



Seminararbeit

Thema: Coloured Line

Zusätzlich Kurztitel (Nur falls das Thema mehr als 3 Zeilen zu je 44 Zeichen lang ist):

Verfasserin: Emilia Hennings

Leitfach: Physik

Seminarkürzel: 2W_ph

Lehrkraft: Herr Dr. Grillenbeck

Abgabe der schriftlichen Arbeit am:

[Datumsstempel Sekretariat]

Präsentation mit Prüfungsgespräch am:

____.____. 20____

Bewertung	Note	in Worten	Punkte		Punkte
schriftliche Arbeit				x 3	
Abschlusspräsentation				x 1	
<i>Summe</i>					
Gesamtleistung nach § 29 (7) GSO = Summe : 2 (gerundet)					

Unterschrift der Lehrkraft

Inhalt

1 Einleitung.....	3
1.1 Aufbau einer CD	3
2.1 Interferenzen am Einfachspalt	4
1.3 Interferenzen an Lands und Pits.....	5
1.4 Phänomen Farbspektrum durch Brechung weißen Lichts	7
1.4 Fragestellung und Zielsetzung	7
2 Methoden.....	8
2.1 Vorbemerkung zur Messung des Ausfallswinkels und Bestimmung der Wellenlänge	8
2.2 Aufbau und Durchführung	10
3 Ergebnisse.....	12
4 Diskussion der Ergebnisse	14
Kritische Auseinandersetzung mit dem Versuch.....	17
5 Zusammenfassung.....	18
6 Quellenverzeichnis	20
7 Anhang	22
Anhang 1: Farbspektrum sichtbaren Lichts mit Wellenlängen	22
Anhang 2: Einzelmessungen des Einfallswinkels.....	22

1 Einleitung

Auf einer CD, auf die Licht geworfen wird, lässt sich ein faszinierendes Phänomen feststellen. Ein Farbspektrum in Form einer Linie erstreckt sich über die Diagonale der CD. Dieses Spektakel wird durch Interferenz hervorgerufen, die zunächst 1802 von dem englischen Physiker Thomas Young¹ gefunden und anhand des Doppelspalts erklärt werden konnte. Durch Interferenz lässt sich erkennen, dass Licht in Wellenform vorkommt. Young erklärte anhand dieses Versuchs, dass Licht Welleneigenschaften besitzt und widerlegte die Korpuskulartheorie von Isaac Newton, die besagte, Licht sei ein Strahl aus einzelnen Teilchen. Das Ergebnis Youngs Versuchs ist: „(...) Ein Bündel homogenes Licht (fällt) auf einen Schirm mit zwei Schlitzen; diese können als Zentren der Ausstrahlung betrachtet werden, von denen das Licht in alle Richtungen abgelenkt wird.“

Die Erkenntnisse durch diese Feststellung führten zu weiteren Errungenschaften sowohl in der Optik als auch in der Quantenmechanik und lassen sich in vielen Bereichen der Forschung und unserem alltäglichen Leben wiederfinden. Interferenz ist ein Mittel zur Messung: Die Lichtsignale, die durch Interferenz entstehen, enthalten wichtige Informationen zu der Oberflächenstruktur eines Körpers. So werden beispielsweise die Signale, die durch Interferenz an der Oberfläche einer CD hervorgerufen werden, durch einen CD-Spieler in Musik umgewandelt. Ähnliches passiert auch in einem DVD-Player, jedoch werden hier Signale als Ton und Bild erkannt.²

1.1 Aufbau einer CD

Eine CD besteht aus zwei Schichten. Zum einen aus einer Aluminiumschicht, in der Pits eingestanzt sind. Es entstehen Erhebungen auf der CD, sogenannten Lands, und Senkungen, auch Pits genannt (Abbildung 1). Die Aluminiumschicht fungiert auch zur Lichtspiegelung. Die zweite Schicht bildet eine Schutzhülle aus durchsichtigem Kunststoff. Licht ist durch diesen Medienwechsel nicht gehindert in den Kunststoff durchzudringen. An den Übergängen zwischen Luft zu Kunststoff, sowie Kunststoff zu Luft kommt es zur Lichtbrechung: Hier wird das Licht aufgrund seiner unterschiedlichen Fortbewegungsgeschwindigkeiten in verschiedenen Medien gebrochen. Das heißt, der Einfallswinkel bzw. Ausfallswinkel, in dem Medium ändert sich jeweils.

¹ Thomas Young 1807: „A Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts“ (Quelle 1)

² Vorlesungsskript PHYSIK2110 Grundlagen der Physik IIIa für Physiker (Quelle 2)

Entscheidend für die Reflexion und Interferenz von Licht ist die Aluminiumplatte mit ihren Lands und Pits.³

