

## Zur Geschichte der elektromagnetischen Wellen

- 1840: Faraday vermutet „Schwingungen der Feldlinien in Wellenform“
- 1856: Maxwell gelingt die mathematische Formulierung: die 4 Maxwell-Gleichungen und leitet daraus die Existenz elektromagnetischer Wellen ab
- 1886: Hertz weist diese em. Wellen experimentell mit einer Funkenstrecke („Rundfunk“) nach
- 1895: Marconi übermittelt drahtlos die ersten Nachrichten
- 1925: Drahtlose Bildübertragung
- 1964: Erster Fernsehsatellit
- 1998/99: Digitales Fernsehen / Digitaler Rundfunk

## Die Maxwell-Gleichungen

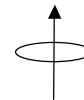
(Fällt unter die Rubrik: „sollte man mal gesehen haben“ / Schocktherapie)

Amperescher Durchflutungssatz:  $I.) \oint \vec{B} d\vec{s} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} (\vec{E} \cdot \vec{A})$



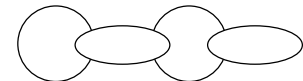
**Elektrischer Strom und Änderung des elektrischen Flusses führt zu einem magnetischen Wirbelfeld**  
**Elektrische Ströme und zeitlich veränderliche E-Felder sind von B-Feldern umschlossen**

Faradays Induktionsgesetz:  $II.) \oint \vec{E} d\vec{s} = -\frac{d}{dt} (\vec{B} \cdot \vec{A})$



**Änderung des magnetischen Flusses führt zu einem elektrischen Wirbelfeld**  
**Zeitlich veränderliche B-Felder sind von elektrischen Feldern umschlossen**

**Zusammengefasst: Veränderliche elektrische und magnetische Felder treten immer gemeinsam auf und erzeugen sich gegenseitig.**



Gaußscher Satz fürs E-Feld:  $III.) \epsilon_0 \oiint \vec{E} d\vec{A} = Q$

**Elektrische Ladungen sind Quellen des elektrischen Feldes**

Gaußscher Satz fürs B-Feld:  $IV.) \oiint \vec{B} d\vec{A} = 0$

**Magnetische Felder haben keine Quellen**

„Wie man daraus leicht folgern kann:“

(„man“ = „wir nicht“!)

1.) Die komplette Theorie der E- und B-Felder.

2.) Es gibt (transversal polarisierte) **elektromagnetische Wellen** (ohne Trägermedium), die sich mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit  $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon_r \mu_r}}$  durchs Vakuum bzw. durch Materie bewegen.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon_r \mu_r}}$$

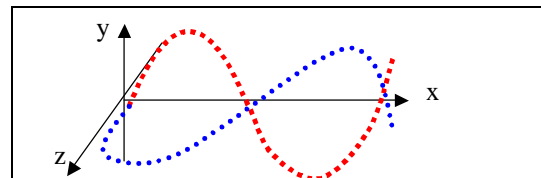
Im Vakuum gilt:  $c \approx 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  (Lichtgeschwindigkeit).

Dabei schwingen E- und B-Feld jeweils senkrecht zueinander in Phase und senkrecht zur Ausbreitungsrichtung. Für das Verhältnis der Feldamplituden gilt gerade:  $E / B = c$ .

Bsp.: Für die Ausbreitung in x-Richtung

$$E_y = E_0 \sin(\omega t - kx);$$

$$B_z = B_0 \sin(\omega t - kx)$$



## Das elektromagnetische Frequenzspektrum

$f$ (in Hz)	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{13}$	$3 \cdot 10^{14}$	$3 \cdot 10^{15}$	$3 \cdot 10^{18}$	$3 \cdot 10^{21}$
$\lambda$ (in m)	$10^4$	$10^1$	$10^0$	$10^{-2}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-10}$	$10^{-13}$
	Radio: LW, MW	KW, UKW	TV	RADAR / Mikrowellen	IR-Licht	Licht	UV-Licht	Röntgen	-Strahlen