

Auswertung des Versuches
P2-15
Zentimeterwellenoptik
mit
Messinterface

Markus Engelhardt

Manuel Schmidberger

2005-07-04

Datum der Versuchsdurchführung: 2005-06-27

Inhaltsverzeichnis

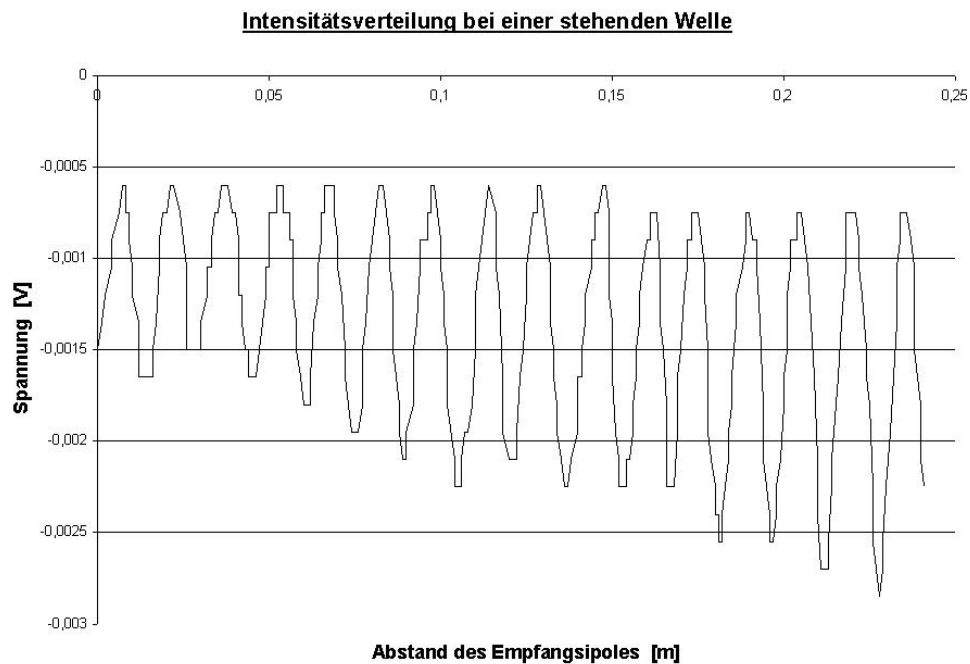
| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | Ermittlung der verwendeten Wellenlänge | 3 |
| 2 | Beobachten eines emittierten Signales | 3 |
| 3 | Fresnel-Beugung am Einzelspalt | 4 |
| 4 | Spektrum eines Einzelspalt, eines Doppelspalt und eines Gitters | 4 |
| 5 | Interferometer | 5 |
| 6 | Polarisation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

1 Ermittlung der verwendeten Wellenlänge

In der ersten Aufgabe wird die Wellenlänge der verwendeten Mikrowellenstrahlung bestimmt.

Dabei wird mit einem Hertzdipol entlang der Verbindungslinie zwischen dem Sender und dem Empfänger die Wellenintensität aufgezeichnet.

Hieraus ergibt sich folgender Verlauf:



Aus dem Abstand der 16 Minima lässt sich nun die Wellenlänge λ der Mikrowellenstrahlung berechnen.

Es gilt:

$$\lambda = \frac{2 \cdot x(n)}{n} = \frac{2 \cdot 0,241 \text{ m}}{16} = \underline{\underline{3,01 \text{ cm}}}$$

Dieses Ergebnis stimmt im Rahmen der Messungenauigkeiten sehr gut mit dem angegebenen Wert für die Wellenlänge ($\lambda_0 = 3,00 \text{ cm}$) überein.

2 Beobachten eines emittierten Signales

Bei dieser Aufgabe wird der Hornempfänger an den Eingang B von CASSY angeschlossen und das Mikrowellensignal beobachtet.

3 Fresnel-Beugung am Einzelspalt

Zur Erzeugung der Fresnel-Beugung wird der Hornempfänger hinter einem Einzelspalt positioniert. Zwischen Sender und Spalt, sowie zwischen Spalt und Empfänger wird jeweils eine Paraffinlinse in den Strahlengang gebracht. Diese werden auf der optischen Achse bewegt, bis am Empfänger eine möglichst hohe Intensität registriert werden kann. Anschließend wird mit Hilfe eines Rotationsmotors die Schiene auf der die hintere Linse und der Empfänger platziert sind auf einem Halbkreis um den Einzelspalt bewegt und die Intensität in Abhängigkeit des Winkels aufgenommen (Anlage 1).

