# 1. Übung zur Physik III — WS 2015/2016

**Ausgabe:** 19.10.2015 — Prof. Dr. F. Anders
**Abgabe:** 26.10.2015 in der Übung — Prof. Dr. M. Bayer

---

## Aufgabe 0: Präsenz-Kurzfragen — 0 Punkte

a) Wie lauten die Maxwell-Gleichungen im Vakuum? Identifizieren Sie die Bestandteile. Was ist ihre physikalische Bedeutung?

b) Wie wirkt die Lorentz-Kraft? Kann man zur Lorentz-Kraft ein Potential aufstellen?

c) Stellen Sie die Kontinuitätsgleichung auf und identifizieren Sie die Bestandteile. Was sagt sie aus?

d) Wie steht das Vektorpotential im Zusammenhang zum Magnetfeld? Ist es eine physikalische Größe? Welche Freiheiten hat man beim Aufstellen des Vektorpotentials?

## Aufgabe 1: Licht und Materie — 5 Punkte

Ein Medium befinde sich in einem elektrischen Feld. Die Auslenkung der Teilchen im Medium werde durch die Gleichung eines gedämpften harmonischen Oszillators beschrieben. Jedes Teilchen trage die Ladung $q$.

$$m\ddot{\vec{x}} + m\alpha\dot{\vec{x}} + m\omega_0^2\vec{x} = q\vec{E}(t).$$

$\alpha \in \mathbb{R}$. Dieses definiert das Oszillatormodell für die Dielektrizitätskonstante $\epsilon$, die im Folgenden bestimmt werden soll.

a) Berechnen Sie die Auslenkung $\vec{x}(t)$ mit dem anregenden elektrischen Feld $\vec{E}(t) = \vec{E_0}\, e^{\mathrm{i}\omega t}$. Wir sind hier nur an einer stationären Lösung interessiert. Daher genügt der Ansatz $\vec{x} = \vec{A}e^{\mathrm{i}\omega t}$.

b) Ermitteln Sie dann die Polarisation

$$\vec{P} = \frac{1}{V}\sum_{i=1}^{N}\vec{p}$$

aus den Dipolmomenten $\vec{p}(t)$ der $N$ Teilchen in dem Medium und daraus die Dielektrizitätskonstante $\epsilon(\omega)$. Nützliche Formeln: $\vec{P} = \epsilon_0\chi(\omega)\vec{E}$, $\epsilon(\omega) = \epsilon_0(1 + \chi(\omega))$. Hinweis: Ein geschlossener Ausdruck für $\epsilon(\omega)$ muss nicht gefunden werden.

## Aufgabe 2: Wellen — 5 Punkte

Die eindimensionale Wellengleichung lautet

$$\frac{\partial^2 A}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = 0.$$

a) Bestimmen Sie mit dem Ansatz $A = A_0 \exp(\mathrm{i}(kx - \omega t))$ den Zusammenhang zwischen Wellenlänge $\lambda$ und Frequenz $f$. Dabei ist $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ und $\omega = 2\pi f$.

b) Prüfen Sie, ob folgende Funktionen Lösungen der Wellengleichung sind:

$$\begin{aligned} A(x,t) &= \exp(\mathrm{i}k(x^{3{,}75} - vt)) \\ A(x,t) &= \sinh(k(x - vt)). \end{aligned}$$

c) Zeigen Sie, dass allgemein die Funktionen $A(x \pm vt)$ Lösungen der Wellengleichung sind.