

Auswertung Laser B

Marcel Köpke & Axel Müller

24.05.2012

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|------------------------------------|-----------|
| 1 | Fourier-Transformation | 3 |
| 2 | Michelson-Interferometer | 4 |
| 2.1 | Magnetostriktion | 4 |
| 2.2 | Wellenlängenmessung | 6 |
| 2.3 | Dopplereffekt | 6 |
| 3 | Faraday- und Pockels-Effekt | 9 |
| 3.1 | Intensitätsmodulation | 9 |
| 3.2 | Verdetsche Konstante | 9 |
| 3.3 | Pockels-Effekt | 11 |
| 3.4 | Pockels-Konstante | 11 |
| 4 | Optische Aktivität | 14 |
| 4.1 | Saccharose | 14 |
| 4.2 | Sorbose | 19 |

1 Fourier-Transformation

Wie in der Aufgabenstellung beschrieben, führten wir die computergestützte Fourier-Transformation der Intensitätsverteilung des Beugungsbildes durch. Der Sensor befand sich in einer Entfernung von $s = 191,2\text{cm}$ vom Einzelspalt. Die Messstrecke auf dem Schirm betrug $d = 8\text{cm}$. Die Photozelle fuhr diese Strecke ab und übermittelte die Daten an den Computer. Dort führten wir eine FFT (Fast Fourier Transformation) durch und erhielten für die Spaltbreite:

$$b = 0.357\text{mm}$$

Vom Hersteller wurde die Spaltbreite mit $b' = 0,4\text{mm}$ angegeben. Dies entspricht einer Abweichung von 10,75%. Eventuelle Fehlerquellen hierbei sind die ungleichmäßige Intensitätsverteilung des Laserstrahls (Intensität nimmt radial nach außen ab). Dadurch kann das Beugungsbild nicht korrekt auf die scharfe Form des Spalts zurücktransformiert werden, sondern ist von einer Gauß-Verteilung eingehüllt. Man kann also die Spaltbreite nur aus der Fourier-Transformierten extrapolieren.

2 Michelson-Interferometer

2.1 Magnetostriktion

Wir bauten das Michelson-Interferometer auf, an dessen einem Spiegel sich ein Nickelstab befand, der von einer Spule umgeben war. Durch anlegen eines Magnetfelds an den Stab konnten wir nun also den Magnetostruktionskoeffizienten bestimmen. Für das H-Feld in der Spule gilt dabei folgende Formel:

$$H = \frac{n \cdot I}{l}$$

mit $n = 2000$ und $l = 0,105m$. Es ergaben sich damit folgende Messwerte und Ergebnisse:

| I [A] | H [T] | period. Wdh. n | $\Delta l = \frac{n \cdot \lambda}{2}$ [nm] |
|-------|----------|----------------|---|
| -0,5 | -9523,81 | -4,2 | -1328,88 |
| -0,45 | -8571,43 | -4 | -1265,60 |
| -0,4 | -7619,05 | -3,75 | -1186,50 |
| -0,35 | -6666,67 | -3,5 | -1107,40 |
| -0,3 | -5714,29 | -3,25 | -1028,30 |
| -0,25 | -4761,90 | -2,6 | -822,64 |
| -0,2 | -3809,52 | -2 | -632,80 |
| -0,15 | -2857,14 | -1,25 | -395,50 |
| -0,1 | -1904,76 | -0,5 | -158,20 |
| -0,05 | -952,38 | -0,2 | -63,28 |

| I [A] | H [T] | n | $\Delta l = \frac{n \cdot \lambda}{2}$ [nm] |
|-------|---------|------|---|
| 0,05 | 952,38 | 0,25 | 79,10 |
| 0,1 | 1904,76 | 0,5 | 158,20 |
| 0,15 | 2857,14 | 1,1 | 348,04 |
| 0,2 | 3809,52 | 2 | 632,80 |
| 0,25 | 4761,90 | 2,25 | 711,90 |
| 0,3 | 5714,29 | 3 | 949,20 |
| 0,35 | 6666,67 | 3,5 | 1107,40 |
| 0,4 | 7619,05 | 4 | 1265,60 |
| 0,45 | 8571,43 | 4,25 | 1344,70 |
| 0,5 | 9523,81 | 4,8 | 1518,72 |

Tabelle 2.1: Messerwerte

Trägt man nun $\frac{\Delta l}{l}$ über H auf so ergibt sich folgende Ausgleichsgerade:

