Prof. Dr.-Ing. Rainer Ose

Elektrotechnik für Ingenieure
– Grundlagen –
4. Auflage, 2008

Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel
-University of Applied Sciences-

Lösung der Übungsaufgabe ÜA_2_8.3.C:

a) $R_{\text{Ü}} = \frac{\varphi_{\text{E}}}{I_{\text{E}}} = \frac{\varphi_{0\text{E}}+\varphi_{0\text{S}}}{I_{\text{E}}} = \frac{1}{4\pi\cdot\kappa\cdot r_0} + \frac{1}{4\pi\cdot\kappa\cdot 2h} = \frac{1}{4\pi\cdot\kappa}\left(\frac{1}{r_0}+\frac{1}{3a}\right)$ (siehe auch BB 8.6)

$$\Rightarrow \qquad \kappa = \frac{1}{4\pi\cdot R_{\text{Ü}}}\left(\frac{1}{r_0}+\frac{1}{3a}\right) = \frac{I_{\text{E}}}{4\pi\cdot\varphi_{\text{E}}}\left(\frac{1}{r_0}+\frac{1}{3a}\right)$$

$$\varphi_2 = \frac{2\cdot I_{\text{E}}}{4\pi\cdot\kappa\cdot r_{\text{V-H2}}} = \frac{I_{\text{E}}}{2\pi\cdot\kappa\cdot\sqrt{h^2+a^2}} = \frac{I_{\text{E}}}{2\pi\cdot\kappa\cdot a\cdot\sqrt{3{,}25}}$$

$$\Rightarrow \qquad a = \frac{I_{\text{E}}}{2\pi\cdot\varphi_2\cdot\kappa\cdot\sqrt{3{,}25}}$$

a in κ einsetzen:

$$\kappa = \frac{I_{\text{E}}}{4\pi\cdot\varphi_{\text{E}}}\left(\frac{1}{r_0}+\frac{2\pi\cdot\varphi_2\cdot\kappa\cdot\sqrt{3{,}25}}{3\cdot I_{\text{E}}}\right) = \frac{I_{\text{E}}}{4\pi\cdot\varphi_{\text{E}}\cdot r_0} + \frac{\varphi_2\cdot\kappa\cdot\sqrt{3{,}25}}{6\cdot\varphi_{\text{E}}} = \frac{I_{\text{E}}}{4\pi\cdot\varphi_{\text{E}}\cdot r_0} + 5\cdot 10^{-3}\cdot\kappa$$

$$\kappa = \frac{I_{\text{E}}}{0{,}995\cdot 4\pi\cdot\varphi_{\text{E}}\cdot r_0} = 5{,}33\cdot 10^{-2}\,\frac{\text{S}}{\text{m}} \qquad \text{und:} \qquad a = \frac{I_{\text{E}}}{2\pi\cdot\varphi_2\cdot\kappa\cdot\sqrt{3{,}25}} = 3{,}31\,\text{m}$$

---

b) Zur Vereinfachung weiter mit: $\kappa = 5\cdot 10^{-2}\,\frac{\text{S}}{\text{m}}$ und: $a = 3\,\text{m}$

(Originalwerte* in Klammern)

$$U_{\text{s}} = \varphi_{\text{x}} - \varphi_{\text{x+s}} = \frac{I_{\text{E}}}{2\pi\cdot\kappa\cdot 1{,}5a} - \frac{I_{\text{E}}}{2\pi\cdot\kappa\cdot\sqrt{2{,}25\cdot a^2+s^2}}$$

$$U_{\text{s}} = \frac{I_{\text{E}}}{2\pi\cdot\kappa\cdot}\left(\frac{1}{4{,}5\,\text{m}} - \frac{1}{4{,}61\,\text{m}}\right) = \frac{1000}{10\pi\cdot 10^{-2}}\left(5{,}29\cdot 10^{-3}\right)\text{V} = 16{,}84\ \text{V} \qquad (U_{\text{s}}^{*} = 13\ \text{V})$$

