

Physiklabor für Anfänger*innen
Ferienpraktikum im Wintersemester 2018/19

Versuch 79:

Polarimeter und linear polarisiertes Licht

(durchgeführt am 05.05.2019)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
1 Ziel des Versuchs	1
2 Versuchsaufbau und Durchführung	1
2.1 Aufbau	1
2.1.1 Das Gesetz von Malus	1
2.1.2 Polarimeter und optisch aktive Substanzen	2
2.2 Durchführung	2
2.2.1 Das Gesetz von Malus	2
2.2.2 Polarimeter und optisch aktive Substanzen	2
3 Physikalische Zusammenhänge	3
4 Auswertung und Fehleranalyse	4
4.1 Linear polarisiertes Licht	4
4.2 Polarimeter und optisch aktive Substanzen	7
5 Diskussion der Ergebnisse	10
5.1 Das Gesetz von Malus	10
5.2 Polarimeter und optisch aktive Substanzen	11
Abbildungsverzeichnis	12
Tabellenverzeichnis	12
Literatur	12

1 Ziel des Versuchs

In diesem Versuch soll zum einen die Gültigkeit des Gesetzes von Malus überprüft werden. Außerdem wird mit Hilfe eines Halbschattenpolarimeters die Konzentration einer Zuckerlösung bestimmt.

2 Versuchsaufbau und Durchführung

2.1 Aufbau

2.1.1 Das Gesetz von Malus

Zur Untersuchung der Gültigkeit des Gesetzes von Malus, wurde der, in Abb. 1 dargestellte Versuchsaufbau genutzt.

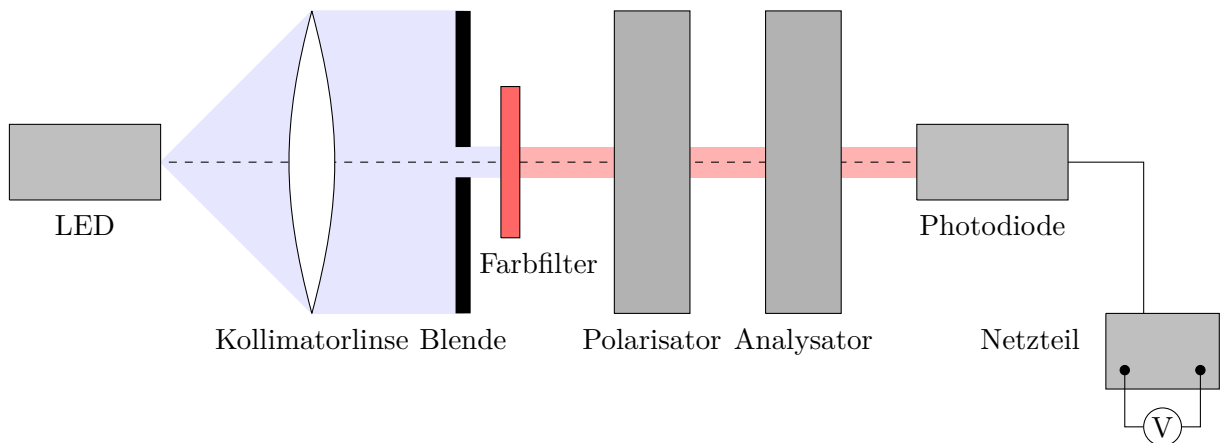


Abbildung 1: Versuchsaufbau zur Untersuchung des Gesetzes von Malus, bestehen aus LED, Kollimatorlinse, Blende, Farbfilter (in rot, grün und blau), Polarisator, Analysator, Photodiode, Netzteil und Voltmeter

Die LED, welche auf eine Kollimatorlinse gerichtet ist, emittiert weißes Licht. Mit der Linse wird das Licht möglichst gut zu einem parallelen Strahlenbündel kollimiert. Das Licht trifft daraufhin auf eine Blende, welche so eingestellt wird, dass die Photodiode gut ausgeleuchtet ist. Der Polarisator bleibt während der gesamten Messung auf der Einstellung 0° . Mit dem Analysator kann dann die, auf die Photodiode einfallende Intensität geregelt werden. Mit Hilfe des, über das Netzteil an die Diode angeschlossenen, Voltmeter kann dann indirekt die Intensität gemessen werden.