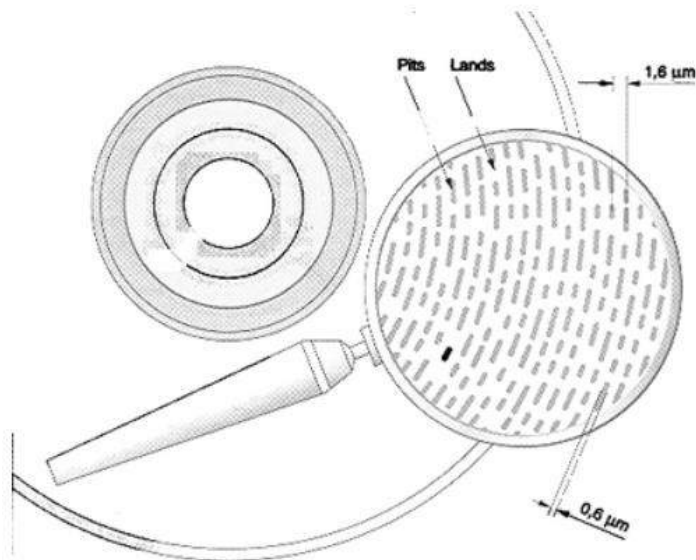


Abb.1: Lands und Pits vergrößert auf einer CD⁴

2.1 Interferenzen am Einfachspalt

Als Mittel zur Erklärung von Interferenz kann der Versuch eines Einfachspalts dienen (Abbildung 2). Der Einfachspalt ist ein Spalt in einem metallenen Plättchen, durch den Licht eines Lasers senkrecht zu dessen Oberfläche geworfen wird. Auf der anderen Seite des Spalts ist ein Schirm aufgebaut, der das Interferenzmuster auffängt. Durch den Einfachspalt werden Randstrahlen des einfallenden Lichts absorbiert, nur die übrigen Lichtbündel gelangen durch den Spalt, sodass ein umschriebener Lichtstrahl entsteht. Licht erfährt durch den Spalt Beugung, wodurch die einzelnen Lichtbündel unterschiedliche Ausfallswinkel besitzen. Hinter dem Einfachspalt beobachtet man die sogenannte *destruktive Interferenz* (wenn für den Gangunterschied der Randstrahlen am Einfachspalt gilt: $\Delta s = k \times \lambda$), wobei sich Lichtbündel auslöschen. Bei *konstruktiver Interferenz* überlagern sich Wellenberge und die Lichtintensität wird verstärkt. So erscheint auf dem Schirm eine horizontal ausgerichtete, gepunktete Linie. Die einzelnen nun sichtbaren hellen Punkte sind die konstruktiv interferierten Wellen und werden *Maximum erster Ordnung*, *Maximum zweiter Ordnung*, usw. genannt. Man geht von

³ „Compact Disc Diffraction“ von Christian Nöldeke, 1990 (Quelle 3)

⁴ Abbildung von Lands und Pits auf einer CD (Quelle 4)

dem mittleren, hellsten Punkt, dem Maximum nullter Ordnung aus und zählt in beide Richtungen, anfangend mit eins. Die sichtbaren Lücken zwischen den Maxima, die kein Licht aufweisen, sind die destruktiven Interferenzen, genannt *Minima*. Bei ihnen verfährt man mit dem Zählen genau wie bei den Maxima, nur, dass es hier kein Minimum nullter Ordnung gibt.⁵

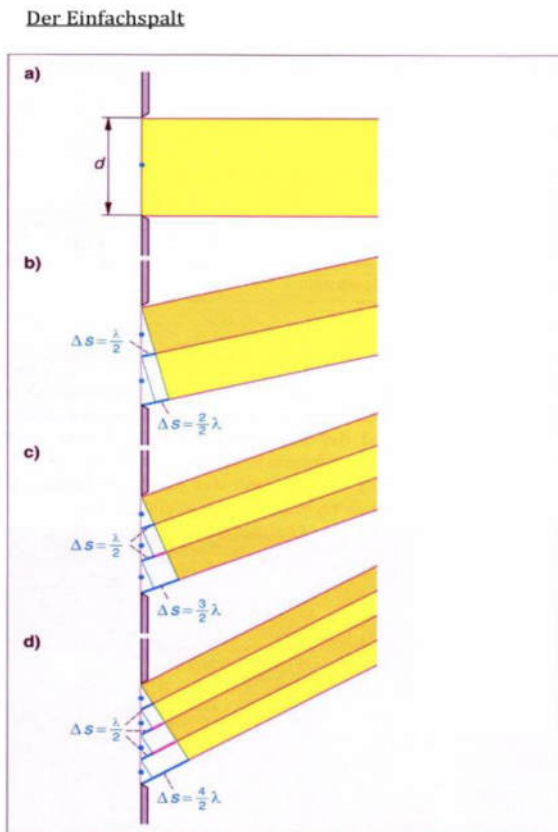


Abb.2: Veranschaulichung von Beugung und Interferenz am Einfachspalt durch Gangunterschiede⁶

1.3 Interferenzen an Lands und Pits

Auch, wenn Licht eines Lasers auf eine CD fällt, entstehen auf diese Weise Interferenzmuster, wobei hier das auftreffende Licht an den Lands und Pits interferiert. Bei einer CD wird diese Interferenz ausgenutzt, um Lichtsignale, die von einem Lichtsensor gemessen werden, in Ton umzuwandeln. Trifft das Laserlicht auf Lands oder Pits, kommt es zur konstruktiven Interferenz. Die Höhe der Lands hat keinen Einfluss auf die Interferenz. An einer Kante

⁵ Dirk Rathje, 2006, weltderphysik.de, „Wie liest ein CD-Spieler eine CD-ROM?“ (Quelle 5)

⁶ Abbildung aus Biophysikunterricht (Quelle 6)

zwischen Land und Pit kommt es zu einer destruktiven Interferenz. So entsteht eine Kodierung von 0- und 1-Signalen (Abbildung 3).⁷

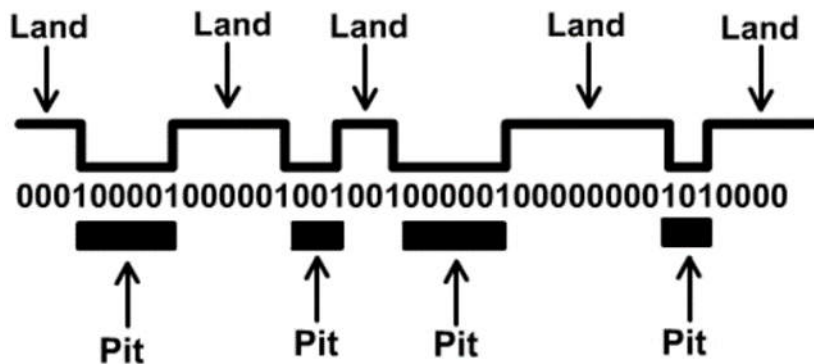


Abb.3: Betrachtung auf einer Reihe im Kreis angeordneter Lands und Pits auf einer CD und den jeweiligen Signalen⁸