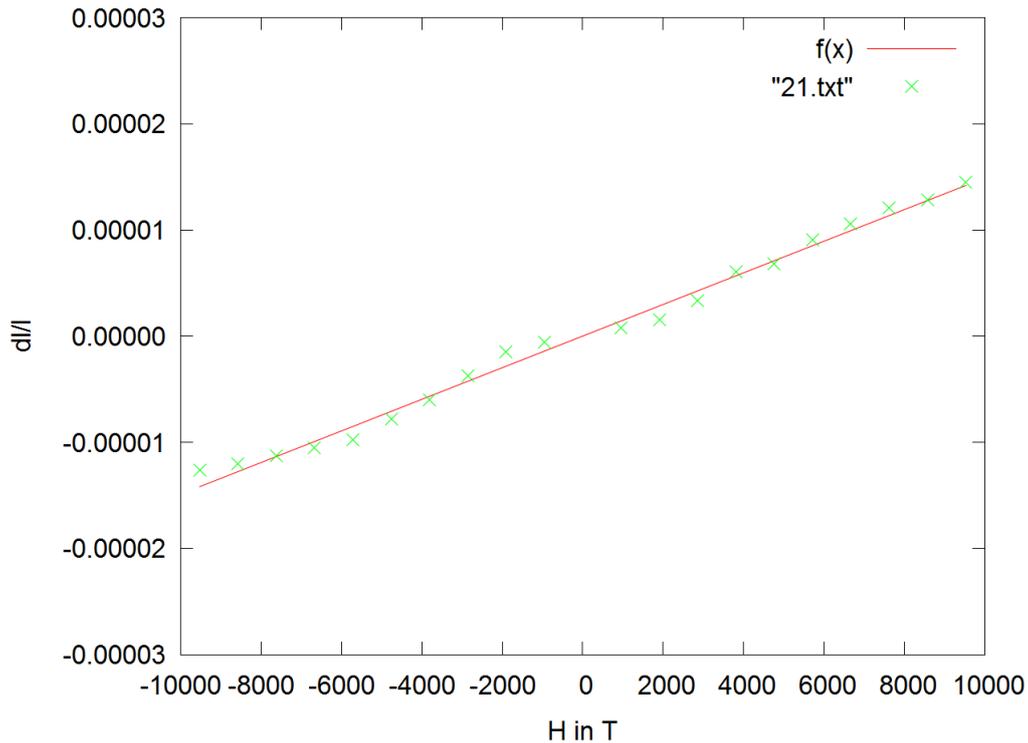


Abbildung 2.1: Ausgleichsgerade

Die Steigung liefert uns:

$$\xi_{mag} = 1,4896 \cdot 10^{-9} \frac{1}{T}$$

Der statistische Fehler beträgt:

$$\Delta \xi_{mag,stat} = 3,103 \cdot 10^{-11} \frac{1}{T} \quad (\hat{=} 2,083\%)$$

Es gilt:

$$\xi_{mag} = \frac{\Delta l}{l \cdot H} = \frac{\Delta l \cdot l}{l \cdot N \cdot I} = \frac{\Delta l}{N \cdot I} = \frac{n \lambda}{2NI}$$

Den systematischen Fehler für n schätzen wir mit 0,5 (größer als im Folgenden, da sich hier noch die thermische Ausdehnung auswirkte) ab. Der Skalenfehler des Amperemeters betrug $\Delta I_{sys} = 5mA$ (halbe Skalengröße). Stellt man einen falschen Strom an der Spule ein, so erhält man auch direkt eine falsche Messung von n . Somit sind die Größen n und I korreliert und wir benutzen Größtfehlerabschätzung. Der systematische Fehler von ξ_{mag} berechnet sich dann zu:

$$\Delta \xi_{mag,sys} = \left| \frac{\partial \xi_{mag}}{\partial n} \right| \Delta n_{sys} + \left| \frac{\partial \xi_{mag}}{\partial I} \right| \Delta I_{sys} = \frac{\lambda}{2N|I|} \Delta n_{sys} + \frac{|n| \lambda}{2NI^2} \Delta I_{sys} = 0,50 \cdot 10^{-9} \frac{1}{T}$$

Damit können wir den Magnetostruktionskoeffizient schreiben mit:

$$\xi_{mag} = (1,5 \pm 0,5) \cdot 10^{-9} \frac{1}{T}$$

2.2 Wellenlängenmessung

Mit einer 10:1 übersetzten Mikrometerschraube veränderten wir nun die Position eines der Spiegel des Interferometers und bestimmten $\Delta l_{n=20}$ für 20 periodische Wiederholungen des Interferenzbildes. Damit können wir die Wellenlänge bestimmen, denn es gilt:

$$\lambda = \frac{2\Delta l_{n=20}}{n} = 2\Delta l_{n=1}$$

| $\Delta l_{n=20}[\text{nm}]$ | $\lambda[\text{nm}]$ |
|------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|
| 7400 | 740 | 6400 | 640 | 6300 | 630 | 5900 | 590 |
| 7400 | 740 | 6200 | 620 | 6200 | 620 | 6000 | 600 |
| 6600 | 660 | 6400 | 640 | 6300 | 630 | 6200 | 620 |
| 6400 | 640 | 6600 | 660 | 6100 | 610 | 6300 | 630 |
| 6300 | 630 | 6200 | 620 | 6100 | 610 | 6300 | 630 |

Tabelle 2.2: Messwerte

Im Mittel erhalten wir damit (mit statistischem Fehler):

$$\bar{\lambda} = 638,0\text{nm} \pm 8,7\text{nm}$$

Der systematische Skalen-Fehler für $\Delta l_{n=20}$ betrug $\pm 500\text{nm}$. Den Fehler für die Ablesung von n schätzen wir mit $\pm 0,25$ ab. Die Größen n und Δl sind korreliert, daher verwenden wir Größtfehlerabschätzung. Damit erhalten wir einen systematischen Fehler für λ von

$$\Delta \lambda_{sys} = \left| \frac{\partial \lambda}{\partial \Delta l_{n=20}} \right| \Delta l_{sys} + \left| \frac{\partial \lambda}{\partial n} \right| \Delta n_{sys} = \frac{2}{20} \cdot 500\text{nm} + \frac{2\Delta l_{n=20}}{n^2} \Delta n_{sys} = 50\text{nm} + 7,98\text{nm} = 57,98\text{nm}$$

Damit können wir die Wellenlänge schlussendlich mit:

$$\lambda = 638,0\text{nm} \pm 66,7\text{nm}$$

angeben.

2.3 Dopplereffekt

Wir schlossen nun einen Motor an die Mikrometerschraube an und bestimmten die Zeit, die benötigt wurde um 20 periodische Wiederholungen zu beobachten. Wir erhielten:

| | | | | | |
|---------------|-------------------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|-------------------------------------|
| $\Delta t[s]$ | $\Delta f = \frac{n}{\Delta t}[Hz]$ | $\Delta t[s]$ | $\Delta f = \frac{n}{\Delta t}[Hz]$ | $\Delta t[s]$ | $\Delta f = \frac{n}{\Delta t}[Hz]$ |
| 17,74 | 1,1274 | 18,32 | 1,0917 | 18,08 | 1,1062 |
| 18,96 | 1,0549 | 18,50 | 1,0811 | 18,71 | 1,0689 |
| 18,79 | 1,0644 | 18,54 | 1,0787 | 18,82 | 1,0627 |
| 18,73 | 1,0678 | 18,72 | 1,0684 | 18,54 | 1,0787 |
| 18,52 | 1,0799 | 18,97 | 1,0543 | 18,80 | 1,0638 |

