



SS/WS 20.10./.....

Praktikum: (~~P1/P2~~) (~~Mo/Di/Mi/Do~~) Gruppe-Nr: 17.....

Name: Klausmann Vorname: Caroline

Name: Hecht Vorname: Matthias

Versuch: Mikrowellenoptik (~~mit/ohne~~) Fehlerrechnung

Betreuer: Fiedl, Simon Durchgeführt am: 27.05.10

Abgabe am: 10.06.10

Rückgabe am:

Begründung:

2. Abgabe am:

Ergebnis: (+ / 0 / -)

Fehlerrechnung: ja / ~~nein~~

Datum: 24.6.2010

Handzeichen: SF

Bemerkungen:

- sehr schön
- bisschen viele Rechtschreibfehler



Ziel dieses Versuches ist es, zu zeigen, dass man viele bekannte Phänomene aus der Optik wie Interferenz und Beugung auch mit Mikrowellen beobachten kann. Im Gegensatz zu Licht liegen die beobachtbaren Phänomene allerdings im Bereich von Zentimetern, wodurch manche Effekte wie der optische Tunneleffekt erst gut sichtbar gemacht werden können. Die entstehenden Felder können einfach mit Hilfe einer Sonde ausgemessen werden. Die Transversalwelleneigenschaften von Mikrowellen werden damit eindrucksvoll demonstriert.

Gleichzeitig sollen in diesem Versuch Methoden moderner Datenerfassung eingesetzt und das Auswerten größerer Datenmengen mit Hilfe von Tabellenkalkulationen geübt werden. Sie benötigen einen USB-Stick zur Übernahme Ihrer Messdaten.

Details zum Aufbau, Funktionsweise des CASSY Messinterfaces, zu versuchsspezifischen Effekten und zur Auswertung finden Sie in der Hilfe zu diesem Versuch.

Aufgaben :

1 Bestimmen Sie die Wellenlänge der bei diesem Versuch benutzten Strahlung durch Ausmessen des Feldes einer stehenden Wellen vor einer Metallplatte. Messen Sie mit dem Empfangsdipol. Sein Haltestift soll senkrecht zur Strahlrichtung montiert sein. Extrapolieren Sie die Intensität-über-Ort-Auftragung bis zur Metalloberfläche.

2 Beobachten Sie das emittierte Signal mit Hilfe des Hornempfängers und CASSY. Schließen Sie den Hornempfänger an den Eingang B von CASSY an und beobachten Sie das Mikrowellensignal. Wie sieht die Signalform aus? Überlegen Sie sich, wie Sie eine intensitätsproportionale Größe messen können.

3 Justieren Sie den Aufbau zur Messung des Interferenzmusters und studieren Sie zunächst den Effekt der so genannten Fresnel-Beugung am Einzelspalt. Verwenden sie hierzu den Bewegungswandler von CASSY zusammen mit der Scheibe und dem Keilriemen. Messen Sie die Intensität in Abhängigkeit vom Winkel. Justieren Sie den Aufbau, um ein möglichst optimales Messergebnis für den Grenzfall der Fraunhofer'schen Beugung zu erhalten. Woran können Sie den Effekt der Fresnel-Beugung im Spektrum erkennen ?

4 Messen Sie das Spektrum eines Einzelspalts, eines Doppelspalts und eines Gitters mit Hilfe von CASSY. Vergleichen Sie in der Auswertung die gemessene mit der theoretisch vorhergesagten Kurve, die als freie Parameter die Gitterparameter und die (oben bereits grob bestimmte) Wellenlänge enthält. In einer „Anpassung per Auge“ können Sie nun die Wellenlänge variieren, bis die beste Übereinstimmung Ihrer gemessenen Kurve mit der berechneten erreicht wird, und so ebenfalls die Wellenlänge bestimmen.

5 Bauen Sie mit Hilfe zweier senkrecht zum Strahlengang montierter Plexiglasscheiben ein Interferometer auf. Messen Sie die Intensität in Abhängigkeit vom Plattenabstand mit Hilfe von CASSY und dem Bewegungswandler. Bestimmen Sie wieder mit Hilfe einer „Anpassung per Auge“ die Wellenlänge der verwendeten Mikrowellen.

6 Untersuchen Sie die Polarisierung der Mikrowellenstrahlung a) ohne ein zusätzliches Element und b) mit einem $\lambda/4$ -Plättchen im Strahlengang. Drehen Sie dazu den Hornempfänger um seine Achse und messen Sie die Intensität in Abhängigkeit von der Stellung. Das $\lambda/4$ -Plättchen ist ein Metallstreifengitter, dessen Streifen unter 45° gegen die Polarisationsrichtung der einfallenden Strahlung ausgerichtet sind. Es erzeugt elliptische und zirkuläre Polarisierung. Das liegt daran, dass die Teilwelle mit E-Feld parallel zu den Metallstreifen viel stärker gedämpft wird als die andere. Diskutieren Sie das Zustandekommen der elliptischen Polarisierung. Vergleichen Sie die gemessenen Daten mit den theoretisch erwarteten Kurven.

7 Vergleichen Sie bei Glas, bei Plexiglas und bei dem Paraffin der Linsen qualitativ das Absorptionsvermögen für Zentimeterwellen mit dem für sichtbares Licht (nur phänomenologisch, ohne Erklärung).

