

# Übungsblatt 5 zur Vorlesung 'Elektrodynamik und Wellenoptik'

Humboldt-Universität zu Berlin, WS 2008/2009,  
Prof. Dr. T. Lohse, Prof. Dr. M. Müller-Preußker

**Ausgabe: Montag, den 10. November 2008, in der Vorlesung**

**Rückgabe: Donnerstag, den 20. November 2008, in der Vorlesung**

## Aufgabe 1: Ausbreitung elektromagnetischer Wellen im Leiter: (30 %)

Ausgehend von den Maxwell-Gleichungen für ein Medium mit der Leitfähigkeit  $\sigma$ , zeige man, dass es Lösungen ebener Wellen gibt, für die  $\vec{E}$  und  $\vec{B}$  orthogonal zur Ausbreitungsrichtung sind, die aber exponentiell gedämpft werden.

- Zeigen Sie, dass der Dämpfungskoeffizient für die Amplitude einer Welle mit der Kreisfrequenz  $\omega$  genähert  $\sigma/2\epsilon_0 c$  ergibt, wenn  $\omega \gg \sigma/\epsilon_0$  gilt.
- Wie dick muss eine Aluminiumschicht sein, damit die Amplitude einer elektromagnetischen Welle der Wellenlänge  $\lambda = 3 \text{ cm}$  in ihr auf 1 Promille abnimmt?  
**Hinweis:** Für einen guten elektrischen Leiter kann  $\epsilon_0 \epsilon \ll \sigma/\omega$  angenommen werden ( $\sigma_{\text{Al}} = 4.2 \cdot 10^7 \text{ } \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$ ).

## Aufgabe 2: Reflexion an Metalloberfläche: (35 %)

Eine ebene elektromagnetische Welle mit  $E = E_0 e^{i(kz - \omega t)}$  und der Frequenz  $\nu = 5 \cdot 10^9 \text{ Hz}$  wird an einer ebenen Metallwand bei  $z = z_0$  vollkommen reflektiert. Berechnen Sie für einen Punkt  $z = z_0 - 0.9075 \text{ m}$

- den Gangunterschied der einfallenden und reflektierten Welle,
- die Amplitude der resultierenden Welle und
- die Intensität im Vergleich zu Stellen maximaler Intensität.

## Aufgabe 3: Trommel (35 %)

Eine kreisförmige Trommelmembran sei mit der Spannung  $S$  eingespannt. Die Membran habe die Flächendichte  $\rho$  und den Radius  $R$ .

- Formulieren Sie die Wellengleichung in für die Symmetrie des Problems geeigneten Koordinaten.
- Lösen Sie die Wellengleichung und berechnen Sie die Eigenmoden und Eigenfrequenzen. Hinweis: Benutzen Sie ggf. die in Aufg. 1 auf Blatt 4 angegebenen Formeln.
- Diskutieren Sie qualitativ den Grund für den Klangunterschied beim Anschlagen in der Membranmitte und einem Ort außerhalb der Mitte.