Formelsammlung Elektrotechnik

Grundgrößen siehe Skript GEA 1-1, deren Umrechnung 1-2

Elementarladung $e = 1{,}602 * 10^{-19}$

Leitfähigkeit von Materie
< $10^{9}/cm^{3}$ „freie Elektronen“ ► **Nichtleiter,** Isolator
$10^{10} - 10^{20}/cm^{3}$ „freie Elektronen“ ► **Halbleiter**
> $10^{21}/cm^{3}$ „freie Elektronen“ ► **Leiter,** Metall
Koordinatensysteme GEA 1-4a - GEA 1-4c
Kraftwirkung zwischen Punktladungen / Coulombsches Gesetz

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon} * \frac{\pm Q_1 * \pm Q_2}{r^2} * \vec{e}_r$$

ε = Permittivität, Dielektrizitätskonstante $\varepsilon = \varepsilon_0 * \varepsilon_r$

ε_0 **= „elektrische Feldkonstante“** (= Naturkonstante) = $8{,}854 * 10^{-12} \frac{As}{Vm}$

e_r **= „Permittivitätszahl“, „Dielektrizitätszahl“** (= Materialkonstante, ohne Einheit)

e_r ► Vakuum=1, Materie≠1

Ladungsdichte

Raumladungsdichte ρ($\vec{r}$) = $\lim\limits_{\Delta V \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta V} = \frac{dQ(\vec{r})}{dV}$ auch ή, ρ_v , wenn konst $\rho = \frac{Q}{V}$

Flächenladungsdichte σ($\vec{r}$) = $\lim\limits_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta A} = \frac{dQ(\vec{r})}{dA}$ auch ρ_F , wenn konst $\sigma = \frac{Q}{A}$

Linienladungsdichte λ($\vec{r}$) = $\lim\limits_{\Delta L \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta L} = \frac{dQ(\vec{r})}{dl}$ auch ρ_S , wenn konst $\lambda = \frac{Q}{l}$

Punktladung Q=konst. ► 0- dimensionale Raumladungsverteilung

Def. Elektrische Feldstärke $\vec{E} = \lim\limits_{q \to 0} \frac{\vec{F}}{q}$ **Einheit** $\frac{V}{m}$ **(** $\vec{F} = q * \vec{E}$ **)**

Superposition: Feldstärken der Einzelladungen **überlagern**
sich in jedem Punkt des Raumes. $\overrightarrow{E_{ges}} = \sum\limits_{I} \vec{E}_i * (\vec{r}_i)$

Elektrische Flußdichte $\vec{D} = \varepsilon * \vec{E}$ **Einheit** $\frac{As}{m^2} = \frac{C}{m^2}$

Elektrischer Fluß $\psi = \int\limits_A \vec{D} * d\vec{A}$ ψ= **Gesamtflußdichte**, die eine Fläche A senkrecht durchsetzt

Gauß'scher Satz der Elektrostatik: - Maxwell Gleichung
Elektrischer Fluß durch geschlossene Hüllfläche A_0 = eingeschlossene Ladung Q

► $\psi = \oint\limits_{A_0} \vec{D} * d\vec{A} = Q$ **gilt für jede Form der Hüllfläche und für jede Konfiguration der eingeschlossenen Ladung. (Q ist Summe aller Q) Integral bedeutet, das über eine geschlossene Fläche** A_0 **integriert werden muss.**
Bsp. Kugel $A_0 = 4\pi r^2$

Energie $\Delta W = \vec{F} * \Delta\vec{s}$

Elektrisches Potential $\varphi(\vec{r}) = \frac{W_{pot}(\vec{r})}{(\pm q)} = -\int \vec{E} * d\vec{s} + \varphi_0$ **Einheiten** $\frac{Ws}{As} = \frac{VAs}{As} = V$

Elektrische Spannung $U_{12}=\varphi_1-\varphi_2=\int \vec{E}*d\,\vec{s}+\varphi_0$

Spannung längs eines geschlossenes Weges verschwindet! - Maxwell Gleichung
$\oint \vec{E}*d\,\vec{s}=0$
Integral bedeutet, dass **längs eines geschlossenen Weges** integriert wird! (sog. „Umlaufintegral")

Elektrisches Dipolmoment $\vec{p}=Q*\vec{l}$ **mit l von -Q nach +Q gerichtet**
Def. Dipol: zwei entgegengesetzt gleichgroße Ladungen +Q, -Q im Abstand l.

Elektrische Polarisation $\vec{P}=\frac{\vec{p}}{V}$ **Betrag** $\frac{Q*l}{A}*l=\frac{Q}{A}=\sigma(Sigma)$
$\vec{p}$ **= Gesamtdipolmoment,**
V= Volumen des Dielektrikums (A = Querschnittsfläche, l = Länge)
σ' = scheinbare Oberflächenladung des Dielektrikums (Sigma) ► vgl. GEA 2-6b

Polarisation $\vec{P}=\varepsilon_0*(\varepsilon_r-1)*\vec{E}=\varepsilon_0*\chi*\vec{E}$ $\varepsilon_r-1=\chi$ **elektrische Suszeptibilität**
Veränderung der dielektrischen Eigenschaften des Raumes durch Einbringen von dielektrischem Material ins Vakuum beschreibbar durch den Faktor χ

ebener Plattenkondensator
$Q=D*A=\varepsilon*E*A=\varepsilon*\frac{U}{d}*A=\varepsilon\frac{A}{d}*U=C*U$ **mit** $C=\varepsilon_0*\varepsilon_r*\frac{A}{d}$ **Einheit** $\frac{As}{Vm}=F$
$U=E*d$ $D=\frac{Q}{A}$
Energieinhalt $W_{el}=\frac{1}{2}ED*V=\frac{1}{2}Q*U=\frac{1}{2}C*U^2$

Energiedichte des elektrischen Feldes $w_{el}=\frac{W_{el}}{V}=\frac{1}{2}E*D=\frac{1}{2}|\vec{E}||\vec{D}|$
allgemeine Felder (ebener Kondensator = Sonderfall mit homogenen Feld):
$\vec{E}=\vec{E}(\vec{r})$ **und** $\vec{D}=\vec{D}(\vec{r})$ ► $w_{el}=w_{el}(\vec{r})$ **alle größen Ortsabhängig**

Brechungsgesetz $\tan\alpha_2=\frac{\varepsilon_{r2}}{\varepsilon_{r1}}*\tan\alpha_1$ **Skizze siehe GEA 2-7d**