2.1.2 Polarimeter und optisch aktive Substanzen

Um die optische Aktivität von unterschiedlichen Materialien zu untersuchen wird der Aufbau aus Abb. 2 verwendet.

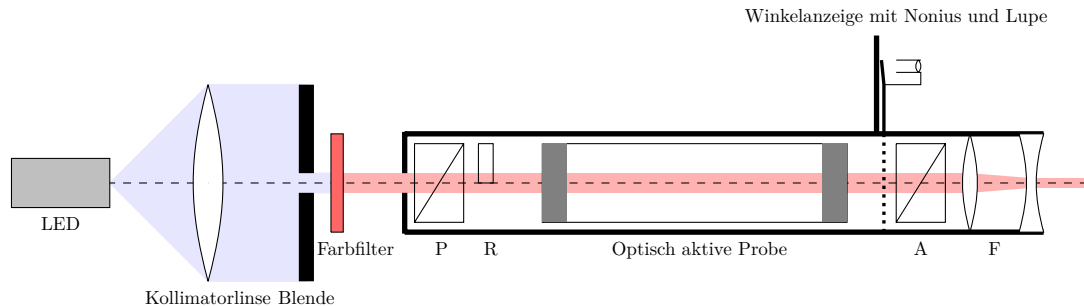


Abbildung 2: Versuchsaufbau zur Untersuchung der optischen Aktivität von unterschiedlichen Quarzen und Zuckerlösung unterschiedlicher Konzentration.

Erneut befinden sich zwei Polarisatoren (P und A) im Strahlengang, wovon einer als Polarisator und einer als Analysator dient. Der Winkel des Polarisators P bleibt somit während des Versuchs unverändert. Die $\lambda/2$ -Platte R dreht die Polarisation von der Hälfte des einfallenden Strahlenbündels. Anschließend fällt das Licht durch das zu untersuchende, optisch aktive Medium. Der Analysator A kann nun so weit gedreht werden, dass beide Strahlteile eine gleich geringe Intensität haben. Der Winkel der Drehung kann dann mit Hilfe einer Lupe von der Winkelskala, welche mit einem Nonius versehen ist, abgelesen werden.

2.2 Durchführung

2.2.1 Das Gesetz von Malus

Um das Gesetz von Malus zu überprüfen, wird mit Hilfe des Aufbaus aus Abb. 1 die Intensität des, auf die Photodiode treffenden, Lichts reguliert. Hierzu wurde in 6° bzw. 4° Schritten, da die Skala keine 5° Schritte aufwies, der Winkel des Analysators geändert und die Spannung am Voltmeter abgelesen. In Intervallen starker Steigung der Spannung wurden 2° Schritte verwendet. Dies wurde in einem Winkelbereich von $\pm 90^\circ$ durchgeführt. Um eine Abhängigkeit der Intensität von der Wellenlänge zu untersuchen, wurde dieser Vorgang einmal für weißes, grünes und blaues Licht durchgeführt. Hierzu wurden lediglich die verschiedenen Farbfilter in den Versuchsaufbau eingesetzt.

2.2.2 Polarimeter und optisch aktive Substanzen

Für diesen Versuchsteil wurde der Aufbau aus Abb. 2 verwendet. Es wurden 4 optisch aktive Medien untersucht, einmal links- und einmal rechtsdrehendes Quarzglas, außerdem eine Zuckerlösung bekannter und eine unbekannter Konzentration. Vor Beginn der eigentlichen Messung wurde der 0-Winkel bestimmt. Hierzu wurde ohne aktives Medium im Strahlengang für alle Wellenlängen eben der Winkel gesucht, bei dem die beiden Strahlteile gleich dunkel waren. Anschließend wurde für jedes der optisch aktiven Medien jeweils für die Lichtfarben grün, blau und rot eben der Winkel bestimmt bei dem die beiden Hälften des Strahlenbündels eine gleich niedrige Intensität aufwiesen.

