

Inhalt Klass.Phys.II “Elektrodynamik”

1. Elektrostatik
 2. Dielektrika
 3. Gleichstrom
 4. Elektrische Leitungsmechanismen
 5. Statische Magnetfelder
 6. Magnetismus in Materie
 7. Induktion
 8. Wechselstrom
 9. Elektromagnetische Wellen
 10. \Rightarrow Optik, Teilchen, erste Quanteneffekte...
- v19, 20, 21 – Ende :-)

Zusammenfassung v18 vom 09. Juli 2013

Der Gütefaktor $Q_{el.}$ ist die Zeitkonstante für die Energieabnahme im Schwingkreis,

$$Q_{el.} = 2\pi \cdot \frac{E}{\Delta E)_{1 \text{ Periode}}} \quad (82)$$

Da die Ladung q wie $\exp(-\frac{R}{2L}t)$ gedämpft wird und $E_{el.} \propto q^2$ ist, folgt $Q_{el.} = \omega_0 \cdot L/R$

Erzwungene Schwingungen stellen sich ein, wenn z.B. der Schalter durch einen ext. Generator ersetzt wird ($U_G(t) = U_{G0}\cos(\omega t)$). Dieser Term muss zur Dgl. auf der rechten Seite addiert werden und führt zu Lösungen

$$I = I_{max}\cos(\omega t - \delta) \quad (83)$$

Stromresonanz tritt auf, wenn $I_{max} = U_{G0}/Z$ maximal wird (Z siehe Gl. 78). Die Phase ist $\tan\delta = (X_L - X_C)/R$.

Diode Eine Vakuum-Röhrendiode besteht aus einer Heizdrahtkathode und einer Anode. Der Strom dazwischen hängt von der zwischen Anode und Kathode angelegten Spannung ab und weist eine Gleichrichtcharakteristik auf.

Triode Eine Vakuum-Triodenröhre besitzt noch eine weitere Steuerelektrode, ein für Elektronen durchlässiges Gitter, das zum Modulieren des Anoden-Kathoden-Stroms genutzt werden kann.

Motoren und Generatoren wurden in Modellen vorgeführt.

Dreiphasenstrom findet in der Elektrotechnik Verwendung. Er wird durch drei um 120° versetzte Spulen erzeugt, die in *Dreieck-* oder *Sternschaltung* verknüpft werden können.

Mathematische Erinnerung Der Gauss'sche Satz (Gl. 84) für ein allgemeines Vektorfeld \vec{F} überführt ein Volumenintegral von $\text{div}\vec{F}$ über das Volumen V in ein Oberflächenintegral von \vec{F} über die das Volumen einschliessende Fläche A . (Kontext Gl. 12).

Der Stokes'sche Satz (Gl. 85) verknüpft das Integral eines Wirbelfelds $\text{rot}\vec{F}$ über eine Fläche A mit einem geschlossenen Linienintegral über die Tangentialkomponente entlang einer Kurve C , von der A begrenzt wird.

$$\int_V \text{div}\vec{F}(\vec{r}) dV = \oint_A \vec{F}(\vec{r}) \cdot d\vec{A} \quad (84)$$

$$\int_A \text{rot}\vec{F}(\vec{r}) dA = \oint_{C(A)} \vec{F}(\vec{r}) \cdot d\vec{\ell} \quad (85)$$

Das Ampere'sche Gesetz beinhaltet, dass "die Wirbel von Magnetfeldern ihre Ursachen in Stromdichten haben":

$$\mu_0 \cdot \vec{j} = \text{rot}\vec{B} \quad (86)$$

Eine vertiefte Betrachtung des Induktionsgesetzes und die Anwendung des Stokes'schen Satzes verknüpft ein elektrisches Wirbelfeld mit der zeitlichen Änderung eines Magnetfeldes:

$$\text{rot}\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \quad (87)$$

Induktion vertieft – 1 [Lüders, Pohl]

