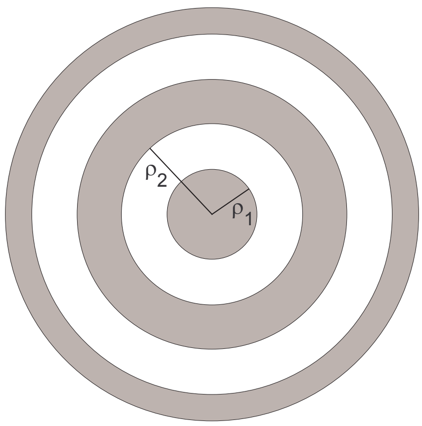
12. Übung zur Physik III (WS 2014/15) — **Prof. Kohl/Prof. Rohlfing**

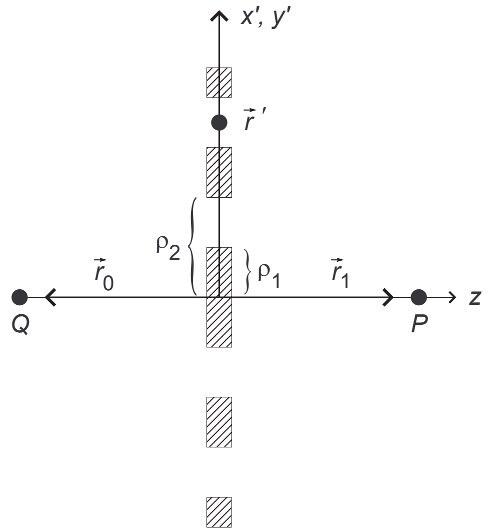
Ausgabedatum: 14.01.2015 — Abgabedatum: 21.01.2015

10:30 Uhr, Briefkasten neben IG 1-85

Aufgabe 41: Fresnel'sche Zonenplatte (mündlich, 8 Punkte)

Gegeben sei eine Fresnel'sche Zonenplatte, die aus N Kreisringen mit äußeren bzw. inneren Radien $\rho_j = \sqrt{j \cdot \lambda f}$ besteht (vgl. Skizze). Die dunkel gezeichneten Zonenringe seien lichtundurchlässig. Im Abstand r_0 vor der Platte befinde sich eine Lichtquelle Q, die Licht der Wellenlänge λ abstrahlt.





a) Berechnen Sie mit Hilfe des Kirchhoff'schen Beugungsintegrals

$$\varphi(\vec{r}_1) = \frac{i\,k\,\varphi_0}{4\,\pi} \int\limits_{\text{Öffnung}} \frac{e^{i\,k\,|\vec{r}\,' - \vec{r}_0|}}{|\vec{r}\,' - \vec{r}_0|} \frac{e^{i\,k\,|\vec{r}\,' - \vec{r}_1|}}{|\vec{r}\,' - \vec{r}_1|} \cdot (-\cos\alpha_0 - \cos\alpha_1)\, d^2 f'$$

die Amplitude $\varphi(\vec{r}_1)$ der gebeugten Welle im Punkt P. Da sowohl Q als auch P auf der z-Achse liegen, gilt

$$k\,|\vec{r}\,' - \vec{r}_0| = k\sqrt{x'^2 + y'^2 + r_0^2} \approx k\,r_0 + \frac{1}{2}\,k\,\frac{x'^2 + y'^2}{r_0}$$

(analog für $k\,|\vec{r}\,' - \vec{r}_1|$), sowie

$$\frac{1}{|\vec{r}\,' - \vec{r}_0|} \approx \frac{1}{r_0}\,, \qquad \frac{1}{|\vec{r}\,' - \vec{r}_1|} \approx \frac{1}{r_1}\,, \qquad \cos\alpha_0 \approx 1\,, \qquad \cos\alpha_1 \approx 1\,.$$

Hinweis: Führen Sie die Integralauswertung mit Polarkoordinaten (ρ', φ') durch und verwenden Sie bei den Rechnungen die Abkürzungen

$$a := \frac{1}{2}\,k\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_0}\right) \qquad \text{und} \qquad b = a \cdot \lambda f\,.$$

b) Für welche Abstände r_1 ergeben sich Maxima von $|\varphi(\vec{r}_1)|^2$? Zeigen Sie, dass diese Abstände r_1 und der Abstand r_0 eine Linsengleichung mit Brennweite f erfüllen.

c) Berechnen Sie die Intensität $I(\vec{r}_1) = \frac{\varepsilon_0\,c}{2}\,|\varphi(\vec{r}_1)|^2$ für die in b) bestimmten Abstände ($\hat{=}$ Bildpunkte).

Aufgabe 42: **Drehung der Polarisationsrichtung** **(schriftlich, 5 Punkte)**

a) Die Transmission einer Polarisationsfolie betrage in Durchlassrichtung 90 %, senkrecht dazu polarisiertes Licht werde völlig absorbiert. Zehn dieser Folien werden so übereinander gelegt, dass ihre Durchlassrichtung jeweils 10° gegeneinander verdreht sind, d. h. die Polarisationsrichtungen der ersten und der letzten Folie stehen dann senkrecht aufeinander.

Wie groß ist die durchgelassene Lichtintensität bei unpolarisiert einfallendem Licht?

b) Betrachten Sie nun eine entsprechende Anordnung aus N Folien, die jeweils um $\dfrac{90^\circ}{N-1}$ gegeneinander verdreht sind.

Bei welcher Anzahl von Folien ist die durchgelassene Lichtintensität am größten?

Aufgabe 43: **Beugung am Gitter** **(schriftlich, 7 Punkte)**

a) Auf ein 5 cm langes Glasgitter, das 200 Spalte (Breite a und Höhe b) pro cm besitzt, fällt einfarbiges Licht der Wellenlänge $\lambda = 500$ nm. Die geritzten, undurchsichtigen Partien sind dabei doppelt so breit wie die dazwischenliegenden, durchsichtigen Glaspartien. Geben Sie die relative Intensität $I(\alpha)/I(\alpha = 0)$ an, wobei $I(\alpha) = I(x, 0)$ ist.

Unter welchen Winkeln erscheinen die ersten sieben Hauptmaxima und welches sind ihre relativen Intensitäten?

b) Monochromatisches Licht trifft senkrecht auf ein Gitter. Die Spaltöffnungen sind so schmal, dass das nullte Hauptmaximum wie auch die anschließenden Hauptmaxima jeweils gleiche Intensität aufweisen. Das erste Hauptmaximum erscheint dabei gegenüber dem nullten unter einem Winkel von $\alpha = 5 \cdot 10^{-2}$. Wenn nun jede fünfte Spaltöffnung zugedeckt wird, welche neuen Lagen und Intensitäten (relativ zur Ursprungsintensität) ergeben sich dann für die Hauptmaxima? Geben Sie dazu den Formfaktor des „Bausteins“ des sich ergebenden neuen Gitters an.