

Vorbereitung des Versuches
P2-15
Zentimeterwellenoptik
mit
Messinterface

Manuel Schmidberger

Markus Engelhardt

2005-06-27

Inhaltsverzeichnis

1	Ermittlung der verwendeten Wellenlänge	3
2	Beobachten eines emittierten Signals	4
3	Fresnel-Beugung am Einzelspalt	4
4	Spektrum eines Einzelspalt, eines Doppelspalt und eines Gitters	5
5	Interferometer	6
6	Polarisation der Mikrowellenstrahlen	6
7	Absorptionsvermögen für Zentimeterwellen bei verschiede- nen Medien (qualitativ)	7
8	Intensität bei Totalreflexion	7

Polarisation

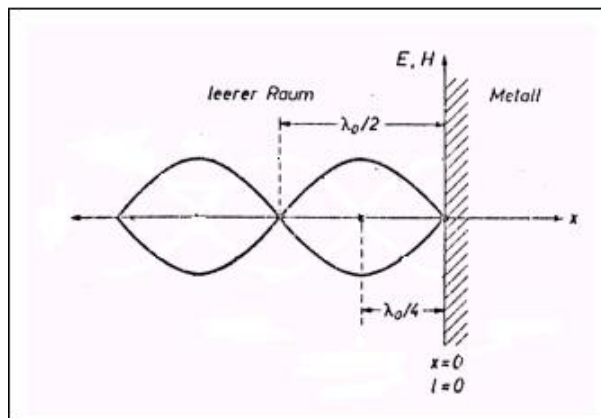
Lineare und elliptische Polarisation

Bei elektromagnetischen Wellen stehen der elektrische und der magnetische Feldvektor immer senkrecht zur Ausbreitungsrichtung. Licht, bei dem das elektrische Feld immer nur in einer Richtung steht, heißt linear Polarisiert. Schwingt die elektrische Feldstärke so, dass die Spitze des Feldstärkevektors auf einer Ellipse um die Ausbreitungsrichtung läuft, spricht man von elliptischer Polarisation.

Ein Sonderfall stellt die zirkulare Polarisation dar. Dabei läuft die Feldstärke im Kreis. Eine elliptisch oder zirkular polarisierte Welle lässt sich in zwei zueinander senkrecht schwingende linear polarisierte Wellen mit der Phasendifferenz zwischen 0 und $\frac{\pi}{2}$ zerlegen. Bei der zirkularen Welle ist diese Phasenverschiebung $\frac{\pi}{2}$. Ist die Phasendifferenz 0 wird die Ellipse zur Geraden.

1 Ermittlung der verwendeten Wellenlänge

In der ersten Aufgabe ist das Ziel zuerst die Wellenlänge der verwendeten Mikrowellenstrahlung zu bestimmen. Zur Bestimmung geht man wie folgt vor. Man richtet die Mikrowellenstrahlung auf eine Metallwand und erzeugt eine stehende Welle. Der Vorteil von Metall ist, dass die elektrische Leitfähigkeit fast Null ist. Man kann somit in guter Näherung annehmen, dass die Welle komplett reflektiert wird. Dabei entsteht an dem Metall ein Wellenknoten. Mittels der Empfangsdiode wird nun der Wellengang abgefahren und die Minima und Maxima aufgenommen.



Aus dem Abstand zweier benachbarter Minima bzw. Maxima lässt sich nun die Wellenlänge berechnen. So gilt für die gemessenen Minima:

$$x(n) = \lambda \cdot \frac{n}{2}$$

und für die Maxima:

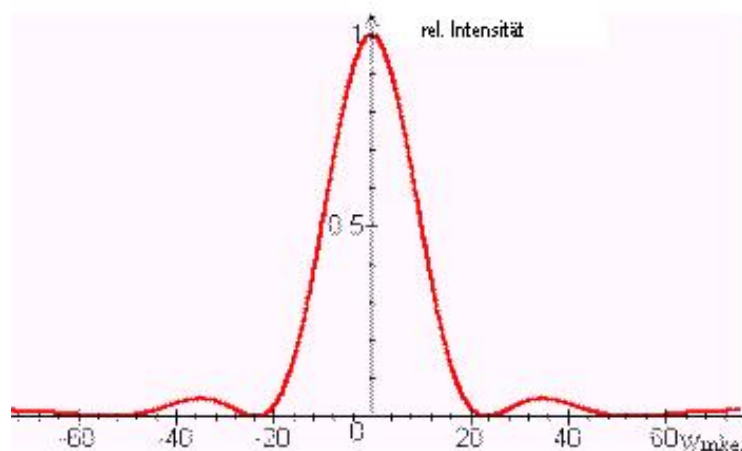
$$x(n) = \lambda \cdot \left(\frac{n}{2} + \frac{1}{4} \right).$$

2 Beobachten eines emittierten Signals

Im Folgenden wird der Hornempfänger an den Eingang B von CASSY angeschlossen und das Mikrowellensignal beobachtet.