Tabelle 2.3: Messwerte

Im Mittel erhalten wir (mit statistischem Fehler):

$$\overline{\Delta f} = 1,0766Hz \pm 0,0051Hz$$

Für die Größe n schätzen wir den systematischen Fehler wieder mit $\Delta n_{sys} = 0,25$ ab. Für die Zeit müssen wir allerdings auf Grund der sehr ungenauen Messung von Hand einen Fehler von $\Delta t_{sys} = 0,5s$ annehmen. Da die Zeitmessung ebenfalls mit der Größe n korreliert benutzen wir auch hier erneut Größtfehlerabschätzung:

$$\Delta f_{sys} = \left| \frac{\partial \Delta f}{\partial n} \right| \Delta n_{sys} + \left| \frac{\partial \Delta f}{\partial \Delta t} \right| \Delta t_{sys} = \frac{1}{\Delta t} \Delta n_{sys} + \frac{n}{(\Delta t)^2} \Delta t_{sys} = 0,042443Hz$$

Damit können wir Δf schließlich angeben mit:

$$\Delta f = 1,08Hz \pm 0,05Hz$$

Zudem sollte die Geschwindigkeit des Spiegels bestimmt werden. Nun gilt aber

$$v = \frac{m\lambda}{2\Delta t} = \Delta f \cdot \frac{\lambda}{2}$$

Damit erhalten wir 15 Messwerte für v :

| | | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Messung | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| $v[\frac{nm}{s}]$ | 356,71 | 333,76 | 336,77 | 337,85 | 341,68 | 345,41 | 342,05 | 341,32 |
| Messung | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| $v[\frac{nm}{s}]$ | 338,03 | 333,58 | 350,00 | 338,21 | 336,24 | 341,32 | 336,60 | |

Tabelle 2.4: Messwerte

Damit erhalten wir im Mittel (mit statistischem Fehler):

$$\bar{v} = 340,636 \frac{nm}{s} \pm 1,605 \frac{nm}{s}$$

Wir benutzen die auf dem Aufgabenblatt angegebene Wellenlänge und nehmen an, dass der Fehler für diese Angabe verschwindend gering ist. Damit erhalten wir für den systematischen Fehler von v :

$$\Delta v_{sys} = \left| \frac{\partial v}{\partial \Delta f} \right| \Delta f_{sys} = \frac{\lambda}{2} \cdot 0,042443 \frac{1}{s} = 13,429 \frac{nm}{s}$$

Schlussendlich können wir die Geschwindigkeit also angeben mit:

$$v = 340,6 \frac{nm}{s} \pm 15,03 \frac{nm}{s}$$

Außerdem haben wir die Geschwindigkeit durch Zeit- und Längenmessung (mit der Mikrometerschraube) bestimmt. Wir erhielten folgende Messwerte:

| $\Delta l [nm]$ | $\Delta t [s]$ | $v = \frac{\Delta l}{\Delta t} [\frac{nm}{s}]$ |
|-----------------|----------------|--|
| 10000 | 28,95 | 345,42 |
| 10000 | 28,31 | 353,23 |
| 10000 | 28,66 | 348,92 |
| 10000 | 29,34 | 340,83 |
| 10000 | 28,77 | 347,58 |

Tabelle 2.5: Messwerte

Damit erhalten wir im Mittel (mit statistischem Fehler):

$$\bar{v} = 347,20 \frac{nm}{s} \pm 2,04 \frac{nm}{s}$$

Wie oben beträgt der Skalenfehler für Δl 500nm. Der systematische Fehler für die Zeitmessung ist nun wieder $\Delta t_{sys} = 0,5s$. Da die Fehlergrößen erneut korreliert sind (falsches Ablesen von Δl hat falsche Zeitmessung zur Folge) wenden wir erneut Größtfehlerabschätzung an:

$$\Delta v_{sys} = \left| \frac{\partial v}{\partial \Delta l} \right| \Delta l_{sys} + \left| \frac{\partial v}{\partial \Delta t} \right| \Delta t_{sys} = \frac{1}{\Delta t} \Delta l_{sys} + \frac{\Delta l}{(\Delta t)^2} \Delta t_{sys} = 23,388046 \frac{nm}{s}$$

Damit können wir die Geschwindigkeit v schlussendlich angeben mit:

$$v = 347,2 \frac{nm}{s} \pm 25,4 \frac{nm}{s}$$

Wie man sieht stimmen die auf zwei verschiedene Art und Weisen ermittelten Geschwindigkeiten gut überein. Der Fehler der ersten Messung ist sogar noch geringer als derjenige der direkten Messung!

3 Faraday- und Pockels-Effekt

3.1 Intensitätsmodulation

Wir bauten den Versuch wie in der Aufgabenstellung beschrieben auf und konnten folgende Beobachtungen machen:

1. Hohe Frequenzen der übertragenen Musik wurden unterdrückt
2. Streulicht störte die Übertragung insofern, dass man ein stetes Rauschen hören könnte.
3. Verdeckte man den Laser so verstummte tatsächlich die Musik.

Daraus schließen wir bzw. es folgt:

1. Wie in der Vorbereitungshilfe beschrieben können hohe Frequenzen durch die "Trägheit" der Spule (Selbstinduktion) nicht erfasst werden. Dieser Effekt bestätigte sich also.
2. Die Photozelle reagiert natürlich auf jede Form von Licht und erzeugt bei Umgebungslicht somit ein Rauschen.
3. Das Laserlicht war tatsächlich für die Übertragung der Musikinformation verantwortlich.

