

Versuche P2-23,24,25

Laser B

Versuchsauswertung

Thomas Keck und Marco A. Harrendorf, Gruppe: Mo-3
Karlsruhe Institut für Technologie, Bachelor Physik

Versuchstag: 16.05.2011

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabe 1: Fouriertransformation eines Spaltes	3
1.1 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	3
1.2 Messresultat	3
2 Aufgabe 2: Michelson-Interferometer	4
2.1 Messung des Magnetostruktionskoeffizienten	4
2.1.1 Versuchsaufbau und Durchführung	4
2.1.2 Fehler der Parameter	4
2.1.3 Systematischer Fehler	4
2.1.4 Statistischer Fehler	5
2.1.5 Messresultat	6
2.2 Messung der Wellenlänge des Laserstrahls	6
2.2.1 Versuchsaufbau und Durchführung	6
2.2.2 Systematischer Fehler	6
2.2.3 Statistischer Fehler	7
2.2.4 Messresultat	7
2.3 Optischer Dopplereffekt	7
2.4 Akustischer Dopplereffekt	8
3 Aufgabe 3: Faraday und Pockels - Effekt	8
3.1 Messung der Verdet'schen Konstante	8
3.1.1 Versuchsaufbau und Durchführung	8
3.1.2 Fehler der Parameter	9
3.1.3 Systematischer Fehler	9
3.1.4 Statistischer Fehler	9
3.1.5 Messresultat	10
3.2 Bestimmung von k der Pockelszelle	10
3.2.1 Versuchsaufbau und Durchführung	10
3.2.2 Fehler der Parameter	10
3.2.3 Systematischer Fehler	10
3.2.4 Statistischer Fehler	11
3.2.5 Messresultat	11
4 Aufgabe 4: Optische Aktivität (Saccharimetrie)	12
4.1 Aufgabe 4.1: Optische Aktivität von Saccharose	12
4.1.1 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	12
4.1.2 Messresultat	12
4.2 Aufgabe 4.2: Optische Aktivität von Sorbose	12
4.2.1 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	12
4.2.2 Messresultat	13
Literatur	14

1 Aufgabe 1: Fouriertransformation eines Spaltes

1.1 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Unter Verwendung eines He-Ne-Lasers (Wellenlänge: 632.8 nm) wurde durch Beleuchtung eines Einzelspaltes ein Beugungsmuster erzeugt, welches in einem Abstand $L = 2.33 \text{ m}$ von einem computergesteuerten und durch einen Schrittmotor bewegtem Phototransistor mit schmalem Öffnungsspalt vermessen wurde.

Am Computer konnte anschließend das Beugungsbild mit Hilfe einer Fast-Fourier-Transformation zurück in ein Spaltbild transformiert werden.

1.2 Messresultat

Die Fast-Fourier-Rücktransformation ergab das im Anhang beigefügte Spaltbild und lieferte folgenden Wert für die Spaltbreite b des Einzelspaltes.

$$b = 0.385 \text{ mm}$$

Im Vergleich dazu beträgt die in [Aufgabenstellung] angegebene Spaltbreite $b = 0.4 \text{ mm}$. Die geringe Abweichung von 3.75 % lässt sich zum einen durch auftretende Rundungsfehler bei der Fast-Fourier-Transformation und zum anderen durch die Fertigungstoleranzen des Einzelspaltes gut erklären.

2 Aufgabe 2: Michelson-Interferometer

2.1 Messung des Magnetostruktionskoeffizienten

2.1.1 Versuchsaufbau und Durchführung

Der Versuch wurde wie in der Vorbereitung erarbeitet und auf dem Aufgabenblatt beschrieben aufgebaut und durchgeführt. Der Strom durch die Spule wurde jeweils nur kurz eingeschaltet, um die thermische Ausdehnung so gut es ging zu verhindern. Zur Berechnung von Magnetostruktionskoeffizient wurde folgende Formel verwendet:

$$f_i = \frac{\lambda \cdot m}{2 \cdot n \cdot l} \quad (1)$$

Die gemessenen Messwerte sind in Tabelle 1 aufgeführt. Zum Auswerten der Messdaten wurde das ScienceEvaluationModule (Eigenentwicklung) verwendet. Alle Berechnungen wurden damit ausgeführt.

