

**Aufgabe 1: (2 Punkte)**

Wenn Licht der Wellenlänge  $\lambda = 550 \text{ nm}$  auf die Netzhaut eines menschlichen Auges fällt, wird es noch wahrgenommen, wenn die Leistung ungefähr  $P = 1,9 \cdot 10^{-18} \text{ W}$  beträgt. Welche Frequenz hat das Licht? Wie vielen Photonen pro Sekunde entspricht diese Leistung?

**Aufgabe 2: (2 Punkte)**

Leiten Sie die Wellengleichung für das  $\vec{B}$ -Feld in einem homogenen dielektrischen Medium aus den Maxwell-Gleichungen (in differentieller Form) her. Es ist  $\vec{j} = 0$  und  $\rho = 0$ .

**Aufgabe 3: (2 + 4 = 6 Punkte)**

- a) Berechnen Sie den zeitlich gemittelten Energiefluss einer Lichtwelle mit  $\vec{E} = \vec{E}_0 \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega \cdot t)$  und  $\vec{B} = \vec{B}_0 \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega \cdot t)$ . Welcher Fehler tritt bei unkorrekter Anwendung der komplexen Formulierung auf?
- b) Geben Sie die Ausbreitungsrichtung und Polarisationsstyp (Skizze!) der folgenden Wellen an:

$$E(t) = E_0 \begin{pmatrix} \cos(\omega t - kz) \\ \cos(\omega t - kz + \varphi) \\ 0 \end{pmatrix} \text{ für i) } \varphi = 0, \text{ ii) } \varphi = \pi/4, \text{ iii) } \varphi = \pi/2 \text{ und iv) } \varphi = -\pi.$$

**Aufgabe 4: (1,5 + 2,5 = 4 Punkte)**

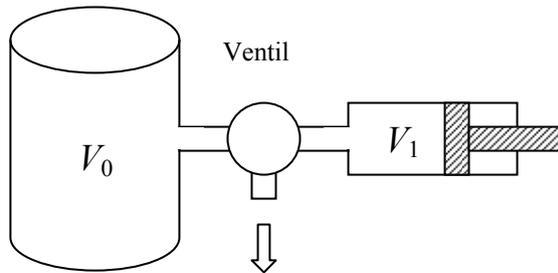
Das elektrische Feld  $\vec{E}(r, t)$  einer elektromagnetischen Welle im Vakuum hat die Form

$$\vec{E}(r, t) = \frac{E_0}{r} e^{i(kr - \omega t)} \cdot \vec{e}_z \quad (\text{Kugelkoordinaten mit } r = \text{Radius}).$$

- a) Zeigen Sie, dass eine solche Welle die dreidimensionale Wellengleichung löst. Welche Beziehung muss dazu zwischen  $k$  und  $\omega$  bestehen?
- b) Betrachten Sie jetzt nur noch Punkte auf der  $x$ -Achse, die sehr weit vom Zentrum der Welle weg sind, sodass sie näherungsweise von ebenen Wellen ausgehen können. Geben Sie  $\vec{E}(x, t)$ ,  $\vec{B}(x, t)$  sowie  $\vec{H}(x, t)$  in vektorieller Form an. Berechnen Sie dann den Poynting-Vektor  $\vec{S}(x, t)$  und dessen zeitlichen Mittelwert  $\langle \vec{S} \rangle$ . Drücken Sie dabei die Formeln so aus, dass sie nur noch das elektrische Feld enthalten.

**Aufgabe 5: (2 + 1 = 3 Punkte)**

Ein Tank mit dem Volumen  $V_0 = 4 \text{ dm}^3$  soll mittels einer Kolbenluftpumpe evakuiert werden. Durch Zurückziehen des Kolbens strömt das Luftvolumen  $V_1 = 1,5 \text{ dm}^3$  in den Kolbenzylinder, welches bei der darauffolgenden Vorwärtsbewegung über ein Ventil ausgestoßen wird (siehe Skizze). Der Pumpvorgang wird periodisch wiederholt und verläuft so langsam, dass die Temperatur als konstant angesehen werden kann. Vernachlässigen Sie das Volumen der Verbindungsrohre!



- Berechnen Sie Luftdruck dem Tank nach dem fünften Kolbenhub! Wie groß ist dann die Luftdichte in dem Tank?
- Wie viele Kolbenhübe müssen ausgeführt werden, damit der Luftdruck im Tank auf  $1/9$  seines ursprünglichen Wertes sinkt?