Lands und Pits sind auf einer CD kreisförmig in Reihen um den Mittelpunkt angeordnet. Bei der Betrachtung der vielen Reihen, in der diese angeordnet sind, ergänzen sich die einzelnen Interferenzstreifen zu einem Kreis aus Maxima und Minima. Beim Einfall von weißem Licht auf die CD, wird ein Farbspektrum in Form eines Rings sichtbar. Die farbliche Anordnung beginnt von innen nach außen und ist vergleichbar mit einem Regenbogen.



Abb. 4: Ringförmiges Lichtspektrum auf einem Schirm

⁷ „Diffraction Grating“, Basic explanation of light diffraction caused by a CD (Quelle 7)

⁸ Abbildung von Lands und Pits in einer Reihe (Quelle 8)

1.4 Phänomen Farbspektrum durch Brechung weißen Lichts

Neben der Interferenz mit weißem Licht findet gleichzeitig durch diese auch Lichtbrechung statt. Im Vergleich zu einem Einfachspalt, auf den ein Laser strahlt und Licht in Bündeln betrachtet wird, die sich gegenseitig auslöschen, oder ergänzen, werden die Lichtbündel weißen Lichts in unterschiedliche Farben eingeteilt. Es sind also keine Maxima und Minima zu erkennen, wenn man einen Schirm hinter die Lampe aufstellt, sondern ein Farbspektrum. Die einzelnen Farbbündel trennen sich aus dem erstmals weißen Lichtstrahl und, da sie unterschiedliche Wellenlängen besitzen, löschen sie sich nicht aus, sondern die Farbbündel einer Farbe ergänzen sich zu jeweiligen Farbmaxima auf dem Schirm.

1.4 Fragestellung und Zielsetzung

In dieser Seminararbeit soll in einer Versuchsanordnung das Phänomen der Interferenz anschaulich dargestellt werden. Es wird angenommen, dass der auf der CD beobachtete Lichtstreifen durch ein Interferenzphänomen entsteht, ähnlich wie es auf der Versuchsanordnung mit dem Schirm beobachtet werden kann. Es wird die Frage behandelt, warum diese auf der CD erscheint und nicht auf dem Schirm. Untersucht wurde daher, ob die Farbe des auf einer mit weißem Licht bestrahlten CD beobachteten Lichtstreifens anhängig vom Einfallswinkel ist. Außerdem soll das Farbspektrum des Lichtstreifens auf der CD mit dem auf dem Schirm verglichen werden.

2 Methoden

2.1 Vorbemerkung zur Messung des Ausfallswinkels und Bestimmung der Wellenlänge

Zur Bestimmung der Wellenlängen eines Farbspektrums, das von einer CD auf einen Schirm als Interferenzmuster reflektiert wird, wird in einem Versuchsaufbau eine CD aufgestellt, auf die eine Lampe weißen Lichts strahlt. Hinter der Lampe ist eine Skala (als Schirm zum Auffangen des reflektierten Lichts) angebracht, die sich von der Mitte (Lot auf Mitte der CD) nach rechts und links erstreckt. Mit der Bestimmung des Abstands zwischen dem ersten und zweiten Maximum des Interferenzmusters kann nun der Ausfallswinkel einer bestimmten Farbe sowie deren Wellenlänge berechnet werden:

Gegeben ist der Abstand von CD und Schirm sowie der Abstand der konzentrischen Reihen der Lands und Pits auf der CD ($1,5 \mu\text{m}$). In diesem Versuch ist der Ausfallswinkel einer Lichtfarbe durch die jeweiligen Maxima einfach zu messen.

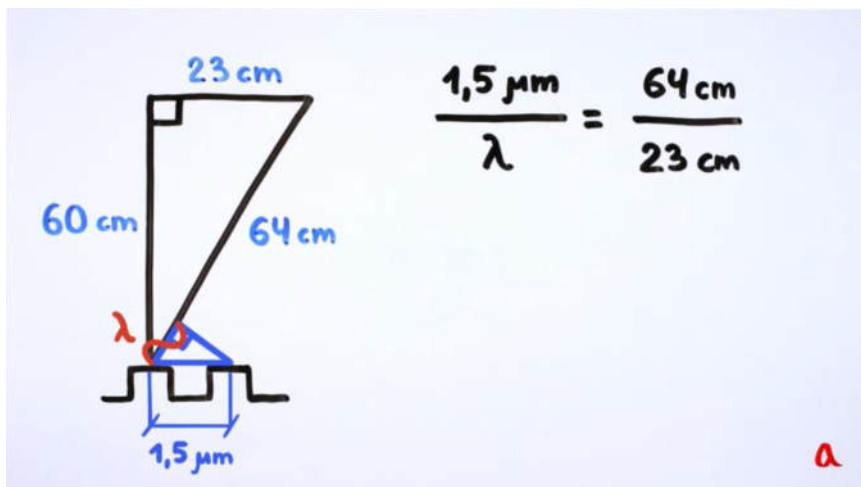


Abb. 5: Messung der Wellenlänge des zusehenden Lichts auf dem Schirm mit Gleichung, Betrachtung von oben⁹

