Theoretische Elektrotechnik

von Dr. K. SIMONYI
Professor für Theoretische Elektrotechnik
an der Technischen Universität Budapest

7. Auflage

VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften
Berlin 1979

...

Wir nehmen den $\boldsymbol{\Pi}$-Vektor in der Form

$$\boldsymbol{\Pi}_{\mathrm{m,e}} = \Pi(x, y)\, \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\beta z} \boldsymbol{e}_x \tag{14}$$

an und erhalten dadurch die LSE (longitudinal section electric)-Wellen:

$$\boldsymbol{H} = k^2 \boldsymbol{\Pi}_{\mathrm{m}} + \operatorname{grad} \operatorname{div} \boldsymbol{\Pi}_{\mathrm{m}}; \qquad \boldsymbol{E} = -\mathrm{j}\omega\mu \operatorname{rot} \boldsymbol{\Pi}_{\mathrm{m}}, \tag{15}$$

LSE-Wellen = Elektrische Longitudinalwellenanteile;
LSM-Wellen = magnetische Longitudinalwellenanteile

bzw. die LSM-Wellen

$$\boldsymbol{H} = \varepsilon \mathrm{j}\omega \operatorname{rot} \boldsymbol{\Pi}_{\mathrm{e}}; \qquad \boldsymbol{E} = k^2 \boldsymbol{\Pi}_{\mathrm{e}} + \operatorname{grad} \operatorname{div} \boldsymbol{\Pi}_{\mathrm{e}}. \tag{16}$$

Wir beschäftigen uns nur mit den LSE-Wellen, welche keine elektrische Komponente in der x-Richtung haben, d. h., die elektrische Feldstärke liegt *in* der Trennfläche. Wir schreiben die Lösung für das Gebiet (1) und (2) gesondert auf. Um die Randbedingungen einfach befriedigen zu können, wählen wir für Π_1 die Funktion

$$\Pi_1 = A_1 \sin s_{x1} x \cos s_{y1} y\, \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\beta z}. \tag{17}$$

Mit dieser Annahme werden aus den Gleichungen

$$H_x = k^2 \Pi + \frac{\partial^2 \Pi}{\partial x^2}; \qquad E_x = 0, \tag{18a, b}$$

$$H_y = \frac{\partial^2}{\partial x\, \partial y} \Pi; \qquad E_y = -\mathrm{j}\omega\mu(-\mathrm{j}\beta)\, \Pi, \tag{19a, b}$$

$$H_z = -\mathrm{j}\beta \frac{\partial \Pi}{\partial x}; \qquad E_z = +\mathrm{j}\omega\mu \frac{\partial}{\partial y} \Pi \tag{20a, b}$$

die folgenden:

$$H_x = A_1(k_1^2 - s_{x1}^2) \sin s_{x1} x \cos s_{y1} y\, \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\beta z}; \quad E_x = 0, \tag{21a, b}$$

$$H_y = -A_1 s_{x1} s_{y1} \cos s_{x1} x \sin s_{y1} y\, \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\beta z}; \qquad E_y = -\omega\mu_1\beta A_1 \sin s_{x1} x \cos s_{y1} y\, \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\beta z}, \tag{22a, b}$$

...

Günther Lehner

Elektromagnetische Feldtheorie

für Ingenieure und Physiker

ISBN 3-540-52319-7 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
ISBN 0-387-52319-7 Springer-Verlag New York Berlin Heidelberg

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek
Lehner, Günther:
Elektromagnetische Feldtheorie für Ingenieure und Physiker /
Günther Lehner. – Berlin ; Heidelberg ; New York ; London ;
Paris ; Tokyo ; Hong Kong : Springer, 1990
(Springer-Lehrbuch)
ISBN 3-540-52319-7 (Berlin ...)
ISBN 0-387-52319-7 (New York ...)

$$\operatorname{div} \mathbf{B} = \frac{\partial B_z(z,t)}{\partial z} = 0. \tag{7.15}$$

Daraus folgt

$$E_z = E_z(t), \tag{7.16}$$

$$B_z = B_z(t). \tag{7.17}$$

Wir werden später noch sehen, daß E_z und B_z auch nicht von t abhängen können. Möglicherweise ist also im Raum ein von Ort und Zeit unabhängiges Feld E_z bzw. B_z vorhanden, das uns jedoch nicht interessiert. Wir nehmen deshalb an:

$$E_z = 0, \tag{7.18}$$

$$B_z = 0. \tag{7.19}$$

Felder, die von nur einer kartesischen Koordinate und der Zeit abhängen, bezeichnen wir als *ebene Wellen*. Wir können dann sagen, daß ebene Wellen keine Feldkomponenten in ihrer Ausbreitungsrichtung (hier der z-Richtung) haben können, d.h. es handelt sich notwendigerweise um *transversale Wellen*. Dies ist eine Folge des oben angenommenen Verschwindens der Raumladungen. Beim Vorhandensein von Raumladungen sind durchaus auch ebene Wellen mit Komponenten des elektrischen Feldes in Ausbreitungsrichtung, sog. *longitudinale Wellen*, möglich. Die sog. “Plasmawellen”, die in Plasmen und Festkörpern eine erhebliche Rolle spielen, sind von dieser Art. Im folgenden sollen jedoch nur transversale Wellen behandelt werden. Wir haben es dann nur mit den transversalen Feldkomponenten E_x, E_y, B_x und B_y zu tun. Für sie gilt z.B.

