

# EMW Übungsblatt 02

Abgabe bis zum 14.11.2022 um 11:30 via ILIAS

## Aufgabe 4:

Gegeben sei, in komplexer Zeigerschreibweise, das elektrische Feld  $\underline{\mathbf{E}}(z, t)$  einer harmonischen ebenen Welle im Vakuum, die sich in  $+z$ -Richtung ausbreitet

$$\underline{\mathbf{E}}(z, t) = \underline{E}_0 \exp(j(\omega t - k_z z)) \mathbf{e}_y.$$

- Bestimmen Sie das zugehörige magnetische Feld aus dem Induktionsgesetz für Felder mit harmonischer Zeitabhängigkeit  $\nabla \times \underline{\mathbf{E}} = -j \omega \mu \underline{\mathbf{H}}$ .
- Ermitteln Sie das (reellwertige) elektrische und magnetische Feld aus den Darstellungen in komplexer Zeigerschreibweise.

*Hinweis:* Es gelte  $\underline{E}_0 = E_0 \exp(j \varphi)$ .

- Berechnen Sie den reellen Poynting-Vektor  $\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$  der sich ausbreitenden Welle. Bestimmen Sie anschließend den zeitlichen Mittelwert über eine Periode  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ .
- Welche Informationen liefern die Ergebnisse aus c) über den Blind- und Wirkleistungstransport durch die ebene Welle?
- Berechnen Sie den komplexen Poynting-Vektor  $\underline{\mathbf{S}} = \frac{1}{2} (\underline{\mathbf{E}} \times \underline{\mathbf{H}}^*)$ . Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem aus Teil d).
- Das elektrische Feld weise nun eine Phasenverschiebung  $\phi$  von  $90^\circ$  bzw.  $180^\circ$  gegenüber dem magnetischen Feld auf. Wie wirken sich diese Phasenverschiebungen auf den komplexen Poynting-Vektor und den Leistungstransport durch die ebene Welle aus?

*Hinweis:*  $\phi$  und  $\varphi$  sind bewusst gewählt und bezeichnen zwei unabhängige Parameter.

## Aufgabe 5:

Für sich in  $z$ -Richtung ausbreitende ebene Wellen in homogenen, linearen Medien liefert die Wellengleichung zwei unabhängige Differentialgleichungen für die  $x$ - und  $y$ -Komponenten des elektrischen (bzw. magnetischen) Feldes. Diese beiden Komponenten sind folglich unabhängig voneinander und beeinflussen sich (im linearen Medium) nicht gegenseitig. Die Polarisation des resultierenden elektrischen Feldes beschreibt die Schwingungsrichtung, welche durch das Amplituden- und Phasenverhältnis der transversalen Komponenten bestimmt wird. Als Ansatz für diese Transversalkomponenten in  $z = 0$  wählen wir mit  $\omega = 2\pi f$

$$\begin{aligned} E_x(z = 0, t) &= E_{x,0} \cos(\omega t + \varphi_x) = E_0 a_x \cos(\omega t + \varphi_x) \\ E_y(z = 0, t) &= E_{y,0} \cos(\omega t + \varphi_y) = E_0 a_y \cos(\omega t + \varphi_y), \end{aligned}$$

wobei zunächst folgende Parameter bekannt seien:  $E_0, a_x = 1/\sqrt{2}, \varphi_x = \pi/3, \varphi_y = 0$ .

- Ermitteln Sie die normierte Amplitude  $a_y$ .
- Skizzieren Sie den Verlauf von  $E_x(z = 0, t)$  und  $E_y(z = 0, t)$  im Intervall von  $0 \leq t \leq \frac{2}{f}$  in einem gemeinsamen Koordinatensystem.

- c) Stellen Sie nun die elektrischen Feldkomponenten mithilfe der komplexen Zeigerschreibweise dar. Wie lautet der Jones-Vektor  $\underline{\mathbf{a}} = (\underline{a}_x, \underline{a}_y)^T$  der gesamten Welle?
- d) Skizzieren Sie die Projektion des resultierenden E-Feldvektors  $\mathbf{E}(t) = E_x(t) \mathbf{e}_x + E_y(t) \mathbf{e}_y$  zu den Zeitpunkten  $t = 0, \frac{1}{8f}, \frac{2}{8f}, \dots, \frac{7}{8f}$  in einen  $E_x$ - $E_y$  Graphen. Um welchen Polarisationszustand handelt es sich unter Annahme der gegebenen Parameter? Berücksichtigen Sie ggf. auch die Umlaufrichtung des Feldvektors.
- e) Wie muss die Phase  $\varphi_x$  angepasst werden, um eine linear polarisierte Welle zu erhalten? Wie müssen wir die Parameter des Jones-Vektor wählen, um eine zirkular polarisierte Welle zu beobachten?

### Fragen und Anregungen:

Bitte nutzen Sie das ILIAS Forum wann immer es möglich ist. Auf diese Weise können alle, die an der Veranstaltung EMW teilnehmen, von den Antworten sowie der entstehenden Diskussion profitieren. Unabhängig davon erreichen Sie uns bei Bedarf wie folgt

Prof. Dr.-Ing. Sebastian Randel: [sebastian.randel@kit.edu](mailto:sebastian.randel@kit.edu)

Patrick Matalla: [patrick.matalla@kit.edu](mailto:patrick.matalla@kit.edu)

Jonas Krimmer: [jonas.krimmer@kit.edu](mailto:jonas.krimmer@kit.edu)