Bei dem für die Fresnel-Beugung typischen Beugungsbild erkennt man den Einbruch des Hauptmaximums in der Mitte.

4 Spektrum eines Einzelspaltes, eines Doppelspaltes und eines Gitters

Bei einem größerem Abstand zwischen dem Empfänger und dem Einzelspalt als in der vorhergehenden Aufgabe und einem geeignetem Variieren der Linsenabstände erhält man annähernd das vorhergesagte Beugungsbild eines Einzelspaltes (Anlage 2). Das Hauptmaximum ist deutlich ausgeprägt und auch die Maxima 1. Ordnung sind zu erkennen, wobei diese aber schon erheblich schwächere Intensitäten aufweisen. Die Maxima 2. Ordnung sind hingegen nur noch zu erahnen. Die unsymmetrische Spitze des Hauptmaximums ist auf die nicht genau einstellbare Apparatur zurückzuführen.

Aus diesem Beugungsbild errechnet sich die Wellenlänge λ der Mikrowellenstrahlung folgendermaßen:

$$\lambda = \frac{g \cdot \sin \alpha}{n}$$

Hierbei ist g die Spaltbreite, α der Winkel zwischen der optischen Achse und dem Maxima n -ter Ordnung.

Für das dargestellte Diagramm erhält man:

$$\lambda = 7 \text{ cm} \cdot \sin 0,45 = \underline{3,04 \text{ cm}}$$

Für den gleichen Aufbau der Messapparatur kann nun auch das Spektrum eines Doppelspaltes und das eines Gitters dargestellt werden (Anlage 3 und 4). Dabei müssen ebenfalls die Linsenabstände geeignet gewählt werden. Zur Berechnung der Wellenlänge aus dem Interferenzmuster wird hier die gleiche Formel verwendet, an Stelle der Spaltbreite des Einzelspaltes wird

hier jedoch für g jeweils der Spaltabstand eingesetzt.

Somit ergibt sich für die Wellenlänge λ der Mikrowellenstrahlung

aus dem Beugungsbild des Doppelspaltes:

$$\lambda = \frac{g \cdot \sin \alpha}{n} = 7,6 \text{ cm} \cdot \sin 0,4 = \underline{2,96 \text{ cm}}$$

aus dem Beugungsbild des Gitters

$$\lambda = \frac{g \cdot \sin \alpha}{n} = 6,4 \text{ cm} \cdot \sin 0,5 = \underline{3,07 \text{ cm}}$$

Diese Ergebnisse liegen trotz erheblicher Schwierigkeiten bei der Versuchsdurchführung und unzureichender Qualität der zur Verfügung gestellten Messapparatur sehr nah an der angegebenen Wellenlänge der Mikrowellenstrahlung von $\lambda_0 = 3,00 \text{ cm}$.

5 Interferometer

In dieser Aufgabe wird mit Hilfe von zwei senkrecht zum Strahlengang montierten Plexiglasscheiben ein Interferometer aufgebaut.

Dabei wird der Abstand der Plexiglasscheiben kontinuierlich erhöht und das dabei entstehende Interferenzbild aufgezeichnet (Anlage 5).

Hieraus errechnet sich für die Wellenlänge der Mikrowellenstrahlung:

$$\lambda = \frac{2 \cdot d}{n} = \frac{2 \cdot 0,405 \text{ m}}{27} = \underline{3,0 \text{ cm}}$$

