

Auswertung

Laser B
Versuch P2-23,24,25

Iris Conradi und Melanie Hauck
Gruppe Mo-02

26. Mai 2011

Inhaltsverzeichnis

1	Fouriertransformation	3
2	Michelson-Interferometer	4
2.1	Magnetostriktion	4
2.2	Wellenlänge des Lasers	5
2.3	Dopplereffekt	6
2.4	Akkustisches Analogon	7
3	Faraday- und Pockels-Effekt	7
3.1	Intensitätsmodulation durch Faraday-Effekt	7
3.2	Verdetsche Konstante	7
3.3	Intensitätsmodulation durch Pockels-Effekt	8
3.4	Konstante des Pockels-Effekts	9
4	Optische Aktivität (Saccharimetrie)	9
4.1	Haushaltszucker	9
4.2	Sorbose	10
	Literatur	10

1 Fouriertransformation

Der Versuch wurde wie in der Aufgabenstellung beschrieben durchgeführt. Abbildung 1 ist die aus den Messwerten berechnete Spaltfunktion zu sehen. Die gemessene Spaltbreite

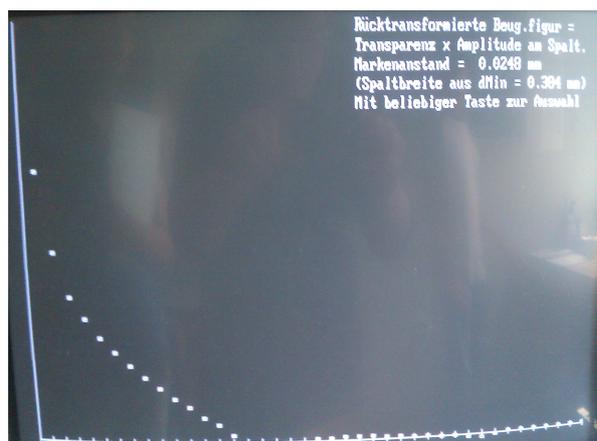


Abbildung 1: Spaltfunktion

te beträgt 0.384 mm. Laut Herstellerangabe hat der Spalt eine Breite von 0.4 mm. Die Messung lieferte also recht genaue Ergebnisse. Jedoch fällt auf, dass die Werte kontinuierlich abfallen. Erwartet haben wir jedoch, dass die Werte im Bereich der Öffnung einen konstanten Wert haben und danach Null sind.

Dieser Fehler ist schon beim Aufnehmen der Intensitätswerte entstanden. Denn schon am Intensitätsbild gab es eine Abweichung in der Symmetrie der Maxima 1. Ordnung. Außerdem führte das Programm eine Fourierrücktransformation und anschließend eine Fourierhintransformation durch und stellte die aufgenommene Intensitätsverteilung und das Ergebnis der Hintransformation in einem Diagramm dar. Man erkannte, dass die beiden Kurven nur beim Maximum 0. Ordnung exakt übereinstimmten.

2 Michelson-Interferometer

2.1 Magnetostriktion

Aus den Gleichungen (1) und (2) aus der Vorbereitung erhalten wir folgende Gleichung, auf Grundlage derer wir die lineare Regression durchführen.

$$n = \underbrace{\xi_{mag} \cdot 2N \cdot \frac{1}{\lambda}}_{\text{Steigung } m} \cdot I \quad (1)$$

wobei n die Anzahl der hell-dunkel-hell Wechsel bezeichnet. Bei negativem Strom bewegen sich die Ringe in die andere Richtung (zum Zentrum hin, vom Zentrum weg). Daher versehen wir die Anzahl der Wechsel in diesem Fall mit einem negativen Vorzeichen.

In Abbildung 2 ist das Ergebnis der linearen Regression mit der Formel $n = m \cdot I + b$ zu sehen. Das Ergebnis für den y-Achsenabschnitt zeigt, dass es sich wie erwartet um eine Ursprungsgerade handelt, denn Null lag im Fehlerbereich.