Mit den so erhaltenen Werten lässt sich nun eine Gleichung aufstellen, da die beiden unten gezeigten rechtwinkligen Dreiecke zueinander proportional sind. Es gelten dieselben Regeln, wie bei Interferenz an einem Einfachspalt. Also gilt:

⁹ Versuch zur Betrachtung des Interferenzmusters als Informationsquelle von GYPT (Quelle 9)

$$(1,5\mu\text{m}) / \lambda = 64\text{cm} / 23\text{cm}$$

Anhand des rechtwinkligen Dreiecks lässt sich erkennen, dass der Satz des Pythagoras angewendet werden kann, um den Einfallswinkel zu berechnen. Hierfür verwendet man das untere Dreieck in der Abbildung, welches sich aus einer Hypotenuse (Abstand der Reihen der Lands oder Pits auf der Diagonalen der CD: $1,5\mu\text{m}$), einer Gegenkathete (Wellenlänge λ) und einer Ankathete (unbekannt) zusammensetzt. Die Länge der Hypotenuse $1,5\mu\text{m}$ wird umgerechnet in Nanometer, also: $1,5\mu\text{m} = 1500\text{nm}$. Da der genaue Wert für eine Farbe über ein größeres Spektrum (Anhang 1: Abbildung Spektrum) bestimmt wird (beispielsweise bei Rot von 780nm bis 620nm), wird zunächst der Mittelwert für die Wellenlänge einer Farbe berechnet.¹⁰

Die Berechnung für den Winkel α ist:

$$\sin \alpha = \text{Gegenkathete} / \text{Hypotenuse}$$

$$\sin \alpha = \lambda / 1500\text{nm}$$

$$\sin^{-1}(\alpha) = \alpha$$

Die berechneten Werte für λ sind folgende (**Tabelle 1**):

Farbe des Lichts	Wellenlänge (in nm)	Ausfallswinkel (in Grad)
rot	$(780+620):2 = 700$	27,8
gelb	$(575+580):2 = 577,5$ (gerundeter Wert)	22,6
grün	$(497+530):2 = 513,5$ (gerundeter Wert)	20,1
blau	$(450+482):2 = 466$	18,1

Wie die in der Tabelle aufgelisteten Ergebnisse der Berechnung zeigen, wird der Ausfallswinkel größer, je größer die Wellenlänge λ .

¹⁰ Angaben für Wellenlängen (Quelle 10)

2.2 Aufbau und Durchführung

Für den Versuch wird eine CD in der Entfernung von 60cm, welche die y-Achse bildet, zur x-Achse aufgestellt. Am Schnittpunkt der beiden Achsen ($x = 0$), auf der Höhe von 13cm, ist der Empfänger des Lichts platziert. Den Empfänger stellt zur Messung das menschliche Auge dar (in Abbildung 8 die Kamera). Die Lampe, die die CD bescheint, ist ebenfalls auf der Höhe von 13cm und wird an der x-Achse so verschoben, dass die zumessende Farbe vom Empfänger wahrgenommen werden kann. Um die Position des Empfängers genauer zu bestimmen, schaut dieser durch ein Loch, das 13cm über der x-Achse installiert ist. Dieses Loch wird durch zwei eng aneinander liegenden Holzstäbchen gebildet, auf denen zwei Klebebandstreifen die obere und untere Sichtgrenze bilden (Abbildung 6 und 7).

Gemessen werden zuerst die Abstände von Empfänger zu Sender, um später dann mithilfe des Sinus den Einfallswinkel zu bestimmen. Die gemessenen Farben sind nur vom Auge als solche definiert, deshalb wird versucht die Wellenlängen zu berechnen und die Farben somit genau einordnen zu können.

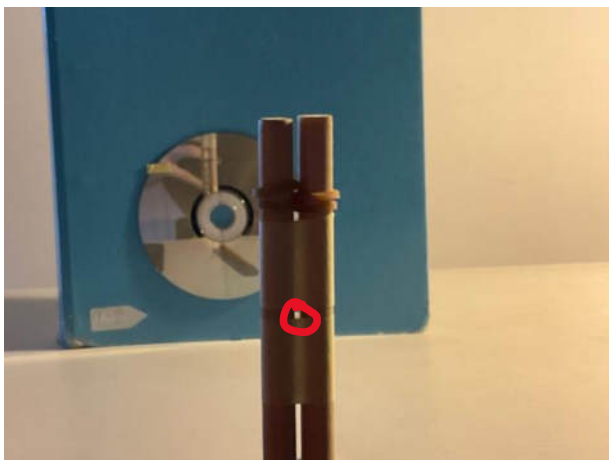


Abb. 6: Sichtloch bei Versuch rot markiert



Abb.7: Versuchsaufbau mit Messskala

Zur Bestimmung einer zu messenden Farbe wird ein Punkt auf der Linie festgelegt.



Abb. 8: Weißes Licht trifft mit großem Einfallswinkel auf eine CD: Hierbei entsteht ein farbiger Lichtstreifen. (Pfeil: ein zu messender roter Lichtpunkt ist hier rot markiert) (eigene Aufnahme)

3 Ergebnisse

Zunächst wurde untersucht, ob sich die Farbe des sichtbaren Lichtstreifens in Abhängigkeit vom Einfallswinkel des Lichts ändert. Hierbei zeigt sich, dass jeder zu beobachtenden Farbe ein Einfallswinkel zuzuordnen ist. Dieser ändert sich, je nach Größe der Wellenlänge einer Farbe. Je größer die Wellenlänge, desto größer der Einfallswinkel. Zur Messung der Einfallswinkel wurde in dem beschriebenen Versuchsaufbau die Länge des Abstands a von der Lichtquelle zum Empfänger bestimmt und die Mittelwerte von fünf Messwiederholungen dargestellt (Tabelle 2). Bei den Einzelmessung (Anhang 2) zeigen sich keinerlei Auswirkungen durch Ausreißer auf die Mittelwertberechnung, es ist eine Linearität bei Betrachtung der Werte zu erkennen.