Dann beobachtet man an den Enden der Drahtschleife die induzierte Spannung (ohne Berücksichtigung des Vorzeichens)

$$U = \dot{B} A.$$

Gl. (75) v. S. 73

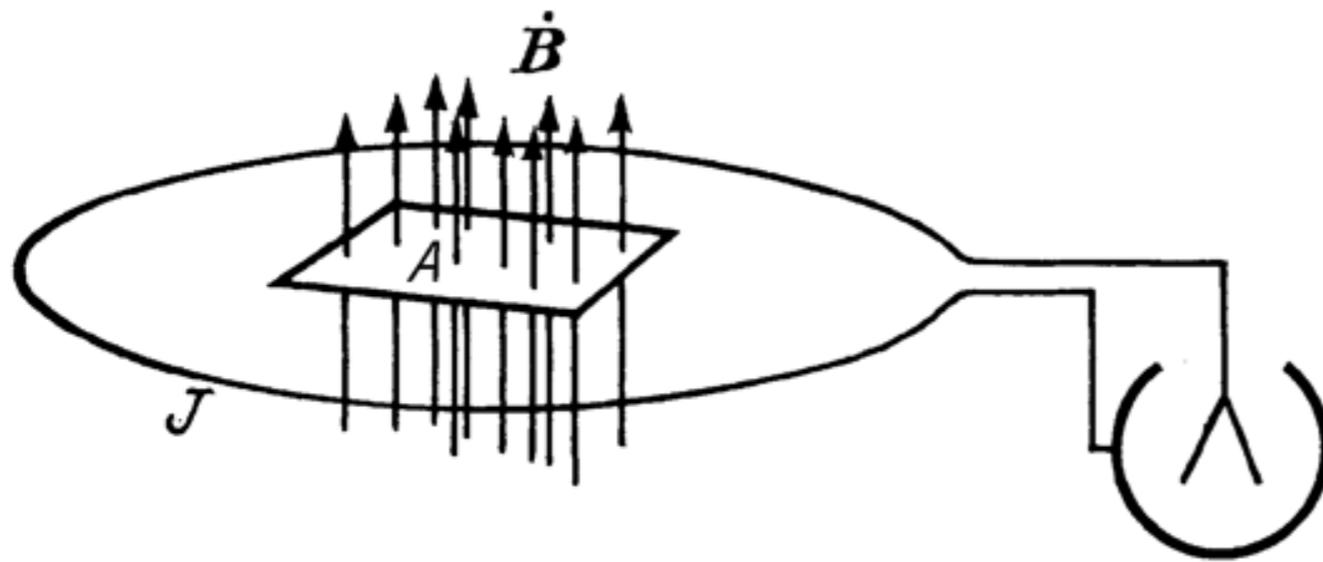


Abb. 144. Schema eines Induktionsversuches mit einer Induktionsspule mit nur einer Windung ($N_J = 1$). Das Vektorfeld $\dot{\vec{B}}$ ist die zeitliche Ableitung des Vektorfeldes \vec{B} .