3 Physikalische Zusammenhänge

Im folgenden werden die verwendeten physikalischen Zusammenhänge aufgelistet. Eine für den Versuch relevante Gesetzmäßigkeit ist das Gesetz von Malus das die Intensität I von linear polarisiertem Licht vor einem Polarisator mit der Intensität I' nach dem Polarisator in Zusammenhang bringt. Wird Licht also von einem Polarisator linear Polarisiert und anschließend durch einen Polarisator gelassen, der zum ersten Polarisator um einen Winkel α verschoben ist so ändert sich die Intensität über den Zusammenhang

$$I' = I \cdot \cos^2 \alpha \quad . \quad (1)$$

Um das Drehvermögens fester Substanzen zu quantifizieren nutzt man den Zusammenhang

$$\alpha = [\alpha]_{\text{fest}} \cdot d \quad . \quad (2)$$

Die Größe $[\alpha]_{\text{fest}}$ ist das spezifische Drehvermögen und gibt an um wie viel Grad pro Längeneinheit die Polarisation des in das Medium einfallende Licht gedreht wird. Für Lösungen muss natürlich noch die Konzentration berücksichtigt werden, man erhält somit

$$\alpha = [\alpha]_{\text{Lösung}} \cdot c \cdot d \quad (3)$$

wobei d die Länge des durchleuchteten Materials und c die Konzentration der Lösung ist.

4 Auswertung und Fehleranalyse

4.1 Linear polarisiertes Licht

Im ersten Teil des Versuchs wurde Licht mit Hilfe eines Polarisators linear polarisiert und dann die Intensität in Abhängigkeit von der Stellung eines Analysators gemessen. Die Messung wurde für eine relative Verschiebung von -90° bis 90° des Analysators zum Polarisator durchgeführt. Es wurde weißes, blaues und grünes Licht vermessen.

Die Intensität, die im weiteren genutzt wird wurde nicht direkt gemessen, sondern die Spannung U , welche proportional zur Intensität ist. Da aber nur Verhältnisse der Intensitäten betrachtet werden, hat der Proportionalitätsfaktor keinen Einfluss und die gemessenen Spannungen können wie Intensitäten verrechnet werden.

Die Auswertung verläuft für alle drei Messungen gleich, die Auswertung für weißes Licht wird also ausführlich dargestellt und verläuft dann für blaues und grünes Licht analog.

Bestimmung des Verhältnisses I'/I

Zunächst wird für jeden vermessenen Winkel das Verhältnis von aktueller Intensität und maximaler Intensität bestimmt. Die maximale Intensität erhält man, wenn Analysator und Polarisator parallel zueinander stehen, dies war bei uns der Fall, wenn beide Bauteile auf Null gestellt wurden und es wurde für diese Stellung eine maximale Spannung gemessen. Der ermittelte Wert für die maximale Intensität bei weißem Licht liegt also bei

$$I_{\text{weiss}} \propto U_{\text{max, weiss}} = (196,3 \pm 1,0) \text{ mV} \quad .$$

Der Fehler wurde aus dem gegebenen Fehler (0,8 % und 4 digits) für das genutzte Multimeter in unserem Messbereich bestimmt. Dabei wurde 0,8 % als systematischer Fehler behandelt und daher in der Gaußschen Fehlerfortpflanzung durch $\sqrt{3}$ geteilt, 4 digits wurde als statistischer Fehler genutzt und geht somit ohne weiteren Faktor in die Rechnung ein. Man nutzt also zur Bestimmung der Fehler auf die gemessenen Spannungen

$$s_U = \sqrt{\frac{(0.008 \cdot U)^2}{3} + 0.4^2} \quad .$$

Das gesuchte Verhältnis bestimmt man also mit

$$\frac{I'}{I} = \frac{U_{\text{gem}}}{U_{\text{max}}} \text{ mit dem Fehler}$$

$$s_{I'/I} = \sqrt{\left(\frac{s_{U_{\text{gem}}}}{U_{\text{max}}}\right)^2 + \left(\frac{s_{U_{\text{max}}} \cdot U_{\text{gem}}}{U_{\text{gem}}^2}\right)^2} \quad .$$

Dieses Verhältnis wurde für jeden genutzten Winkel bestimmt und graphisch gegen den Winkel aufgetragen (Abb. 3).