8 Messen Sie die Intensität I der Strahlung, die bei 'Totalreflexion' an der Hypotenuse eines Prismas noch in das optisch dünnere Medium eintritt ('optischer Tunneleffekt'), als Funktion des Abstandes x von der Hypotenuse. Ändern Sie den Abstand zweier hypotenusenparalleler Prismen und messen Sie hinter dem zweiten Prisma die Intensität des parallel versetzten Strahls mit dem Hornempfänger. Achten Sie auf senkrechten Einfall der Strahlung bei den Kathetenflächen. Tragen Sie $\ln(I)$ über x auf. Berechnen Sie die Steigung der Geraden und daraus die Reichweite R , nach der die Intensität um den Faktor e abgeschwächt ist. Vergleichen Sie R mit der Wellenlänge.

Zubehör:

- Gunn-Diode (ca.10 GHz), Netzgerät dazu
- Empfangsdipol mit Demodulator-Diode
- Hornempfänger mit Demodulator-Diode
- NF-Verstärker
- CASSY Messinterface mit Kabeln und Bewegungswandler
- PC zur Datenerfassung mit CASSY Lab Software
- optische Bank mit Schwenkteil und Winkelskala und diversen Reitern
- Drei Einfachspalte ($b=3,8$ cm; $b=7$ cm; $b=11$ cm)
- Zwei Doppelspalte ($b=7$ cm $g=10,5$ cm; $b=3,8$ cm $g=7,6$ cm)
- Dreifachspalt ($b=7$ cm $g=10,5$ cm)
- Vierfachspalt ($b=3,8$ cm $g=7,6$ cm)
- Fünffachspalt ($b=3,2$ cm $g=6,4$ cm)
- Metallplatte (34 cm x 34 cm)
- zwei Plexiglasplatten (30 cm x 30 cm)
- Plexiglastisch (55 cm x 205 cm)
- zwei Paraffinlinsen (ca. $f=29$ cm)
- zwei Zuckerprismen ($n(10\text{ Ghz})=1,5$)
- Glasplatte
- Metallstreifengitter ($\lambda/4$ -Plättchen') für 45°-Montage

Literatur:

Kapitel zur Wellenoptik in jedem Physiklehrbuch (Gerthsen, Tipler, Hecht ...)

Bergmann, Schäfer: Experimentalphysik, Bd.3

Meyer, Pottel: HF-Technik

Frieser: Mikrowellenmeßtechnik

Hollerbach: Staatsexamensarbeit 'Optische Versuche mit cm-Wellen'

CASSY-Manual:

<http://www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~simonis/praktikum/allgemeines/Cassy-Handbuch.pdf>

Vorbereitung

P2-15 Mikrowellenoptik

Carolin Klusmann (1453210)

Matthias Hecht (1452900)

Datum: 27.05.2010

1 Wellenlängenbestimmung

Die Wellenlänge der im gesamten Versuch verwendeten Strahlung soll bestimmt werden. Wir stellen hierzu eine Metallwand in einigem Abstand vor dem Sender auf. Da Metall eine hohe Leitfähigkeit besitzt, kann man am Auftreffpunkt der Strahlung das elektrische Feld als Null annehmen. Dies entspricht einem Wellenknoten an jenem Punkt. Es bilden sich zwischen Welle und Wand stehende Wellen aus.

Zur Bestimmung der Wellenlänge führt man langsam einen Empfangsdipol durch die stehende Welle. Man wird Maxima und Minima der stehenden Welle registrieren können. Der Abstand d zweier Minima, entspricht der halben Wellenlänge. Dieser Abstand entspricht auch dem zweier Maxima, jedoch lassen sich die Minimas schärfer bestimmen. Es gilt:

$$\lambda = 2 \cdot d \quad (1)$$

2 Beobachten des emittierten Signals mit CASSY

Man beobachtet im folgenden Versuchsteil das Mikrowellensignal mit Hilfe eines Hornempfängers. Zur Darstellung des Signals verwenden wir CASSY. Es ist zu erwarten, dass der Sender einen recht kleinen Raumwinkel bestrahlen wird. Außerdem wird man erwarten, dass die Feldstärke proportional zu $\frac{1}{r^2}$ abnehmen wird, wobei r den Abstand zur Quelle bezeichnet.

3 Fresnel-Beugung am Einzelspalt

Es wird die Intensitätsverteilung der verwendeten Strahlung hinter einem Einzelspalt in Abhängigkeit zum Winkel gemessen, dabei bleibt pro Versuchsreihe der Abstand zwischen