...

Zinke/Brunswig

Lehrbuch der Hochfrequenztechnik

4., neubearbeitete und erweiterte Auflage
Herausgegeben von Otto Zinke und Anton Vlcek

Erster Band

Hochfrequenzfilter, Leitungen, Antennen

Dr.-Ing. habil., Dr.-Ing. e. h. **Otto Zinke**
em. o. Professor, Technische Hochschule Darmstadt

Dr.-Ing. **Anton Vlcek**
Professor, Technische Hochschule Darmstadt

ISBN 3-540-51421-X 4. Aufl. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo
ISBN 0-387-51421-X 4th ed. Springer-Verlag New York Heidelberg Berlin Tokyo

ISBN 3-540-15858-8 3. Aufl. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
ISBN 0-387-15858-8 3rd ed. Springer-Verlag New York Heidelberg Berlin

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek
Lehrbuch der Hochfrequenztechnik / Zinke ; Brunswig. –
Berlin ; Heidelberg ; New York ; London ; Paris ; Tokyo ; Hong Kong : Springer
NE: Zinke, Otto [Hrsg.]
Bd. 1. Hochfrequenzfilter, Leitungen, Antennen. –
4., neubearb. u. erw. Aufl./hrsg. von Otto Zinke u. Anton Vlcek. – 1990.
ISBN 3-540-51421-X (Berlin...)
ISBN 0-387-51421-X (New York...)