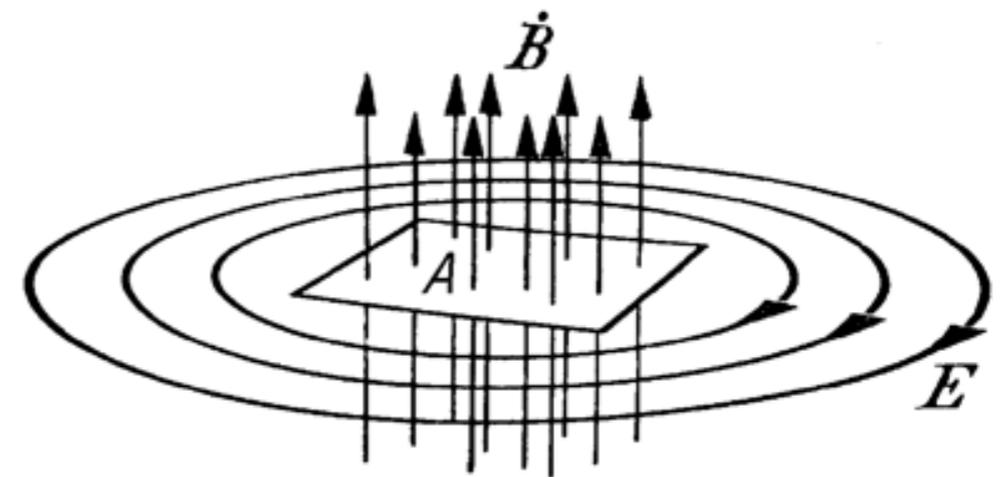
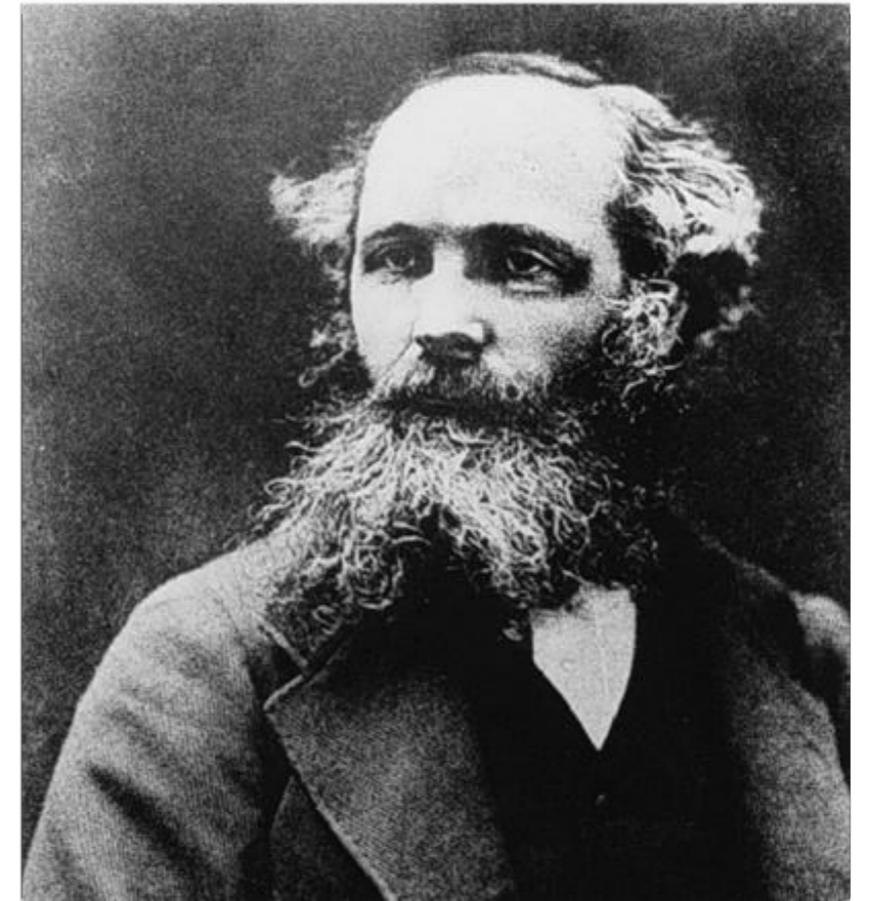
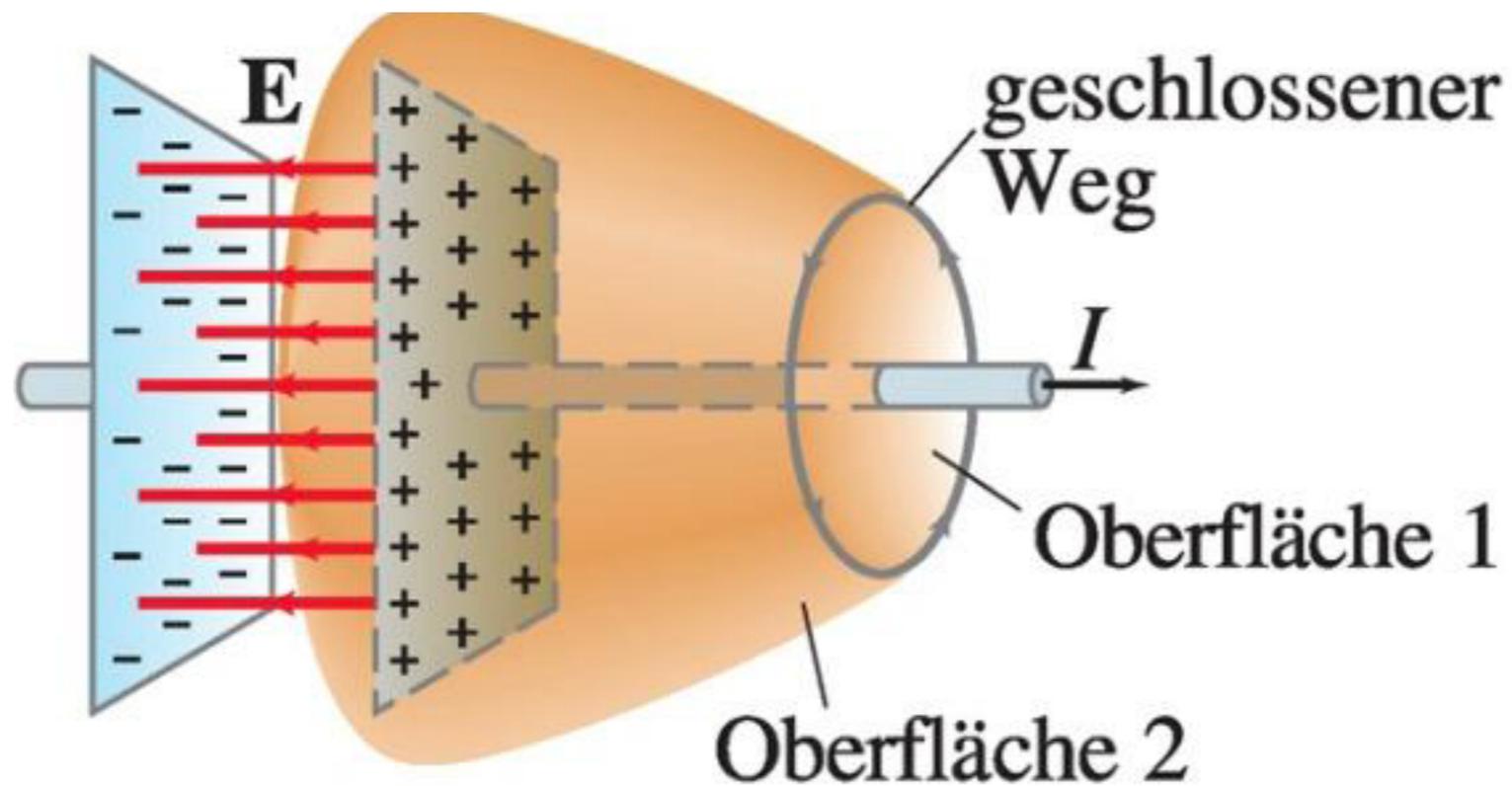


