Zusammenfassung vom 23.04.2009

nur Lehramt, Meteorol., Geol. Wiss.:

I Ladung und elektrisches Feld

Gauß'sches Gesetz: $$\Phi = \oint_{A_V} \vec{E}(\vec{r}) \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{innen}}{\varepsilon_0}$$

A_V = geschlossene Oberfläche um Volumen V

Q_{innen} = im Volumen V eingeschlossene Ladung

Integral-Form

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E}(\vec{r}) = \frac{\rho(\vec{r})}{\varepsilon_0} = \operatorname{div} \vec{E}(\vec{r})$$

$\rho(\vec{r}) = \frac{dq(\vec{r})}{dV}$ = Raumladungsdichte

$\vec{\nabla} = (\partial/\partial x, \partial/\partial y, \partial/\partial z)$ = Nabla-Operator

differentielle Form („Divergenz von E")

Bsp: lokales Feld an der Oberfläche eines Leiters

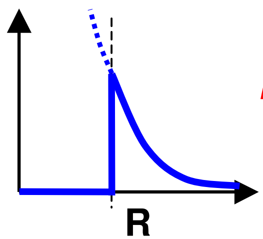
$$\vec{E}_{lokal}(\vec{r}) = \frac{\sigma_{lokal}}{\varepsilon_0} \vec{n}_{lokal}$$

σ_{lokal} = lokale Flächenladungsdichte an der Leiteroberfläche

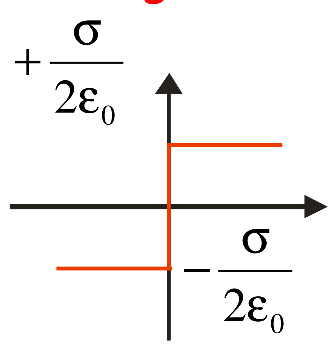
Bsp. elektr. Feld einer geladenen, leitenden Kugelschale mit Radius R

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}, \quad r \geq R$$

$$\vec{E}(\vec{r}) = 0, \quad r < R$$



E ist unstetig!



Bsp: Feld einer homogen geladenen, ∞-großen, leitenden Platte

$$E(\vec{r}) = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \text{const}$$

σ= Q/A = Flächenladungsdichte der Platte

II Elektrisches Potential

Arbeit an q im Feld $\vec{E}$: $dW = -\vec{F}_C \cdot d\vec{s} = -q\,\vec{E} \cdot d\vec{s}$

$$W_{12} = -q\int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{E}(\vec{r}\,') \cdot d\vec{s}$$ *Arbeit von Punkt 1 nach 2*

nur Monobachelor Physik:

da Coulomb-Kraft konservativ $\rightarrow$ *Arbeit ist wegunabhängig, d.h. es existiert ein Potential*

$\rightarrow$ *elektr. Feld ist wirbelfrei, d.h. es existieren keine geschlossenen Feldlinien*

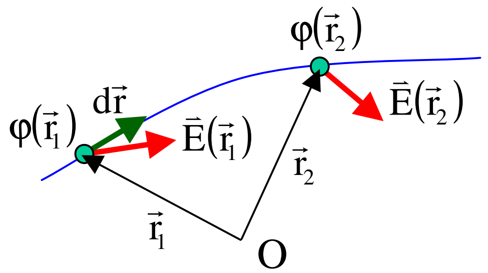
Wirbelfreiheit des elektr. Feldes: $\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0 \qquad \vec{\nabla} \times \vec{E} = 0 = \mathrm{rot}\,\vec{E}$ *„Rotation von E“*

elektrisches Potential: $d\varphi = -\vec{E} \cdot d\vec{s} \qquad \varphi(\vec{r}) = -\int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{E}(\vec{r}\,') \cdot d\vec{s} \qquad dE_{pot} = -q\,\vec{E} \cdot d\vec{s}$

elektrische Spannung: $U_{12} = \varphi_2 - \varphi_1 = \varphi_{12} = -\int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{E}(\vec{r}\,') \cdot d\vec{s}$ *$U_{12} > 0$, falls pot. Energie zunimmt für $q>0$*

Spannung = Potentialdifferenz

$$[\varphi] = [U] = 1\ \text{Volt} = 1\ \text{V} = 1\frac{\text{J}}{\text{C}} = 1\frac{\text{W}}{\text{A}}$$



II Elektrisches Potential

elektrisches Potential: $d\varphi = -\vec{E}\cdot d\vec{s}$ $\qquad \varphi(\vec{r}) = -\int_{\infty}^{\vec{r}} \vec{E}(\vec{r}\,')\cdot d\vec{s} = \int_{\vec{r}}^{\infty} \vec{E}(\vec{r}\,')\cdot d\vec{s}$

Konvention: $\varphi(r \to \infty) = 0$ (alternativ: φ(Erdoberfläche) = 0)

nur Monobachelor Physik:

Bsp: elektr. Potential einer Punktladung q im Ursprung $\varphi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$