2.1.2 Fehler der Parameter

Für die Fehlerrechnung wurde jeder fehlerbehafteten Größe p_i , der Berechnungsformel für f , ein systematischer Fehler Δp_i zugewiesen:

- p_1 Länge der Spule/ des Stabes -Wert: $(1.05 \cdot 10^{-01} \pm 5.00 \cdot 10^{-04})\text{m}^1$
- p_2 Windungszahl der Spule -Wert: $(2.00 \cdot 10^{+03} \pm 1.00 \cdot 10^{+00})$
- p_3 Wellenlänge des Lasers -Wert: $(6.33 \cdot 10^{-07} \pm 5.00 \cdot 10^{-11})\text{m}^1$

Die gemessenen Hell-Dunkel Durchgänge, beziehen sich auf vollständige Durchgänge, also z.B. Hell zu Dunkel zu Hell.

2.1.3 Systematischer Fehler

Mithilfe der Gausschen Fehlerfortpflanzung wurde der systematische Fehler Δf_i jeder einzelnen Messung f_i berechnet.

$$f_i = \frac{\lambda \cdot m}{2 \cdot n \cdot l} \quad (2)$$

$$\Delta f_i = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial p_i} \cdot \Delta p_i \right)^2} \quad (3)$$

Die systematischen Fehler der Messwerte selbst, gingen in die Berechnung als weitere Parameter p_i ebenfalls ein. Sodass insgesamt für n Parameter und N Messungen die Fehlerfortpflanzung nach Gauss (Formel 3) durchgeführt wurde:

Hell-Dunkel-Durchgänge $\pm \Delta_{sys}$	Stromstärke $\pm \Delta_{sys}$	Magnetostruktionskoeffizient $f_i \pm \Delta f_i$
$1.00 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$1.00 \cdot 10^{-01} \pm 5.00 \cdot 10^{-03}$	$1.58 \cdot 10^{-09} \pm 4.03 \cdot 10^{-10}$
$2.50 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$2.00 \cdot 10^{-01} \pm 5.00 \cdot 10^{-03}$	$1.98 \cdot 10^{-09} \pm 2.04 \cdot 10^{-10}$
$4.00 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$3.00 \cdot 10^{-01} \pm 5.00 \cdot 10^{-03}$	$2.11 \cdot 10^{-09} \pm 1.36 \cdot 10^{-10}$
$5.50 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$4.00 \cdot 10^{-01} \pm 5.00 \cdot 10^{-03}$	$2.18 \cdot 10^{-09} \pm 1.03 \cdot 10^{-10}$
$7.00 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$5.00 \cdot 10^{-01} \pm 5.00 \cdot 10^{-03}$	$2.21 \cdot 10^{-09} \pm 8.21 \cdot 10^{-11}$
$-1.00 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$-1.00 \cdot 10^{-01} \pm 5.00 \cdot 10^{-03}$	$1.58 \cdot 10^{-09} \pm 4.03 \cdot 10^{-10}$
$-2.50 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$-2.00 \cdot 10^{-01} \pm 5.00 \cdot 10^{-03}$	$1.98 \cdot 10^{-09} \pm 2.04 \cdot 10^{-10}$
$-4.00 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$-3.00 \cdot 10^{-01} \pm 5.00 \cdot 10^{-03}$	$2.11 \cdot 10^{-09} \pm 1.36 \cdot 10^{-10}$
$-5.00 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$-4.00 \cdot 10^{-01} \pm 5.00 \cdot 10^{-03}$	$1.98 \cdot 10^{-09} \pm 1.02 \cdot 10^{-10}$
$-6.50 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$-5.00 \cdot 10^{-01} \pm 5.00 \cdot 10^{-03}$	$2.06 \cdot 10^{-09} \pm 8.17 \cdot 10^{-11}$

Tabelle 1: Einzelmesswerte: für Hell-Dunkel-Durchgänge in für Stromstärke in A^1 , mit systematischem Fehler. Sowie die Einzelergebnisse für Magnetostruktionskoeffizient in $\frac{m^1}{A^1}$ mit resultierendem systematischem Fehler

Um den systematischen Fehler $\Delta \bar{f}_{sys}$ des Mittelwerts (Formel 4) zu bestimmen, wurde die Größtfehlerabschätzung auf die Mittelwertbildung für \bar{f} angewendet (Formel 5). Die Größtfehlerabschätzung wurde gewählt, da die systematischen Fehler der Einzelmessung durchaus korreliert sein könnten. So wurde immer dasselbe Messinstrumente verwendet, und alle Messungen fanden unter gleichen Umweltbedingungen statt.

$$\bar{f} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} \quad (4)$$

$$\Delta \bar{f}_{sys} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta f_i \quad (5)$$

Angewendet auf unsere Datenbasis ergibt dies:

$$\bar{f} \pm \Delta \bar{f}_{sys} = (1.98 \cdot 10^{-09} \pm 1.86 \cdot 10^{-10}) \frac{m^1}{A^1} \quad (6)$$

2.1.4 Statistischer Fehler

Für den statistischen Fehler wurde die Standardabweichung des Mittelwerts \bar{f}_{stat} nach Formel 8 berechnet