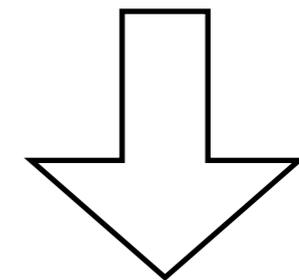
Abb. 145. Zur vertieften Deutung des Induktionsvorganges. Positive Richtung von \vec{E} von + nach – gezählt.

Dieser experimentelle Befund wird nun in vertiefter Auffassung folgendermaßen gedeutet: *Der Leiter, die Drahtwindung, ist etwas ganz Unerhebliches und Nebensächliches. Der eigentliche Vorgang ist von der zufälligen Anwesenheit der Drahtwindung ganz unabhängig. Er besteht im Auftreten geschlossener elektrischer Feldlinien rings um das sich ändernde Magnetfeld herum (Abb. 145).*^{K1}

Maxwell'scher Verschiebungsstrom



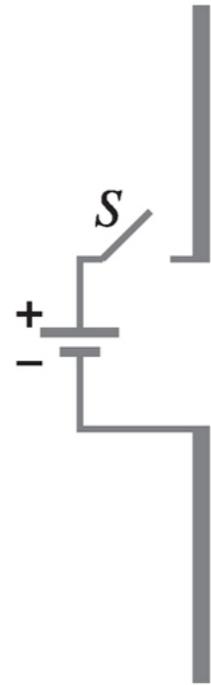
James Clerk Maxwell (1831–1879)



