

Einführungspraktikum  
**O5 Polarimetrie**

Julien Kluge

8. Oktober 2015

**Student:** Julien Kluge [REDACTED]

**Partner:** [REDACTED]

**Betreuer:** Moritz Futscher

**Raum:** 315

**Messplatz:** hpr02287

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Abstract</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Versuchsdurchführung</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Messwerte</b>	<b>2</b>
3.1	Fehlerrechnung . . . . .	2
3.2	Quarzplatten . . . . .	2
3.3	Zuckerlösungen . . . . .	3
<b>4</b>	<b>Auswertung</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Fehleranalyse und Ergebniseinschätzung</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>Anlagen</b>	<b>5</b>
6.1	Formeln . . . . .	5
6.2	Abbildungen . . . . .	6
<b>7</b>	<b>Quellen</b>	<b>7</b>

## 1 Abstract

Licht besteht als Elektromagnetische Welle aus einem elektrischen Feld und orthogonal dazu gerichteten magnetischen Feld. Die räumliche Orientierung des elektrischen Feldes lässt sich auf eine bestimmte Ebene im Raum ausrichten. Dieser Prozess nennt sich lineare Polarisierung. Die Ausdehnungsebene von polarisiertem Licht, lässt sich durch optisch Aktive Medien ändern bzw. drehen. Aus dem geänderten Ausrichtungswinkel im Bezug auf die Dichte und Dicke des optisch aktiven Mediums, lassen sich Rückschlüsse auf Zusammensetzung oder bei bekannten Stoffen der Konzentration/Dichte ziehen. Diese Methode nennt sich Polarimetrie.

## 2 Versuchsdurchführung

Der Versuchsaufbau bestand aus einem Halbschattenpolarimeter welches mit monochromatischem Licht einer Natrium-Spektrallampe arbeitet (Wellenlänge:  $\lambda = 589.3 \text{ nm}$ ). Alle Messungen wurden bei konstanter Raumtemperatur ( $\approx 298 \text{ K}$ ) durchgeführt um eine Ausdehnung der Proben als Fehlerquelle auszuschließen. Vor jeder Messreihe wurde eine Nullpunktbestimmung durchgeführt um etwaige Fehler durch falsches Messen des Nullpunktes aufzudecken und Materialveränderungen zu berücksichtigen. Dabei wurde die Einstellung so gewählt, das die Drei Felder in einer homogenen Helligkeit erschienen. Es wurde stets darauf geachtet, die dunkle Einstellung zu nehmen, da diese einen höheren Kontrast bietet und so zu geringeren subjektiven Fehlern führt. Jede Messreihe einer Probe bestand aus 4 Einzelmessungen. Die Messungen erfolgten alle über Drehung einer eingebauten Quarzplatte. Diese verdreht als optisch aktives Medium die Polarisation. Durch die Nulleinstellung wird diese kompensiert. Wird nun eine Probe eingelegt wird der mittlere Strahlengang wieder verdreht. Durch das erneute finden der homogenen Einstellung, wird die Drehung um die andere Richtung kompensiert. Daraus folgt außerdem, dass die Messwerte ein falsches Vorzeichen besitzen, da ja in die entgegengesetzte Drehrichtung rotiert wird. Der gedrehte wert wird korrigiert mit der Nulleinstellung und abgelesen und notiert.

## 3 Messwerte

### 3.1 Fehlerrechnung

Alle Messwerte sind im Gradmaß aufgenommen. Als erstes, werden alle Messwerte gemittelt und mit ihrer Nulleinstellung korrigiert. Da jeweils immer unter 6 Messungen gemacht wurden, muss die zufällige Messabweichung per Größtfehlerabschätzung nach (5) gemacht werden. Der Restfehler, setzt sich zusammen aus dem Gerätefehler und dem Ablesefehler. Beide haben den Betrag 0.05. Somit ergibt sich die Messunsicherheit zu:

$$u = \sqrt{0.05^2 + 0.05^2 + (\max(\bar{s}, s_i))^2} \quad (1)$$

unklare Fehlerabschätzung

### 3.2 Quarzplatten

Tabelle 1: Messwerte der Quarzplatten

	Nulleinstellung	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Messung 4
Quarzplatte 1	90.75	99.10	99.15	99.45	99.30
Quarzplatte 2	90.80	108.30	108.00	108.10	108.25
Quarzplatte 3	90.80	116.80	116.85	116.85	116.60
Quarzplatte 4	90.80	125.45	125.35	125.35	125.35