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (f_i - \bar{f})^2} \quad (7)$$

$$\Delta \bar{f}_{stat} = \frac{\sigma_f}{\sqrt{N}} \quad (8)$$

Die Standardabweichung σ_f ist ein Maß für die Streuung der Messergebnisse um den Mittelwert \bar{f} herum. Im Ergebnis angegeben ist die Standardabweichung des Mittelwerts $\Delta \bar{f}_{stat}$. Dieser

Fehler kann, beliebig klein gemacht werden, da der statistische Fehler mit \sqrt{N} sinkt, wobei N die Anzahl der Messungen ist. Die Bedeutung der Standardabweichung liegt vor allem in der Wahrscheinlichkeitsinterpretation der Standardabweichung. Die Wahrscheinlichkeit, dass der wahre Wert der vermessen wurde innerhalb der Standardabweichung des Mittelwerts liegt, ist für die hier verwendete einfache Standardabweichung 67%.

$$\bar{f} \pm \Delta \bar{f}_{stat} = (1.98 \cdot 10^{-09} \pm 7.07 \cdot 10^{-11}) \frac{\text{m}^1}{\text{A}^1} \quad (9)$$

Die Messwerte weisen also eine geringe Streuung auf, man kann deshalb davon ausgehen, dass die thermische Ausdehnung nicht stattfand.

2.1.5 Messresultat

Das Ergebnis der Messung von Magnetostruktionskoeffizient

$$\bar{f} \pm \Delta \bar{f}_{sys} \pm \Delta \bar{f}_{stat} = (1.98 \cdot 10^{-09} \pm 1.86 \cdot 10^{-10} \pm 7.07 \cdot 10^{-11}) \frac{\text{m}^1}{\text{A}^1} \quad (10)$$

Dieses Messergebnis erscheint plausibel. Es steht jedoch kein Literaturwert zum Vergleich zur Verfügung

2.2 Messung der Wellenlänge des Laserstrahls

2.2.1 Versuchsaufbau und Durchführung

Der Versuch wurde wie in der Vorbereitung erarbeitet und auf dem Aufgabenblatt beschrieben aufgebaut und durchgeführt. Zur Berechnung von Wellenlänge des Lasers wurde folgende Formel verwendet:

$$f_i = 2 \cdot \frac{\Delta l}{m} \quad (11)$$

Die gemessenen Messwerte sind in Tabelle 2 aufgeführt.

2.2.2 Systematischer Fehler

Mithilfe der Gausschen Fehlerfortpflanzung wurde der systematische Fehler Δf_i jeder einzelnen Messung f_i berechnet. Die systematischen Fehler der Messwerte selbst, gingen in die Berechnung als weitere Parameter p_i ebenfalls ein. Sodass insgesamt für n Parameter und N Messungen die Fehlerfortpflanzung nach Gauss (Formel 3) durchgeführt wurde:

Hell-Dunkel-Durchgänge $\pm \Delta_{sys}$	Längenänderung $\pm \Delta_{sys}$	Wellenlänge des Lasers $f_i \pm \Delta f_i$
$1.00 \cdot 10^{+01} \pm 5.00 \cdot 10^{-01}$	$2.90 \cdot 10^{-06} \pm 1.00 \cdot 10^{-06}$	$5.80 \cdot 10^{-07} \pm 2.02 \cdot 10^{-07}$
$1.00 \cdot 10^{+01} \pm 5.00 \cdot 10^{-01}$	$2.50 \cdot 10^{-06} \pm 1.00 \cdot 10^{-06}$	$5.00 \cdot 10^{-07} \pm 2.02 \cdot 10^{-07}$
$1.00 \cdot 10^{+01} \pm 5.00 \cdot 10^{-01}$	$2.40 \cdot 10^{-06} \pm 1.00 \cdot 10^{-06}$	$4.80 \cdot 10^{-07} \pm 2.01 \cdot 10^{-07}$
$1.50 \cdot 10^{+01} \pm 5.00 \cdot 10^{-01}$	$4.30 \cdot 10^{-06} \pm 1.00 \cdot 10^{-06}$	$5.73 \cdot 10^{-07} \pm 1.35 \cdot 10^{-07}$
$1.50 \cdot 10^{+01} \pm 5.00 \cdot 10^{-01}$	$3.50 \cdot 10^{-06} \pm 1.00 \cdot 10^{-06}$	$4.67 \cdot 10^{-07} \pm 1.34 \cdot 10^{-07}$
$1.50 \cdot 10^{+01} \pm 5.00 \cdot 10^{-01}$	$4.50 \cdot 10^{-06} \pm 1.00 \cdot 10^{-06}$	$6.00 \cdot 10^{-07} \pm 1.35 \cdot 10^{-07}$
$2.00 \cdot 10^{+01} \pm 5.00 \cdot 10^{-01}$	$6.10 \cdot 10^{-06} \pm 1.00 \cdot 10^{-06}$	$6.10 \cdot 10^{-07} \pm 1.01 \cdot 10^{-07}$
$2.00 \cdot 10^{+01} \pm 5.00 \cdot 10^{-01}$	$6.00 \cdot 10^{-06} \pm 1.00 \cdot 10^{-06}$	$6.00 \cdot 10^{-07} \pm 1.01 \cdot 10^{-07}$

