Poyntingvektor
Intensität einer elektromagnetischen Welle

Der Betrag des Poyntingvektor entspricht dem Energiebetrag, der je Zeiteinheit durch die Flächeneinheit in Ausbreitungsrichtung der Welle fließt. Die Richtung des Poyntingvektors **P** (andere geläufige Symbole: **S**, γ) entspricht der Ausbreitungsrichtung der Welle **k**. Damit entspricht dem **Poyntingvektor** die (momentane) **Energieflussdichte**:

$$\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H} \qquad [P] = \frac{V}{m}\frac{A}{m} = \frac{W}{m^2}$$

Unter der Intensität einer Welle versteht man den zeitlichen Mittelwert der Energieflussdichte (Leistungsmittelwert oder Effektivwert):

$$I = \hat{P}_{eff} = \frac{1}{T}\int_0^T P(t)dt \qquad [I] = \frac{W}{m^2}$$

Für sinusförmige Wellen gilt dann

$$I = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}}\frac{H_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2}E_{max}H_{max} = E_{eff}H_{eff}$$

Mit $H=B/(\mu_0\mu_r)$ und $B=E/c$ folgt

$$I = \frac{E_{max}^2}{2}\sqrt{\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r}{\mu_0\mu_r}} = \frac{E_{max}^2}{2}\frac{1}{Z_W}$$

Darin ist Z_W der sogenannte **Wellenwiderstand des Vakuum**:

$$Z_W = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 376{,}6\Omega$$

Mit

$$I = \frac{1}{2} E_{max} H_{max} = E_{eff} H_{eff}$$

sowie

$$H = \frac{B}{\mu_0 \mu_r} \qquad \text{und} \qquad B = \frac{E}{c}$$

erhält man die Intensität als Funktion der elektrischen Feldstärke:

$$I = \frac{E_{max}^2}{2} \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r}{\mu_0 \mu_r}} = \frac{E_{max}^2}{2} \frac{1}{Z_w} = \frac{E_{eff}^2}{Z_w}$$

Die Größe Z_w heißt Wellenwiderstand. Im Vakuum erhält man für den Wellenwiderstand:

$$Z_{w-vak.} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 376{,}6\ldots\Omega$$

Beispiel: Wir berechnen die maximale elektrische Feldstärke eines Lasers mit einer Intensität von $1\mathrm{W/mm}^2$:

$$E = \sqrt{2 I Z_w} = 27 \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{mm}}$$