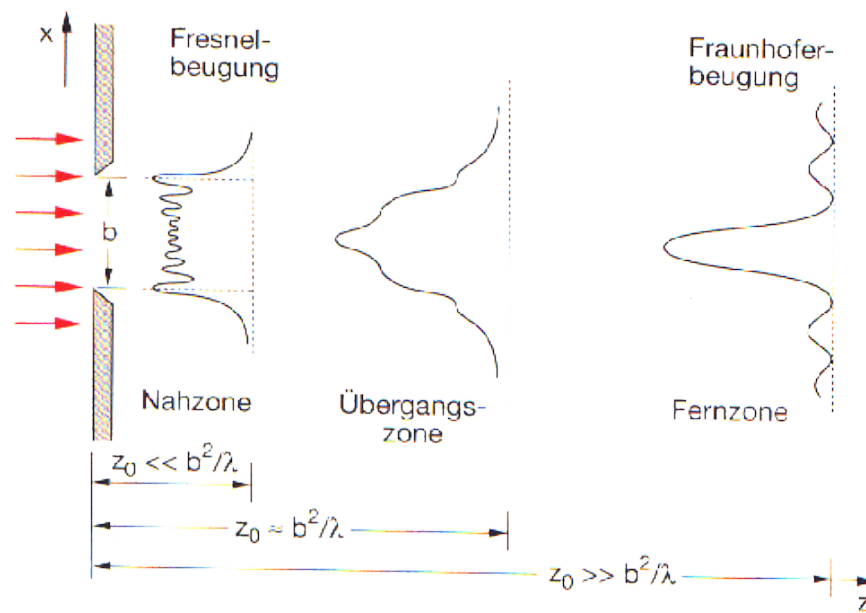


Abbildung 1: Übergang von Fresnel- zu Fraunhoferbeugung

Empfänger und Einzelspalt konstant. Der Effekt der Fresnel-Beugung beschreibt die Intensitätsverteilung im Nahbereich. Die Fraunhoferbeugung gibt eine gute Näherung für den Fernbereich (siehe Abbildung 1¹).

Fraunhofer-Beugung: Der Abstand zwischen Schirm und Spalt ist sehr groß gegenüber der Spaltbreite. Es können zudem die auf den Spalt einfallenden Strahlen als parallel und senkrecht zum Spalt angesehen werden. Dies hat Amplituden- und Phasengleichheit der emittierten Wellen zu Folge.

Fresnel-Beugung: Dieses Beugungsbild kommt zustande, wenn das Beugungsmuster in geringem Abstand vom Hindernis bzw. Spalt beobachtet wird. Da hier die Spaltabmessungen nicht mehr klein gegenüber dem Abstand des Spaltes vom Schirm sind, können diese nicht mehr vernachlässigt werden.

4 Spektrum des Einzelspalts, Doppelspalts und eines Gitters

Die zu untersuchenden Strahlen werden mittels Linsen parallel gehalten und treffen je Versuchsreihe auf einen Einzelspalt, einen Doppelspalt oder ein Gitter. Es wird jeweils die Intensitätsverteilung der sich ergebenden Spektren ausgemessen. In der Auswertung sollen auch noch die theoretischen Verläufe ermittelt werden, deswegen werden im folgenden die Intensitätsformeln angegeben. Für die Berechnung der theoretischen Verläufe ist die

¹Quelle: http://web.physik.rwth-aachen.de/~hebbeker/lectures/ph3_0203/p323_106/img79.gif

Wellenlänge der verwendeten Strahlung nötig. Es können aber auch im Umkehrschluss die Ergebnisse aus Aufgabe 1 verifiziert werden, indem man die Wellenlänge für die theoretischen Verläufe so lange variiert, dass man eine mögliche Deckungsgleichheit von Messwerten und theoretischem Postulat erhält.

Die Intensitätsverteilung des Beugungsbildes im Fernfeld lässt sich theoretisch mit Hilfe einer Fouriertransformation berechnen. Die Amplitudenverteilung des Fraunhoferschen Beugungsbildes ist proportional zur Fouriertransformierten der Transmissionsfunktion multipliziert mit der Feldstärkeverteilung. Die Intensität I des Beugungsbildes ist proportional zum Betragsquadrat der Amplituden. Für die Transmissionsfunktion gilt:

$$T(x) = \begin{cases} 1 & , \text{Öffnung} \\ 0 & , \text{sonst} \end{cases} \quad (2)$$

für die Intensität I :

$$I = I_0 \cdot \left| \int_{-\infty}^{+\infty} T(x) \cdot e^{ik_x x} dx \right|^2 \quad (3)$$

Löst man dieses Integral für die Transmissionsfunktion des Einzelspaltes mit Spaltbreite b erhält man:

$$I(\Theta) = I_0 \cdot \frac{\sin^2 x}{x^2}, \quad \text{mit } x = \frac{\pi \cdot b}{\lambda} \cdot \sin \Theta \quad (4)$$

Die Intensitätsverteilung für den Doppelspalt und das Gitter ergibt sich zu:

$$I(\Theta) = I_0 \cdot \frac{\sin^2 x}{x^2} \cdot \frac{\sin^2 (N \cdot y)}{\sin^2 y} \quad (5)$$

mit $x = \frac{\pi \cdot b}{\lambda} \cdot \sin \Theta$ und $y = \frac{\pi \cdot d}{\lambda} \cdot \sin \Theta$, wobei b die Breite der Spalte, d den Spaltabstand und N die Spaltanzahl bezeichnen.

5 Bau eines Interferometers

Zum Bau eines einfachen Interferometers werden zwei Plexiglasplatten in den Strahlengang eingebracht. Diese werden senkrecht zum einfallenden Strahl zueinander planparallel aufgestellt (siehe Abbildung 2). Plexiglas hat einen annähernd gleichen Reflexions- und Transmissionskoeffizienten. Ein auf die Plexiglasplatte auftreffender Strahl wird also geteilt, sodass die eine Hälfte das Material passieren kann und die andere Hälfte reflektiert wird. Am anderen Ende des Aufbaus kann nun also die Überlagerung eines zwei mal transmittierten und der zwischen den Plexiglasplatten zuerst reflektierten und dann transmittierten Strahlen gemessen werden. Wir gehen außerdem davon aus, dass die reflektierten Strahlen höherer Ordnungen (mehr als ein mal zwischen den Plexiglasplatten hin und her reflektierte Strahlen) aufgrund ihrer nur noch geringen Intensität vernachlässigbar sind.