Tabelle 2: Einzelmesswerte: für Hell-Dunkel-Durchgänge in für Längenänderung in m^1 , mit systematischem Fehler. Sowie die Einzelergebnisse für Wellenlänge des Lasers in m^1 mit resultierendem systematischem Fehler

Um den systematischen Fehler $\Delta \bar{f}_{sys}$ des Mittelwerts (Formel 4) zu bestimmen, wurde die Größtfehlerabschätzung auf die Mittelwertbildung für \bar{f} angewendet (Formel 5). Angewendet auf unsere Datenbasis ergibt dies:

$$\bar{f} \pm \Delta \bar{f}_{sys} = (5.51 \cdot 10^{-07} \pm 1.51 \cdot 10^{-07})m^1 \quad (12)$$

2.2.3 Statistischer Fehler

Für den statistischen Fehler wurde die Standardabweichung des Mittelwerts \bar{f}_{stat} nach Formel 8 berechnet Für den statistischen Fehler bzw. die Standardabweichung des Mittelwert folgt damit:

$$\bar{f} \pm \Delta \bar{f}_{stat} = (5.51 \cdot 10^{-07} \pm 2.09 \cdot 10^{-08})m^1 \quad (13)$$

2.2.4 Messresultat

Das Ergebnis der Messung von Wellenlänge des Lasers

$$\bar{f} \pm \Delta \bar{f}_{sys} \pm \Delta \bar{f}_{stat} = (5.51 \cdot 10^{-07} \pm 1.51 \cdot 10^{-07} \pm 2.09 \cdot 10^{-08})m^1 \quad (14)$$

Dieses Messergebnis stimmt im Rahmen der Messgenauigkeit mit dem erwarteten Wert $6.33 \cdot 10^{-07}$ überein. Auffallend ist der große systematische Fehler, welcher die Messung als sehr ungenau kennzeichnet. Dies ist auf die Instabilität des Interferenzmusters zurückzuführen, welches bei kleinsten Bewegungen der Messapparatur infolge der Drehung an der Micrometerschraube, sich sehr schnell änderte.

2.3 Optischer Dopplereffekt

Es wurden insgesamt 3 Messungen durchgeführt: Einmal wurde die Geschwindigkeit des Spiegels direkt gemessen über die zurückgelegte Wegstrecke:

Strecke $\pm \Delta_{sys}$	Messzeit $\pm \Delta_{sys}$	Geschwindigkeit $f_i \pm \Delta f_i$
$6.90 \cdot 10^{-05} \pm 1.00 \cdot 10^{-06}$	$6.00 \cdot 10^{+01} \pm 1.00 \cdot 10^{+00}$	$1.15 \cdot 10^{-06} \pm 2.54 \cdot 10^{-08}$
$2.00 \cdot 10^{-05} \pm 1.00 \cdot 10^{-06}$	$6.00 \cdot 10^{+01} \pm 1.00 \cdot 10^{+00}$	$3.33 \cdot 10^{-07} \pm 1.76 \cdot 10^{-08}$
$1.10 \cdot 10^{-05} \pm 1.00 \cdot 10^{-06}$	$4.00 \cdot 10^{+01} \pm 1.00 \cdot 10^{+00}$	$2.75 \cdot 10^{-07} \pm 2.59 \cdot 10^{-08}$

Tabelle 3: Einzelmesswerte: für Strecke in m^1 für Messzeit in s^1 , mit systematischem Fehler. Sowie die Einzelergebnisse für Geschwindigkeit in $\frac{m^1}{s^1}$ mit resultierendem systematischem Fehler

Das andere Mal wurde die Geschwindigkeit des Spiegels über den Dopplereffekt bestimmt:

Hell-Dunkel-Durchgänge $\pm \Delta_{sys}$	Messzeit $\pm \Delta_{sys}$	Geschwindigkeit $f_i \pm \Delta f_i$
$9.00 \cdot 10^{+01} \pm 2.00 \cdot 10^{+00}$	$6.00 \cdot 10^{+01} \pm 1.00 \cdot 10^{+00}$	$9.49 \cdot 10^{-07} \pm 2.64 \cdot 10^{-08}$
$6.80 \cdot 10^{+01} \pm 2.00 \cdot 10^{+00}$	$6.00 \cdot 10^{+01} \pm 1.00 \cdot 10^{+00}$	$7.17 \cdot 10^{-07} \pm 2.42 \cdot 10^{-08}$
$3.30 \cdot 10^{+01} \pm 2.00 \cdot 10^{+00}$	$4.00 \cdot 10^{+01} \pm 1.00 \cdot 10^{+00}$	$5.22 \cdot 10^{-07} \pm 3.42 \cdot 10^{-08}$

Tabelle 4: Einzelmesswerte: für Hell-Dunkel-Durchgänge in für Messzeit in s^1 , mit systematischem Fehler. Sowie die Einzelergebnisse für Geschwindigkeit in $\frac{m^1}{s^1}$ mit resultierendem systematischem Fehler

Man erkennt, dass die gemessenen Größen zumindest von den Größenordnungen übereinstimmen. Die Messung ist jedoch sehr ungenau gewesen, da der Schrittmotor nicht die Drehung nicht gleichmäßig auf die Micrometerschraube übertragen konnte. Bei frisch eingespanntem Band, welches zur Übertragung benutzt wurde, konnte man beobachten, wie der Interferenz immer langsamer wurde, bis die aufgebaute Spannung sich in einer schnellen Drehung (mit vielen schnellen Interferenzwechsellern) wieder abbaute. Der ungleichmäßige Schrittmotor dürfte die größte Fehlerquelle im Versuch gewesen sein.

2.4 Akustischer Dopplereffekt

Im Anschluss an diese Messung wurde der Dopplereffekt anhand einer Stimmgabel bei Bewegung des Senders, und bei Bewegung auf eine reflektierende Wand nachvollzogen. Man beobachtet in der Akustik das gleiche Verhalten wie in der Optik.

3 Aufgabe 3: Faraday und Pockels - Effekt

3.1 Messung der Verdetschen Konstante

3.1.1 Versuchsaufbau und Durchführung

Der Versuch wurde wie in der Vorbereitung erarbeitet und auf dem Aufgabenblatt beschrieben aufgebaut und durchgeführt. Im Demonstrationsversuch konnte die Modulierung des Lichtes über den Faradayeffekt mit einem Tonsignal und dem wiederabspielen über den Lautsprecher des NF-Verstärkers sehr gut beobachtet, bzw. gehört werden. Anschließend wurde die Verdetsche Konstante des verwendeten Bleisilikatglases mit dem gleichen Versuchsaufbau gemessen.

Zur Berechnung von Verdet'scher Konstante wurde folgende Formel verwendet:

$$f_i = \frac{\alpha}{\mu_0 \cdot N \cdot I} \quad (15)$$

Die gemessenen Messwerte sind in Tabelle 5 aufgeführt.

3.1.2 Fehler der Parameter

Für die Fehlerrechnung wurde jeder fehlerbehafteten Größe p_i , der Berechnungsformel für f , ein systematischer Fehler Δp_i zugewiesen:

- p_1 Windungszahl der Spule -Wert: $(8.00 \cdot 10^{+02} \pm 1.00 \cdot 10^{+00})$

3.1.3 Systematischer Fehler

Mithilfe der Gaußschen Fehlerfortpflanzung wurde der systematische Fehler Δf_i jeder einzelnen Messung f_i berechnet. Die systematischen Fehler der Messwerte selbst, gingen in die Berechnung als weitere Parameter p_i ebenfalls ein. Sodass insgesamt für n Parameter und N Messungen die Fehlerfortpflanzung nach Gauss (Formel 3) durchgeführt wurde:

Winkel im Bogenmaß $\pm \Delta_{sys}$	Stromstärke $\pm \Delta_{sys}$	Verdet'sche Konstante $f_i \pm \Delta f_i$
$-1.75 \cdot 10^{-02} \pm 3.49 \cdot 10^{-02}$	$1.50 \cdot 10^{+00} \pm 5.00 \cdot 10^{-02}$	$-1.16 \cdot 10^{+01} \pm 2.32 \cdot 10^{+01}$
$-2.62 \cdot 10^{-02} \pm 3.49 \cdot 10^{-02}$	$3.00 \cdot 10^{+00} \pm 5.00 \cdot 10^{-02}$	$-8.68 \cdot 10^{+00} \pm 1.16 \cdot 10^{+01}$
$4.36 \cdot 10^{-02} \pm 3.49 \cdot 10^{-02}$	$-1.50 \cdot 10^{+00} \pm 5.00 \cdot 10^{-02}$	$-2.89 \cdot 10^{+01} \pm 2.32 \cdot 10^{+01}$
$7.85 \cdot 10^{-02} \pm 3.49 \cdot 10^{-02}$	$-3.00 \cdot 10^{+00} \pm 5.00 \cdot 10^{-02}$	$-2.60 \cdot 10^{+01} \pm 1.16 \cdot 10^{+01}$

