Experimentalphysik III (M. Oberthaler)

Robin Heinemann

16. Oktober 2017

Inhaltsverzeichnis

1 Vorspann **1**
1.1 Ein Experiment mit klassischen Teilchen 1
1.2 Ein Experiment mit klassischen Wellen 1

1 Vorspann

1.1 Ein Experiment mit klassischen Teilchen

1. Fall: Quelle von nicht weiter zerteilbaren Teilchen mit zufälliger Richtung. Es werden die Anzahl der Teilchen auf einem Raster x mit Gitterkonstante Δx gemessen. Dann werden in der Mitte die meißten Teilchen ankommen. Die diskrete Verteilung kann mit einer kontinuierlichen Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben werden. Die wichtigen Größen sind hier die Position der maximalen Wahrscheinlichkeit und die Breite (FWHM - full width half maximum)

2. Fall: 2 Quellen (mittels Doppelspalt der Breite d, $d \ll$ FWHM)

Wichtig: Diskrete Zahlen. Die theoretische Wahrscheinlichkeitsverteilung kann nur annähernd gemessen werden! Anzahl der Teilchen $\to \infty \implies P_1(x)$.

1.2 Ein Experiment mit klassischen Wellen

Quelle sendet Kugelwellen aus (fixe Frequenz, fixe Amplitude), Doppelspalt. Ein Detektor misst Strom $\propto$ Intensität. Man erhält das Intensisätsmuster I_{12} eines Doppelspalts. Bei blockieren eines der Öffnungen des Doppelspalt erhält man einen Einzelspalt und somit nurnoch das Intensitätsmuster eines Einzelspalts, mit Maximum bei dem nicht blockierten Spalt. Wichtig: Intensität ist kontinuierlich I_{12} kann genau gemessen werden.

Warum hat I_{12} die angegebene Form

$$\begin{aligned} I(x) &= c\varepsilon_0 \frac{1}{2T}\int_{-T}^{T} E(x,t)\mathrm{d}t \\ E(x,t) &= E_1\cos\Big(\omega t + \vec{k}\,\vec{R}_1\Big) + E_2\cos\Big(\omega t + \vec{k}\,\vec{R}_2\Big) \end{aligned}$$

mit Hilfe von komplexer Schreibweise

$$\begin{aligned} E(x,t) &= \Re\{\underset{\substack{\downarrow\\ \text{reell}}}{E_1} e^{i\left(\omega t - \vec{k}\,\vec{R}_1\right)} + \underset{\substack{\downarrow\\ \text{reell}}}{E_2} e^{i\left(\omega t - \vec{k}\,\vec{R}_2\right)}\} \\ &= \Re\{\left(\underbrace{E_1\, e^{-i\left(\vec{k}\,\vec{R}_1\right)}}_{a_1} + \underbrace{E_2 e^{-i\vec{k}\,\vec{R}_2}}_{a_2}\right) e^{i\omega t}\} \\ \Longrightarrow\quad I_{12}(x) &\propto |a_1 + a_2|^2 \end{aligned}$$

Wir interessieren uns nur für x -Abhängigkeit, nicht für absolute Werte

$$\begin{aligned} I_{12}(x) \propto |a_1 + a_2|^2 &= (a_1^* + a_2^*)(a_1 + a_2) \\ &= |a_1|^2 + |a_2|^2 + a_1^* a_2 + a_2^* a_1 \\ |a_1|^2 &= E_1 e^{ikR_1} E_1 e^{-kR_1} = E_1^2 \sim I_1 \\ |a_2|^2 &= E_2 e^{ikR_2} E_2 e^{-kR_2} = E_2^2 \sim I_2 \\ a_1^* a_2 + a_2^* a_1 &= a_1^* a_2 + \text{c. c.} \\ &= 2\Re\{a_1^* a_2\} = 2\Re\{E_1 E_2 e^{ik\left(\vec{R}_2 - \vec{R}_1\right)}\} \\ &= 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\underbrace{\left(\vec{k}\left(\vec{R}_2 - \vec{R}_1\right)\right)}_{\phi} \end{aligned}$$

$$\Longrightarrow \boxed{I_{12} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\phi}$$

Maximale Intensität $\phi = 0 \quad \left|\vec{R}_1\right| = \left|\vec{R}_2\right|$. Für $I_1 = I_2 = I_0$:

$$\begin{aligned} I_{\text{MAX}} &= I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} = 4I_0 \\ I_{\text{MIN}} &= I_1 + I_2 = 2\sqrt{I_1 I_2} = 0 \end{aligned}$$

Intensität wird räumlich umverteilt, gesamt Intensistät bleibt erhalten

$$I_1 + I_2 \mathrel{\hat{=}} \text{Energieerhaltung}$$