Mit diesem Aufbau lässt sich die Wellenlänge bestimmen.

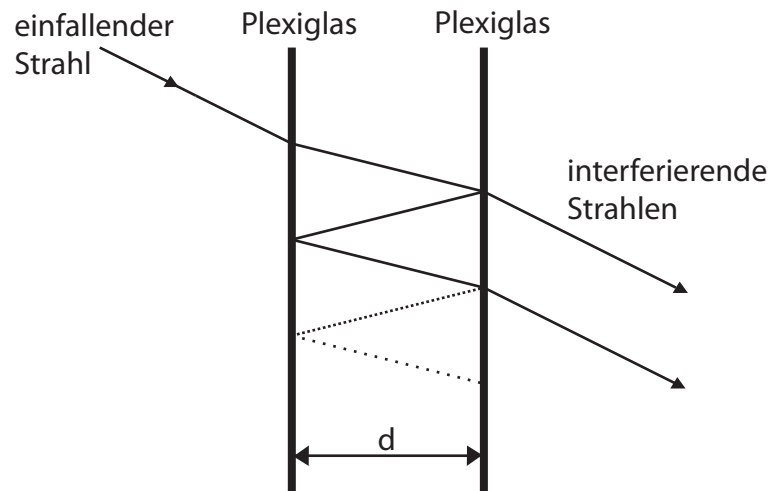


Abbildung 2: Schematischer Aufbau des Interferometers; der Strahl wurde schräg gezeichnet um das Zustandekommen des Interferenzeffektes zu verdeutlichen.

Intensitätsmaxima (konstruktive Interferenz) der Weg den der Reflektierte Strahl zusätzlich zurücklegt ($2 \cdot d$) entspricht einem ganzzahligen Vielfachen n der Wellenlänge. Somit gilt:

$$\lambda = \frac{2 \cdot d}{n} \quad (6)$$

Intensitätsminima (destruktive Interferenz) der Weg den der Reflektierte Strahl zusätzlich zurücklegt ($2 \cdot d$) entspricht einem ganzzahligen Vielfachen n der Wellenlänge und zusätzlich einer halben Wellenlänge. Somit gilt:

$$\lambda = \frac{2 \cdot d}{n + \frac{1}{2}} \quad (7)$$

6 Polarisation der Mikrowellenstrahlung

Es wird die Polarisation der Mikrowellenstrahlung zuerst ohne zusätzliches Element und danach mit einem $\frac{\lambda}{4}$ -Plättchen im Strahlengang untersucht.

a) ohne zusätzliches Element Man dreht den Empfänger um seine eigene Achse und registriert die Intensität in Abhängigkeit von seiner Stellung. Ist zunächst die Intensität maximal, dann wird sie nach einer Drehung um 90° verschwindend gering sein, da das Licht des Klystrons linear polarisiert ist. Es gilt für die Intensitätsverteilung

$$I = I_0 \cdot \sin^2 \phi \quad (8)$$

b) mit $\frac{\lambda}{4}$ -Plättchen Es wird ein $\frac{\lambda}{4}$ -Plättchen so in den Strahlengang eingebracht, dass die einfallende Strahlung unter 45° gegen die Polarisationsrichtung gedreht ist. Nach dem Durchgang des Strahls wäre zirkular polarisiertes Licht zu erwarten. Da jedoch die parallel zu den Metallstreifen einfallende Komponente viel stärker gedämpft wird, wird nach dem $\frac{\lambda}{4}$ -Plättchen elliptisch polarisiertes Licht auftreten.

Bei zirkular polarisiertem Licht tritt keine Winkelabhängigkeit der Intensität auf. Die Intensität ist aber um den Faktor $\sqrt{2}$ geringer als im linear polarisierten Fall. Bei elliptischer Polarisation besitzt die Intensität ein Maximum. Bei einer 90° Drehung zum Maximalwert ist ein Intensitätsminimum messbar.

7 Vergleich des Absorptionsvermögens

Es soll qualitativ das Absorptionsvermögen von Glas, Plexiglas und Paraffin für Zentimeterwellen mit dem für sichtbares Licht verglichen werden. Dazu wird die Intensität zuerst ohne und dann mit eingebrachtem Medium gemessen.

8 Der optische Tunneleffekt

Im folgenden Versuchsteil soll der sogenannte optische Tunneleffekt untersucht werden. Es werden dazu zwei Zuckerprismen so in den Strahlengang eingebracht, dass sich ihre Hypothenusen in einem minimalen Abstand parallel gegenüberliegen (siehe Abbildung 3). Trifft nun der Strahl auf die Hypotenuse des ersten Prismas, so wird dieser eigentlich total reflektiert. Ein Teil der Strahlung kann jedoch bei geringem Abstand der Prismen in das zweite Prisma tunneln und sich dort weiter ausbreiten. Es wird nun die Intensität I der Strahlung als Funktion des Abstandes x der Prismen gemessen. Wir erwarten einen zum Abstand exponentiellen Abfall der Intensität. Zur Auswertung wird $\ln I$ über dem Abstand x aufgetragen. Mittels der Geradensteigung lässt sich die Reichweite R ermitteln, nach der die Intensität um den Faktor e abgeschwächt ist.