Für die Steigung ergab sich $m = (0,00993762 \pm 0,0002091)^{1/A}$. Mit der folgenden Gleichung berechneten wir den Magnetostruktionskoeffizienten von Nickel ξ_{mag} .

$$\xi_{mag} = \frac{m \cdot \lambda}{2N} \approx 1.57 \frac{\text{nm}}{\text{A}} \quad (2)$$

Wir verwendeten die auf dem Aufgabenblatt angegebenen Werte.

Wir versuchten mit Hilfe der Graphik aus der Literaturliste einen Wert für den Magnetostruktionskoeffizienten von Nickel zu finden. Wir verwendeten die Kurve für die parallele Magnetostriktion, da wir eine Längenänderung parallel zur Feldrichtung maßen. Jedoch war dieser Wert für Raumtemperatur nur sehr schlecht abzulesen. Wir erhielten

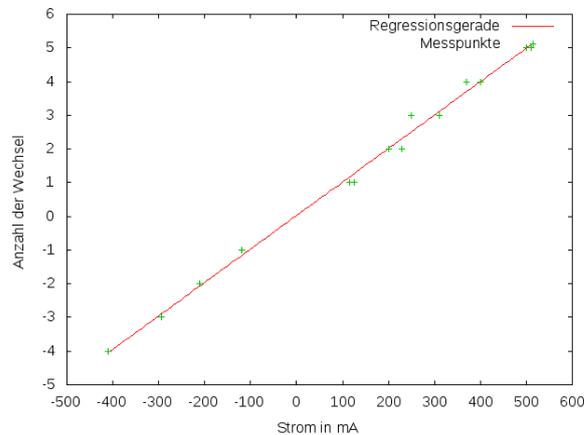


Abbildung 2: Lineare Regression

einen Wert von $\xi_{mag} = 5 \cdot 10^{-10} \text{ m/A}$. Dieser Wert unterscheidet sich um eine Größenordnung von dem von uns bestimmten Wert.

Die Messung konnte recht präzise durchgeführt werden. Daher verwundert uns eine so große Differenz zum Literaturwert. Der Fehler beim Ablesen des „Literaturwertes“ ist sehr groß. Daher kann er nicht so streng als Referenzwert betrachtet werden.

2.2 Wellenlänge des Lasers

Wir verwendeten ein Interferometer, bei dem man einen Spiegel mit Hilfe einer Mikrometerschraube und einer 10:1 Hebeluntersetzung verstellen konnte.

Folgende Gleichung ermöglicht uns, die Wellenlänge des Lasers durch lineare Regression zu bestimmen.

$$\Delta x = \underbrace{\frac{\lambda}{2}}_{\text{Steigung } m} \cdot n \quad (3)$$

wobei n wieder die Anzahl der hell-dunkel-hell Wechsel bezeichnet.

Mit unserem ersten Interferometer erhielten wir keine sinnvollen Werte, da die Mikrometerschraube defekt war. Diese Messwerte gehen nicht in unsere Berechnung ein.

Abbildung 3 zeigt das Ergebnis der linearen Regression mit den Messwerten des anderen Interferometers. Hier lag die Null nicht im Fehlerbereich des y-Achsenabschnittes. Der Wert des y-Achsenabschnittes betrug $b = (-0.410299 \pm 0.1883) \mu\text{m}$.

Für die Steigung erhielten wir $m = (0.239618 \pm 0.01014) \mu\text{m}$. Damit ergibt sich für die