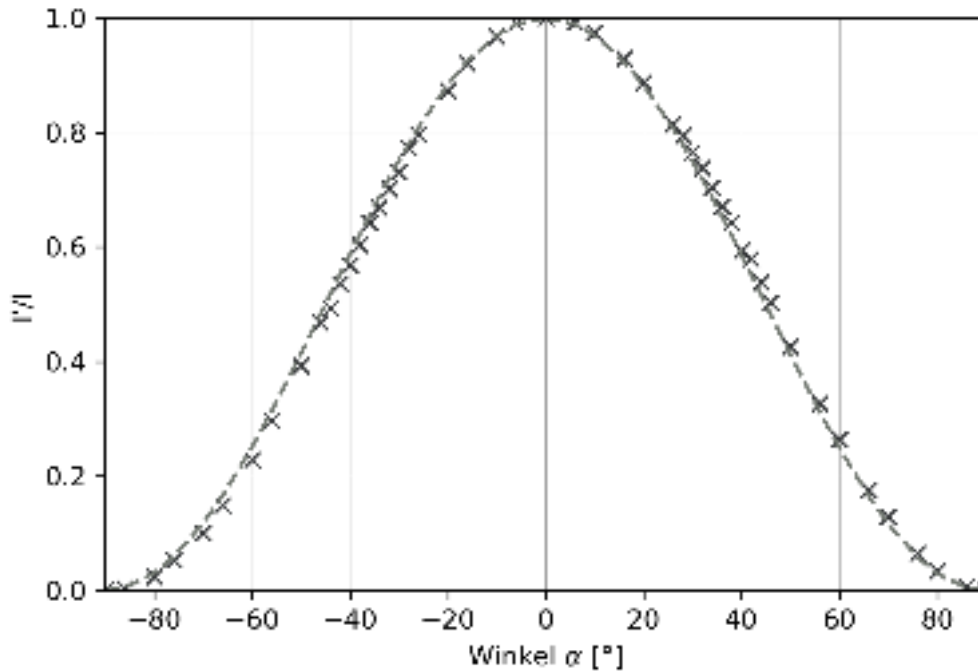


Abbildung 3: Gemessenes Verhältnis von aktueller Intensität zur maximalen Intensität bei relativen Winkerverschiebungen zwischen -90° und 90° von Polarisator und Analysator. Hier ohne Fehlerbalken, da diese zu klein sind und nicht sinnvoll in Originalgröße dargestellt werden können. In grau dargestellt ist außerdem der theoretische Verlauf der Intensitätsverhältnisse nach dem Gesetz von Malus.

Um die Qualität der Messung optisch zu beurteilen, wurde der theoretische Verlauf bestimmt und ebenfalls in Abb. 3 eingezeichnet. Aus dem Gesetz von Malus ergibt sich für den theoretischen Verlauf

$$I' = I \cos^2 \alpha$$

$$\Rightarrow \frac{I'}{I} = \cos^2 \alpha \quad .$$

Um die Abhängigkeit von der Wellenlänge des Lichts zu überprüfen, wurde die selbe Messung ebenfalls mit, durch Farbfilter erzeugtem, blauem und grünem Licht durchgeführt. Die Auswertung und Bestimmung der Fehler folgt analog, daher werden hier nur die Ergebnisse in Form der graphischen Darstellung Abb. 4 angegeben.