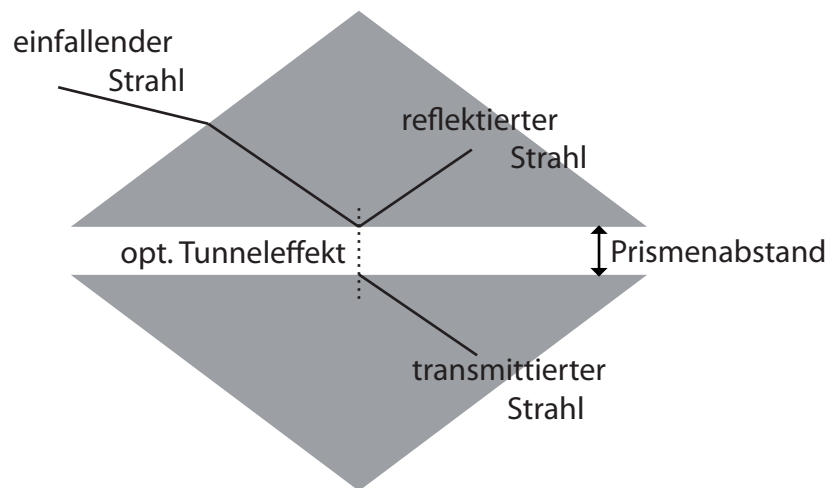


Abbildung 3: Versuchsaufbau zum optischen Tunneleffekt.

27.5.10

Messprotokoll:

1. Wellenlängenbestimmung: Abstand ~~von~~ ^{von 20} Minima: $x_1 = 0,1276$
 (Auftragung: Wegs (x-Achse)) $x_2 = 0,442$
 u² y-Achse)

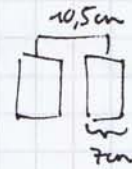
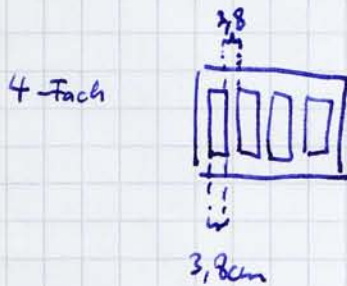
$$\frac{\lambda}{2} = \frac{\Delta x}{20} = \frac{0,3144 \text{ m}}{20} = 0,0157 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \lambda = 0,0314 \text{ m}$$

2. Bedachtly des Mikrowellensignals: • Aelfall wie vermutet mit $\approx \frac{1}{r^2}$ (Erleuchtung)

3./4. winkelabhängige Messung: Radius 0,15 m

nacheinander durchgeführt für: Einzelspalt, Doppelspalt, Gitter [mit Radius 0,15 m
 → Fraunhoferbeugung]
 Einzelspaltbreite: 7 cm



Doppelspalt: Spaltbreite: 7 cm, Spaltabstand: 10,5 cm

zuerst: Fraunhoferbeugung, dann Fresnelbeugung

bei Fresnelbeugung: Versuch nicht gut geklappt
 → typisches Fresnelbeugungsbild nicht erhalten
 kein

5. Interferometer

6. a) Polarisation ohne zusätzliches Objekt

Winkel [°]	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
U[V]	1,17	1,17	1,15	1,10	0,98	0,81	0,54	0,16	0,04	0,007

b) Polarisation mit $\frac{1}{4}$ -Plättchen
 Polarisator um 45° gegen Horizontal / geneigt
 Polarisationsrichtung

Winkel [°]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
U[V]	1,06	1,11	1,117	1,065	0,97	0,86	0,73	0,56	0,36	0,20

Winkel [°]	100	110	120	130	140	150	160	170	180
U[V]	0,13	0,118	0,118	0,28	0,517	0,695	0,851	0,93	0,965

7.

dünne Glasplatte: recht hohes Absorptionsvermögen (Spannung gemessen an Empfänger sinkt)

Absorptionsvermögen von Plexiglas kleiner als das von Glas

Abstandshalter	U (nicht U_{empf})	U_{empf}
1.) 0,99 mm	0,149 V	0,1218 V
2.) 1,99 mm	0,147 V	0,153 V
3.) 4 mm	0,125 V	
4.) 8 mm	0,081 V	
5.) 16 mm	0,020 V	
6.) 32 mm	0,013 V	

[Handwritten signature]

Auswertung

P2-15 Mikrowellenoptik

Carolin Klusmann (1453210)

Matthias Hecht (1452900)

Datum: 10.06.2010

1 Wellenlängenbestimmung

In diesem Versuch bestimmen wir die Wellenlänge der verwendeten Mikrowellenstrahlung, indem wir das Feld einer stehenden Welle vor einer Metallplatte ausmessen. Hierzu führen wir den Empfangsdipol langsam durch die stehende Welle und messen die in der Empfangsdiode induzierte Spannung U . Mithilfe von CASSY tragen wir U^2 über dem zurückgelegten Weg s auf, da die Spannung als gut messbare Größe proportional zum \vec{E} -Feld ist und $I \propto U^2$. Wir erhalten den in Diagramm 1 ersichtlichen Verlauf. Wie erwartet, registrieren wir abwechselnd Maxima und Minima der stehenden Welle. Aus dem so ermittelten Schaubild bestimmen wir über Messung des Abstandes Δx von 20 Intensitätsminima die Wellenlänge der verwendeten Strahlung. Wir erhalten:

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{\Delta x}{20} = \frac{0,3144m}{20} = 0,0157 \quad (1)$$

$$\lambda = 0,0314m \quad (2)$$

Die Wellenlänge der verwendeten Strahlung liegt damit im Bereich von $3,14cm$. Dieses Ergebnis stimmt sehr gut mit dem Literaturwert von $3cm$ überein.