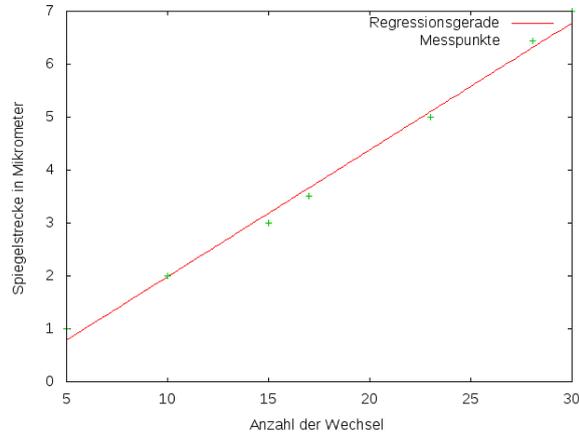


Abbildung 3: Lineare Regression

Wellenlänge des Lasers $\lambda \approx 479.2 \text{ nm}$. Dies bedeutet eine Abweichung von 24% zur Wellenlänge eines HeNe-Lasers.

Sowohl im y-Achsenabschnitt, als auch im Ergebnis für die Wellenlänge erkennt man, dass die Messung sehr ungenau war. Die Größenordnung ist jedoch richtig.

Eine Fehlerquelle entstand dadurch, dass die Skala der Mikrometerschraube zu grob war. Es konnte maximal auf halbe Skalenabstände genau abgelesen werden. Ein halber Skalenabstand entspricht jedoch etwa zwei bis drei hell-dunkel-hell Wechseln.

2.3 Dopplereffekt

Wir befestigten einen Motor an der Mikrometerschraube, sodass der Spiegel mit konstanter Geschwindigkeit bewegt wurde. Während einer Messung bestimmten wir die Anzahl der hell-dunkel-hell Wechsel n , die verstrichene Zeit Δt und den Laufweg des Spiegels s an der Mikrometerschraube.

Wie in der Vorbereitung erläutert, kann man nun mit den beiden folgenden Gleichungen die Geschwindigkeit bestimmen.

$$v = n \cdot \frac{\lambda}{2} \cdot \Delta t \quad v = \frac{s}{\Delta t} \quad (4)$$

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse für die drei Messungen aufgeführt. Der Mittelwert der interferometrischen Messungen beträgt 380.97 nm/s , wohingegen sich aus der anderen Rechnung ein Mittelwert von 305.17 nm/s . Diese beiden Werte unterscheiden sich stark. Oben wurde schon auf die Ungenauigkeit durch die Mikrometerschraube hingewiesen. Außerdem geschahen die hell-dunkel-hell Wechsel sehr schnell, sodass es sehr gut möglich ist, dass die angegebenen Anzahlen nicht stimmen.

Messung	v interferometrisch [nm/s]	v üblich [nm/s]
1	354.77	320.37
2	418.6	319.7
3	369.53	275.45

Tabelle 1: Spiegelgeschwindigkeiten

2.4 Akkustisches Analogon

Zunächst versetzten wir die Stimmgabel in Schwingung und bewegten sie vom Ohr weg und wieder zurück. Auf dem Weg zum Ohr erhöhte sich der Ton. Die Frequenz stieg also. Wenn sich der Sender vom Ohr weg bewegte, so wurde der Ton tiefer.

Als wir den Versuch erneut vor einer Wand durchführten (Wand senkrecht zur Bewegungsrichtung des Senders) so hörten wir keinen Unterschied zum vorherigen Versuch. Wie in der Vorbereitung angesprochen, hätten wir jedoch eine Schwebung wahrnehmen müssen.

3 Faraday- und Pockels-Effekt

3.1 Intensitätsmodulation durch Faraday-Effekt

Die Versuchsanordnung wurde wie beschrieben aufgebaut. Das Lied, durch welches der Strom durch die Spule variiert wurde, war nach Aufnahme durch das Photoelement am NF-Verstärker, deutlich zu erkennen. Jedoch hörte man ein andauerndes Surren, welches sich mit der Position des Verstärkers veränderte.

Die Auswirkungen auf hohe Frequenzen konnten wir nicht überprüfen.