Tabelle 5: Einzelmesswerte: für Winkel im Bogenmaß in für Stromstärke in A^1 , mit systematischem Fehler. Sowie die Einzelergebnisse für Verdet'sche Konstante in $\frac{A^1 s^2}{kg^1 m^1}$ mit resultierendem systematischem Fehler

Die Messung war sehr ungenau, da die Winkeländerung nur sehr gering ausfiel. Um den systematischen Fehler $\Delta \bar{f}_{sys}$ des Mittelwerts (Formel 4) zu bestimmen, wurde die Größtfehlerabschätzung auf die Mittelwertbildung für \bar{f} angewendet (Formel 5). Angewendet auf unsere Datenbasis ergibt dies:

$$\bar{f} \pm \Delta \bar{f}_{sys} = (-1.88 \cdot 10^{+01} \pm 1.74 \cdot 10^{+01}) \frac{A^1 s^2}{kg^1 m^1} \quad (16)$$

3.1.4 Statistischer Fehler

Für den statistischen Fehler wurde die Standardabweichung des Mittelwerts \bar{f}_{stat} nach Formel 8 berechnet Für den statistischen Fehler bzw. die Standardabweichung des Mittelwert folgt damit:

$$\bar{f} \pm \Delta \bar{f}_{stat} = (-1.88 \cdot 10^{+01} \pm 5.08 \cdot 10^{+00}) \frac{A^1 s^2}{kg^1 m^1} \quad (17)$$

Da aufgrund der Beschränkung der Stromstärke und der geringen Winkeländerung nur sehr wenige Messungen durchgeführt werden konnte, ist der statistische Fehler natürlich sehr groß.

3.1.5 Messresultat

Das Ergebnis der Messung von Verdet'sche Konstante

$$\bar{f} \pm \Delta \bar{f}_{sys} \pm \Delta \bar{f}_{stat} = (-1.88 \cdot 10^{+01} \pm 1.74 \cdot 10^{+01} \pm 5.08 \cdot 10^{+00}) \frac{\text{A}^1 \text{s}^2}{\text{kg}^1 \text{m}^1} \quad (18)$$

Dieses Messergebnis erscheint plausibel. Auffallend ist der große systematische Fehler, welcher die Messung defakto unbrauchbar macht. Insbesondere der Parameter „Winkel im Bogenmaß“ sorgt mit seinem hohen relativen Fehler von 84.21% für diese Ungenauigkeit. Der große statistische Fehler sorgt dafür, dass die Messung leider unbrauchbar wird. Die Messwerte sind also weit um den Mittelwert herum gestreut. Auch hier wurde kein Literaturwert gefunden, mit dem man dieses Ergebnis vergleichen könnte.

3.2 Bestimmung von k der Pockelszelle

3.2.1 Versuchsaufbau und Durchführung

Der Versuch wurde wie in der Vorbereitung erarbeitet und auf dem Aufgabenblatt beschrieben aufgebaut und durchgeführt. Im Demonstrationsversuch konnte die Modulierung des Lichtes über den Pockelseffekt mit dem Audioausgang eines MP3-Players und dem wiederabspielen über den Lautsprecher des NF-Verstärkers sehr gut beobachtet, bzw. gehört werden. Anschließend wurde die Konstante k der verwendeten Pockelszelle mit dem gleichen Versuchsaufbau gemessen. Zur Berechnung von k der Pockelszelle wurde folgende Formel verwendet:

$$f_i = \frac{d \cdot \lambda_0}{2\pi \cdot s \cdot \frac{dU}{dm}} \quad (19)$$

Die gemessenen Messwerte sind in Tabelle 6 aufgeführt.

