

**Aufgabe 1: (2 Punkte)**

Leiten Sie für ein leitfähiges Material mit  $\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E}$  und  $\rho \neq 0$  die Wellengleichung für das  $\vec{E}$ -Feld her.

**Aufgabe 2: (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 Polarisierungstyp (Skizze!) der folgenden Wellen an:

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

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

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

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

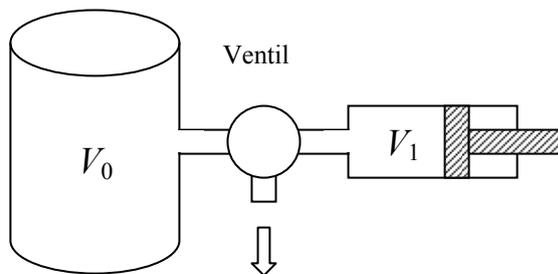
- a) Zeigen Sie, dass eine solche Kugelwelle die dreidimensionale Wellengleichung löst! Welche Beziehung muss dazu zwischen  $k$  und  $\omega$  bestehen?
- b) Erfüllt die gegebene Wellenform auch die Maxwell-Gleichungen, d.h. kann sie tatsächlich existieren? Begründen Sie Ihre Antwort anschaulich ohne Rechnung!
- c) Betrachten Sie jetzt nur noch Punkte auf der  $x$ -Achse, die sehr weit vom Zentrum der Kugelwelle 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 4: (3 Punkte)**

Beim Originalversuch von Fizeau zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit betrug die Strecke vom Zahnrad bis zum Spiegel 8.633 km. Das Zahnrad hatte 720 Zähne und die erste Verdunkelung trat bei einer Drehfrequenz von 12,6 Hz ein. Welchen Wert für die Lichtgeschwindigkeit erhielt Fizeau? Nehmen Sie an, dass beim Zahnrad Lücke und Zahn jeweils gleich groß sind. Wie groß muss die Strecke mindestens sein, um auf diese Art die Lichtgeschwindigkeit bestimmen zu können? Wovon hängt die Genauigkeit der Methode ab?

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

Ein Rezipient mit dem Volumen  $V_0 = 3 \text{ dm}^3$  soll mittels einer Kolbenluftpumpe evakuiert werden. Durch Zurückziehen des Kolbens strömt das Luftvolumen  $V_0 = 2 \text{ dm}^3$  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 und Luftdichte in dem Rezipienten nach dem vierten Kolbenhub!
- Wie viele Kolbenhübe müssen ausgeführt werden, damit der Luftdruck im Rezipienten auf  $1/10$  seines ursprünglichen Wertes sinkt?