3.2 Verdet'sche Konstante

Um den Drehwinkel zu bestimmen, verwendeten wir einen sogenannten Analysator, d.h. einen drehbaren Polarisationsfilter, an dem man den Winkel ablesen kann. Zunächst stellten wir bei abgeschalteter Stromquelle den Analysator so ein, dass möglichst kein Licht auf dem Schirm zu sehen war. Damit hatten wir die Polarisation des Laserlichtes bestimmt. Bei verschiedenen Strömen stellten wir nun wieder den Analysator so ein, dass der Schirm dunkel war. Aus der Differenz erhalten wir den Drehwinkel.

Um möglichst unabhängige und somit genauere Werte zu erhalten, stellten wir den Analysator vor jeder Messung auf eine Position ein, bei der der Schirm hell war.

Es war nicht möglich den Analysator so einzustellen, dass der Schirm völlig dunkel war.

Dies erklärt sich damit, dass das Laserlicht nicht perfekt linear polarisiert ist. Um jedoch den dunkelsten Punkt zu finden, verglichen wir das Bild auf dem Schirm, mit dem Bild, wenn man den Laserstrahl unterbrach.

In Abbildung 4 ist das Ergebnis der linearen Regression zu sehen. Wir haben sie auf Grundlage von Gleichung (10) aus der Vorbereitung durchgeführt. Damit ergibt sich die Verdet'sche Konstante aus der Steigung m folgendermaßen.

$$V = \frac{m}{\mu_0 N} \quad (5)$$

Der y-Achsenabschnitt der Fit-Geraden hat die Null im Fehlerbereich. Die Steigung beträgt $m = (0.785714 \pm 0.05533)^\circ A$. Damit ergibt sich die Verdet'sche Konstante von Bleisilikat zu $V = 781.56^\circ/Tm$.

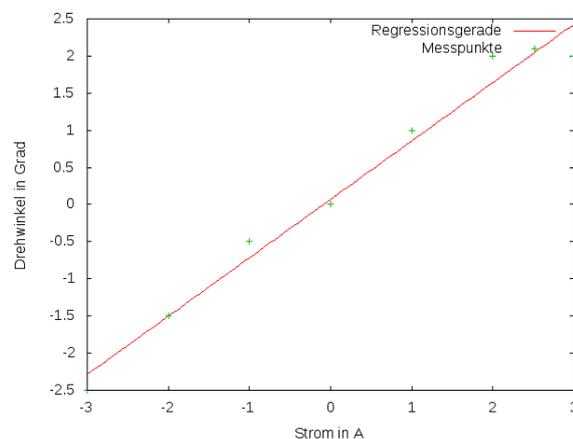


Abbildung 4: Lineare Regression

Am Ende der Messung bestimmten wir nochmals den Drehwinkel bei ausgeschalteter Stromquelle. Dieser unterschied sich um 0.5° vom Anfangswert. Jedoch konnten wir die Minima genauer einstellen als auf 0.5° .

Wir stellten fest, dass die Anordnung aus Spule und Bleisilikatstab sehr warm war. Daher führen wir einen Teil des Fehlers auf diese Erwärmung zurück.

3.3 Intensitätsmodulation durch Pockels-Effekt

Auch hier konnte das übertragene Lied deutlich erkannt werden. Allerdings war auch hier ein deutliches Surren zu hören.

Wenn man die Hand in den Lichtweg hielt, dass Signal somit unterbrochen wurde, so brach das Lied ab. Somit wird deutlich, dass die Musik tatsächlich mit dem Licht übertragen wurde.

3.4 Konstante des Pockels-Effekts

Die Messung führten wir wie angegeben durch, jedoch beobachteten wir nicht das Zentrum der Hyperbelstruktur (diese war nur schlecht zu erkennen). Stattdessen beobachteten wir einen festen Punkt im Interferenzmuster.

In Abbildung 5 ist die lineare Regression abgebildet mit der man die Halbwellenspannung bestimmt.

Für die Steigung ergab sich $m = (497.533 \pm 4.445)V$. Diese ist die Halbwellenspannung.

