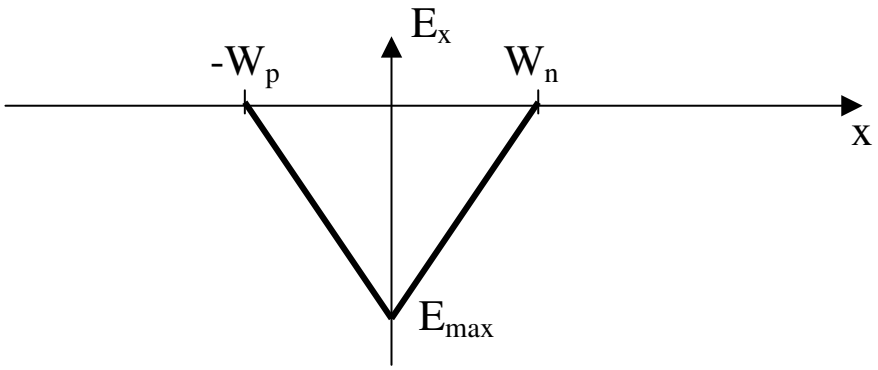
sowie den Abkürzungen

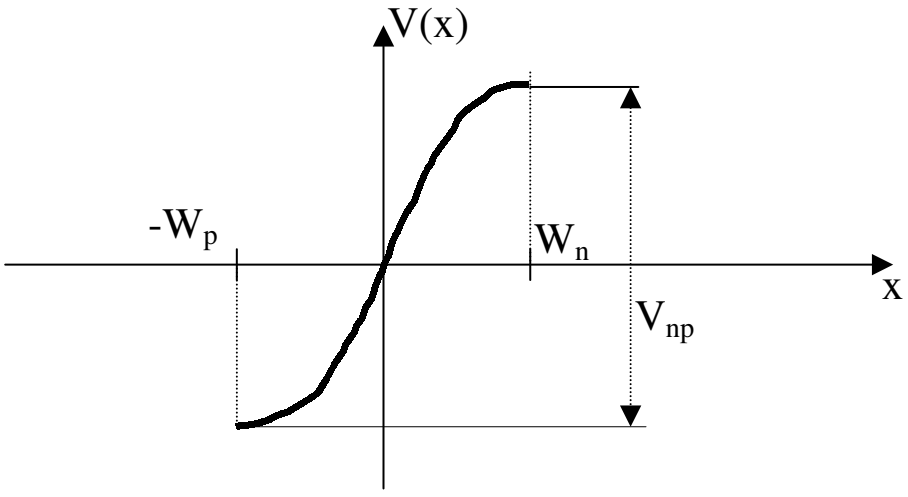
$W = W_n + W_p$ und $\frac{1}{N} = \frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D}$

erhält man für die Raumladungsweite W:

$$W = \sqrt{\frac{2\varepsilon}{eN}(\Psi - U_a)}$$


ρ
+eN_D
n-Gebiet
-W_p
W_n
x
p-Gebiet
-eN_A


E_x
-W_p
W_n
x
E_max


V(x)
-W_p
W_n
x
V_np