---

c) $$\varphi_{\text{x}} = \underset{\equiv,\ \text{weil auf der Erdoberfläche}}{\frac{\varphi_{\text{x}}(\text{VE})+\varphi_{\text{x}}(\text{SE})}{}} + \underset{\equiv,\ \text{weil Symm.}}{\frac{\varphi_{\text{x}}(\text{HE1})+\varphi_{\text{x}}(\text{HE2})}{}} = 2\varphi_{\text{x}}(\text{VE}) + 2\varphi_{\text{x}}(\text{HE})$$

$$\varphi_{\text{x}} = \frac{I_{\text{E}}}{2\pi\cdot\kappa\cdot 1{,}5a} + 2\,\frac{0{,}5 I_{\text{E}}}{2\pi\cdot\kappa\cdot a} = \frac{I_{\text{E}}}{2\pi\cdot\kappa\cdot a}\left(\frac{1}{1{,}5}+1\right) = 1{,}768\ \text{kV} \qquad (\varphi_{\text{x}}^{*} = 1{,}5\ \text{kV})$$

d1) Die resultierende Feldstärke auf der Erdoberfläche ist genau am Eingrabpunkt des VE gleich null, da sich hier alle Feldstärkekomponenten jeweils gegenseitig aufheben.

$E_x(\mathrm{VE}) = E_x(\mathrm{SE})$ und: $E\,(\mathrm{HE1}) = E\,(\mathrm{HE2})$

d2) Resultierende Feldstärke im Punkt y:

$$\vec{E}_y = \vec{E}_y(\mathrm{VE}) + \vec{E}_y(\mathrm{SE}) + \vec{E}_y(\mathrm{HE1}) + \vec{E}_y(\mathrm{HE2})$$

$\Rightarrow$ Beträge der einzelnen Feldstärkekomponenten:

$E_y(\mathrm{VE}) = 707\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}$ $\quad E_y(\mathrm{SE}) = 28{,}3\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}$ $\quad E_y(\mathrm{HE1}) = E_y(\mathrm{HE2}) = E_y(\mathrm{HE}) = 88{,}4\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}$

$\Rightarrow$ Richtungen der Feldstärkevektoren vom Erder und vom Spiegelerder:

$\vec{E}_y(\mathrm{VE}) \uparrow \quad \vec{E}_y(\mathrm{SE}) \downarrow \quad \Rightarrow \quad E_y(\mathrm{E}) = E_y(\mathrm{VE}) - E_y(\mathrm{SE}) = 678{,}7\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}$

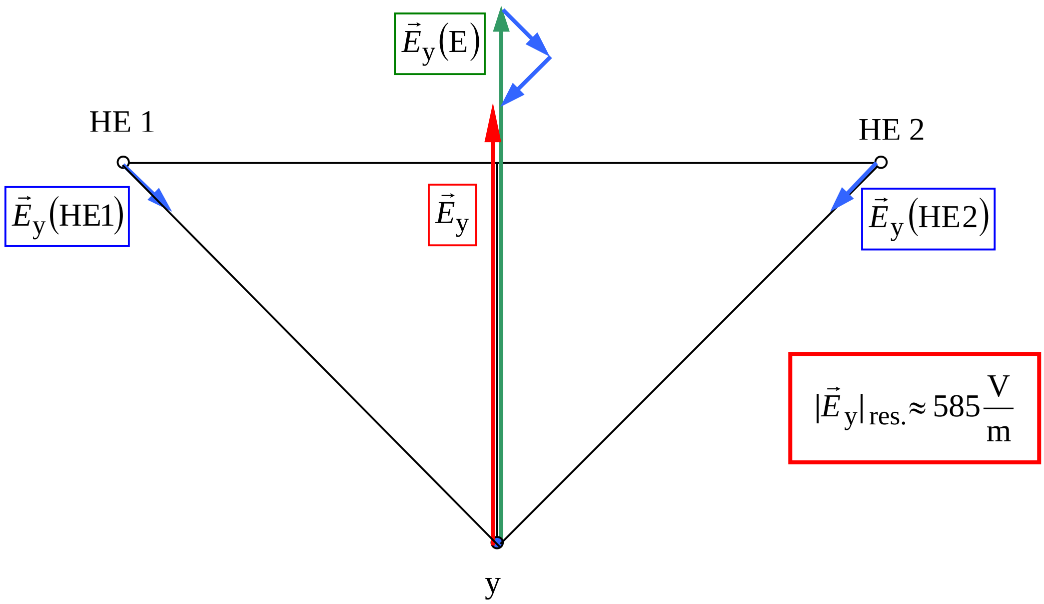

Bild ÜA_2_8.3.C_1: Skizze zur Überlagerung der Feldstärkevektoren

Ende dieser Lösung