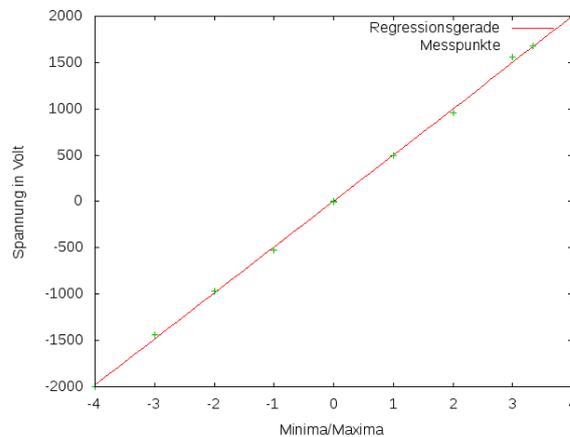


Abbildung 5: Lineare Regression

Als y-Achsenabschnitt ergab sich $(6.7 \pm 10.89)V$. Wenn man die Abbildung betrachtet, so sieht man, dass die Messwerte für positive und negative Spannungen sehr gut auf einer Geraden liegen. Wir haben eine höhere Ungenauigkeit erwartet, da die Anzeige der Spannungsquelle schwankte.

Nun berechnen wir mit Gleichung (13) aus der Vorbereitung die Konstante k des Pockels-Effekts. Dazu entnehmen wir die Angaben zur Geometrie der Pockels-Zelle dem Aufgabenblatt. Es ergibt sich $k = 63.59 \frac{\text{m}}{\text{V}}$.

4 Optische Aktivität (Saccharimetrie)

4.1 Haushaltszucker

Wir haben zwei Konzentrationen der Haushaltszuckerlösung vermessen. Die Lösung befand sich in einer quaderförmigen Küvette. Daher konnten wir bei jeder Konzentration bei zwei verschiedenen langen Lichtwegen in der Flüssigkeit messen.

Um den Drehwinkel möglichst exakt zu bestimmen verwendeten wir wieder das in Aufgabe 3.1 beschriebene Verfahren. Den Drehwinkel bestimmen wir aus der Differenz zum Winkel den wir maßen, wenn sich keine Lösung im Lichtweg befand.

In Tabelle ?? sind die Ergebnisse für das optische Drehvermögen der Haushaltszuckerlösung aufgeführt. Dazu verwendeten wir Gleichung (14) aus der Vorbereitung.

Konzentration in g/cm^3	Länge in cm	Drehwinkel in $^\circ$	$[\alpha]$ in $^\circ cm^2/g$
0.3	19.8	29	4.88
0.3	5.8	8.5	4.89
0.15	19.8	16.5	5.56
0.15	5.8	4.5	5.17

Tabelle 2: optisches Drehvermögen

Die Werte zu jeder Konzentration passen untereinander sehr gut bis gut zusammen. Daher vermuten wir, dass die Lösungen nicht genau die angegebene Konzentrationen hatten. Als Mittelwert ergibt sich für das optische Drehvermögen von Haushaltszucker bei Raumtemperatur $[\alpha] = 5.125^\circ cm^2/g$. Das Vorzeichen haben wir ergibt sich positiv, da wir bei Blickrichtung gegen die Strahlrichtung den Analysator nach rechts drehen mussten.

4.2 Sorbose

Auch für Sorbose haben wir zwei Werte gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Der Mittelwert beträgt $[\alpha] = -3.19^\circ cm^2/g$. Sorbose dreht also weniger

Konzentration in g/cm^3	Länge in cm	Drehwinkel in $^\circ$	$[\alpha]$ in $^\circ cm^2/g$
0.3	19.8	-19.5	-2.98
0.3	5.8	-6.5	-3.40

Tabelle 3: optisches Drehvermögen

stark und in die entgegengesetzte Richtung zu Haushaltszucker.

Literatur

- Hecht, Zajac: Optics
- Bergmann, Schäfer: Experimentalphysik, Bd.3, Optik
- F. Pedrotti et al., Optik für Ingenieure, Grundlagen, Springer-Verlag, 2002