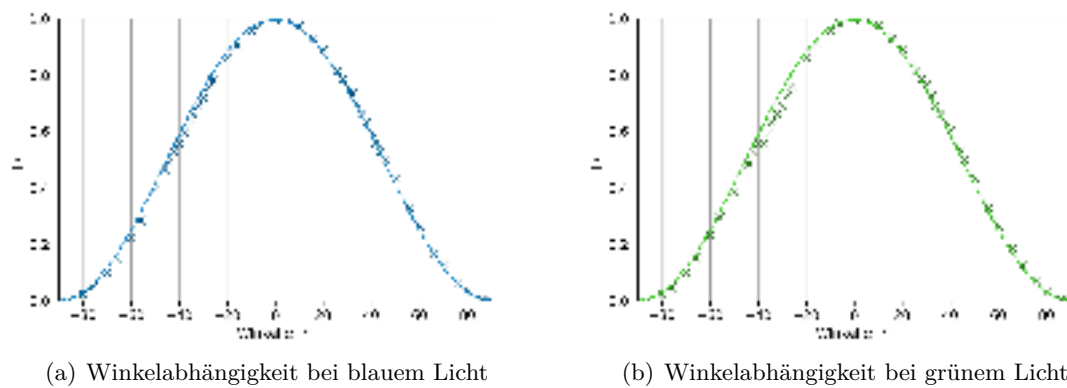


Abbildung 4: Gemessene Verhältnisse von aktueller Intensität zur maximalen Intensität, zum Vergleich eingezeichnete theoretische Verläufe, Darstellung ohne Fehlerbalken da diese nicht sinnvoll erkennbar sind

Die ermittelten Verläufe entsprechen den Erwartungen, dass die Winkelabhängigkeit bei der Messung der Intensitätsverhältnisse nicht von Bedeutung ist.

Um die Fehler näher zu beurteilen wurden in Abb. 5 die Fehlerbalken in y-Richtung um den Faktor vier vergrößert dargestellt. Da die Fehler auf die einzelnen Intensitäten über

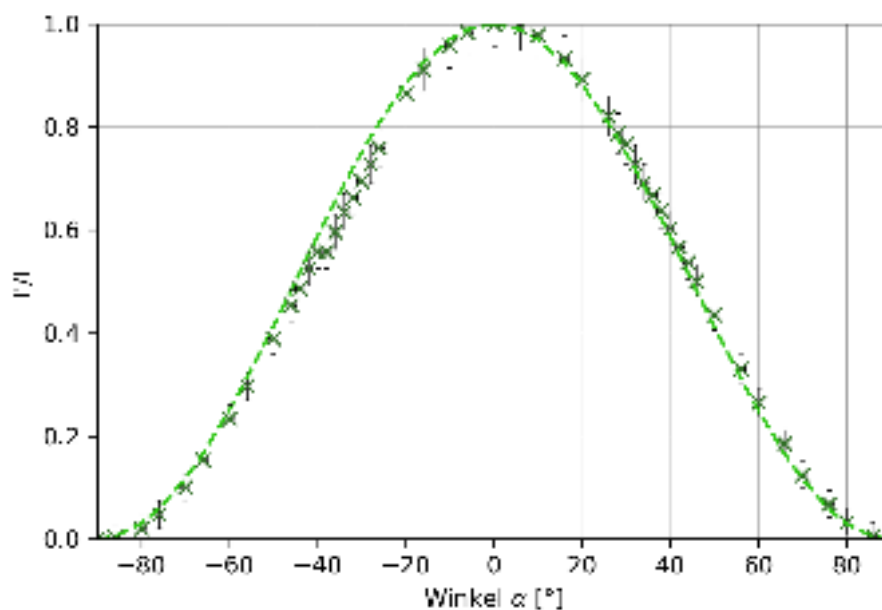


Abbildung 5: Verhältnis der gemessenen Intensitäten bei unterschiedlichen Winkeln, die Fehlerbalken in y-Richtung sind vierfach vergrößert dargestellt.

den gegebenen Gerätefehler berechnet wurden, kann man gut erkennen, dass dieser auf Grund des prozentualen systematischen Fehlers für große Werte steigt. Diese größeren Fehler auf hohe Werte zeigt sich auch in dem berechneten Verhältnis und es entspricht den Erwartungen, dass die Fehler im Maximum des Verlaufs am größten sind.