Tabelle 2: Gemittelt und Fehlerkorrigierte Werte

Quarzplatten				
Quarzplattennummer	1	2	3	4
Messwert $\alpha'$ (Fehlerkorrigiert) in $^\circ / \text{mm}^{-1}$	$8.50 \pm 0.19$	$17.36 \pm 0.18$	$25.98 \pm 0.21$	$34.58 \pm 0.10$

### 3.3 Zuckerlösungen

Tabelle 3: Messwerte für die Zuckerlösungen

	NullEinstellung	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Messung 4
Küvette 1	90.65	92.75	92.85	92.85	92.85
Küvette 2	90.75	97.35	97.30	97.35	97.20
Küvette 3	90.80	100.45	100.60	100.35	100.50
Küvette 4	90.70	71.05	71.10	71.10	71.05
Küvette 5	90.75	63.85	63.75	63.90	64.00
Küvette 6	90.60	105.75	105.55	105.90	105.85
Küvette 7	90.75	48.25	48.25	48.25	48.35
Küvette 8	90.60	114.95	115.25	115.25	115.40
Küvette 9	90.70	24.8	24.8	24.9	25.0

Zu Küvette 9 kommt noch ein weiterer Messwert hinzu (24.5).

Tabelle 4: Gemittelt und fehlerkorrigiert ergeben sich folgende Werte für die Platten.

Küvette 1	$-2.18 \pm 0.10$
Küvette 2	$-6.55 \pm 0.12$
Küvette 3	$-9.68 \pm 0.14$
Küvette 4	$19.63 \pm 0.08$
Küvette 5	$26.875 \pm 0.14$
Küvette 6	$-15.16 \pm 0.22$
Küvette 7	$42.48 \pm 0.10$
Küvette 8	$-24.61 \pm 0.27$
Küvette 9	$65.90 \pm 0.31$

Vorzeichenfehler. Das erklärt dann auch die schlechte Abbildung.

## 4 Auswertung <sup>1</sup>

Aus der in ~~Abbildung 6.2~~ durchgeführten linearen Regression folgt ein spezifisches Drehvermögen von Quarz von etwa  $(-21.99 \pm 5.81 \cdot 10^{-2}) \frac{\circ}{\text{mm}}$ . Das Vorzeichen ändert sich aufgrund der Erklärung in 2. Damit liegt der Wert circa  $0.29 \frac{\circ}{\text{mm}}$  vom Literaturwert mit  $-21.7 \frac{\circ}{\text{mm}}$ .

Aus ~~Abbildung 6.2~~ geht hervor, dass sich keine der Messungen an einen der Literaturwerte annähert. Es macht damit keinen Sinn darüber zu diskutieren. Es ist damit eine detaillierte Fehleranalyse nötig um diese Diskrepanz zu erklären. Die Fehler dieser Werte wurden über (6) bestimmt, ändern aber nichts an der Tatsache, dass die Werte nicht ansatzweise an die Literaturwerte passen. Es ist außerdem anzumerken, dass die angegebene Funktion nicht zu stimmen scheint. ~~Eine 100 in der Formel scheint um eine Größenordnung zu groß zu sein. Deswegen wurde sie um eine Ordnung auf 10 verkleinert.~~ Einheiten falsch umgerechnet  
Bei  $d \cdot c$  ist interessant zu sehen, dass die mit der gaußschen Fehlerfortpflanzung berechneten Fehlern, bei den Küvetten mit größter Konzentration und Länge, auch den größten Fehler haben.