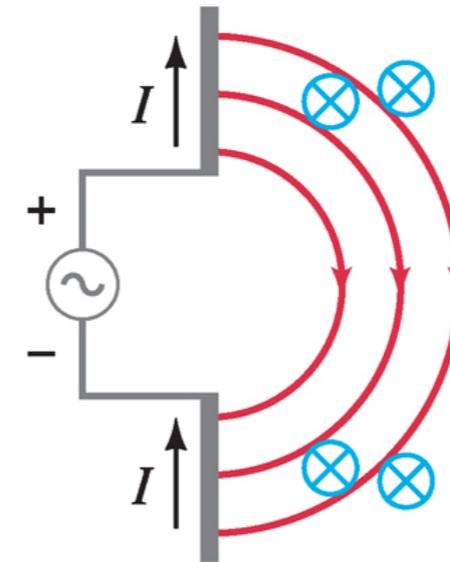
Maxwell-Gleichungen

Emission von em. Wellen

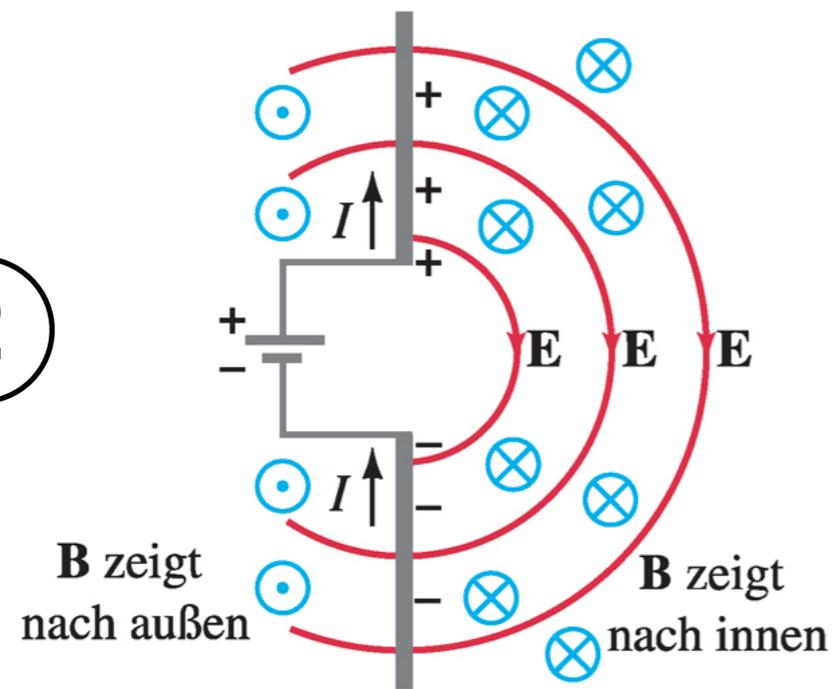