4.2 Polarimeter und optisch aktive Substanzen

Im zweiten Teil des Versuchs wurde ein Halbschattenpolarimeter eingebaut und Drehwinkel- und Richtung für unterschiedliche Substanzen gemessen. Diese Messung wurde jeweils für rotes, blaues und grünes Licht durchgeführt, da die Ergebnisse abhängig von der Wellenlänge des Lichts sein sollten.

Zunächst wurde die Nullstellung des Polarimeters bestimmt, indem ohne Probematerial die Position des Orts von gleicher Halbdunkelheit gesucht wurde. Diese Messung wurde für alle Lichtfarben durchgeführt und ein Mittelwert gebildet, da diese Messung unabhängig von der Wellenlänge des Lichts sein sollte. Die so bestimmte Nullstellung liegt bei

$$\alpha_0 = (13,02 \pm 0,22)^\circ \quad ,$$

wobei der Fehler über Gaußsche Fehlerfortpflanzung mit

$$s_{\alpha_0} = \frac{\sqrt{5 \cdot (0,5^\circ)^2}}{5}$$

berechnet wurde. Bei den genutzten $0,5^\circ$ handelt es sich um den geschätzten Fehler auf eine Kombination aus Ableseungenauigkeit und Schwierigkeiten beim Bestimmen des Gleich-Halbdunkels.

Quarz, linksdrehend

Es wurde nun für die Probe "Quarz-links-drehend" für alle drei Farbfilter der Ort des gleichdunklen Halbschattens bestimmt. Um aus den abgelesenen Werten den tatsächlichen Wert zu erhalten muss noch P_0 abgezogen werden. Der Fehler auf diese Differenz berechnet sich mit Gaußscher Fehlerfortpflanzung. Man erhält

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{Quarz, l}} &= \alpha_{\text{gem}} - \alpha_0 \quad \text{mit} \\ s_{\alpha_{\text{Quarz, l}}} &= \sqrt{s_{\alpha_{\text{gem}}}^2 + s_{\alpha_0}^2} \quad , \end{aligned}$$

wobei $s_{\alpha_{\text{Quarz, l}}} = 0,5^\circ$, also der geschätzte Fehler ist. Die Werte für alle drei Lichtfarben ist in Tabelle 1 dargestellt. Aus diesen Drehwinkeln lässt sich nun mit Gleichung (2) das

Tabelle 1: Bestimmte Drehwinkel bei linksdrehendem Quarz

Farbe	Drehwinkel $\alpha_{\text{Quarz, l}} [^\circ]$	Fehler $s_{\alpha_{\text{Quarz, l}}} [^\circ]$
blau	-63.5	0.5
grün	-41.9	0.5
rot	-27.5	0.5

spezifische Drehvermögen für die jeweiligen Lichtfarben bestimmen. Die genutzte Länge der Quarzplatte beträgt 1,5 mm und wird als fehlerfrei angenommen. Man nutzt also

$$\begin{aligned} [\alpha] &= \frac{\alpha_{\text{Quarz, l}}}{d} \quad \text{mit} \\ s_{[\alpha]} &= \frac{s_{\alpha_{\text{Quarz, l}}}}{d} \quad . \end{aligned}$$

Somit erhält man für das spezifische Drehvermögen die Werte aus Tabelle 2

Tabelle 2: Bestimmte spezifische Drehwinkel bei linksdrehendem Quarz

Farbe	spezifischer Drehwinkel $[\alpha]_{\text{Quarz, l}} [^\circ/\text{mm}]$	Fehler $s_{[\alpha]_{\text{Quarz, l}}} [^\circ/\text{mm}]$
blau	-42.3	0.4
grün	-27.9	0.4
rot	-18.3	0.4

Quarz, rechtsdrehend

Die Berechnung des spezifischen Drehvermögens bei rechtsdrehendem Quarz verläuft analog zur Vorherigen, daher werden hier nur tabellarisch die Ergebnisse und ihre Fehler angegeben.