- Kleinster Fehler: 0.05 - Küvette 1 (kürzeste Küvette mit geringste Konzentration)
- Größter Fehler: 0.70 - Küvette 9 (längste Küvette mit höchster Konzentration)

Tabelle 5: Per (6) ermittelte Fehler für  $d \cdot c$ 

Küvette 1	$-2.18 \pm 0.10$
Küvette 2	$-6.55 \pm 0.12$
Küvette 3	$-9.68 \pm 0.14$
Küvette 4	$19.63 \pm 0.08$
Küvette 5	$26.875 \pm 0.14$
Küvette 6	$-15.16 \pm 0.22$
Küvette 7	$42.48 \pm 0.10$
Küvette 8	$-24.61 \pm 0.27$
Küvette 9	$65.90 \pm 0.31$

## 5 Fehleranalyse und Ergebniseinschätzung

Abbildung 6.2 zeigt beim genauen Betrachten, dass mindestens ein Messwert nicht mit seinen Fehlerbalken in der Regressionsgerade liegt. Daraus folgt, dass die Fehler zu klein eingeschätzt wurden. Ein deutliches Anzeichen von falschem Ablesen oder von einem schlechten Messgerät, lässt sich in den Nulleinstellungen finden. Obwohl das ein Konstanter Wert für ein Gerät sein sollte, hat sich dieser scheinbar zwischen mehreren Messreihen verändert. Am wahrscheinlichsten ist es, dass falsch abgelesen wurde, da es tatsächlich nicht sehr einfach war, den homogenen Bereich einzustellen. Damit wäre der Fehler von normal 0.05 im tatsächlichen weitaus höher. Nichtsdestotrotz ist ein Gerätefehler nicht auszuschließen. Der so gemessene und berechnete Wert war mit seinem Fehler nicht am Literaturwert, dies stützt die Aussage, dass die Fehler zu klein eingeschätzt wurden.

Die Zuckerlösungen unterlagen einer extrem starken Divergenz zu Literaturwerten. Das ist mehreren Fehler zu schulden. Zu einem gelten hier die gleichen Ableser- und Gerätefehler wie bei den Quarzplatten. Zum anderen waren die Fehler für die Konzentration der Lösungen schon von Anfang an mit 5 % sehr hoch. Durch die sehr alten Küvetten, war dieser Fehler sehr wahrscheinlich noch weitaus höher. Es gab bereits Lufteinschlüsse und die Lösung war mit Schwebeteilchen verunreinigt. Somit können erhebliche, nicht berechenbare oder angebbare Fehler vorhanden sein, die nicht beachtet werden können. Ein Anzeichen davon ist in der Messwerttabelle bereits zu finden. Dort wurde zur Kompensation eines großen Ausreißers (Ablesefehler) ein fünfter Messwert angefertigt um den Mittelwert nicht zu stark zu beeinflussen.

Eine weitere Fehlerquelle ist die Temperatur. Obwohl angegeben, lag die tatsächliche Raumtemperatur unter den 298 Kelvin. Das verursacht eine Längenkontraktion der Proben und damit eine Verkleinerung von  $d$  und schließlich die Änderung des Fehler und der eigentlichen Messung.

Trotzdem muss ein großer Teil auf ein zu klein geschätzten Restfehler entfallen.

Schlussendlich ist das bestimmte Ergebnis für die Quarzplatten relativ gut gelungen. Die Abweichung hält sich in einem Rahmen, der nur leicht in einem Polarimeter erkennbar wäre obwohl die Fehler zu klein geschätzt wurden.

Die Messwerte für die Zuckerlösungen sind ~~nahezu unbrauchbar~~. Sie verfehlen ihren Sinn zur Bestimmung der Konzentration oder wie in diesem Fall, Bestimmung des gelösten Stoffes total. Es lässt sich lediglich abschätzen welche Küvette was enthält aber zu einer qualitativen, wissenschaftlichen Aussage fehlt jede Begründbare Basis.

