Übungsblatt 7

Ausgabe: 03.12.2024
Abgabe: 10.12.2024, vor 10:00 Uhr (Ilias)
Besprechung: 12.12.2024 (Tutorien)

Aufgabe 1 **5 Punkte**

Wir betrachten eine Punktlichtquelle L, die eine Kugelwelle mit Anfangsamplitude E_0 und Wellenlänge λ abstrahlt (Primärwelle). Nach dem Huygensschen Prinzip ist jeder Punkt S der Primärwelle wiederum Ausgangspunkt einer neuen Kugelwelle (Sekundärwelle).

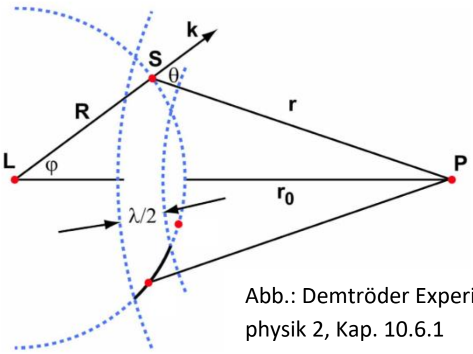

Abb.: Demtröder Experimentalphysik 2, Kap. 10.6.1

Nun berechnen wir das E-Feld $E(P)$ an einem Messpunkt P, das als Summe der E-Felder aller Sekundärwellen entsteht. Dazu unterteilen wir die Primärkugel, von der die Sekundärwellen ausgehen, in ringförmige Zonen der Breite $\lambda/2$, die sogenannten Fresnel-Zonen. Der Beitrag der *m*-ten Fresnel-Zone zum E-Feld $E(P)$ ist:

$$E_m = (-1)^{m+1} \cdot \frac{2\lambda K_m\, R}{i(R+r_0)} \frac{E_0}{R}\, e^{-i(k(R+r_0)-\omega t)}$$

Hier ist R der Radius der Primärkugel und $R+r_0$ der Abstand zwischen L und P.
Wählen Sie (wie seinerzeit Fresnel für seine Rechnung) $K_m = i\cos\theta/\lambda$, mit $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ ($\theta = 0$ für Fresnel-Zone 1, $\theta = \frac{\pi}{2}$ für Fresnel-Zone N). Zonen mit $\theta > \frac{\pi}{2}$ können nicht mehr Richtung P abstrahlen.

a) Berechnen Sie $E(P) = \sum_{m=1}^{N} E_m$ und zeigen Sie, dass das Ergebnis $E(P) = \frac{1}{2}|E_1|$ ist. Nutzen Sie dabei, dass sich θ zwischen zwei benachbarten Zonen nur geringfügig ändert. **1,5 Punkte**
b) Was passiert mit $E(P)$, wenn man alle Fresnel-Zonen außer der ersten ausblendet? **½ Punkt**
c) Zeigen Sie, dass sich die Intensität $I(P)$ am Messpunkt P im Vergleich zu a) quasi nicht ändert, wenn man die nur die erste Fresnel-Zone ausblendet. **1 Punkt**
d) Wie groß wird $I(P)$, wenn man alle Fresnel-Zonen außer der ersten und der zweiten ausblendet? **1 Punkt**
e) Erklären Sie, wie eine Fresnel-Linse funktioniert (ohne Rechnung). **1 Punkt**

Aufgabe 2 **4 Punkte**

In der Vorlesung wurde gezeigt, dass sich das Fraunhofer-Beugungsbild einer Beugungsanordnung im Wesentlichen aus der Fourier-Transformierten der entsprechenden Transmissionsfunktion ergibt.

a) Eine ausgedehnte ebene Lichtwelle falle senkrecht auf einen Einfachspalt der Breite *b*. Wie lautet die Transmissionsfunktion *T*(*x*) der Anordnung? **½ Punkt**
b) Führen Sie eine Fourier-Transformation $\int_{-\infty}^{\infty} T(x)e^{-ik_x x}dx$ der Transmissionsfunktion *T*(*x*) durch und vereinfachen Sie das Ergebnis so weit wie möglich. **½ Punkt**
c) Eine ausgedehnte ebene Lichtwelle falle senkrecht auf einen Doppelspalt. Die Spalte haben die Positionen $x = d/2$ und $x = -d/2$. Die Breite jedes Spalts ist *b*. Wie lautet die Transmissionsfunktion *T*(*x*) der Anordnung? **½ Punkt**
d) Führen Sie eine Fourier-Transformation $\int_{-\infty}^{\infty} T(x)e^{-ik_x x}dx$ der Transmissionsfunktion *T*(*x*) durch und vereinfachen Sie das Ergebnis so weit wie möglich. **1,5 Punkte**
e) Bilden Sie das Betragsquadrat Ihrer Ergebnisse aus b) bzw. d). Als Resultate erhalten Sie bis auf einen Vorfaktor I_0 die Intensitätsverteilungen der beiden Beugungsbilder. Plotten Sie beide Intensitätsverteilungen für $b = 1$, $d = 5$. Beschreiben Sie kurz, wie die beiden Beugungsbilder zustande kommen und worin sie sich unterscheiden. **1 Punkt**

Aufgabe 3 **5 Punkte**

Im Diesel-Kreisprozess durchläuft ein ideales Gas (Stoffmenge 1 mol, spezifische Wärmekapazität c_V, Adiabatenindex κ) die folgenden Zustandsänderungen:

Schritt 1 -> 2: adiabatische Kompression von p_1, V_1, T_1 nach p_2, V_2, T_2
Schritt 2 -> 3: isobare Wärmezufuhr von p_2, V_2, T_2 nach p_3, V_3, T_3
Schritt 3 -> 4: adiabatische Expansion von p_3, V_3, T_3 nach p_4, V_4, T_4
Schritt 4 -> 1: isochore Wärmeabfuhr von p_4, V_4, T_4 nach p_1, V_1, T_1

a) Skizzieren Sie den Prozess im p-V-Diagramm. **2 Punkte**
b) Berechnen Sie für jeden Schritt die am Gas verrichtete Arbeit ΔW und die übertragene Wärmemenge ΔQ abhängig von den oben angegebenen Größen. **2 Punkte**
c) Drücken Sie ΔQ_{23} und ΔQ_{41} in Abhängigkeit von T_1, T_2, T_3, T_4 aus und berechnen Sie den Wirkungsgrad $\eta = 1 + \Delta Q_{41}/\Delta Q_{23}$. **1 Punkt**