3.2 Verdet'sche Konstante

Mit dem Aufbau aus 3.1, nur ohne Photozelle und "Musikmodulation", sollte nun die Verdet'sche Konstante berechnet werden. Wir legten dazu einen Strom an die Spule an und maßen die Drehung der Polarisation des Laserlichts. Wir erhielten folgende Messwerte:

| I[A] | $B = \mu_0 \frac{NI}{l}$ | ϕ [rad] | $V = \frac{\phi}{Bl} [\frac{rad}{Tm}]$ |
|------|--------------------------|--------------|--|
| -3 | 0,040 | -0,052 | 17,361 |
| -2 | 0,027 | -0,035 | 17,361 |
| -1 | 0,013 | -0,017 | 17,361 |
| 0 | 0 | 0 | — |
| 1 | 0,013 | 0,009 | 8,681 |
| 2 | 0,027 | 0,026 | 13,021 |
| 3 | 0,040 | 0,035 | 11,574 |

Tabelle 3.1: Messwerte

Trägt man $\frac{\phi}{l}$ über B auf so erhält man folgende Ausgleichsgerade:

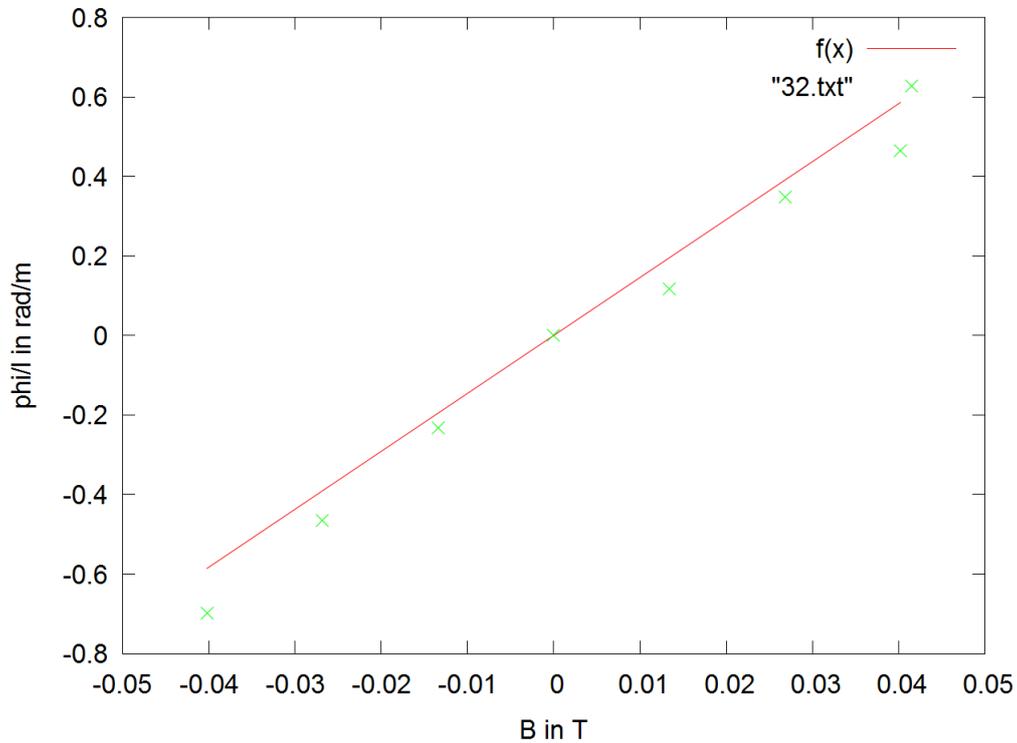


Abbildung 3.1: Ausgleichsgerade

Aus der Steigung erhalten wir damit:

$$V = 14,571 \frac{\text{rad}}{\text{Tm}}$$

Der statistische Fehler beträgt

$$\Delta V_{stat} = 1,181 \frac{\text{rad}}{\text{Tm}}$$

Nun gilt aber:

$$V = \frac{\phi}{Bl} = \frac{\phi}{\mu_0 NI}$$

Die Skalengröße für die Winkelmessung betrug 1° . Damit können wir den systematischen Fehler der Winkelmessung angeben mit:

$$\Delta\phi_{sys} = 0,5 \cdot 1^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = 0,0087266463 \text{rad}$$

Die Skalengröße für das Amperemeter betrug 100mA. Damit ist der systematische Fehler:

$$\Delta I_{sys} = 0,050A$$

Wie in den vorherigen Versuchen liegt auch hier eine Korrelation der Größen vor, da die Drehung der Polarisation direkt Abhängig vom Magnetfeld und damit vom Strom ist. Wir benutzen also wieder Größtfehlerabschätzung:

$$\Delta V_{sys} = \left| \frac{\partial V}{\partial \phi} \right| \Delta \phi_{sys} + \left| \frac{\partial V}{\partial I} \right| \Delta I_{sys} = \frac{1}{\mu_0 N |I|} \Delta \phi_{sys} + \frac{|\phi|}{\mu_0 N I^2} \Delta I_{sys} = 5,729 \frac{rad}{Tm}$$

Damit können wir schließlich die Verdettsche Konstante angeben mit:

$$V = 14,6 \frac{rad}{Tm} \pm 6,9 \frac{rad}{Tm}$$

3.3 Pockels-Effekt

Analog zu 3.1 bauten wir nun mit Hilfe des Pockels-Effekt eine Intensitätsmodulation auf und übertrugen wieder Musik mit Hilfe des Lasers. Jedoch mussten hier einige spezielle Vorkehrungen getroffen werden damit der Effekt erkennbar wurde.

Zum einen wurde der Laserstrahl durch ein Linsensystem aufgeweitet und um dann wieder fokussiert zu werden. Dadurch erhöhte sich die numerische Apparatur und das Auflösungsvermögen. Wir konnten somit den Laser auf einen schärferen Punkt fokussieren!

Hinter der Pockels-Zelle wurde der Strahl nun wieder mit einer Linse auf die Photozelle fokussiert, sodass wir möglichst keine Intensitätsverluste hatten.