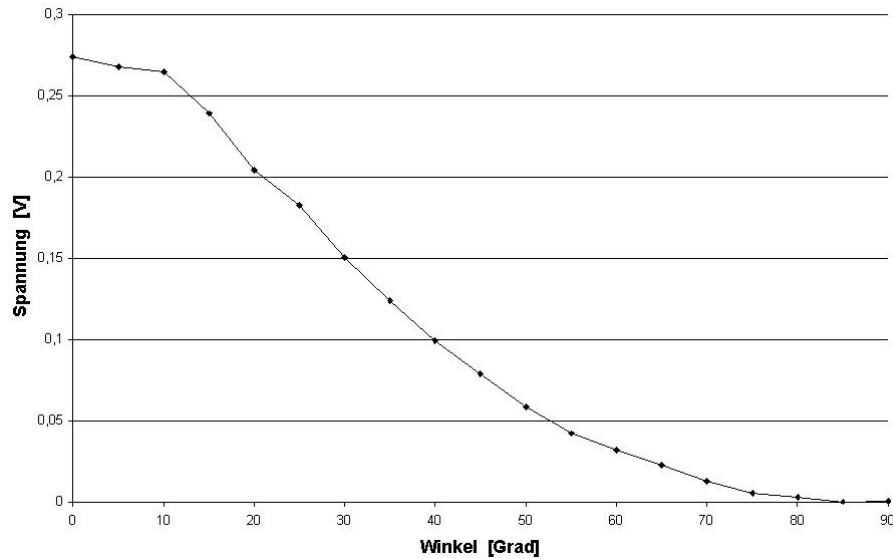
Hier stimmt das Ergebnis zufälligerweise sogar exakt mit der angegebenen Wellenlänge überein.

6 Polarisation der Mikrowellenstrahlen

Um die Polarisation der Mikrowellenstrahlung zu untersuchen, wird der Hornempfänger in 5 Grad - Schritten gedreht und die Intensität in Abhängigkeit des Winkels notiert.

Dabei ergibt sich folgender Zusammenhang:

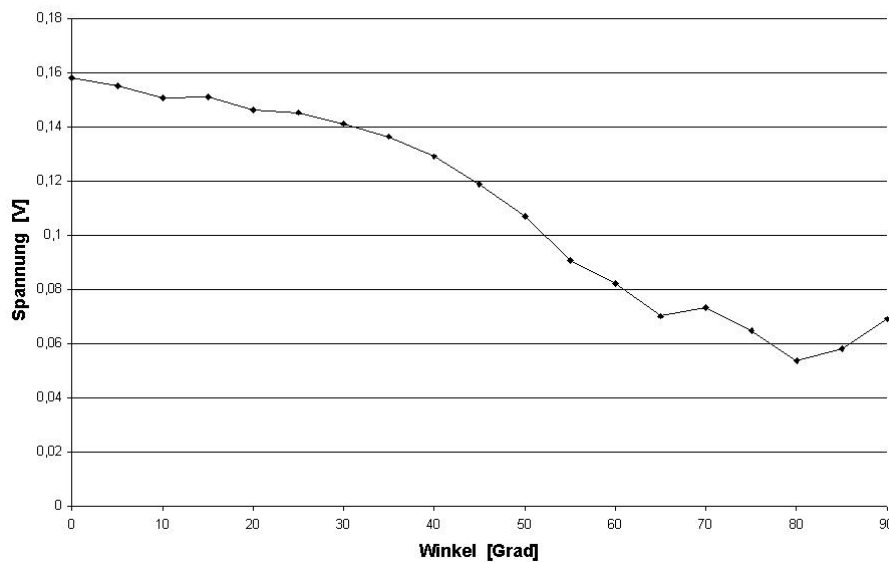
a) ohne zusätzliches Element



Dieser Verlauf entspricht den Erwartungen.

Mit Hilfe eines so genannten $\frac{\lambda}{4}$ -Plättchens werden anschließend zirkular und elliptisch polarisierte Mikrowellen erzeugt. Hierbei ergibt sich folgender Verlauf:

b) mit einem " $\lambda/4$ - Plättchen"



Bei einer rein zirkular polarisierten Welle würde man keine Winkelabhängigkeit erhalten. Diese entsteht durch die elliptische Polarisation.

7 Absorptionsvermögen für Zentimeterwellen bei verschiedenen Medien (qualitativ)

Nun wird das Absorptionsvermögen von verschiedenen Medien getestet. Die mit dem Hornempfänger aufgenommenen Spannungswerte für die verschiedenen Medien sind in der folgenden Tabelle aufgelistet:

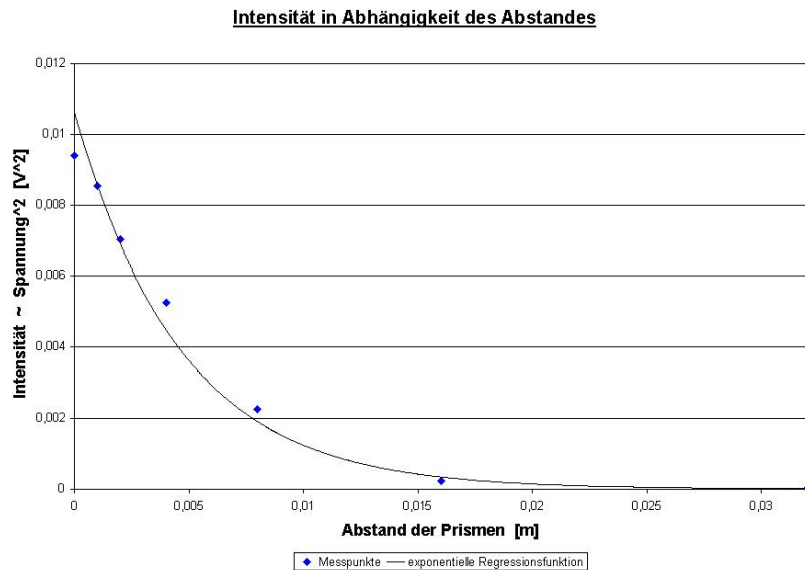
| Medium | Spannung (in Volt) |
|-----------|--------------------|
| Luft | 0,853 |
| Paraffin | 0,8455 |
| Plexiglas | 0,786 |
| Glas | 0,5715 |
| Eisen | 0,001 |

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass sich das Absorptionsvermögen der Medien bei den Mikrowellen gerade andersherum verhält als bei den Lichtwellen. Dies ist auch der Grund, weswegen die Linsen zur Bündelung von Mikrowellenstrahlen aus Paraffin hergestellt werden.

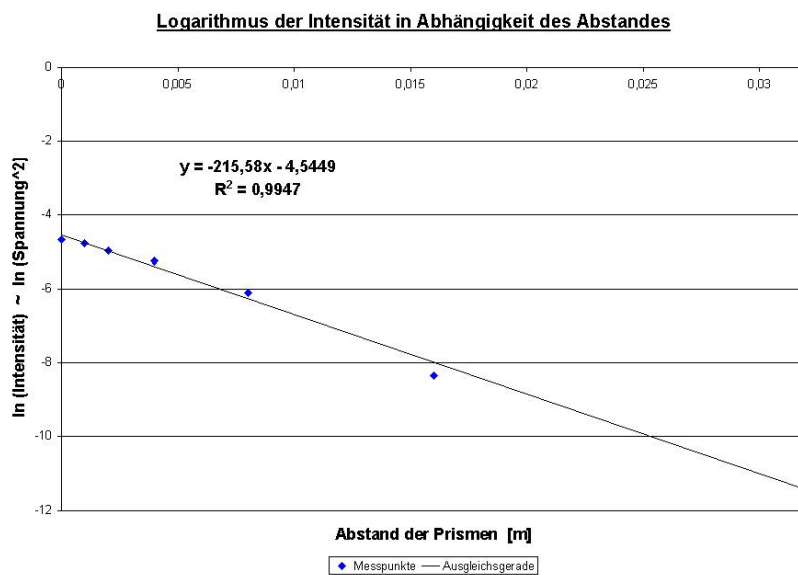
8 Intensität bei Totalreflexion

Im abschließenden Versuchsteil wird der Effekt des so genannten optischen Tunneleffektes studiert. Dazu werden zwei hypotenusenparallele Prismen in den Strahlengang gebracht und ihr Abstand stufenweise von Null auf 32 mm erhöht. Die dabei am Empfänger ankommenden Intensitäten sind proportional zum Quadrat der gemessenen Spannungswerte.

Aus dem folgenden Schaubild ist der exponentielle Verlauf der Intensität mit dem Abstand deutlich zu erkennen:



Um die Reichweite R bestimmen zu können, nach der die Intensität auf das $\frac{1}{e}$ -fache der ursprünglichen Intensität abgeschwächt ist, wird nun der natürliche Logarithmus der zu der Intensität proportionalen Größe über den Abstand aufgetragen:



Aus der Steigung a der Ausgleichsgeraden durch die Messpunkte berechnet sich der Abstand R zu:

$$R = \frac{\ln \frac{1}{e}}{a} = \frac{1}{215,58 \frac{1}{m}} = \underline{4,63 \text{ mm}}$$

Der Abstand R ist um den Faktor 6,5 kleiner als die Wellenlänge der Mikrowellenstrahlung.