3 Fresnel-Beugung am Einzelspalt

Bei dieser Aufgabe wird das Interferenzmuster eines Einzelspalttes betrachtet. Hierzu verwendet man den Bewegungswandler von CASSY zusammen mit der Scheibe und dem Keilriemen. Gemessen wird die Intensität in Abhängigkeit vom Winkel. Eine charakteristische Verteilung am Einzelspalt sieht dabei folgendermaßen aus:



Bei der Fresnelschen Beugung ist der Abstand vom Schirm zum Spalt nicht groß genug, um die Spaltbreite vernachlässigen zu können. Der Interferenzeffekt der Fresnelschen Beugung ist im Nahbereich sichtbar.

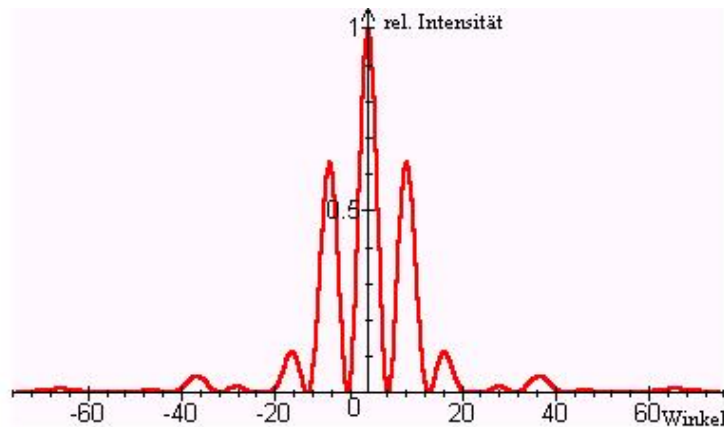
Im Gegensatz zu dieser Beugungsart ist bei der Fraunhoferbeugung die Spaltbreite vernachlässigbar. Da der Abstand vom Schirm zum Spalt groß gewählt wird, werden die gebrochenen Lichtstrahlen als annähernd parallel angenommen. Ebenso werden die Teilwellen als phasengleich angenommen. Der Interferenzeffekt gibt bei der Fraunhoferbeugung eine gute Näherung für den Fernbereich.

4 Spektrum eines Einzelspalt, eines Doppelspalt,es und eines Gitters

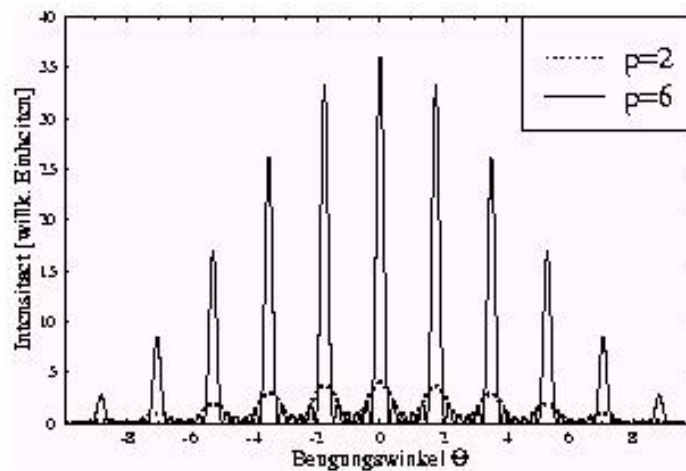
Im folgenden Versuch wird paralleles Licht nacheinander auf ein Einzelspalt, ein Doppelspalt und ein Gitter gerichtet. Dabei soll jeweils das Interferenzmuster aufgenommen werden. Theoretisch lässt sich die Intensitätsverteilung mittels Fouriertransformation berechnen. Zur Berechnung der Amplitudenverteilung bei der Fraunhoferbeugung wird das Produkt aus Feldstärkeverteilung und Transmissionsfunktion (die im Übrigen für Spalt und Gitter eins ist, für sonstiges Null) fouriertransformiert. Es gilt:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int dx \cdot \tau(x) \cdot E(x) \cdot e^{ikx}$$

Bei der Beleuchtung des Doppelspalt,es wird dabei eine Intensitätsverteilung wie im folgenden Bild gezeigt erwartet.