Der Effekt konnte jedoch nicht so gut demonstriert werden, da es zu viele Störungen (ungenauer Aufbau / schlecht gewählte Linsenabstände) vorlagen. Jedoch konnte auch hier prinzipiell die Musikinformation mit Hilfe des Lasers übertragen werden.

Im Gegensatz zum Faraday-Effekt sollten auch hier hohe Frequenzen gut übertragbar sein, jedoch dies auf Grund der oben erwähnten Störungen kaum festgestellt werden.

3.4 Pockels-Konstante

Wir sollten nun die Konstante k bestimmen. Dazu benutzen wir den Aufbau aus 3.3, jedoch mit dem Unterschied, dass wir nach der Pockels-Zelle das Laserlicht auf einen Schirm aufweiteten, sodass die charakteristische Hyperbelstruktur erkennbar wurde (siehe Vorbereitung).

Aufeinander folgende Maxima/Minima konnten wir nun durch Veränderung der Spannung an den "Kondensatorplatten" der Pockels-Zelle feststellen. Maxima und Minima ergaben sich für folgende Spannungswerte:

| | | | | | | |
|-------------------------|-------|-------|------|-----|------|------|
| Spannung für Maxima [V] | -1512 | -777 | -238 | 464 | 1025 | 1598 |
| Spannung für Minima [V] | -1791 | -1240 | -524 | 178 | 763 | 1337 |

Tabelle 3.2: Messwerte

Nummeriert man die Maxima und Minima fortlaufend durch und trägt dann die Spannungswerte über diesen Nummern auf so erhält man folgende Ausgleichsgerade:

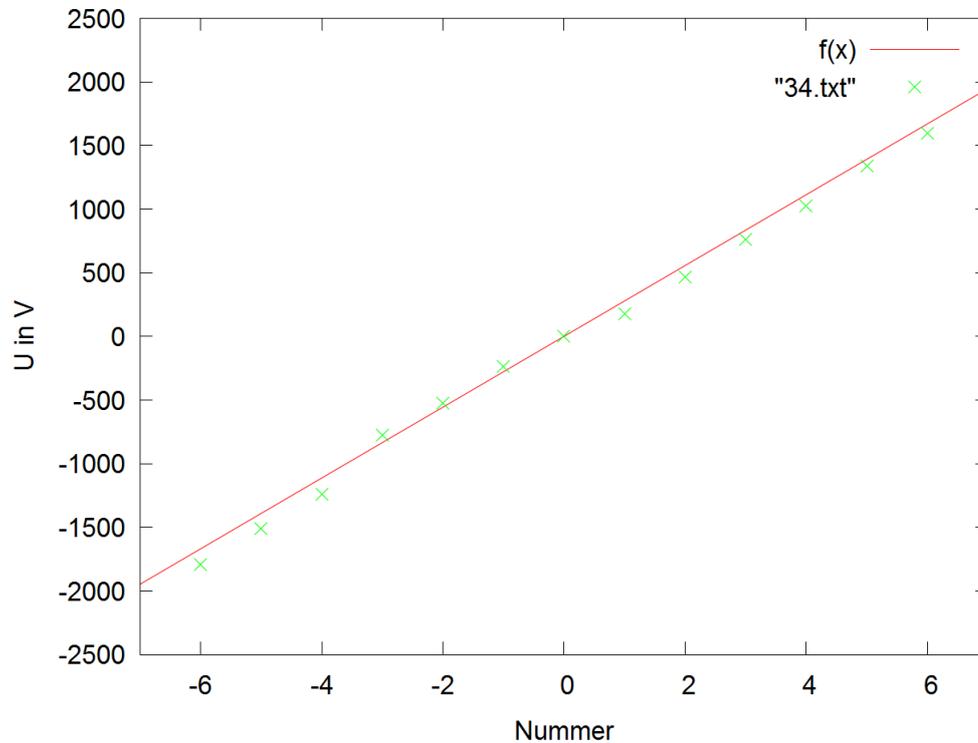


Abbildung 3.2: Ausgleichsgerade

Aus der Steigung ergibt sich die Halbwellenspannung:

$$U_{HW} = 278,302V$$

Der statistische Fehler beträgt:

$$\Delta U_{HW,stat} = 6,456V$$

Die Gerade hat also nach obiger Überlegung folgende Form:

$$U = U_{HW} \cdot m \quad m \in \mathbb{Z}$$

Damit dann also:

$$U_{HW} = \frac{U}{m}$$

Den Fehler für m schätzen wir mit 0,1 ab, da die Hyperbelstrukturen deutlich besser zu erkennen waren, als die Maxima-/Minima-Interferenzbilder des Michelson-Morley-Interferometers. Der systematische Fehler des Spannungsmessgeräts liegt bei $\sim 1V$. Natürlich sind die Fehler von m und U auch hier wieder korreliert. Damit erhalten wir mit

der Größtfehlerabschätzung für $\Delta U_{HW,sys}$:

$$\Delta U_{HW,sys} = \left| \frac{\partial U_{HW}}{\partial U} \right| \Delta U_{sys} + \left| \frac{\partial U_{HW}}{\partial m} \right| \Delta m = \frac{1}{|m|} \Delta U_{sys} + \frac{|U|}{m^2} \Delta m = 10,27310417V$$

Damit können wir U_{HW} angeben mit:

$$U_{HW} = 278,3V \pm 16,7V$$

Für die Pockels-Konstante k gilt:

$$k = \frac{\lambda d}{2U_{HW}s}$$

Die Fehler in den Größen sind unkorreliert. Jedoch ist für die Größen λ , d und s in der Vorbereitungsmappe kein Fehler angegeben. Wir nehmen hier also an, dass diese Fehler verschwindend gering sind und benutzen Gaußfehlerfortpflanzung:

$$\Delta k_{sys} = \sqrt{\left(\frac{\partial k}{\partial U_{HW}}\right)^2 (\Delta U_{HW,sys})^2} = \left| \frac{\partial k}{\partial U_{HW}} \right| \Delta U_{HW,sys}$$

