3. Übung zur Physik III (WS 2014/15) **Prof. Kohl/Prof. Rohlfing**

Ausgabedatum: 29.10.2014 Abgabedatum: 05.11.2014,
10:30 Uhr, Briefkasten neben IG 1-85

Aufgabe 9: Wechselstromleistung (schriftlich, 5 Punkte)

Die theoretische Analyse von Stromkreisen wird häufig durch Einführung komplexer Spannungen $U(t) = U_0 \, \mathrm{e}^{i\omega t}$ und komplexer Ströme $I(t) = I_0 \, \mathrm{e}^{i\omega t}$ erleichtert. Bei der Berechnung der Leistung (und anderer Größen, in die Spannung und Strom in *nichtlinearer* Weise eingehen) ist zu beachten, dass nur die Realteile von U und I zu berücksichtigen sind: $P(t) = \mathrm{Re}\, U(t) \cdot \mathrm{Re}\, I(t)$.

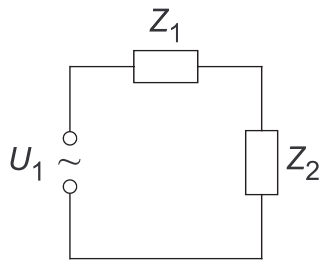
a) Zeigen Sie, dass für die gemittelte Leistung

$$\bar{P} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t)\, dt \qquad \text{mit} \qquad T = \frac{2\pi}{\omega}$$

gilt:

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \mathrm{Re}\,\left(U(t) \cdot I^*(t)\right) = \frac{1}{2} \mathrm{Re}\,\left(U_0 \cdot I_0^*\right) \; .$$

b) An einer Wechselstromquelle mit dem komplexen Innenwiderstand $Z_1 = a + i\,b$ wird ein Verbraucher mit dem komplexen Widerstand $Z_2 = x + i\,y$ angeschlossen (a, b, x, y = reelle Zahlen). Wie muss Z_2 gewählt werden, damit die an Z_2 abgegebene Leistung $\bar{P}$ maximal wird?



Aufgabe 10: Überlagerung von ebenen Wellen (mündlich, 3 Punkte)

Eine ebene Welle wird an einer ideal spiegelnden Oberfläche in der x-y-Ebene (also $z = 0$) reflektiert. Die einfallende Welle wird beschrieben durch

$$u_{\mathrm{ein}}(\vec{r}, t) = A \sin(\vec{k}_{\mathrm{ein}} \cdot \vec{r} - \omega t) \qquad \text{mit} \qquad \vec{k}_{\mathrm{ein}} = k_x \, \vec{e}_x - k_z \, \vec{e}_z \; .$$

Der Einfallswinkel α_1 ist also gegeben durch $\tan \alpha_1 = k_x/k_z$. Bei der Reflektion bleiben die Amplitude A und die Kreisfrequenz $\omega = c\,k$ unverändert.

a) Überlegen Sie sich, wie der $\vec{k}$-Vektor $\vec{k}_{\mathrm{aus}}$ der auslaufenden Welle auf Grund des Reflektionsgesetzes aussehen muss.

b) Geben Sie $u_{\mathrm{aus}}(\vec{r}, t)$ an. Dabei ist zu beachten, dass $u(\vec{r}, t) = u_{\mathrm{ein}}(\vec{r}, t) + u_{\mathrm{aus}}(\vec{r}, t)$ an der spiegelnden Oberfläche für alle Zeiten t verschwinden muss.

c) Zeigen Sie, dass sich $u(\vec{r}, t)$ als Produkt einer stehenden Welle in z-Richtung und einer laufenden Welle in x-Richtung schreiben lässt.

d) Gibt es außer $z = 0$ noch andere Ebenen, auf denen $u(\vec{r}, t)$ stets Null ist? Falls ja, wo liegen sie?

Aufgabe 11: Schallgeschwindigkeit (mündlich, 2 Punkte)

Berechnen Sie die Schallgeschwindigkeit in Wasser! (Kompressionsmodul $\kappa = 2 \cdot 10^9$ N/m^2.)

Aufgabe 12: Schwingungen der eingespannten Saite (mündlich, 6 Punkte)

Eine ideale Saite (mit Wellenausbreitungsgeschwindigkeit c) sei bei $x = 0$ und $x = L$ fest eingespannt.

a) Berechnen Sie die Auslenkung $u\,(x,\,t)$ der Saite, wenn sie zur Zeit $t = 0$ gemäß

$$u\,(x,\,0) \;=\; u_0 \,\sin\left(\frac{2\,\pi}{L}\,x\right) \;, \qquad \dot{u}\,(x,\,0) = 0$$

ausgelenkt wird.

b) Berechnen Sie die Auslenkung $u\,(x,\,t)$ der Saite, die sich nach „Anschlagen“ der Saite bei $t = 0$ gemäß

$$u\,(x,\,0) \;=\; 0 \;, \qquad \dot{u}\,(x,\,0) \;=\; \begin{cases} 0 & \text{für} \quad 0 \leq x \leq \dfrac{L-a}{2} \\[2ex] v_0 & \text{für} \quad \dfrac{L-a}{2} \leq x \leq \dfrac{L+a}{2} \\[2ex] 0 & \text{für} \quad \dfrac{L+a}{2} \leq x \leq L \end{cases}$$

ergibt (Klavierhammer). Mit welcher Amplitude tragen die Eigenschwingungen der Saite zur Schwingung bei?

Hinweis: Verwenden Sie die Reihenentwicklung aus der Vorlesung (Kap. 1.9).

Aufgabe 13: Einseitig eingespannte Saite (schriftlich, 4 Punkte)

Eine ideale Saite sei bei $x = 0$ fest eingespannt.

Das andere Ende der Saite sei an einem Ring befestigt, der sich reibungsfrei an einem in y-Richtung liegenden Stab bewegen kann. Dadurch verlaufe die Saite bei $x = L$ stets horizontal.

- Berechnen Sie die Eigenfrequenzen dieser Saite.
- Skizzieren Sie die Eigenschwingungen mit den vier niedrigsten Frequenzen.