Für das Gitter sollte sich je nach Gitterkonstante eine Verteilung nach folgendem Schema ergeben:



5 Interferometer

Bei diesem Versuch wird nun mit Hilfe von zwei Plexiglasscheiben, die senkrecht zum Strahlengang sind, ein Interferometer aufgebaut. Das Plexiglas wird aus dem Grund benutzt, da der Reflexions- und Transmissionskoeffizient nahezu identisch ist. Ein Teil des Strahles kann nun ungehindert durch die Platten gehen. Es ist der Teil mit der größten Intensität. Der andere Teil wird nun aber zweimal reflektiert. Auf Grund von einer somit entstandenen Phasenverschiebung interferiert dieser Strahl nun mit dem Strahl der nicht reflektiert wurde. Strahlen die mehr als zweimal reflektiert werden gilt es auf Grund der geringeren Intensität zu vernachlässigen. Aus den hinter dem Interferometer registrierten Intensitäten lässt sich nun die Wellenlänge einfach bestimmen.

Es gilt für die konstruktive Interferenz:

$$2 \cdot d = n \cdot \lambda \rightarrow \lambda = \frac{2 \cdot d}{n}$$

Für den destruktiven Fall der Interferenz gilt:

$$2 \cdot d = (2n - 1) \cdot \lambda \rightarrow \lambda = \frac{2 \cdot d}{(2n - 1)}$$

Dabei ist d der Abstand der beiden Plexiglasplatten.

6 Polarisation der Mikrowellenstrahlen

Bei diesem Versuch soll nun der Mikrowellenstrahl polarisiert werden. Dazu wird zunächst kein zusätzliches Element verwendet. Um nun die Änderung

der Intensität festzustellen wird der Empfänger um 90° gedreht. Dabei ist zu Beginn eine maximale Intensität zu erwarten, nach einer Drehung um 90° ist die Intensität Null. Die Intensitätsverteilung lässt sich dabei mit folgender Gleichung beschreiben:

$$I = I_0 \cdot \sin^2 \phi$$

Jetzt wird ein $\frac{\lambda}{4}$ -Plättchen unter einem Winkel von 45° in den Strahlengang gebracht. Das Plättchen wird unter einem Winkel von 45° gegen die Polarisationsrichtung der einfallenden Strahlung ausgerichtet. Nach dem Plättchen wäre eine rein zirkulare Polarisation zu erwarten. Da die Teilwelle mit E-Feld parallel zu dem Metallstreifen stärker gedämpft wird, erhält man ebenfalls elliptische Polarisation. Bei dieser Polarisationsart wird nach Drehung um 90° die geringste Intensität erwartet (ausgehend von $0^\circ =$ maximale Intensität). Dreht man wieder 90° weiter, so erhält man wieder maximale Intensität. Bei der zirkularen Polarisation verringert sich die Intensität um den Faktor $\sqrt{2}$. Eine Winkelabhängigkeit liegt hier nicht vor.

7 Absorptionsvermögen für Zentimeterwellen bei verschiedenen Medien (qualitativ)

Im Folgenden soll das Absorptionsvermögen der Zentimeterwellen bei Glas, Plexiglas und Paraffin qualitativ untersucht werden. Sinnvoll ist es, die Intensität zuerst ohne eingesetztes Medium aufzunehmen, sodass ein Vergleichswert gegeben ist.

8 Intensität bei Totalreflexion

Der wichtige Effekt bei diesem Versuch, ist der optische Tunneleffekt. Zuerst wird die Kathetenfläche eines Prismas in den parallelen Strahlengang gebracht. An der Hypotenuse sollte der Strahl nun total reflektiert werden. Setzt man ein zweites Prisma hinter das Erste, so erkennt man aber, dass ein schwaches, parallel verschobenes Lichtbündel austritt. Das kommt daher, dass bei der eigentlichen „Totalreflexion“ ein Teil des Strahles, bei geringem Abstand der beiden Prismas voneinander, durch die Grenzfläche tunnelt. Dabei wird die Intensität in Abhängigkeit vom Abstand der beiden Prismas aufgenommen.