Sichtbare Farbe des Lichts	Gegenkathete a (in cm)	Ankathete b (in cm)	Einfallswinkel* α (in Grad)
Violet/Blau	33,2	60	28,0
Blau	37,8	60	32,2
Grün	51,6	60	40,7
Gelb	64,1	60	46,9
Orange	74,5	60	51,2
Rot	81,2	60	53,5
Rot/Violet	101,4	60	59,4

* Formel der Berechnung:

$$\sin \alpha = \text{Gegenkathete} / \text{Hypotenuse}$$

Tabelle 2: Mittelwerte der Messungen und Berechnung der Einfallswinkel mithilfe des Sinus

Die berechneten Werte der Wellenlängen aus den gemessenen Abständen entsprechen nicht den anzunehmenden Wellenlängen des sichtbaren Lichts (Tabelle 3). Es ist eine Linearität zu erkennen.

Sichtbare Farbe des Lichts	Gegenkathete a (in cm)	Ankathete b (in cm)	Hypotenuse* (in cm)	Berechnete Wellenlänge
Violet/Blau	33,2	60	68,6	726
Blau	37,8	60	70,9	799
Grün	51,6	60	79,1	978
Gelb	64,1	60	87,8	1095
Orange	74,5	60	95,7	1167
Rot	81,2	60	101	1206
Rot/Violet	101,4	60	117,8	1291

* Hypotenuse berechnet aus gemessener Gegenkathete und Ankathete:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Tabelle 3: Mittelwerte der Messungen und Berechnung der Wellenlängen mithilfe der Gleichung:

$$(1,5\mu\text{m}) / \lambda = c / a$$

4 Diskussion der Ergebnisse

In der vorliegenden Seminararbeit wurde das Erscheinen eines Farbspektrums in Form einer Linie auf einer CD untersucht und mit dem, auf einen Schirm reflektierten Spektrum, verglichen. Es wurden folgende Befunde erhoben:

1. Die berechneten Einfallswinkel des Interferenzmusters auf der CD können mit den Ausfallswinkeln des Farbspektrums auf dem Schirm verglichen werden. Das Interferenzmuster auf der CD ähnelt dem auf dem Schirm und ist nur bei großem Einfallswinkel beobachtbar. Das Interferenzmuster auf dem Schirm hingegen nur bei kleinem Ausfallswinkel. Zustande kommt dieses Phänomen durch Lichtbrechung an der Kunststoffschicht.
2. Die Farbe des sichtbaren Lichtstreifens ist abhängig vom Einfallswinkel. In dem Versuchsaufbau wurde beobachtet, dass sich die Farbe des Lichtstreifens auf der CD ändert, wenn sich der Einfallswinkel ändert. Je größer der Einfallswinkel, desto größer die Wellenlänge einer zu sehenden Farbe.
3. Es zeigte sich, dass die aus der Versuchsanordnung berechneten Wellenlängen nicht mit den erwarteten Wellenlängen des sichtbaren Lichts übereinstimmen. Durch die zusätzliche Brechung und daraus resultierende Reflexion am Kunststoff wird der Lichtstrahl zurück auf die Aluminiumfolie geworfen. Dadurch ist der Ausfallspunkt relativ zum Einfallspunkt verschoben. Oder anders ausgedrückt, der eigentliche Einfallspunkt kann nicht genau bestimmt werden, die berechneten Werte für die Wellenlängen divergieren.

Bei Betrachtung des Interferenzmusters auf dem Schirm wird der Ausfallswinkel der zusehenden Farbe betrachtet. Würde der Versuch umgestellt werden, wobei statt dem Ausfallswinkel der Einfallswinkel gemessen würde, so wären dieselben Werte für die Winkel festzustellen. Die Messung der Ausfallswinkel ist in diesem Falle einfacher, da senkrecht auf eine CD scheinendes Licht als Interferenzmuster Maxima an den Schirm wirft, von denen aus der Abstand zu Hauptmaximum gemessen und somit der Ausfallswinkel berechnet werden kann. Bei der Veranschaulichung der farbigen Linie auf der CD hingegen lässt sich der Ausfallswinkel weniger einfach bestimmen. Bei diesem Versuch wird der Einfallswinkel anhand des Abstandes Lichtquelle und Empfänger bestimmt.

Daraus ist zu schließen, dass der Einfallswinkel des Interferenzspektrums auf der CD mit dem auf dem Schirm verglichen werden kann. Bei den Ausfallswinkeln der jeweilig sichtbaren

Farben auf dem Schirm beginnt das Spektrum bei rotem Licht bei $27,8^\circ$ (Tabelle 2). Farben mit größerem Einfallswinkel lassen sich nicht mit bloßem Auge wahrnehmen. Bei dem Spektrum auf der CD ist das Minimum für den Einfallswinkel $28,0^\circ$. Dieser entspricht violetter bis blauem Licht. Um die beiden Spektren miteinander vergleichen zu können, wurde ein Schirm auf derselben Entfernung von der CD zur Lichtquelle aufgestellt, um ein Interferenzmuster wahrnehmen zu können. Beobachtet wurde, dass, solange das Spektrum auf der CD, sprich Licht mit großem Einfallswinkel (ab $28,0^\circ$) auf diese gestrahlt wurde, kein Interferenzmuster auf dem Schirm wahrzunehmen ist. Lediglich eine helle Spiegelung der CD in weißem Licht ist auf dem Schirm abgebildet. Bei kleinem Einfallswinkel (bis $27,8^\circ$) hingegen ist das Spektrum auf der CD kleiner und schlechter wahrnehmbar und ein Interferenzmuster auf dem Schirm kann erkannt werden.