Tabelle 3: Bestimmte Drehwinkel bei rechtsdrehendem Quarz

Farbe	Drehwinkel $\alpha_{\text{Quarz, r}} [^\circ]$	Fehler $s_{\alpha_{\text{Quarz, r}}} [^\circ]$
blau	58.0	0.5
grün	41.5	0.5
rot	29.6	0.5

Tabelle 4: Bestimmte spezifische Drehwinkel bei rechtsdrehendem Quarz

Farbe	spezifischer Drehwinkel $[\alpha]_{\text{Quarz, r}} [^\circ/\text{mm}]$	Fehler $s_{[\alpha]_{\text{Quarz, r}}} [^\circ/\text{mm}]$
blau	38.7	0.4
grün	27.7	0.4
rot	19.7	0.4

Zuckerlösung, bekannte Konzentration

Neben den zwei Quarzmessungen wurden außerdem zwei Zuckerlösungen vermessen. Bei der ersten Messung der Zuckerlösung mit bekannter Konzentration galt es den spezifischen Drehwinkel zu bestimmen um mit dieser Kenntnis die unbekannte Konzentration einer zweiten Zuckerlösung zu ermitteln. Das Vorgehen ist dem bei Quarz stark ähnlich. Zunächst wird ebenfalls der Drehwinkel bestimmt, indem der Nullwinkel von den gemessenen abgezogen wird. man erhält die Werte aus Tabelle 5.

Tabelle 5: Bestimmte Drehwinkel bei der bekannten Zuckerlösung

Farbe	Drehwinkel $\alpha_{\text{Zucker, b}} [^\circ]$	Fehler $s_{\alpha_{\text{Zucker, b}}} [^\circ]$
blau	37.5	0.5
grün	28.9	0.5
rot	19.5	0.5

Aus diesen Werten lässt sich nun mit Gleichung (3), der bekannten Konzentration der Zuckerlösung $c_{\text{bek}} = (21,3 \pm 0,5) \text{ g}/100\text{cm}^3 = (0,215 \pm 0,005) \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ und der Länge des Glasrohrs $l = 1,9009 \text{ dm}$ das spezifische Drehvermögen bestimmen. Man nutzt

$$[\alpha]_{\text{Zucker, b}} = \frac{\alpha_{\text{Zucker, b}}}{c_{\text{bek}} \cdot d} \text{ mit}$$

$$s_{[\alpha]_{\text{Zucker, b}}} = \sqrt{\left(\frac{s_{\alpha_{\text{Zucker, b}}}}{c_{\text{bek}} \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{s_{c_{\text{bek}}} \cdot \alpha_{\text{Zucker, b}}}{c_{\text{bek}}^2 \cdot d}\right)^2}.$$

Damit erhält man die in Tabelle 6 dargestellten Werte.

Tabelle 6: Bestimmte spezifische Drehwinkel bei Zuckerlösung mit bekannter Konzentration c_{bek}

Farbe	spezifischer Drehwinkel $[\alpha]_{\text{Zucker, b}}$ [$^{\circ}/\text{dm (g/cm}^3\text{)}$]	Fehler $s_{[\alpha]_{\text{Zucker, b}}}$ [$^{\circ}/\text{dm (g/cm}^3\text{)}$]
blau	92	3
grün	69.1	2.1
rot	48.1	1.8

Zuckerlösung unbekannter Konzentration

Kennt man nun den spezifischen Drehwinkel für Zuckerlösungen pro Länge und Massen-gehalt und misst den Drehwinkel (Tabelle 7) einer Zuckerlösung mit bekannter Länge, so kann man die Konzentration bestimmen. Man nutzt also weiterhin Gleichung (3) und formt um zu

$$c_{\text{unbek}} = \frac{\alpha_{\text{Zucker, u}}}{[\alpha]_{\text{Zucker, b}} \cdot d} \text{ mit}$$

$$s_{c_{\text{unbek}}} = \sqrt{\left(\frac{s_{\alpha_{\text{Zucker, u}}}}{[\alpha]_{\text{Zucker, b}} \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{s_{[\alpha]_{\text{Zucker, b}}} \cdot \alpha_{\text{Zucker, u}}}{[\alpha]_{\text{Zucker, b}}^2 \cdot d}\right)^2}.$$

Damit erhält man für die unbekannte Konzentration der zweiten Zuckerlösung die in Tabelle 8 dargestellten Werte.