2 Beobachten des emittierten Signals

In diesem Versuchsteil beobachten wir das Mikrowellensignal mithilfe des Hornempfängers und stellen das Signal unter Verwendung von CASSY dar. Wir tragen dabei U^2 über die Entfernung von Sender und Empfänger auf und erhalten Diagramm 2. Wie erwartet, erhalten wir einen Abfall der Intensität, welcher proportional zum reziproken Abstandsquadrat $\frac{1}{r^2}$ ist.

3 Fresnelbeugung am Einzelspalt

In diesem Versuch soll das winkelabhängige Interferenzmuster bei Fresnel-Beugung am Einzelspalt gemessen werden. Der Versuchsaufbau erfolgt dabei gemäß Abbildung 7 aus der Vorbereitungshilfe. Vom Sender S ausgehend, fällt das Wellenbündel durch eine Paraffinlinse auf einen Einzelspalt. Der Abstand von Sender und Linse sowie Empfänger und Linse sollte gerade der Brennweite f der Paraffinlinsen entsprechen. In festem Abstand fahren wir nun mithilfe des Empfängers am Horn um den Beugungsspalt herum und messen die Winkel mehrerer Intensitätsmaxima und -minima links und rechts der optischen Achse. Den Abstand zwischen Spalt und Empfänger wählen wir dabei möglichst groß, um ein möglichst gutes Ergebnis für den Grenzfall der Fraunhofer-Näherung zu erhalten. Da der Winkel hier nicht mehr klein ist, gilt auch die in der Lichtoptik gemachte Näherung $\sin\alpha \sim \alpha$ nicht mehr. Als Beugungsbild erwarten wir daher kein klassisches Fraunhofer-Beugungsbild, sondern ein Bild, welches durch Fresnelbeugung beeinflusst ist. Diesen Effekt erkennt man im Beugungsbild daran, dass die Intensitätsminima eine von Null verschiedene Intensität aufweisen.

Die Linsenabstände stellten wir bei diesem Versuch so ein, dass die Intensität ohne Einzelspalt maximal wurde. Nach Einfügen eines Einzelspalts mit Einzelspaltbreite $b = 7\text{cm}$ messen wir mithilfe von CASSY die Intensitätsverteilung in Abhängigkeit des Winkels. Wir erhalten Schaubild 3 (siehe Anhang). Unser Messergebnis ist nicht ganz zufriedenstellend. Wir erhalten kein typisches Fresnelbeugungsbild. Der für die Fresnelbeugung charakteristische Verlauf bzw. das Oszillieren am oberen Rand der aufgenommenen Kurve lässt sich nur erahnen (siehe Diagramm 3).

4 Messen des Spektrums eines Einzelspalts, Doppelspalts und Gitters

Der Versuchsaufbau und -ablauf ist ähnlich zu Aufgabe 3, wir erhöhen allerdings den Abstand von beugendem Objekt zu Linse deutlich, da wir in diesem Versuch im Gegensatz zu Aufgabe 3 keine Fresnel-Beugungsbilder aufnehmen, sondern Fraunhoferbeugungsbilder für Einzelspalt (Spaltbreite $b = 7\text{cm}$), Doppelspalt (Spaltbreite $b = 7\text{cm}$, Spaltabstand $d = 10,5\text{cm}$) und Gitter (4-fach Spalt mit Spaltbreite $b = 3,8\text{cm}$ und Spaltabstand $d = 7,6\text{cm}$).

Per "fit-by-eye" variieren wir die Wellenlänge und Intensität bis die beste Übereinstimmung unserer gemessenen Kurve mit der berechneten erreicht wird.

- Das Interferenzmuster beim Einfachspalt (Diagramm 5) entsprach nicht unseren Erwartungen. Man erreicht Deckungsgleichheit der Minimas erster Ordnung bei einer Wellenlänge von $\lambda = 0,03\text{m}$. I_0 bestimmen wir zu $I_0 = 0,005$ (Formel siehe Vorbereitung Gleichung 4).

- Für den Doppelspalt (Diagramm 6) ergibt sich die beste Übereinstimmung mit der theoretisch berechneten Kurve für $\lambda = 0,034m$ und $I_0 = 0,011$ (Formel siehe Vorbereitung Gleichung 5).
- Für das 4-fach Gitter (Diagramm 7) ermitteln wir: $\lambda = 0,031m$ und $I_0 = 0,00033m$ (Formel siehe Vorbereitung Gleichung 5).

Die bestimmten Wellenlängen stimmen bei den Mehrfachspalten in sehr guter Näherung mit dem Literaturwert von $\lambda = 3cm$ für die verwendete Strahlung überein.