Es könnte also eine Folge des großen Einfallswinkels sein, dass Beugung bei dem Übergang von Luft zu Kunststoff verstärkt vorkommt. So gelangen nicht alle Lichtbündel in das Medium Kunststoff und die Übrigen, noch zu weißem Licht gebündelten Lichtstrahlen, werden auf den Schirm geworfen. Dadurch entsteht ein Abbild der CD durch weißes Licht.

Warum gelangen nun aber die im Medium Kunststoff, an der Aluminiumschicht interferierten Lichtbündel nicht mehr als Farbspektrum an den Schirm? Bei großem Einfallswinkel ist der Übergang von dichtem Medium, hier: Kunststoff, zu weniger dichtem Medium, hier: Luft, erschwert und die Lichtstrahlen gelangen nicht mehr von einem in das andere Medium, sondern werden reflektiert. Das gesuchte Interferenzmuster wird, statt als Farbspektrum von der CD widergespiegelt und auf dem Schirm abgebildet zu werden, an der Kunststoffschicht durch Lichtbrechung innerhalb dieses Mediums zurückgespiegelt. Dieses ist also auf der CD sichtbar. Je kleiner der Einfallswinkel, sprich, je senkrechter das Licht auf die CD scheint, desto stärker ist das Interferenzmuster auf dem Schirm erkennbar. Wählt man einen kleinen Einfallswinkel, ist der Beugungswinkel nicht groß genug, als dass die Linie für das menschliche Auge gut sichtbar würde.

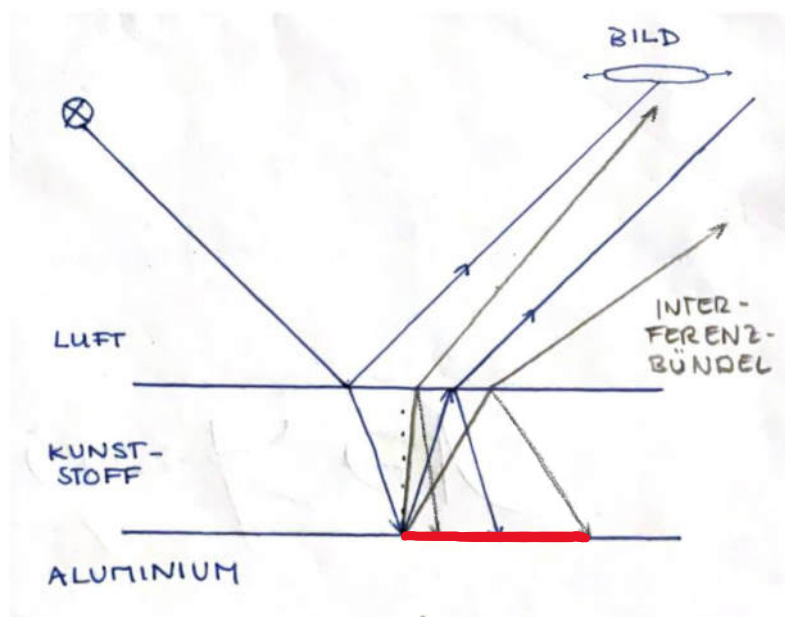


Abb. 9: Lichtbrechung an CD bei großem Einfallswinkel (eigene Zeichnung).

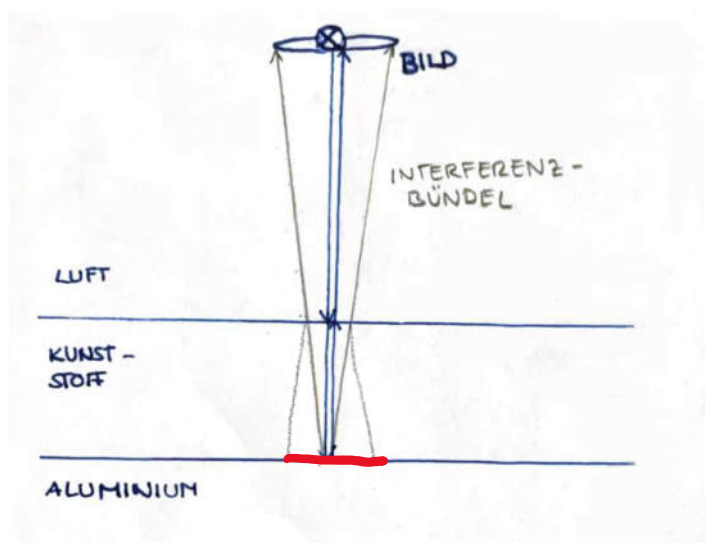


Abb. 10: Lichtbrechung an CD bei kleinem Einfallswinkel

Wie in der Skizze (Abbildung 10) zu erkennen ist, findet selbst bei dem Einfallswinkel gleich null durch die Interferenz an den Bits noch leicht Beugung statt. Diese ist jedoch geringer und das Licht wird auf eine kleinere Fläche der CD projiziert. So ist die farbige Linie auf der CD schlechter wahrnehmbar.

Wie in Abbildung 9 zu erkennen, befindet sich das Farbspektrum auf der CD zu dem ausgehenden Einfallspunkt hin verschoben. Durch Lichtbrechung bei großem Einfallswinkel, wird das an der Aluminiumschicht interferierte Licht mit gleichgroßem Ausfallswinkel

reflektiert. Der große Winkel verursacht, dass ein größerer Weg innerhalb des Kunststoffmediums zurückgelegt wird und sich somit der Farbstrahl verschiebt. Die Messung des genauen Einfallspunktes des Lichtstrahls wird also ungenau und der Abstand a als Resultat größer. Dieser wird für die Berechnungen der Wellenlängen benötigt. Ist er größer aufgrund erschwerter Messung, so sind die Ergebnisse zur Berechnung der Wellenlängen ebenfalls größer als die tatsächlichen.