3.2.2 Fehler der Parameter

Für die Fehlerrechnung wurde jeder fehlerbehafteten Größe p_i , der Berechnungsformel für f , ein systematischer Fehler Δp_i zugewiesen:

- p_1 Wellenlänge des Lasers -Wert: $(6.33 \cdot 10^{-07} \pm 5.00 \cdot 10^{-11})\text{m}^1$
- p_2 Abstand der Elektroden -Wert: $(2.00 \cdot 10^{-03} \pm 0.00 \cdot 10^{+00})\text{m}^1$
- p_3 Weglänge -Wert: $(2.00 \cdot 10^{-02} \pm 5.00 \cdot 10^{-04})\text{m}^1$

3.2.3 Systematischer Fehler

Mithilfe der Gausschen Fehlerfortpflanzung wurde der systematische Fehler Δf_i jeder einzelnen Messung f_i berechnet. Die systematischen Fehler der Messwerte selbst, gingen in die Berechnung als weitere Parameter p_i ebenfalls ein. Sodass insgesamt für n Parameter und N Messungen die Fehlerfortpflanzung nach Gauss (Formel 3) durchgeführt wurde:

Ordnung der Extrema $\pm \Delta_{sys}$	Spannung $\pm \Delta_{sys}$	k der Pockelszelle $f_i \pm \Delta f_i$
$1.00 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$4.85 \cdot 10^{+02} \pm 5.00 \cdot 10^{+01}$	$2.08 \cdot 10^{-11} \pm 5.64 \cdot 10^{-12}$
$2.00 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$8.22 \cdot 10^{+02} \pm 5.00 \cdot 10^{+01}$	$2.45 \cdot 10^{-11} \pm 3.46 \cdot 10^{-12}$
$3.00 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$1.19 \cdot 10^{+03} \pm 5.00 \cdot 10^{+01}$	$2.54 \cdot 10^{-11} \pm 2.45 \cdot 10^{-12}$
$4.00 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$1.61 \cdot 10^{+03} \pm 5.00 \cdot 10^{+01}$	$2.50 \cdot 10^{-11} \pm 1.85 \cdot 10^{-12}$
$5.00 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$1.98 \cdot 10^{+03} \pm 5.00 \cdot 10^{+01}$	$2.54 \cdot 10^{-11} \pm 1.56 \cdot 10^{-12}$
$-1.00 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$-3.41 \cdot 10^{+02} \pm 5.00 \cdot 10^{+01}$	$2.95 \cdot 10^{-11} \pm 8.59 \cdot 10^{-12}$
$-2.00 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$-7.12 \cdot 10^{+02} \pm 5.00 \cdot 10^{+01}$	$2.83 \cdot 10^{-11} \pm 4.12 \cdot 10^{-12}$
$-3.00 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$-1.05 \cdot 10^{+03} \pm 5.00 \cdot 10^{+01}$	$2.88 \cdot 10^{-11} \pm 2.85 \cdot 10^{-12}$
$-4.00 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$-1.40 \cdot 10^{+03} \pm 5.00 \cdot 10^{+01}$	$2.89 \cdot 10^{-11} \pm 2.20 \cdot 10^{-12}$
$-5.00 \cdot 10^{+00} \pm 2.50 \cdot 10^{-01}$	$-1.75 \cdot 10^{+03} \pm 5.00 \cdot 10^{+01}$	$2.88 \cdot 10^{-11} \pm 1.81 \cdot 10^{-12}$

Tabelle 6: Einzelmesswerte: für Ordnung der Extrema in für Spannung in $\frac{\text{kg}^1\text{m}^2}{\text{A}^1\text{s}^3}$, mit systematischem Fehler. Sowie die Einzelergebnisse für k der Pockelszelle in $\frac{\text{A}^1\text{s}^3}{\text{kg}^1\text{m}^1}$ mit resultierendem systematischem Fehler

Um den systematischen Fehler $\Delta \bar{f}_{sys}$ des Mittelwerts (Formel 4) zu bestimmen, wurde die Größtfehlerabschätzung auf die Mittelwertbildung für \bar{f} angewendet (Formel 5). Angewendet auf unsere Datenbasis ergibt dies:

$$\bar{f} \pm \Delta \bar{f}_{sys} = (2.65 \cdot 10^{-11} \pm 3.45 \cdot 10^{-12}) \frac{\text{A}^1\text{s}^3}{\text{kg}^1\text{m}^1} \quad (20)$$

3.2.4 Statistischer Fehler

Für den statistischen Fehler wurde die Standardabweichung des Mittelwerts \bar{f}_{stat} nach Formel 8 berechnet Für den statistischen Fehler bzw. die Standardabweichung des Mittelwert folgt damit:

$$\bar{f} \pm \Delta \bar{f}_{stat} = (2.65 \cdot 10^{-11} \pm 8.81 \cdot 10^{-13}) \frac{\text{A}^1\text{s}^3}{\text{kg}^1\text{m}^1} \quad (21)$$

3.2.5 Messresultat

Das Ergebnis der Messung von k der Pockelszelle

$$\bar{f} \pm \Delta \bar{f}_{sys} \pm \Delta \bar{f}_{stat} = (2.65 \cdot 10^{-11} \pm 3.45 \cdot 10^{-12} \pm 8.81 \cdot 10^{-13}) \frac{\text{A}^1\text{s}^3}{\text{kg}^1\text{m}^1} \quad (22)$$

Dieses Messergebnis erscheint plausibel. Es stand jedoch kein Literaturwert zum Vergleich zur Verfügung.

