Elektrodynamik

KENN Michael, 8725258

2. Juli 2010

Zusammenfassung

Formelsammlung Elektrodynamik, Prof. Wagner SS2010

Überblick

- Maxwell

$$\nabla\vec{D} = \rho \qquad \nabla\vec{B} = 0$$

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t} \qquad \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$$

- ρ <u>freie</u> Ladungsdichte, $\vec{j}$ <u>freie</u> Stromdichte
- Materialgleichungen

$$\vec{D} = \epsilon\vec{E} = \epsilon_0\epsilon_r\vec{E} \qquad \vec{B} = \mu\vec{H} = \mu_0\mu_r\vec{H} \qquad \vec{j} = \sigma\vec{E}$$

- Lorentz-Kraft

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

- Energiedichte

$$w_{em} = \frac{\vec{D}\vec{E}}{2} + \frac{\vec{B}\vec{H}}{2}$$

Elektrostatik

$\epsilon_0 \approx 8.854 \cdot 10^{-12}$	$\frac{C^2}{Nm^2}$	elektrische Feldkonstante
$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q \cdot q}{r^2}\hat{r}$	N	Coulomb'sches Kraftgesetz
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}\hat{r}$	$\frac{N}{C} = \frac{V}{m}$	elektrische Feldstärke
$\phi_E = \iint_A \vec{E} \cdot d\vec{f} = \frac{Q}{\epsilon_0}$	$\frac{Nm^2}{C} = Vm$	elektrischer Fluss, Gauß'sches Gesetz
$Q = \iiint_V \rho \cdot dV$	$As = C$	Ladung, Ladungsdichte ρ
$\nabla\vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	$\frac{N}{Cm}$	Quelldichte, Maxwell
$V(R) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Qq}{R}$	J	Potentielle Energie von q um Q
$\phi(P) = -\int_{P_0}^{P} \vec{E} \cdot d\vec{r}$	$V = \frac{J}{C}$	elektrisches Potential
$\phi(R) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R}$	$V = \frac{J}{C}$	elektrisches Potential um Q
$U = \phi_1 - \phi_2$	$V = \frac{J}{C}$	elektrische Spannung
$\vec{E} = -\nabla\phi$	$\frac{V}{m}$	$\vec{E}$ ist ein konservatives Feld
$\triangle\phi = -\frac{\rho}{\epsilon_0}$	$\frac{V}{m^2}$	Poisson'sche Gleichung
$\triangle\phi = 0$	$\frac{V}{m^2}$	Laplace'sche Gleichung (wenn ladungsfrei)
$\vec{P} = \chi\epsilon_0\vec{E}$	$\frac{As}{m^2}$	Polarisationsvektor elektrische Suszeptibilität
$\vec{D} = \epsilon_0\vec{E}_{\text{vac}} + \vec{P} = \epsilon_r\epsilon_0\vec{E}_{\text{vac}}$	$\frac{As}{m^2} = \frac{C}{m^2}$	dieelektrische Verschiebung = elektrische Flussdichte, Dielektrizitätskonstante
$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\iiint_V \frac{\rho(\vec{R})(\vec{r} - \vec{R})}{\lvert\vec{r} - \vec{R}\rvert^3}dV$	$\frac{N}{C} = \frac{V}{m}$	elektrisches Feld
$w_e = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 = \frac{\vec{D}\vec{E}}{2}$	$\frac{J}{m^3}$	elektrische Energiedichte

Elektrische Ströme

$I = \frac{dQ}{dt} = \int_A \vec{j} \cdot d\vec{f}$	$A = \frac{C}{s}$	elektrische Stromstärke
$\vec{j} = \rho \cdot \vec{v}$	$\frac{A}{m^2}$	elektrische Stromdichte
$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \vec{j} = 0$	$\frac{C}{m^3 s} = \frac{A}{m^2 s}$	Kontinuitätsgleichung
$\vec{j} = \sigma \vec{E}$	$[\sigma] = \frac{A}{Vm}$	Ohm'sches Gesetz elektrische Leitfähigkeit
$R = \frac{U}{I} = \frac{L}{\sigma A}$	$\Omega = \frac{V}{A}$	Widerstand
$\rho_S = \frac{1}{\sigma}$	Ωm	spezifischer elektrischer Widerstand
$W = q(\phi_1 - \phi_2) = q U$	J	von $\vec{E}$ verrichtete Arbeit
$P = \frac{dW}{dt} = U\, I = I^2\, R = \frac{U^2}{R}$	W	elektrische Leistung

Magnetostatik

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$	$\frac{N}{A^2}$	Magnetische Feldkonstante
$\lvert\vec{B}\rvert = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{r}$	$\frac{Vs}{m^2} = \text{Tesla}$	magnetische Flussdichte, vgl. $[\vec{D}] = \frac{As}{m^2}$
$U_m = \frac{1}{\mu_0}\int_{P_1}^{P_2} \vec{B} \cdot d\vec{r}$	A	magnetische Spannung, vgl. $[U] = V$
$U_m = \oint \vec{H} \cdot d\vec{r} = I$	A	Ampere'sches Gesetz
$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$	$\frac{N}{Am^2} = \frac{Vs}{m^3}$	Wirbeldichte, Maxwell statisch
$\Phi_m = \iint_A \vec{B} \cdot d\vec{f}$	$Vs = \text{Weber}$	magnetischer Fluss, vgl. $[Q] = As = C$
$\nabla \vec{B} = 0$	$\frac{Vs}{m^3}$	$\vec{B}$ – Feld ist quellenfrei, Maxwell
$\vec{B} = \nabla \times \vec{A}$	$\nabla \vec{A} = 0$	Coulomb-Eichung, Vektorpotential $\vec{A}$
$\Delta \vec{A} = -\mu_0 \vec{j}$	$\frac{Vs}{m^3} = \frac{N}{Am^2}$	vgl. ϕ Poisson, Laplace
$\vec{B}(\vec{r}) = -\frac{\mu_0}{4\pi} I \int_C \frac{(\vec{r}-\vec{R}) \times d\vec{R}}{\lvert\vec{r}-\vec{R}\rvert^3}$	$\frac{Vs}{m^2} = \text{Tesla}$	Biot-Savart'sches Gesetz
$\lvert\vec{B}\rvert = \mu_0 n I$	$\frac{Vs}{m^2} = \text{Tesla}$	im Innenraum einer Spule mit Spulendichte n
$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$	N	Lorentz-Kraft
$F_2 = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 I_2 l_2}{d}$	N	Ampere'sches Kraftgesetz

Zeitabhängige elektromagnetische Felder

$U_{ind} = -\frac{\Phi_m}{dt} = \oint \vec{E} d\vec{r}$	V	Faray'sches Induktionsgesetz
$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	$\frac{V}{m^2}$	Maxwell
$\Phi_m = L \cdot I$	$[L] = \frac{Vs}{A} =$ Henry	Induktivität L, vgl. Kapazität $[C] = \frac{As}{V}$
$\vec{H} = \frac{\vec{B}_{vac}}{\mu_0}$	$\frac{A}{m}$	magnetische Feldstärke, vgl. $[\vec{E}] = \frac{V}{m}$
$\nabla \times \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$	$\frac{A}{m^2}$	Maxwell, Verschiebungsstrom
$w_m = \frac{\vec{B}\vec{H}}{2}$	$\frac{J}{m^3}$	elektromagnetische Energiedichte
$L = \mu_0 n^2 A l = \mu_0 n^2 V$	$\frac{Vs}{A}$	Selbstinduktivität einer Spule