Für den statistischen Fehler folgt analog:

$$\Delta k_{stat} = \sqrt{\left(\frac{\partial k}{\partial U_{HW}}\right)^2 (\Delta U_{HW,stat})^2} = \left| \frac{\partial k}{\partial U_{HW}} \right| \Delta U_{HW,stat}$$

Der Gesamtfehler ist:

$$\Delta k = \Delta k_{sys} + \Delta k_{stat} = \left| \frac{\partial k}{\partial U_{HW}} \right| (\Delta U_{HW,sys} + \Delta U_{HW,stat}) = \left| \frac{\partial k}{\partial U_{HW}} \right| (\Delta U_{HW}) = 6,83412 \cdot 10^{-12} \frac{m}{V}$$

Für k erhalten wir somit:

$$k = (1,1369 \pm 0,07) \cdot 10^{-10} \frac{m}{V}$$

4 Optische Aktivität

4.1 Saccharose

Wir stellten eine Zuckerlösung her indem wir 20g Zucker (Saccharose) in 200ml Wasser lösten. Dann bestimmten wir den Drehwinkel des polarisierten Lichts bei verschiedenen Durchgangslängen. Daraufhin verdünnten wir die Lösung mit weiteren 50ml Wasser und verringerten so die Konzentration.

| $c[10^3 \cdot \frac{kg}{m^3}]$ | $\phi_1[\text{deg}]$ bei $l_1 = 0,198m$ | $\phi_2[\text{deg}]$ bei $l_2 = 0,058m$ |
|--------------------------------|---|---|
| 0,1 | 13,5 | 4,5 |
| 0,08 | 11,5 | 3,5 |
| 0,067 | 9,5 | 2,5 |
| 0,057 | 8 | 3 |
| 0,05 | 7,5 | 2 |

Tabelle 4.1: Messwerte

Trägt man $\frac{\phi_1}{l_1}$ über c auf so erhält man folgende Ausgleichsgerade:

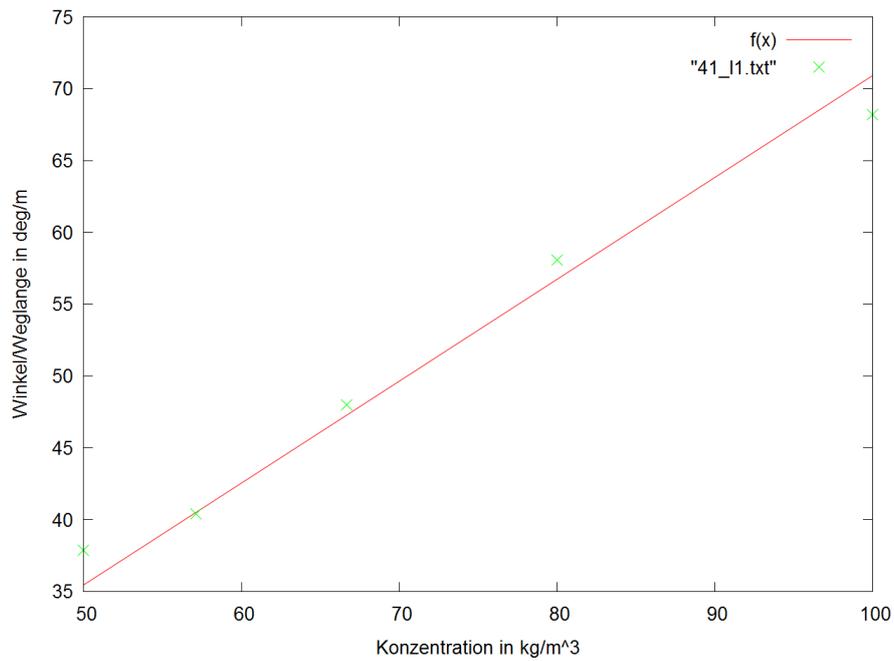


Abbildung 4.1: Ausgleichsgerade $\frac{\phi_1}{l_1}$ über c

Die Gerade hat die Form

$$\frac{\phi_1}{l_1} = [\phi] \cdot c$$

Die Steigung und damit das spezifische optische Drehvermögen $[\phi]$ beträgt:

$$[\phi] = 0,70899 \frac{m^2 \cdot deg}{kg}$$

Der statistische Fehler beträgt:

$$\Delta[\phi]_{stat} = 0,01213 \frac{m^2 \cdot deg}{kg}$$

Für $\frac{\phi_2}{l_2}$ ergibt sich analog:

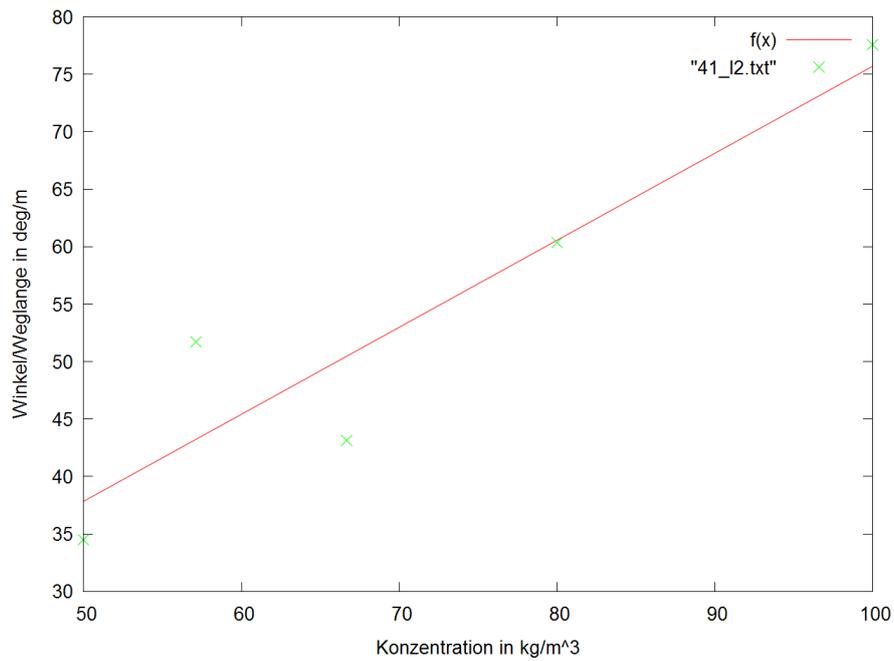


Abbildung 4.2: Ausgleichsgerade $\frac{\phi_1}{l_1}$ über c

$$[\phi] = 0,756849 \frac{m^2 \cdot deg}{kg}$$

$$\Delta[\phi]_2 = 0,03638 \frac{m^2 \cdot deg}{kg}$$

Macht man einen linearen Fit für die zwei Punkte $(l_2, \frac{\phi_2}{c})$ und $(l_1, \frac{\phi_1}{c})$ so erhalten wir folgende 5 Ausgleichsgeraden:

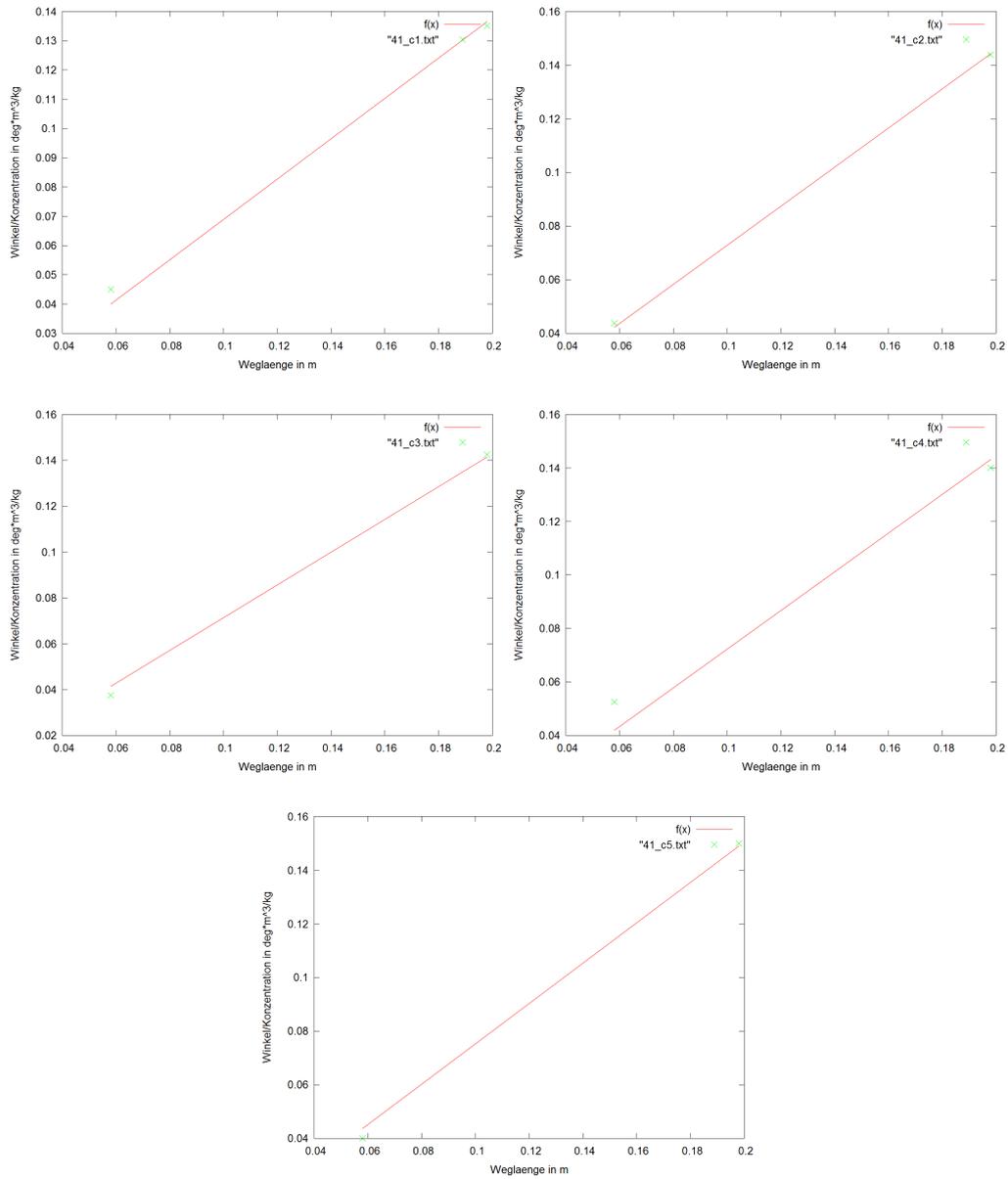


Abbildung 4.3: Ausgleichsgerade $\frac{\phi}{c_1} \dots \frac{\phi}{c_5}$ über l

Für das spezifische optische Drehvermögen erhalten wir (der Reihe nach, mit statistischem Fehler):

$$[\phi] = (0,68925 \pm 0,02537) \frac{m^2 \cdot deg}{kg}$$

$$[\phi] = (0,728247 \pm 0,007635) \frac{m^2 \cdot deg}{kg}$$

$$[\phi] = (0,713917 \pm 0,01973) \frac{m^2 \cdot deg}{kg}$$

$$[\phi] = (0,722726 \pm 0,05344) \frac{m^2 \cdot deg}{kg}$$

$$[\phi] = (0,752208 \pm 0,01832) \frac{m^2 \cdot deg}{kg}$$

Damit haben wir 7 Messwerte für $[\phi]$ und 7 statistische Fehler. Im Mittel ergibt dies (wir wählen den größten statistischen Fehler aus):

