



Energiedichte und Energieströmung

Die Energie der elektromagnetischen Welle steckt zur Hälfte im elektrischen und zur Hälfte im magnetischen Feld. Dort wo E und H maximal sind, ist die Energie konzentriert, dazwischen liegen energiearme Zonen.

Die Energiedichte des elektrischen Feldes

In einem Plattenkondensator ist die gespeicherte Energie gleich:

$$(1) \quad W = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 A}{d} (Ed)^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 AdE^2$$

Die Energiedichte w erhält man, wenn W durch das Volumen V dividiert wird.

$$(2) \quad w_E = \frac{W}{V} = \frac{\frac{1}{2} \epsilon_0 A (Ed)^2}{Ad} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

Die Energiedichte des magnetischen Feldes

Die Energie des Magnetfeldes einer Spule beträgt:

$$(3) \quad W = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \left(\epsilon_0 \frac{N^2 A}{l} \right) I^2 = \frac{1}{2 \epsilon_0} \left(\epsilon_0^2 \frac{N^2 I^2}{l^2} \right) (Al) = \frac{1}{2 \epsilon_0} B^2 V$$

Die Energiedichte ist $w = W/V$:

$$(4) \quad w_M = \frac{W}{V} = \frac{1}{2 \epsilon_0} B^2$$

Energiestrom der elektromagnetischen Welle

Die Energiedichte der elektromagnetischen Welle ist gleich der Summe der Dichten aus elektrischem und magnetischem Feld:

$$(5) \quad w = w_E + w_M = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2 \epsilon_0} B^2$$

Mit den Beziehungen $B = \mu_0 H$ und $E = Z_0 H$ erhält man:

$$(6) \quad w = \epsilon_0 E^2$$

Diese Energie fließt in Ausbreitungsrichtung der Welle mit der Geschwindigkeit c . Der Energiestrom I_w ist somit:

$$(7) \quad I_w = S = wc = \epsilon_0 E^2 c = \epsilon_0 E^2 \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = E \frac{E}{Z_0} = EH$$

Der Energiestrom \mathbf{S} zeigt in Ausbreitungsrichtung der Welle und steht senkrecht auf \mathbf{E} und auf \mathbf{H} , er kann als Kreuzproduktvektor von \mathbf{E} und \mathbf{H} dargestellt werden.

$$(8) \quad \mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H} \quad (\text{Poynting-Vektor})$$