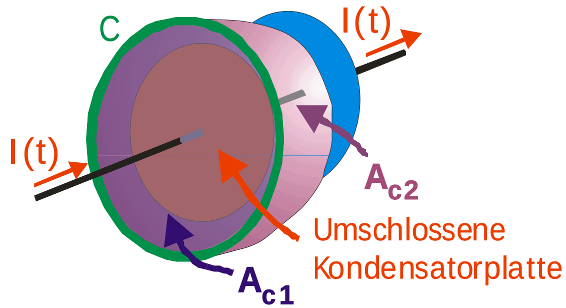
Zusammenfassung vom 23.06.2010

IX elektromagnetische Wellen

Maxwell'scher Verschiebungsstrom: $I_V = \varepsilon_0 \int_A \frac{\partial}{\partial t} \vec{E} \cdot d\vec{A} \qquad \vec{j}_V = \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \vec{E}$



verallgemeinerte Stromdichte: $\vec{j}_{maxw} = \vec{j} + \vec{j}_V = \vec{j} + \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \vec{E}$

Maxwell-Gleichungen:

$$\int_{A_V} \vec{E}(\vec{r},t) \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{innen}}{\varepsilon_0} = \frac{1}{\varepsilon_0} \int_V \rho(\vec{r},t) d^3r \qquad \vec{\nabla} \cdot \vec{E}(\vec{r},t) = \frac{\rho(\vec{r},t)}{\varepsilon_0}$$

Gauß-Gesetz

$$\oint_{S_A} \vec{E}(\vec{r},t) \cdot d\vec{s} = -\frac{d}{dt} \int_A \vec{B}(\vec{r},t) \cdot d\vec{A} \qquad \vec{\nabla} \times \vec{E}(\vec{r},t) = -\frac{\partial}{\partial t} \vec{B}(\vec{r},t)$$

Faraday-Gesetz

$$\int_{A_V} \vec{B}(\vec{r},t) \cdot d\vec{A} = 0 \qquad \vec{\nabla} \cdot \vec{B}(\vec{r},t) = 0$$

„Gauß-Gesetz" für B

$$\oint_{S_A} \vec{B}(\vec{r},t) \cdot d\vec{s} = \mu_0 [I(t) + I_V(t)] \qquad \vec{\nabla} \times \vec{B}(\vec{r},t) = \mu_0 \left[\vec{j}(\vec{r},t) + \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \vec{E}(\vec{r},t) \right]$$

Ampère-Gesetz

$$= \mu_0 \int_A \left[\vec{j}(\vec{r},t) + \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \vec{E}(\vec{r},t) \right] \cdot d\vec{A}$$

Maxwell-Gleichungen im Vakuum:

I. $\vec{\nabla}\cdot\vec{E}(\vec{r},t)=0$ *II.* $\vec{\nabla}\times\vec{E}(\vec{r},t)=-\frac{\partial}{\partial t}\vec{B}(\vec{r},t)$

III. $\vec{\nabla}\cdot\vec{B}(\vec{r},t)=0$ *IV.* $\vec{\nabla}\times\vec{B}(\vec{r},t)=\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial}{\partial t}\vec{E}(\vec{r},t)$

Wellengleichung: *(im Vakuum)*

$$\Delta\vec{E}(\vec{r},t)=\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2}{\partial t^2}\vec{E}(\vec{r},t)$$

für elektromagnetische Wellen im Vakuum

$$\Delta\vec{B}(\vec{r},t)=\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2}{\partial t^2}\vec{B}(\vec{r},t) \rightarrow c=\frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}$$

Lichtgeschwindigkeit

ebene harmonische elektromagnetische Welle im Vakuum:

$$\vec{E}(\vec{r},t)=\vec{E}_0\cos\left(\vec{k}\cdot\vec{r}-\omega t+\delta\right)=\mathrm{Re}\left\{\vec{E}_0 e^{i\left(\vec{k}\cdot\vec{r}-\omega t+\delta\right)}\right\}$$

$$\vec{B}(\vec{r},t)=\vec{B}_0\cos\left(\vec{k}\cdot\vec{r}-\omega t+\delta\right)=\mathrm{Re}\left\{\vec{B}_0 e^{i\left(\vec{k}\cdot\vec{r}-\omega t+\delta\right)}\right\}$$

transversale Welle

$$\vec{E}\cdot\vec{k}=0 \quad \vec{B}\cdot\vec{k}=0 \quad \vec{E}\cdot\vec{B}=0 \quad \left|\vec{E}_0\right|=c\left|\vec{B}_0\right|$$

$\vec{E}$, $\vec{B}$ und $\vec{k}$ stehen senkrecht zueinander

$$c=\omega/k=\nu\lambda$$

ν, λ = Frequenz, Wellenlänge

Energiedichte:

$$w_{em}=w_{elektr}+w_{magn}=\varepsilon_0\vec{E}^2=\frac{1}{\mu_0}\vec{B}^2=\frac{1}{\mu_0 c}\left|\vec{E}\right|\left|\vec{B}\right|$$

E- und B-Feld haben gleiche Energiedichte

Poynting-Vektor:

$$\vec{S}=\frac{1}{\mu_0}\vec{E}\times\vec{B}$$

Maß für den Energiefluss

Intensität:

$$\rightarrow I=\left|\vec{S}\right|=c\,w_{em}=c\varepsilon_0\vec{E}^2$$

I = Intensität = Leistung/Fläche

Verständnisfragen:

Der Maxwell'sche Verschiebungsstrom wurde mit Hilfe eines idealen Plattenkondensators hergeleitet. Ist die Überlegung auch noch richtig, wenn ein reeller Kondensator angenommen wird oder wenn man einfach nur den Draht entzwei schneidet?