

Auswertung P2-24 – Laser Optik B

Michael Prim & Tobias Volkenandt

19. Juni 2006

Aufgabe 6 – Einzelspaltbreite mit Fourier-Transformation bestimmen

In diesem Versuch wurde mittels einer Photozelle das Beugungsbild eines Einzelspaltes aufgenommen. In einer Testphase wurde die richtige Einstellung der Photozelle überprüft um anschließend eine automatische Messung durchzuführen.

Mittels Fourier-Transformation des Beugungsbildes, kann nun auf die Spaltbreite geschlossen werden. Der beiliegende Ausdruck stellt hierbei die halbe Spaltbreite dar, wobei die gesamte Spaltbreite als berechneter Wert dort bereits angegeben ist.

Wir ermittelten somit eine Spaltbreite $d = 0,424\text{mm}$, welche sehr nahe am Referenzwert von $d_{\text{ref}} = 0,4\text{mm}$ liegt.

Aufgabe 7 – Michelson-Interferometer

Aufgabe 7.1 – Magnetostatische Längenabhängigkeit von Nickel und Bestimmung des Magnetostruktionskoeffizienten

Wie in der Vorbereitung gezeigt, können wir die Beziehung für den Magnetostruktionskoeffizienten auch als Geradengleichung mit Steigung $m = k_m N$ auffassen und umschreiben. Anzumerken ist noch, dass wir entgegen der Vorbereitung den Faktor m_0 weggelassen haben, welcher nur einen Proportionalitätsfaktor zwischen B und H-Feld darstellt. Ohne den Faktor erhält man jedoch die sinnvollere Einheit $[k_m] = \frac{\text{m}}{\text{A}}$.

$$k_m = \frac{\Delta l}{NI} \quad \Delta l = k_m N \cdot I \quad \text{mit } \Delta l = \frac{nI}{2} \quad \rightarrow k_m = \frac{m}{N}$$

n bezeichnet hierbei die Dunkel-Dunkel Übergänge. $I = 632,8\text{nm}$ war die Wellenlänge des verwendeten Helium-Neon Lasers. $N = 2000$ die Windungszahl der Spule.

n	I [A]
1	0,15
2	0,20
3	0,30
4	0,35
5	0,45

Tabelle 1: Messwerte zur Bestimmung des Magnetostruktionskoeffizienten

Wir ermittelten anhand einer linearen Regression mit der oben beschriebenen Betrachtung als Gerade, eine Steigung von $m = 4,163 \frac{\text{m}}{\text{A}}$ und daraus einen Magnetostruktionskoeffizienten von $k_m = 2,082 \cdot 10^{-9} \frac{\text{m}}{\text{A}} = 2,082 \frac{\text{nm}}{\text{A}}$.

Ein Literaturwert zum Vergleich war leider nicht ausfindig zu machen.

Aufgabe 7.2 – Bestimmung der Wellenlänge des Helium-Neon Lasers

Anhand des Gangunterschiedes im Michelson-Interferometer ermittelten wir die Wellenlänge des Lasers, wobei wie in der Vorbereitung gezeigt, für den Gangunterschied bei n Dunkel-Dunkel Übergängen gilt:

$$\Delta d = n \frac{\lambda}{2} \qquad \lambda = 2 \frac{\Delta d}{n}$$

Für einen Gangunterschied von 0,07mm, wobei dieser durch geschickte Übersetzung noch um den Faktor 10 verkleinert wurde, also $\Delta d = 7 \mu\text{m}$ ermittelten wir $n = 20$. Daraus ergab sich eine Wellenlänge $\lambda = 700 \text{nm}$ des verwendeten Lasers. Dieser Wert liegt zwar in der richtigen Größenordnung, ist jedoch noch deutlich vom Referenzwert entfernt.

Auch eine wiederholte Messung erbrachte uns kein besseres, sondern nur ein noch schlechteres Ergebnis ein. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass beim Drehen der Micrometerschraube das Zentrum des Interferenzbildes zu wandern begann und nach etwa 20 Drehungen aus dem Interferenzbild am Schirm verschwand. Es war daher nicht möglich, wie empfohlen und durchaus sinnvoll, mehrere Messungen mit z.B. 20,30,40,50 Übergängen durchzuführen.