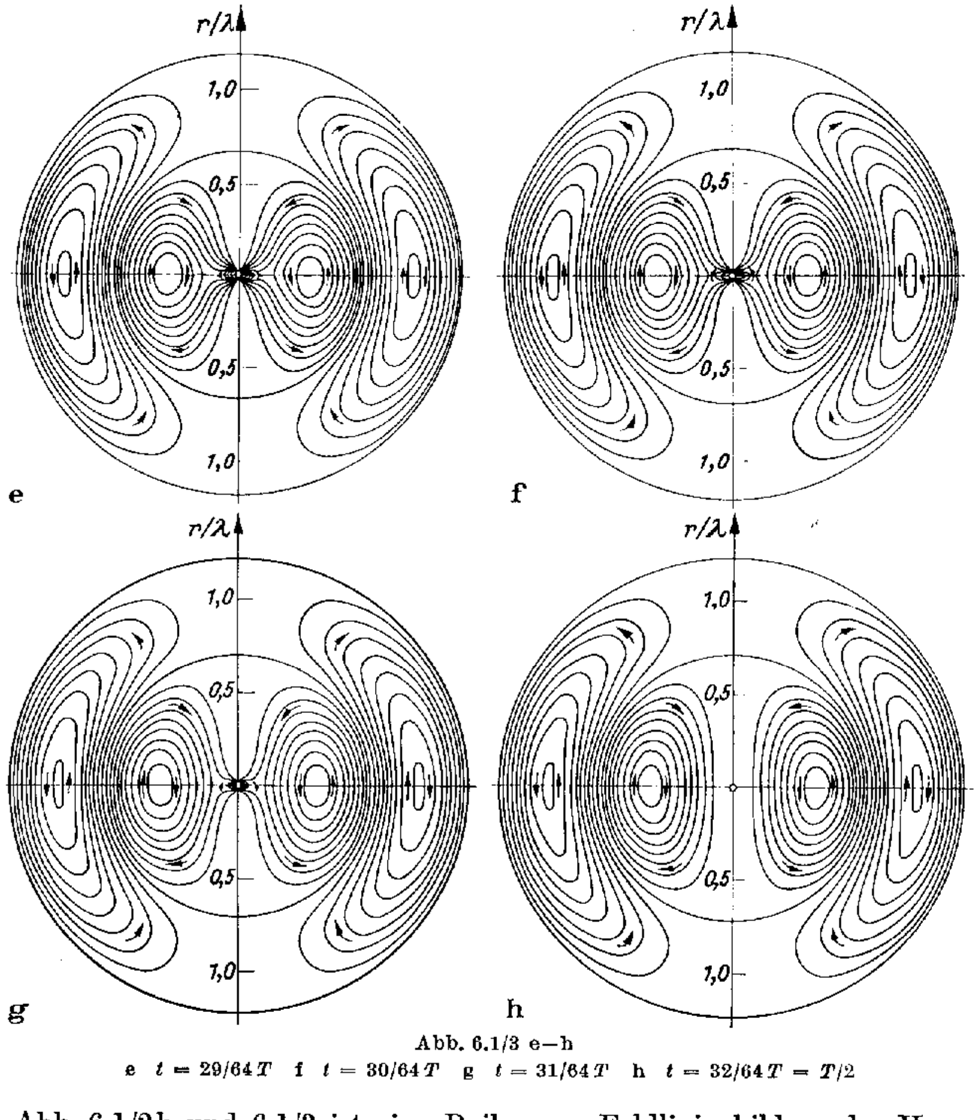

Abb. 6.1/3 e–h
e $t = 29/64\,T$ f $t = 30/64\,T$ g $t = 31/64\,T$ h $t = 32/64\,T = T/2$

In Abb. 6.1/2b und 6.1/3 ist eine Reihe von Feldlinienbildern des HERTZschen Dipols für verschiedene Zeitpunkte dargestellt. Wie man erkennt, ist die radiale Feldstärke E_r naturnotwendig, damit die elektrischen Feldlinien entweder auf dem Dipol enden oder sich im Raume schließen können. In den Momentbildern a–h ist besonders der Vorgang des Abschnürens der Feldlinien genauer wiedergegeben.

Ernst Schmutzer

Projektive Einheitliche Feldtheorie mit Anwendungen in Kosmologie und Astrophysik

ISBN 3-8171-1726-4

Dr. Ernst Schmutzer
Professor für Theoretische Physik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena
Dr. A. K. Gorbatsievich
Professor an der Staatlichen Belarussischen Universität Minsk

1., Auflage 2004

Schließlich vergleichen wir noch die aus (7.2.93) abzulesende Relation mit der durch Differentiation aus (7.2.100) zu erhaltenden Formel:

$$\text{a)} \quad \frac{\partial \phi}{\partial t} = -\omega\,, \quad \text{b)} \quad \frac{\partial W}{\partial t} = -\frac{\hbar\omega_0 K_0}{K}\,. \tag{7.2.102}$$

Mittels (7.2.97a) folgt dann die Beziehung von M. von Laue (1931)

$$K\omega = K_0\,\omega_0 = \widehat{C} \qquad (\widehat{C}\ \text{Integrationskonstante})\,, \quad \text{d. h.} \tag{7.2.103a}$$

$$\frac{1}{\omega}\,\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t} = -\frac{1}{K}\,\frac{\mathrm{d}K}{\mathrm{d}t}\,. \tag{7.2.103b}$$

Diese Formeln gelten also auch für unser kosmologisches Modell.

Aus der ersten Relation bekommen wir folgende äquivalente Formulierungen:

$$\text{a)} \quad \frac{\omega-\omega_0}{\omega_0} = \frac{K_0-K}{K}\,, \quad \text{b)} \quad \frac{\lambda-\lambda_0}{\lambda_0} = \frac{K-K_0}{K_0}\,, \quad \text{c)} \quad \frac{\lambda-\lambda_0}{\lambda} = \frac{K_0-K}{K}\,. \tag{7.2.104}$$

Die zweite für elektromagnetische Wellen abgeleitete Relation ist offensichtlich auch auf eine Reihe anderer periodischer Vorgänge übertragbar.

In diesem Kontext erinnern wir an die mit dem eben Dargelegten im Zusammenhang stehende relative kosmologische Wellenlängen-Verschiebung, für die sich international, insbesondere auch von der empirischen Seite her gesehen, die Benutzung der an (7.2.104b) anknüpfenden Größe

$$z = \frac{\lambda-\lambda_Q}{\lambda_Q} = \frac{K-K_Q}{K_Q} \tag{7.2.105}$$

eingebürgert hat, deren Reihenentwicklung nach dem Abstand der Strahlungsquelle vom Beobachter wir schon in Gestalt der Formel (7.1.13)

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_Q} = \frac{H}{c}\,\Delta\ell + \frac{1}{2c^2}\,H^2(1+q)(\Delta\ell)^2 + \cdots \tag{7.2.106}$$

kennengelernt haben.

Auch an die Definition des Hubble-Parameters (7.1.11) und des Dezelerationsparameters (7.1.12) wollen wir hier erinnern:

$$\text{a)} \quad H = \frac{1}{K}\,\frac{\mathrm{d}K}{\mathrm{d}t}\,, \quad \text{b)} \quad q = -K\,\frac{\mathrm{d}^2K}{\mathrm{d}t^2}\Big/\left(\frac{\mathrm{d}K}{\mathrm{d}t}\right)^2. \tag{7.2.107}$$

B. Skalarische Wellengleichung und Wellenausbreitung

Durch Vergleich der skalarischen Feldgleichung (7.2.13b) mit der elektromagnetischen Wellengleichung (7.2.76) erkennen wir, daß erstere ebenfalls die Struktur