## 6 Anlagen

### 6.1 Formeln

- **Mittelwert**

$$\bar{s} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=1}^N s_i \quad (2)$$

1.  $s_i$  : Messwert mit dem Index  $i$
2.  $N$  : Anzahl der Messwerte
3.  $\bar{s}$  : Mittelwert aus den Messwerten  $s_i$

- **Drehwinkel von Feststoffen konstanter Dichte:**

$$\alpha = \alpha' \cdot d \quad (3)$$

1.  $\alpha$  : Drehwinkel in  $^\circ$
2.  $\alpha'$  : spezifisches Drehvermögen in  $\frac{^\circ}{\text{mm}}$
3.  $d$  : Dicke in mm

- **Drehwinkel von Lösungen:**

$$\alpha = \frac{\alpha_0 \cdot d \cdot c}{10} \quad (4)$$

1.  $\alpha$  : Drehwinkel in  $^\circ$
2.  $\alpha_0$  : spezifische Drehung in  $\frac{\text{cm}^3}{\text{g} \cdot \text{dm}}$
3.  $d$  : Dicke in dm
4.  $c$  : Konzentration in  $\frac{\text{g}}{100\text{cm}^3}$

- **Größtfehlerabschätzung:**

$$\max(\bar{s}, s_i) \quad (5)$$

1.  $s_i$  : Messwerte durchnummeriert mit einem Laufoperator  $i$
2.  $\bar{s}$  : Mittelwert für alle  $s_i$

- **Gaußsche Fehlerfunktion**

$$u_f = \sqrt{\sum_{k=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_k} \cdot u_k \right)^2} \quad (6)$$

1.  $u_f$  : Fehler für unkorrelierte Größen in einer Funktion  $f$
2.  $N$  : Anzahl aller Messwerte
3.  $x_k$  : Fehlerbehaftete Größe mit dem Index  $k$
4.  $u_k$  : Fehler der behafteten Größe mit dem Index  $k$