Aufgabe 7.3 – Doppler-Effekt und Messung extrem kleiner Geschwindigkeiten

Dieser Versuch verlangte uns beim Aufbau ein wenig Erfindungsreichtum ab. Letztlich gelang es uns doch die konstante Kraftübertragung vom Motor auf die Micrometerschraube zu realisieren, ohne dass dabei die Anordnung durch die Kraft des Gummibandes verzogen wurde. Die Schachteln der Laserschutzbrillen haben sich hierbei als ideales Mittel zum Zweck erwiesen.

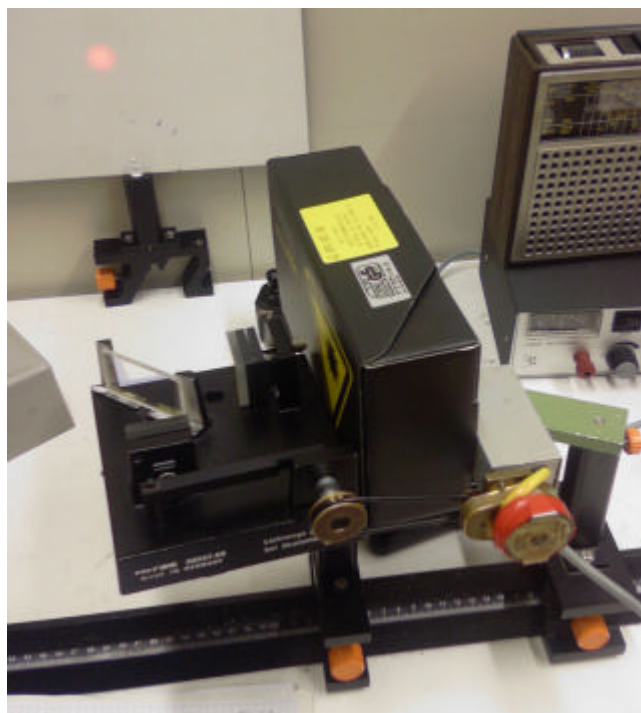


Bild 1: Versuchsaufbau für Aufgabe 7.3

Aus uns nicht bekannten Gründen konnten wir diesmal deutlich mehr Dunkel-Dunkel Übergänge n wahrnehmen, ehe das Zentrum aus dem Interferenzbild verschwand. Wir führen dies auf die neue Justierung des Interferometers für diesen Versuch zurück. Der Abstand zwischen Laser und Interferometer war etwa 20cm größer. Möglicherweise handelt es sich jedoch auch um einen anderen, uns nicht ersichtlichen Grund.

In einer Zeitspanne von $t = 36,82s$ ermittelten wir $n = 46$ Dunkel-Dunkel Übergänge und eine zurückgelegte Strecke von $l = 15mm$, welche wir direkt an der Micrometerschraube abgelesen haben.

Eine direkte Geschwindigkeitsbestimmung nach $v = \frac{l}{t}$ ergab: $v = 407 \frac{mm}{s}$

Eine indirekte Geschwindigkeitsbestimmung nach $v = \frac{n \cdot l}{2t}$ ergab: $v = 395 \frac{mm}{s}$

Ein Vergleich zeigt deutlich, dass die von uns gemessene indirekte Geschwindigkeit wohl einen guten Wert darstellt und wir damit die Frequenzverschiebung bestimmen können. Wie in der Vorbereitung gezeigt, gilt hierbei:

$$\Delta n = n_0 - n' = n_0 \left(1 - \left(\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}} \right) \right)$$

Es ergab sich damit eine Frequenzverschiebung von $\Delta n = -1,26Hz$, welche angesichts einer Frequenz $n_0 = 474 \cdot 10^{12} Hz = 474THz$ verschwindend klein ist.

Aufgabe 7.4 – Demoversuch: Akustischer Doppler-Effekt

Mit einer Stimmgabel, überzeugten wir uns vom akustischen Analogon des Doppler-Effektes. Hierbei ist die Frequenzverschiebung auch durchaus hörbar. In direkter Nähe zur reflektierenden Wand war eine Schwebung zu hören.