1



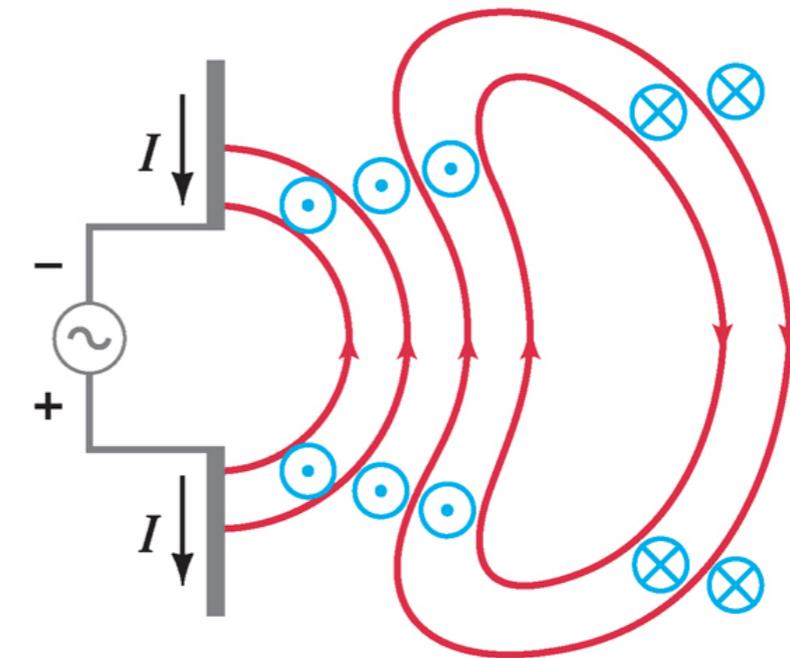
3



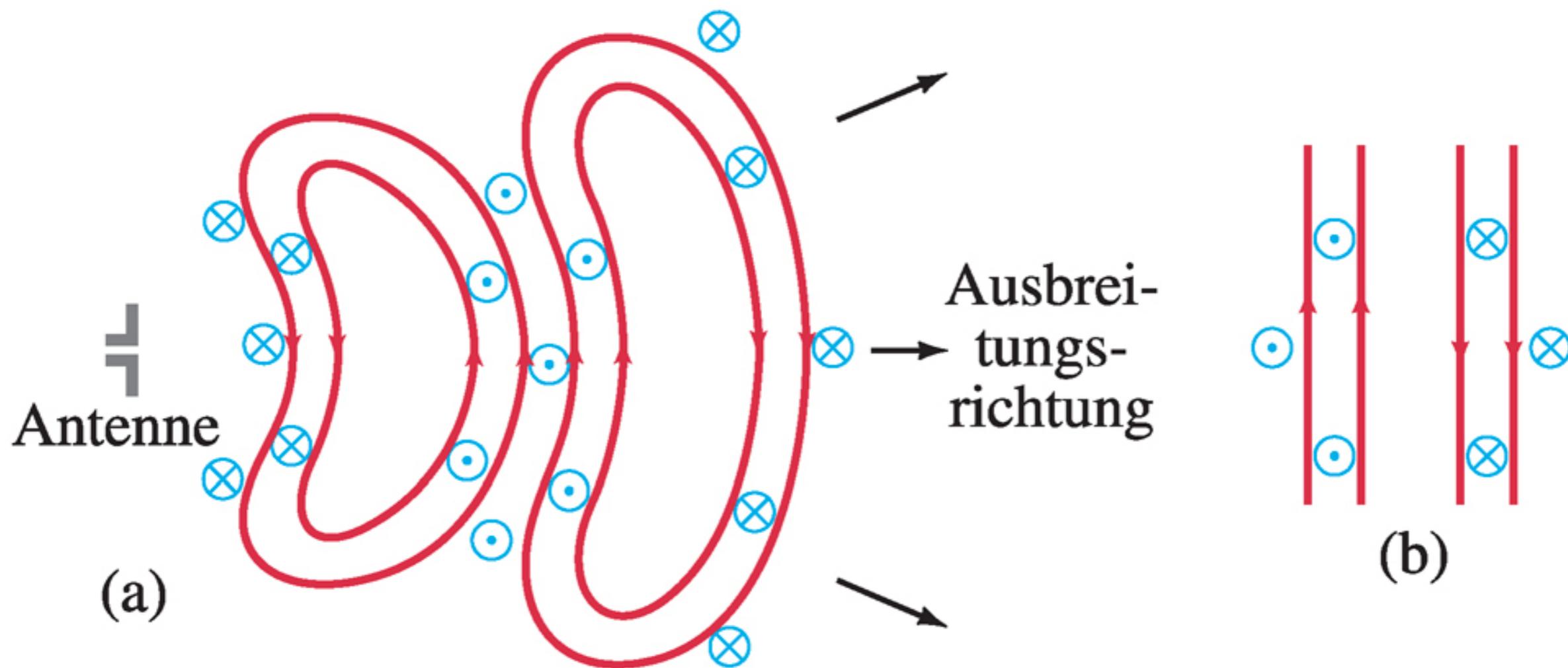
2



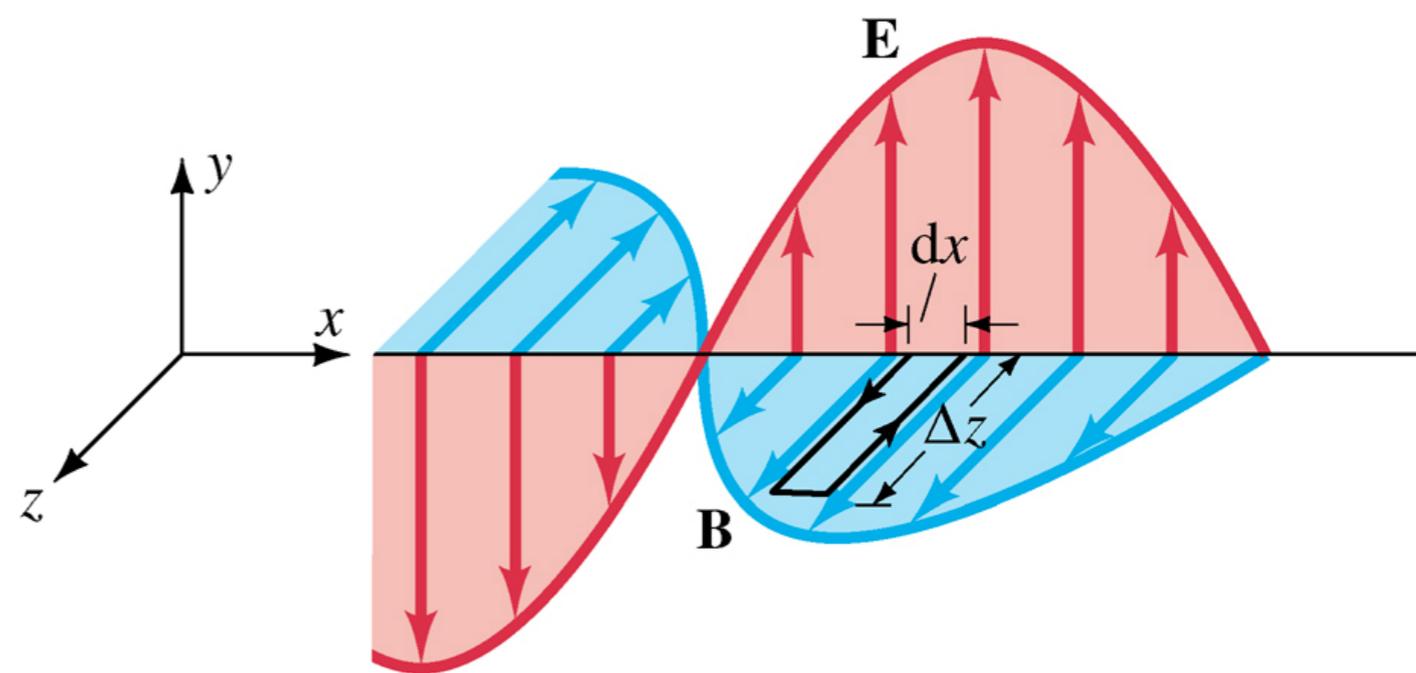