## 6.2 Abbildungen

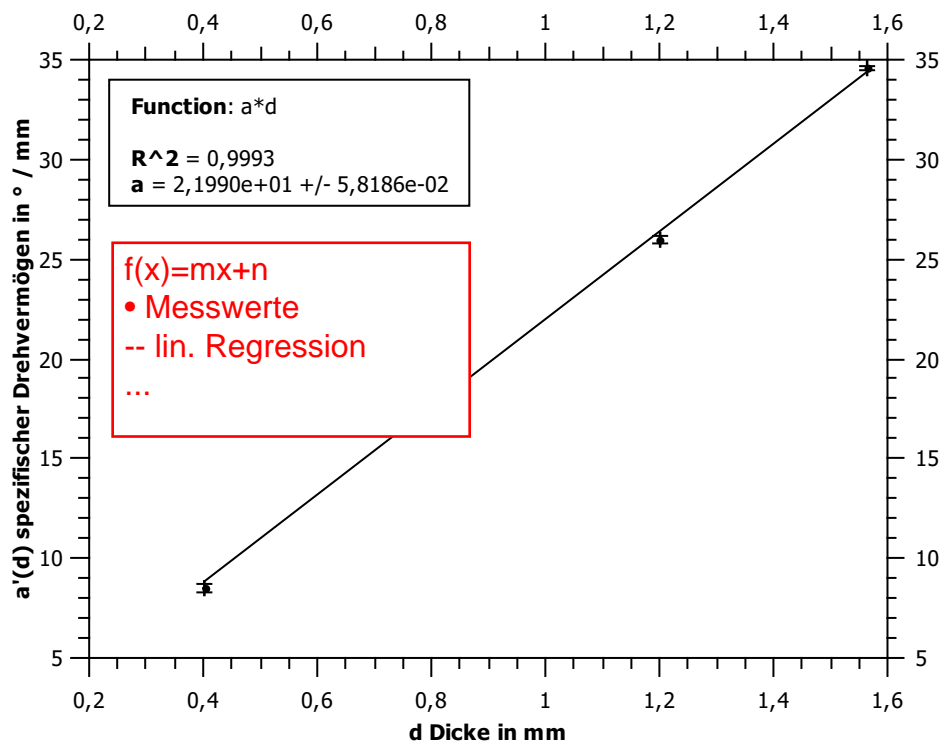


Abbildung 1: Messvisualisierung des spezifischen Drehvermögens der 4 Quarzplatten abhängig von der Dicke.

(Lineare Regression der Messwerte)

Vorzeichenfehler:

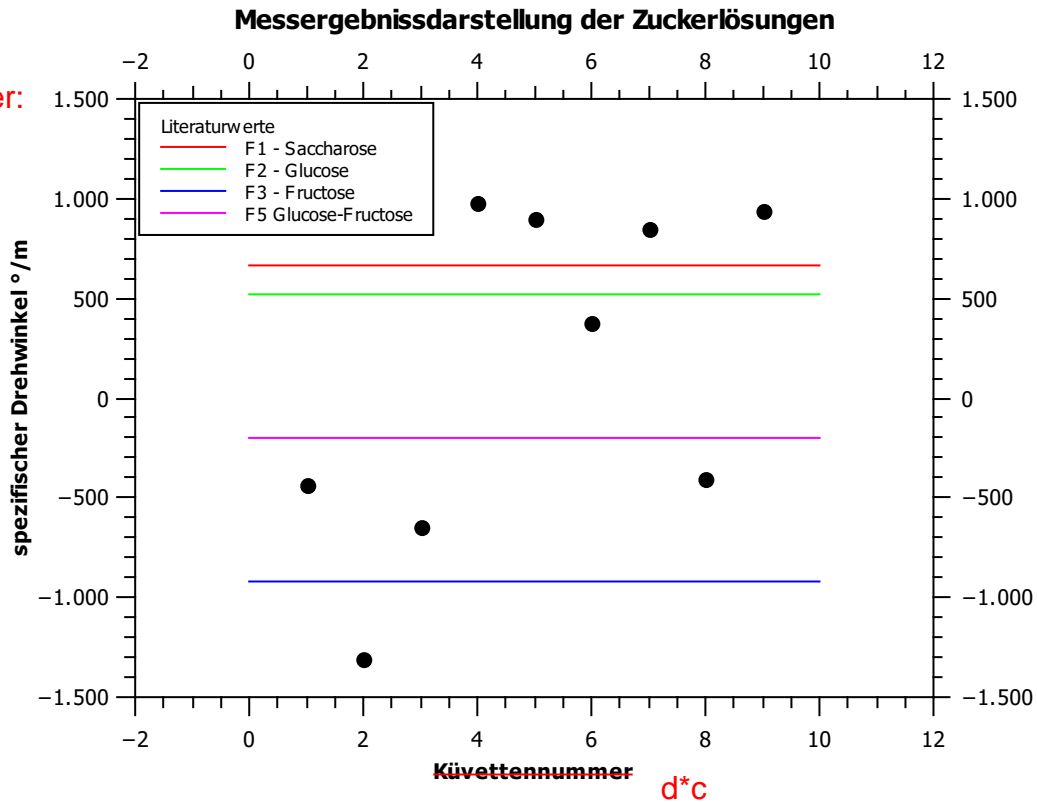


Abbildung 2: Messvisualisierung des spezifischen Drehwinkels der 9 Zuckerlösungen abhängig von der Dicke und Konzentration mit eingezeichneten Literaturwert

## 7 Quellen

- Blaues Praktikumsscript (*Formeln und Versuchshinweise*)
- Script zum Einführungspraktikum (*Formeln*)