Aufgabe 8 – Faraday-Effekt und Pockels-Effekt

Aufgabe 8.1 – Demoversuch: Faraday-Effekt

Wir bauten den Versuch wie beschrieben auf und konnten tatsächlich den in der Vorbereitung beschriebenen Effekt wahrnehmen: Das Radiosignal wurde, abgesehen von einem leichten Hintergrundrauschen, durch die Lichtquelle wiedergeben.

Das Signal klang ein wenig dumpfer als das Original, was wir auf das Fehlen der hohen Frequenzen zurückführen, die wegen der Trägheit des Systems benachteiligt sind.

Aufgabe 8.2 – Bestimmung der Verdet'schen Konstanten

Wir ersetzen das Radio der letzten Aufgabe nun durch eine konstante Stromquelle und den Empfänger durch einen Schirm. Durch Drehung des Polarisationsfilters um den Winkel α ermittelten wir die Drehung der Polarisation des Lichtes. Wir orientieren uns hierbei an den Minima der Intensität.

Es gilt wie in der Vorbereitung gezeigt gilt für die Verdet'sche Konstante V :

$$V = \frac{\alpha}{Bl} = \frac{\alpha}{\mu_0 \mu_r NI} \quad \text{bzw. in Geradenform} \quad \alpha = \mu_0 \mu_r NV \cdot I \quad \rightarrow \quad V = \frac{m}{\mu_0 \mu_r N}$$

Da wir selbst keinen Literaturwert ausfindig machen konnten, müssen wir uns an dieser Stelle auf das Protokoll einer anderen Versuchsgruppe verlassen, welche laut einer Internetquelle $\mu_r \approx 1$ angeben. Die Spule hatte eine Windungszahl von $N = 800$.

I [A]	α [°]
1	1
2	2,5
3	4

Tabelle 2: Messwerte zur Bestimmung der Verdet'schen Konstanten

Wir trugen nun den Winkel als Funktion des Stromes auf und konnten mittels einer linearen Regression die Steigung $m = 1,5 \frac{^\circ}{A}$ bestimmen, woraus sich dann eine Verdet'sche Konstante von $V = 1492 \frac{^\circ}{Tm}$ ergab.

Obige Quelle in dem Protokoll der anderen Versuchsgruppe, gibt zum Vergleich einen Literaturwert von $V = 1149,6 \frac{^\circ}{Tm}$ an.

Aufgabe 8.3 – Demoversuch: Pockels-Effekt

Wir bauten den Versuchsaufbau wie beschrieben auf und konnten wiederum deutlich das Radiosignal wahrnehmen.

Ebenso konnten wir auf einem Schirm die zu erwartenden Hyperbelstrukturen erkennen.

Aufgabe 8.4 – Bestimmung der Konstanten k beim Pockels-Effekt

Wir projizierten die in der letzten Aufgabe beobachteten Hyperbelstrukturen nun auf einen Schirm und ermittelten die Spannungswerte zwischen -2kV und +2kV bei denen wir ein Minimum im Zentrum der Hyperbelstrukturen beobachten konnten.

n	U [V]
-3	-1735
-2	-937
-1	-318
1	273
2	905
3	1523

Tabelle 3: Messwerte zur Bestimmung der Konstanten beim Pockels Effekt

Trägt man die ermittelten Spannungen über der Ordnung des Minimums auf, so kann man mittels linearer Regression die Steigung der Gerade $m = 502V$ bestimmen. Diese bezeichnet man auch als die Halbwellenspannung $U_H = 502V$.

Es gilt wie in der Vorbereitung gezeigt:

$$\frac{\partial j}{\partial U} = \frac{2pk_s}{Ih} \quad \text{und} \quad \frac{\partial j}{\partial U} = \frac{p}{U_H} \quad \rightarrow \quad k = \frac{Ih}{2sU_H}$$

Mit der Wellenlänge $I = 632,8nm$, der Kristalllänge $s = 20mm$ und der Kristallhöhe $h = 2mm$ ergibt sich hieraus $k = 63,06 \cdot 10^{-12} \text{ m/V} = 63,06 \text{ pm/V}$.

Leider konnten wir auch hier keinen Literaturwert zum Vergleich ausfindig machen.

Aufgabe 9 – Optische Aktivität (Saccharmetrie)

Aufgabe 9.1 – Optisches Drehvermögen einer Zuckerlösung

Wir bauten zunächst den Versuch wie beschrieben auf und erstellten dann eine Zuckerlösung mit der Konzentration von $k = 0,3 \text{ g/cm}^3$, indem wir 60g Zucker in 200ml Wasser lösten.