4 Aufgabe 4: Optische Aktivität (Saccharimetrie)

4.1 Aufgabe 4.1: Optische Aktivität von Saccharose

4.1.1 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Der linear polarisierte He-Ne-Laser (Wellenlänge: 632.8 nm) wurde verwendet und in einem Abstand wurde vor einem Schirm ein Polarisationsfilter aufgebaut.

Durch Drehen des Polarisationsfilters und Beobachtung des Schirms konnte zunächst der Drehwinkel α_0 zu $\alpha_0 = 163^\circ$ bestimmt werden, für den die Lichtintensität am Schirm nahezu Null und somit nahezu das gesamte linear polarisierte Licht durch den Polarisationsfilter herausgefiltert wurde.

Anschließend wurden Küvetten, die mit Saccharoselösungen der Konzentration k gefüllt waren, in Längs- und Querrichtung in den Strahlengang vor den Polarisationsfilter eingebracht und der Drehwinkel α am Polarisationsfilter bestimmt, für den sich auf dem Schirm ein Minimum ergab.

4.1.2 Messresultat

Aus der in [Aufgabenstellung] gegebenen Formel für das spezifische optische Drehvermögen $[\alpha]$

$$[\alpha] = \frac{\Delta\alpha}{k \cdot l}$$

konnte für zwei verschiedenen konzentrierte Saccharoselösungen und jeweils zwei Lichtwellenlängen l das spezifische optische Drehvermögen $[\alpha]$ bestimmt werden.

Durch die Bildung des Mittelwerts aus den vier in Tabelle 7 angegebenen Messwerten erhält man dann das spezifische optische Drehvermögen der rechtsdrehenden Saccharose $[\alpha]$ und deren statistischer Unsicherheit $\Delta_{stat}[\alpha]$:

$$[\alpha] + \Delta[\alpha] = +(39.1 \pm 6.0)^\circ$$

Konzentration k [$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$]	0.3	0.3	0.15	0.15
Lichtweglänge l [dm]	1.98	0.58	1.98	0.58
Drehwinkel α_0 [$^\circ$]	163	163	163	163
Drehwinkel α [$^\circ$]	187	169	177	166
Drehwinkel $\Delta\alpha$ [$^\circ$]	24	6	14	3
Spez. opt. Drehvermögen $[\alpha]$ [$\frac{^\circ \cdot \text{cm}^3}{\text{g} \cdot \text{dm}}$]	40.4	34.4	47.1	34.5

Tabelle 7: Spezifisches optisches Drehvermögen von Saccharose

4.2 Aufgabe 4.2: Optische Aktivität von Sorbose

4.2.1 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Der Versuchsaufbau und die Versuchsdurchführung war analog zur in Kapitel 4.1.1 beschriebenen Vorgehensweise, allerdings wurde anstatt von Saccharose Sorbose verwendet.

4.2.2 Messresultat

Aus der in [Aufgabenstellung] gegebenen Formel für das spezifische optische Drehvermögen $[\alpha]$

$$[\alpha] = \frac{\Delta\alpha}{k \cdot l}$$

konnte für eine Sorboselösung mit Konzentration $k = 0.33 \frac{g}{cm^3}$ und jeweils zwei Lichtwellenlängen l das spezifische optische Drehvermögen $[\alpha]$ bestimmt werden.

Durch die Bildung des Mittelwerts aus den zwei in Tabelle 8 angegebenen Messwerten erhält man dann das spezifische optische Drehvermögen der linksdrehenden Sorbose $[\alpha]$ und deren statistischer Unsicherheit $\Delta_{stat}[\alpha]$:

$$[\alpha] + \Delta[\alpha] = -(40.5 \mp 5.5)^\circ$$

Konzentration k $[\frac{g}{cm^3}]$	0.33	0.33
Lichtweglänge l [dm]	1.98	0.58
Drehwinkel α_0 [°]	163	163
Drehwinkel α [°]	134	156
Drehwinkel $\Delta\alpha$ [°]	-29	-7
Spez. opt. Drehvermögen $[\alpha]$ $[\frac{^\circ \cdot cm^3}{g \cdot dm}]$	-44.4	-36.6

Tabelle 8: Spezifisches optisches Drehvermögen von Saccharose

Literatur

[Aufgabenstellung] Aufgabenstellung zu den Versuchen P2-23,24,25

[Vorbereitungshilfe] Vorbereitungshilfe zu den Versuchen P2-23,24,25