Kritische Auseinandersetzung mit dem Versuch

Versucht wurde mithilfe der Gleichung des Interferenzmusters am Schirm die Wellenlängen der zusehenden Farben zu berechnen. Da sich irrealer Werte bei der Berechnung ergaben, konnte bei der Berechnung für die Einfallswinkel nicht mit genauen Angaben der Wellenlängen für die Farben gearbeitet werden. Die Farben wurden, mit dem menschlichen Auge erfasst, geschätzt. Um die Messung genauer zu gestalten, wurde die Position des Auges genau definiert (Abb. 7) und der auf der CD zu messende Punkt einer Farbe genau festgelegt. Trotzdem ist der Messwert nicht genau zu bestimmen, da das menschliche Auge als Empfänger fungiert und eine Farbe nicht exakt nach Wellenlänge bestimmen kann.

5 Zusammenfassung

Durch den Versuch konnte die Frage beantwortet werden, wie die farbige Linie auf der CD durch einfallendes weißes Licht zustandekommt. Zusätzlich wurde festgestellt, dass die Linie auf der CD durch Lichtbrechung an der Kunststoffschicht verursacht wird. Diese ist auch für das Misslingen der Berechnung der Wellenlängen verantwortlich. Um diesen Versuch weiterzuführen und die eigentlichen Werte für die Interferenz an einer CD berechnen zu können, könnte man die Kunststoffschicht von der Aluminiumschicht entfernen, um die Lichtbrechung zu verhindern. Andererseits wäre nun kein Interferenzmuster mehr *auf* der CD sichtbar. Sinnvoll wäre es, weitere Methoden trotz zusätzlicher Lichtbrechung an der Kunststoffschicht zu erproben, um die Wellenlängen des sichtbaren Lichts berechnen zu können.

Die Betrachtung von dem Lichtphänomen einer farbigen Linie auf der CD kann als gute Veranschaulichung von Lichtbrechung sowie Interferenz dienen. Eine allgemeine Betrachtung der Linie zeigt, dass sich Licht in verschiedenen Bündel unterteilen lässt und Lichtbrechung nicht nur an Übergängen von einem in ein anderes Medium vorkommen kann. Auch Interferenz teilt Licht in seine einzelnen Bündel und veranschaulicht durch das entstehende Interferenzmuster, dass Licht Welleneigenschaften besitzt. Probleme weist ein Versuch mit Interferenz an einer CD dann auf, wenn man Licht messen will. Deshalb ist es einfacher, für Schulzwecke beispielsweise einen Einfachspalt zur Demonstration von Interferenz zu verwenden. Hier erfährt Licht, egal, ob von einem Laser, oder einer Lampe, Interferenz ohne jegliche Nebeneffekte. Dieser Versuch ist sowohl mit Laser als auch mit weißem Licht durchführbar. Auf einer CD erscheinen, neben dem reflektierten Interferenzmuster auch noch andere Lichtphänomene, die wahrscheinlich ebenfalls durch Lichtbrechung zustande kommen. Diese wurden in der Seminararbeit jedoch nicht behandelt. Es besteht noch Forschungsbedarf im Hinblick auf den Lichteinfall auf eine CD.

Interferenzen lassen sich nicht nur bei Betrachtung der Funktion einer CD finden. Sie werden vielseitig in der Wissenschaft, sowohl in der Optik als auch in der Quantenmechanik oder in der Holographie verwendet. In der Quantenmechanik spielen sie vor allem in der Messung von entfernten Objekten eine Rolle. Hier werden Lichtsignale gesendet, die dann als Interferenzmuster empfangen werden können und so bestimmte Strukturen andeuten. Die Holographie kann mit Lichtsignalen räumliche Objekte erfassen und so ein visuelles Bild derer gestalten. Ein Hologramm nimmt alle Informationen zu einer Struktur auf, im Gegensatz zur Fotografie, die Objekte so zu sagen nur objektiv wahrnimmt und Strukturen schlecht abbildet

kann. Es kann das gesamte Wellenfeld rekonstruiert werden. Die Findung von Interferenz gestaltet unser alltägliches Leben. Verschiedenste Formen von Signalen sind auf das Phänomen der Interferenz zurückzuführen. Es bestehen immer noch vielseitig Möglichkeiten an Interferenz zu forschen. Meine Seminararbeit hat mir einen guten Einblick gegeben, was Interferenz verursachen kann und wie sie mit Einflüssen von Lichtbrechung, wie in meinem Versuch veranschaulicht, und Spiegelung weitere interessante Phänomene hervorruft.