$$\overline{[\phi]} = 0,724598 \frac{m^2 \cdot deg}{kg}$$

$$\Delta[\phi]_{stat} = 0,05344 \frac{m^2 \cdot deg}{kg}$$

Es besteht folgender Zusammenhang:

$$[\phi] = \frac{\phi}{l \cdot c} = \frac{\phi \cdot V}{l \cdot m}$$

Die Fehler der Größen ϕ und V korrelieren, sodass wir für den systematischen Fehler die Größtfehlerabschätzung anwenden. Die Größe l entnehmen wir aus dem Aufgabenblatt. Dort ist jedoch kein Fehler für diese angegeben, sodass wir von einem verschwindend kleinen systematischen Fehler für l ausgehen. Allerdings wählen wir für l den kleinsten Wert bzw. den zur Messung passenden Wert, sodass wir auf jeden Fall keinen Fehler unterschlagen. Analog wählen wir für ϕ und V den größten Wert bzw. den zur Messung passenden. Die Masse m des gelösten Zuckers nehmen wir hier ebenfalls als fehlerfrei an. Für den Winkel haben wir einen Skalenfehler von $0,5deg$. Für das Volumen nehmen wir einen Skalenfehler von $0,5mL \hat{=} 0,5 \cdot 10^{-6}m^3$ an.

$$\Delta[\phi]_{sys} = \left| \frac{\partial[\phi]}{\partial\phi} \right| \Delta\phi_{sys} + \left| \frac{\partial[\phi]}{\partial V} \right| \Delta V_{sys} = \frac{1}{l \cdot m} (V \cdot \Delta\phi_{sys} + \phi \cdot \Delta V_{sys}) = 0,127809499 \frac{m^2 \cdot deg}{kg}$$

Damit können wir das spezifische Drehvermögen nun schlussendlich Angeben mit:

$$[\phi] = (0,7 \pm 0,2) \frac{m^2 \cdot deg}{kg}$$

Weitere Fehlerquellen für diesen Versuch könnten zum Beispiel folgende Faktoren sein:

- Temperatur- und Hitzeentwicklung um den Laserstrahl herum, sodass sich Konzentrationsgefälle durch verstärkte Diffusion bilden.
- Homogenität der Lösung, also ob der Zucker gleichmäßig in der Lösung verteilt ist (durch Verdünnen und zu kurzes Warten kann dies großen Einfluss haben). Außerdem ist dies auch der Grund für den "krummen" Weg des Lichts im Zuckerstrahl, da so ein Brechzahlgradient entsteht.
- Ungenau polarisiertes Licht

4.2 Sorbose

Analog zu 4.1 führten wir den Versuch nun mit Sorbose aus, welches ein entgegengesetztes Drehvermögen im Vergleich zu Saccharose besitzt.

| $c[10^3 \cdot \frac{kg}{m^3}]$ | $\phi_1[deg]$ bei $l_1 = 0,198m$ | $\phi_2[deg]$ bei $l_2 = 0,058m$ |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 0,33 | -19 | -5 |

Tabelle 4.2: Messwert

Hier können wir auch die Größe $[\phi]$ angeben. Wir ermitteln sie mit Hilfe einer Ausgleichgeraden analog zu 4.1:

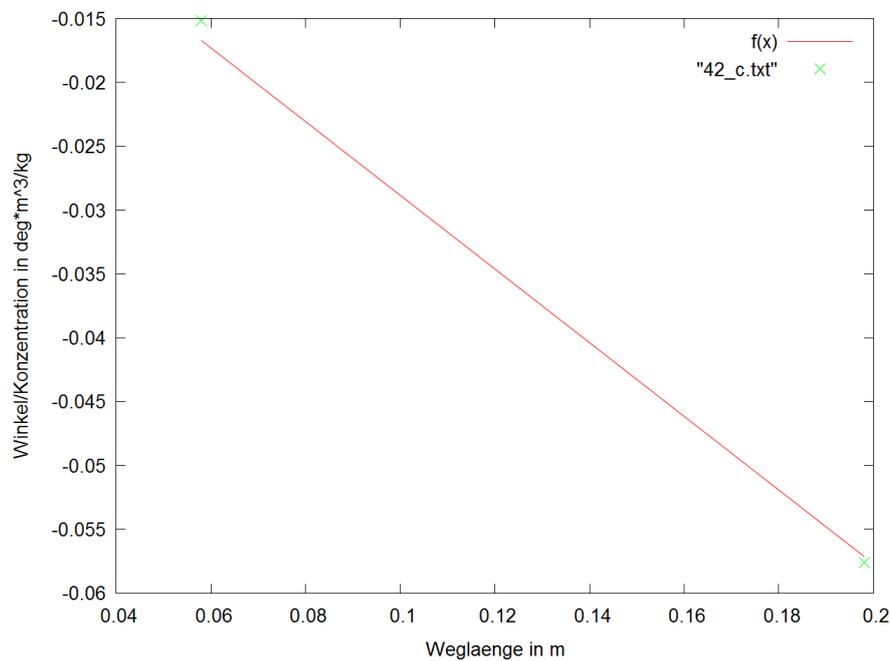


Abbildung 4.4: Ausgleichsgerade $\frac{\phi}{c}$ über l

Die Steigung und damit das spezifische optische Drehvermögen beträgt:

$$[\phi] = -0,288469 \frac{m^2 \cdot deg}{kg}$$

Der statistische Fehler ist hier:

$$\Delta[\phi]_{stat} = 0,007986 \frac{m^2 \cdot deg}{kg}$$

Wir erhalten damit betragsmäßig einen vom Zucker abweichenden Wert. Allerdings war die Sorboselösung stark verunreinigt, sodass wir mit einem großen Fehler für die Konzentration rechnen können! Allerdings ist deutlich zu erkennen, dass Sorbose eine entgegengesetzte Drehrichtung (im Vergleich zu Saccharose) besitzt.