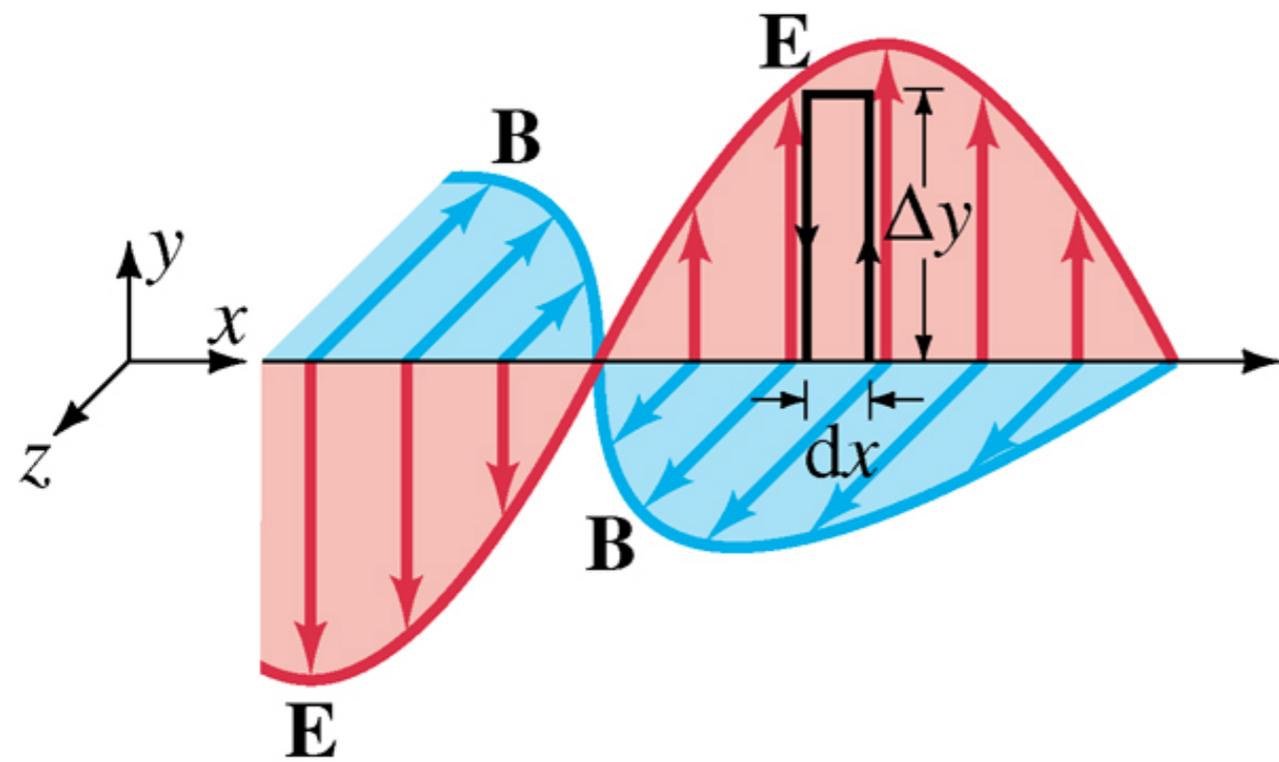
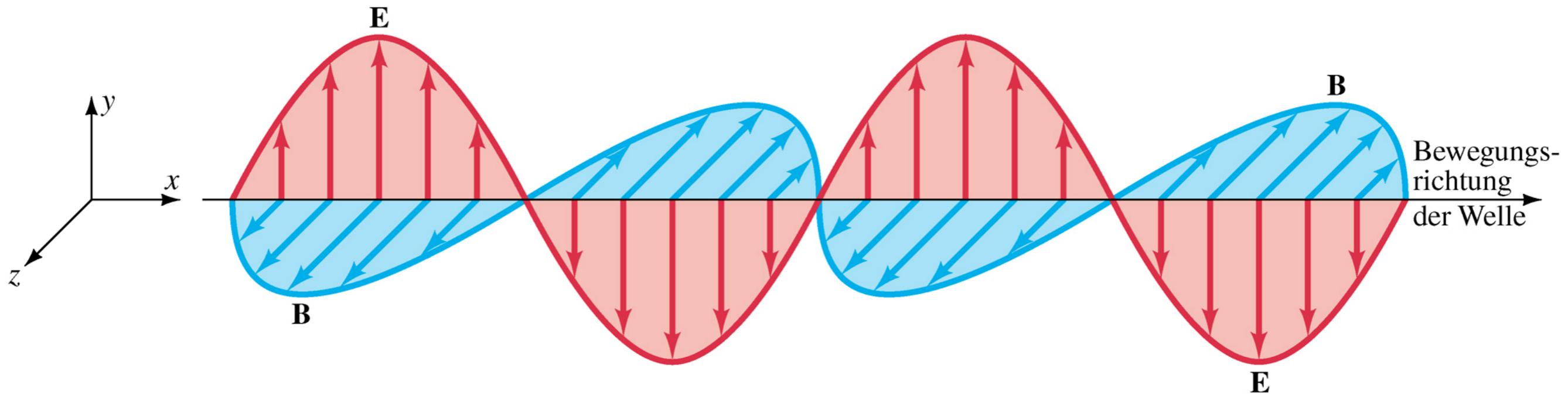
4



Nahfeld und Fernfeld



verknüpfte E- und B-Felder



Elektromagnetisches Spektrum

Maxwell 1831-79

Hertz 1857-94

Nachweis em. Wellen hier 1887