Diese wurde in eine Küvette mit der Länge $l = 1,990dm$ und der Breite $b = 0,585dm$ eingefüllt. Somit standen uns zwei unterschiedlich lange Lichtwege s zur Verfügung, wenn wir die Küvette einmal längs und ein weiteres Mal um 90° gedreht in den Strahlengang einbrachten.

Durch einen Polarisationsfilter nach der Küvette konnten wir den Drehwinkel a bestimmen, indem wir den Filter derart einstellten, dass auf dem Schirm ein Minimum der Intensität zu beobachten war und den eingestellten Winkel mit jenem für ein Minimum ohne Küvette verglichen.

Durch Zugabe von jeweils 100ml Wasser verdünnten wir die Konzentration zwei mal um somit insgesamt drei Konzentrationswerte zu erhalten.

Weiterhin wurde eine Messung ohne Küvette im Strahlengang durchgeführt.

s [dm]	k [g/cm ³]	$k \cdot s$ [dm g/cm ³]	a [°]
0	0	0	0
0,585	0,30	0,175	7,5
1,990	0,30	0,597	26
0,585	0,20	0,117	4
1,990	0,20	0,398	17
0,585	0,15	0,088	3
1,990	0,15	0,299	14

Tabelle 4: Messwerte zur Bestimmung des Drehvermögens einer Zuckerlösung

Trägt man nun den Drehwinkel über $k \cdot s$ auf, so ergibt sich mittels linearer Regression eine Steigung, welche dem optischen Drehvermögen $[a] = 44,620 \text{ }^\circ\text{cm}^3/\text{gdm}$ entspricht.

Da wir die Proportionalität des Drehwinkels a zum Produkt aus Lichtweg s und Konzentration k gezeigt haben, folgt somit auch die Proportionalität zu den einzelnen Faktoren.

Beim Verdünnen der Lösung war zu beobachten, dass der Laserstrahl im unruhigen Wasser die beschriebenen „krummen Wege“ nahm, welche nach Beruhigung des Wassers in der Küvette wieder verschwanden. Dies ist wohl auf die unterschiedlichen Brechungsindize von Wasser und Zuckerwasser zurückzuführen.

Aufgabe 9.2 – Optisches Drehvermögen einer Sorboselösung

Analog zur letzten Aufgabe führten wir die Messung nun mit einer Sorboselösung durch. Diese stand uns jedoch nur in einer einzigen Konzentration zur Verfügung.

s [dm]	Konzentration [$\frac{g}{cm^3}$]	$k \cdot s$ [$\frac{dm \cdot g}{cm^3}$]	α [°]
0	0	0	0
0,585	0,33	0,1931	-9
1,990	0,33	0,6567	-24

Tabelle 5: Messwerte zur Bestimmung des Drehvermögens einer Sorboselösung

Es ergab sich bei analoger Auswertung ein optisches Drehvermögen $[\alpha] = -35,776 \frac{^\circ \cdot cm^3}{g \cdot dm}$. Wie am Vorzeichen zu erkennen ist, dreht die Sorboselösung die Polarisation anders herum als die Zuckerlösung.

Anhang – Optisches Drehvermögen von Coca-Cola

Aus Interesse brachten wir eine Flasche Coca Cola in den Strahlengang des Lasers ein, welche im unteren Bereich etwa den selben Durchmesser besaß, wie die Küvette breit war. Trotz der hohen Trübung der Flüssigkeit durchdrang der Laser den Inhalt, wenn auch mit hoher Aufspaltung und nicht mehr als konzentriertes Strahlenbündel.

Einstellungen am Polarisationsfilter ergaben, dass der Drehwinkel unter einem Grad lag, was uns zu zwei Vermutungen führt:

1. Cola besitzt keine derart hohe Konzentration an Zucker, wie oftmals behauptet wird.
2. Cola besitzt weitere Inhaltsstoffe welche die Polarisationsrichtung entgegengesetzt zum Zucker drehen.

Die Experimentatoren sind intuitiv der Meinung, dass die zweite Vermutung eher zutreffend ist. 😊