

## Lösungen zum Übungsblatt 6 Physik für Biologen / Chemiker

### Anmerkung

Die Lösung der Verständnisaufgaben sind keine Musterlösungen. Sie sollen nicht auswendig gelernt werden. Die Fragen in der Klausur werden von denen der Übungszettel abweichen.

### Lösung der Fragen zum Verständnis:

#### Aufgabe 1

Die Feldvektoren des elektrischen und magnetischen Feldes einer elektromagnetischen Welle, die sich im Vakuum ausbreitet (oder generell in isotropen Medien), stehen sowohl senkrecht aufeinander als auch senkrecht zur Ausbreitungsrichtung.

#### Aufgabe 2

Unter dem Nahfeld einer Quelle elektromagnetischer Strahlung versteht man die Struktur der zugehörigen elektrischen und magnetischen Felder in der näheren Umgebung, also im Abstand von wenigen Wellenlängen. Das Fernfeld meint dagegen die Situation in einer Entfernung, die wesentlich größer als die betreffende Wellenlänge ist. Während das Nahfeld im Allgemeinen eine komplizierte räumliche und zeitliche Abhängigkeit aufweist, kann das Fernfeld oft wesentlich einfacher charakterisiert werden (Stichwort Dipolfeld).

#### Aufgabe 3

Im Fernfeld reichen wenige Merkmale, um die elektromagnetische Welle zu beschreiben. In der Näherung einer ebenen Welle sind dies:

- die Ausbreitungsrichtung
- die Amplitude bzw. Intensität
- die Polarisierung
- die Wellenlänge oder Frequenz
- die Phasenverschiebung bezüglich einer Referenz (andere Welle oder zu einem bestimmten Zeitpunkt).

#### Aufgabe 4

Zwischen Wellenlänge und Frequenz besteht die Beziehung  $\lambda\nu = c$  (mit der Lichtgeschwindigkeit  $c \approx 3 \times 10^8$  m/s). Oft wird auch statt der Frequenz  $\nu$  auch die Kreisfrequenz  $\omega = 2\pi\nu$  angegeben. Zwischen Wellenlänge und Wellenvektor gilt:  $|\vec{k}| = 2\pi/\lambda$ , also  $|\vec{k}| = 2\pi\nu/c = \omega/c$ .

#### Aufgabe 5

Die Polarisation gibt die Schwingungsrichtung des elektrischen Feldvektors der Welle an. Man unterscheidet zwischen:

- linearer Polarisation: die Polarisation zeigt entlang der Ausbreitungsrichtung stets in die selbe Richtung
- zirkularer Polarisation: Die Polarisationrichtung dreht sich mit der Periode  $\lambda$  entlang der Ausbreitungsrichtung
- elliptische Polarisation: Mischform zw. lin. und zirk. Pol., der elektr. Feldvektor beschreibt eine Ellipsenbahn entlang der Ausbreitungsrichtung

#### Aufgabe 6

Der Energietransport durch eine elektromagnetische Welle wird mit dem Poynting-Vektor ausgedrückt. Er gibt seine Richtung und lokale Leistungsdichte an. Der Zusammenhang mit dem elektrischen bzw. magnetischen Feld einer elektromagnetischen Welle im isotropen Medium ist:

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu}(\vec{E} \times \vec{B})$$

#### Aufgabe 7

Tritt der Lichtstrahl vom optisch dünneren ( $n$  kleiner) ins optisch dichtere Medium ( $n$  größer), so wird er zum Lot hin gebrochen.

Tritt der Lichtstrahl vom optisch dichteren ( $n$  größer) ins optisch dünnere Medium ( $n$  kleiner), so wird er zum Lot weg gebrochen. Ab einem bestimmten Einfallswinkel ist dies nicht mehr möglich, und es tritt Totalreflexion auf.

#### Aufgabe 8

Als Brechungsindex eines Mediums wird das Verhältnis der Ausbreitungsgeschwindigkeit (genauer: der Phasengeschwindigkeit) von Licht im Vakuum zu der im Medium bezeichnet. Ein Brechungsindex größer eins bedeutet demnach, daß die Lichtgeschwindigkeit im Medium kleiner ist, dementsprechend ist die Wellenlänge kürzer, da die Frequenz des Lichtes nicht beeinflußt wird.

### Aufgabe 9

Die Intensität einer elektromagnetischen Welle wird beschrieben durch den Betrag des Poynting-Vektors:

$$\begin{aligned} I = |\vec{S}| &= c \cdot \epsilon_0 \cdot \|\vec{E}\|^2 \\ &= 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm} \cdot \left(20 \frac{V}{m}\right)^2 \\ &= 1.06 \frac{AV}{m^2} \\ &= 1.06 \frac{W}{m^2} \end{aligned}$$

### Aufgabe 10

Die Frequenz des Lichts im Vakuum berechnet sich zu

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 m/s}{633 \cdot 10^{-9} m} = \underline{\underline{4,7 \cdot 10^{14} Hz}}$$

Die Wellenlänge des Lichts im Glas beträgt

$$\lambda_{Glas} = \frac{\lambda_{Vakuum}}{2,5} = \frac{633 nm}{2,5} = \underline{\underline{253 nm}}.$$

Die Frequenz des Lichts im Glas bleibt unverändert.