6 Quellenverzeichnis

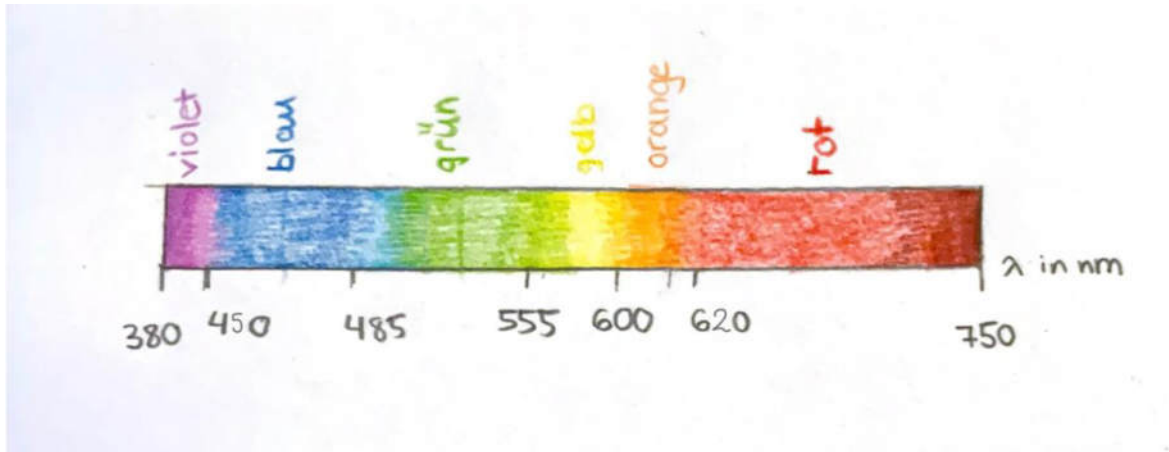
1. Thomas Young, 1807 in „A Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts“ über seine Arbeit am Doppelspalt; [gefunden auf: <https://www.leifiphysik.de/optik/wellenmodell-des-lichts/geschichte/erste-versuche-von-young>]
2. Vorlesungsskript PHYSIK2110 „Grundlagen der Physik IIIa für Physiker, Wissenschaftsphysiker und Lehramtskandidaten“, 2.Geometrische Optik, von Othmar Marti, Institut für experimentelle Physik, Universität Ulm, erschienen am 18.12.2010 (<http://wwwex.physik.uni-ulm.de/lehre/gk3a-2003/gk3a-2003.pdf>) auf der Wettbewerbsseite von GYPT 2023 (<https://2023.gypt.org/refkit/references/4/>)
3. „Compact discs Diffraction“ von Christian Nöldeke, Institut für Experimentalphysik der Universität Kiel, 1990 (<https://pubs.aip.org/aapt/pte/article-abstract/28/7/484/270649/Compact-disc-diffraction?redirectedFrom=fulltext>)
Dieser Artikel wurde als Infomaterial auf der Wettbewerbsseite von GYPT (<https://2023.gypt.org/refkit/references/4/>) gestellt
4. Abbildung von Lands und Pits auf einer CD (https://referate.mezdata.de/sj2003/cd_thomas-ley/ausarbeitung/aufbau2.html)
5. „Wie liest ein CD-Spieler eine CD-ROM?“, Interferenz beim CD-Spieler, von Dirk Rathje, erschienen am 31.03.2006 [weltderphysik.de](http://www.weltderphysik.de) (<https://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/cd-rom-lesen/>)
6. Abbildung aus Biophysikunterricht 2022/23 bei Herrn Wilz, Hefteintrag
7. „Diffraction Grating“, Basic explanation of light diffraction caused by a CD, 2023 (<https://www.youtube.com/watch?v=LYLjUgr3XI8>)
Dieses Video wurde als Infomaterial auf der Wettbewerbsseite von GYPT (<https://2023.gypt.org/refkit/references/4/>) gestellt.
8. Pits/Lands-Querschnittgrafik: Thomas Ley, Referat „die Compact Disc“ (https://referate.mezdata.de/sj2003/cd_thomas-ley/ausarbeitung/aufbau2.html)

9. „Diffraction Grating“: Versuch zur Betrachtung des Interferenzmuster auf einem Schirm (siehe Quelle 7)

10. Wellenlängen der sichtbaren Farben, (<https://www.hug-technik.com/inhalt/ta/farben.html>)

7 Anhang

Anhang 1: Farbspektrum sichtbaren Lichts mit Wellenlängen



Anhang 2: Einzelmessungen des Einfallswinkels

Messung 1

Farbe des Lichts	Gegenkathete (in cm)	Ankathete (in cm)
Violet/Blau	36,2	60
Blau	40,5	60
Grün	56,8	60
Gelb	67,2	60
Orange	73,3	60
Rot	84,3	60
Rot/Violet	106,1	60

Messung 2

Farbe des Lichts	Gegenkathete (in cm)	Ankathete (in cm)
Violet/Blau	31,6	60
Blau	36,5	60

Grün	49,3	60
Gelb	63,0	60
Orange	73,5	60
Rot	80,5	60
Rot/Violet	103,8	60

Messung 3

Farbe des Lichts	Gegenkathete (in cm)	Ankathete (in cm)
Violet/Blau	32,6	60
Blau	36,3	60
Grün	51,8	60
Gelb	62,5	60
Orange	75,3	60
Rot	82,1	60
Rot/Violet	101,3	60

Messung 4

Farbe des Lichts	Gegenkathete (in cm)	Ankathete (in cm)
Violet/Blau	33,3	60
Blau	36,7	60
Grün	50,8	60
Gelb	62,4	60
Orange	74,8	60
Rot	79,5	60
Rot/Violet	100,2	60

Messung 5

Farbe des Lichts	Gegenkathete (in cm)	Ankathete (in cm)
------------------	----------------------	-------------------

Violet/Blau	33,2	60
Blau	38,0	60
Grün	50,0	60
Gelb	63,8	60
Orange	76,0	60
Rot	80,2	60
Rot/Violet	101,2	60

Messung 6

Farbe des Lichts	Gegenkathete (in cm)	Ankathete (in cm)
Violet/Blau	33,0	60
Blau	38,8	60
Grün	50,7	60
Gelb	65,4	60
Orange	74,0	60
Rot	80,3	60
Rot/Violet	95,8	60



Ignaz-Günther-Gymnasium

Seminararbeit

Erklärung der eigenständigen Erstellung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht habe.

06.11.2023
Ort, Datum

Elsternmings
Unterschrift des Verfassers/der Verfasserin