5 Interferometer

Wie in der Vorbereitung beschrieben, bauen wir mittels zweier paralleler Plexiglasplatten ein Interferometer auf. Die Plexiglasplatten werden dabei senkrecht in den Strahlverlauf eingebracht. Plexiglas eignet sich zum Bau des Interferometers besonders gut, da Reflexions- und Transmissionskoeffizient hier annähernd gleich sind. Dies hat zur Folge, dass ein einfallender Strahl aufgeteilt wird in einen reflektierten und einen transmittierten Strahl. Der transmittierte Strahl trifft auf die zweite Plexiglasplatte. Hier wird wieder ein Teil des Strahl reflektiert, der andere transmittiert usw..Wir variieren in unserer versuchsanordnung den Abstand der Plexiglasplatten und tragen die Intensität des transmittierten Strahls mithilfe von CASSY über dem Abstand auf (siehe Diagramm 8). Um die Wellenlänge der verwendeten Strahlung zu messen, messen wir den Abstand Δx von 35 Minima. Dieser beträgt $\Delta x = 0,553m$. Für die Wellenlänge ergibt sich damit:

$$\lambda = \frac{2 \cdot 0,553m}{35} \cdot 0,0316m = 3,16cm \quad (3)$$

Dieser Wert steht sowohl in Einklang mit dem in Aufgabe 1 ermittelten Wert als auch mit dem Literaturwert von $3cm$. Das Interferometer eignet sich daher trotz seines verhältnismäßig einfachen Aufbaus recht gut zur Bestimmung von Wellenlängen.

6 Polarisation der Mikrowellenstrahlung

In diesem Versuch wird zunächst die Mikrowellenstrahlung ohne zusätzliches Element gemessen, anschließend mit einem $\frac{\lambda}{4}$ -Plättchen im Strahlengang.

In Abbildung 1 wurde jeweils bei linearer Polarisation (Abbildung 1a) und zirkularer Polarisation (Abbildung 1b) die Intensität über den Winkel bezogen zum Sender aufgetragen. Wir verwenden Polarkoordinaten, wobei der Radius die Intensität U^2 widerspiegelt.

In Abbildung 1a lässt sich sehr gut die lineare Polarisation der Welle erkennen, die Maximale Intensität erhält man bei einem Winkel von 0° bzw. 180° zwischen Sender und Empfänger. Bei einem Winkel von 90° bzw. 270° ist die Intensität mit $U^2 = 4,9 \cdot 10^{-5}V^2$ verschwindend gering.

Die erwartete elliptische Polarisierung lässt sich in Abbildung 1b hingegen nur schwer erahnen. Die Hauptpolarisationsrichtung ist um ca. 15° gegenüber dem Sender verschoben und die minimale Intensität bei 120° von $U^2 = 0,0139V^2$ ist um den Faktor 285 größer als bei der linearen Polarisierung.

7 Vergleich von Absorptionsvermögen

Wir untersuchen qualitativ das Absorptionsvermögen von Glas, Plexiglas und Paraffin für Mikrowellenstrahlung, indem wir die verschiedenen Materialien nacheinander in den Strahlengang zwischen Quelle und Empfänger einbringen und die Spannung messen. Das Absorptionsvermögen lässt sich dabei über den prozentualen Anteil der absorbierten Strahlung bestimmen. Anschließend vergleichen wir das Absorptionsvermögen für die verschiedenen Materialien bezüglich Mikrowellenstrahlung und sichtbarem Licht. Glas ist für sichtbares Licht, wie zu erwarten, sehr gut durchlässig, absorbiert jedoch Mikrowellenstrahlung recht stark. Plexiglas ist für sichtbares Licht nicht so stark durchlässig wie Glas, lässt jedoch deutlich mehr Mikrowellenstrahlen passieren als Glas. Paraffin ist im Gegensatz zu Glas für sichtbares Licht nahezu undurchlässig, wohingegen Mikrowellenstrahlen Paraffin nahezu ungehindert durchdringen können.

8 Optischer Tunneleffekt

In diesem Versuch untersuchen wir den optischen Tunneleffekt. Wie in der Vorbereitung beschrieben bringen wir dazu zwei planparallele Zuckerprismen in den Strahlengang. Um Planparallelität zu gewährleisten klemmen wir dazu nacheinander unterschiedlich dicke Abstandhalter zwischen die Prismen und messen die Intensität des Strahls hinter dem zweiten Prisma in Abhängigkeit des Abstandes beider Prismen. Da wir einen exponentiellen Verlauf erwarten, tragen wir die Werte logarithmisch auf (siehe Abbildung 2).

Lineare Regression liefert eine Gerade mit Steigung

$$m = -0,184 \frac{1}{mm} \quad (4)$$

Daraus erhalten wir für den Intensitätsverlauf die Näherung

$$I(x) = I_0 \cdot e^{-0,184 \frac{1}{mm} \cdot x} \quad (5)$$

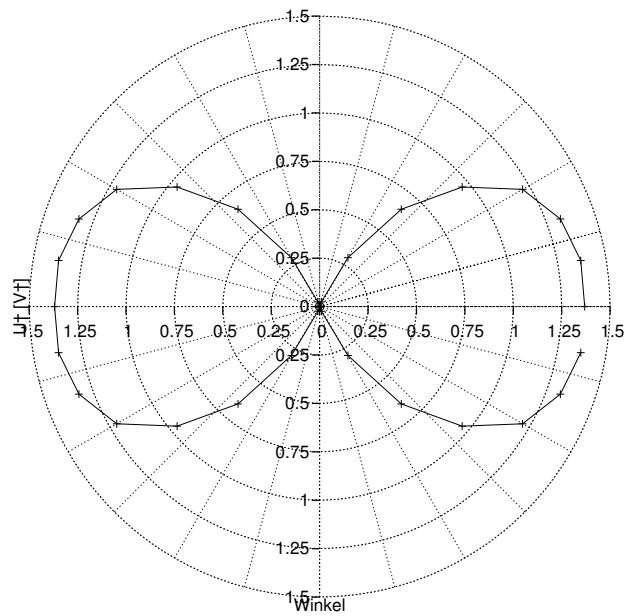
Die Reichweite x_R der Strahlung ergibt sich nun definitionsgemäß als die Strecke, nach der die Intensität auf $\frac{1}{e}$ ihrer ursprünglichen Stärke gefallen ist. Es gilt somit:

$$\frac{1}{e} \cdot I_0 = I_0 \cdot e^{-0,184 \frac{1}{mm} \cdot x_R} \quad (6)$$

Auflösen nach x_R ergibt dann:

$$x_R = 5,435mm \quad (7)$$

Wir erwarteten, dass x_R ungefähr einem Viertel der Wellenlänge entspricht, also $x_{R,erwartet} = 7,5\text{mm}$. Unser gemessener Wert ist jedoch wesentlich kleiner. Dies könnte daran liegen, da wir für die Abstandsmessung der Zuckerprismen die Dicke der Plexiglasscheiben vernachlässigten, die konstruktionsbedingt die Zuckerprismen umgeben. Der Abstand der Zuckerprismen wäre daher höher als der gemessene Abstand.



(a) Lineare Polarisation des Senders

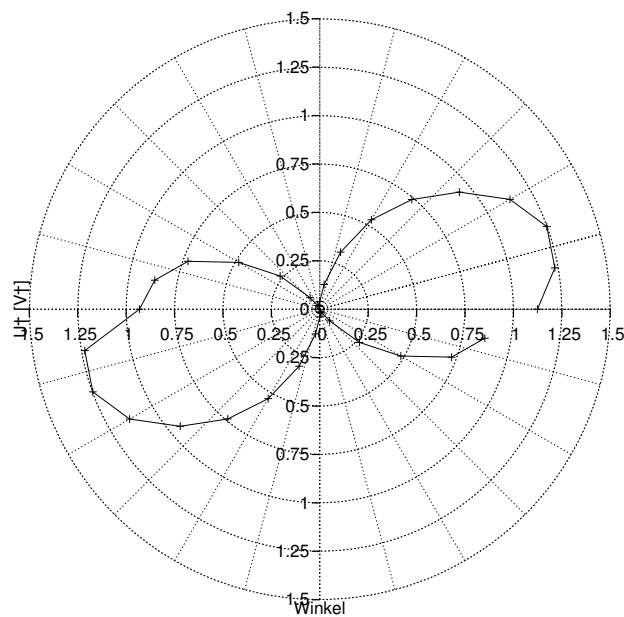
(b) zirkulare Polarisation durch $\frac{\lambda}{4}$ -Plättchen

Abbildung 1: lineare und zirkulare Polarisation von Mikrowellen

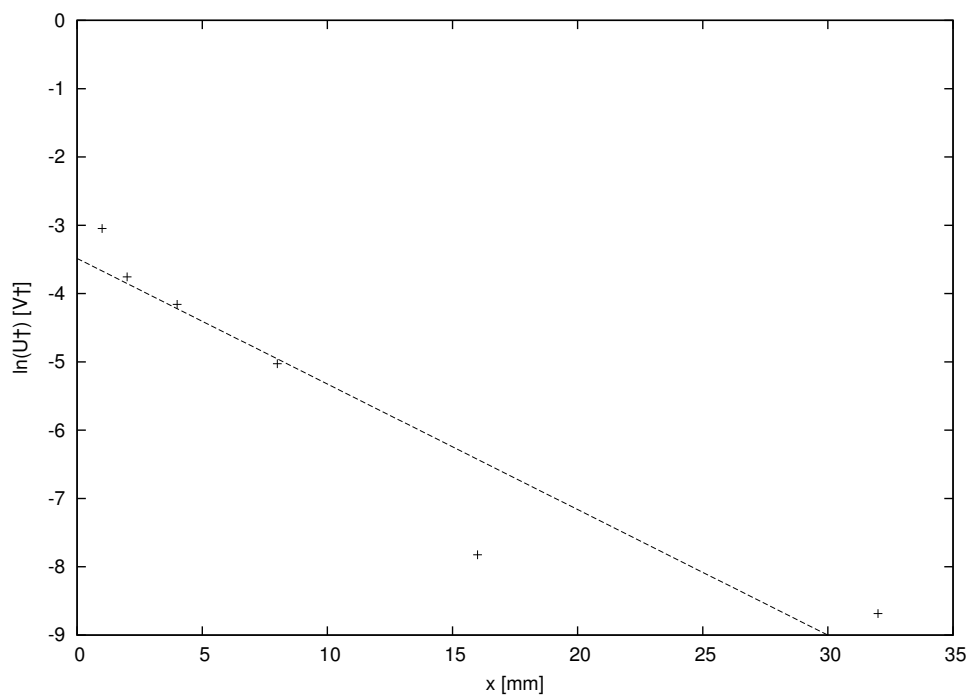


Abbildung 2: Der optische Tunneffekt. Bei diesem Diagramm wurde $\ln U^2$ über x aufgetragen