Tabelle 7: Bestimmte Drehwinkel bei der unbekannten Zuckerlösung

Farbe	Drehwinkel $\alpha_{\text{Zucker, u}}$ [$^{\circ}$]	Fehler $s_{\alpha_{\text{Zucker, u}}}$ [$^{\circ}$]
blau	37.5	0.5
grün	27.0	0.5
rot	20.5	0.5

Tabelle 8: Bestimmte Konzentrationen c_{unbek} bei jeweiliger Lichtfarbe

Farbe	Konzentration c_{unbek} [g/cm^3]	Fehler $s_{c_{\text{unbek}}}$ [g/cm^3]
blau	0.405	0.013
grün	0.390	0.014
rot	0.426	0.019

Diese Werte sollten nun unabhängig von der Wellenlänge sein, daher kann man den Mittelwert mit

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

bestimmen. Der Fehler ergibt sich über Gaußsche Fehlerfortpflanzung der Formel für den Mittelwert, zu beachten ist an dieser Stelle, dass alle Werte unterschiedliche Fehler haben. Man erhält

$$\bar{c}_{\text{unbek}} = (0,407 \pm 0,009) \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad .$$

5 Diskussion der Ergebnisse

5.1 Das Gesetz von Malus

In dem Versuch wurde die Abhängigkeit des Gesetzes von Malus von der Wellenlänge untersucht. In Abb. 6 sind noch einmal Zusammenfassend die Messergebnisse der drei verwendeten Wellenlängen dargestellt.

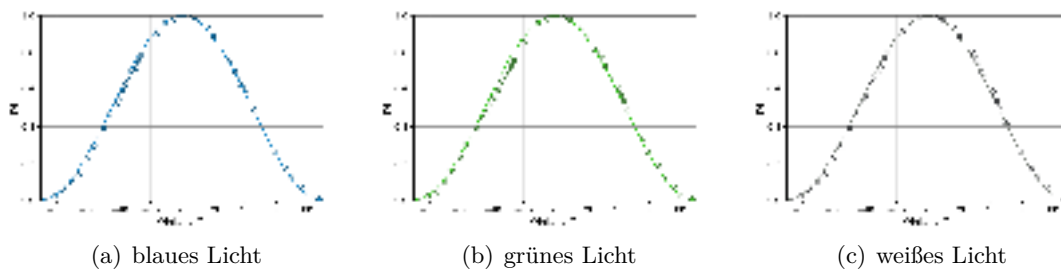


Abbildung 6: Überprüfung des Gesetzes von Malus für verschiedene Wellenlängen

Wie erwartet hängt der Verlauf scheinbar nicht von der Wellenlänge ab. Außerdem kann man sehr gut erkennen dass der Verlauf dem Verlauf entspricht, welchen das Gesetz von Malus vorhersagt.

Die Fehler wurden in Abb. 6 nicht eingezeichnet, da sie zu klein sind, in Abb. 5 lässt sich aber der Verlauf der Fehler erkennen. Ohne Vergrößerung der Fehlerbalken sollten trotzdem die meisten Punkte auf dem theoretischen Verlauf liegen, die Fehler wurden also während des Versuches gut abgeschätzt.

5.2 Polarimeter und optisch aktive Substanzen

Die in der Messung zur optischen Aktivität verschiedener Materialien erhaltenen Werte sind noch einmal zusammenfassend in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Zusammenstellung der Messergebnisse zur Messung der optischen Aktivität verschiedener Materialien

Farbe	spezifischer Drehwinkel $[\alpha]_{\text{Quarz, l}} [^\circ/\text{mm}]$	Fehler $s_{[\alpha]_{\text{Quarz, l}}} [^\circ/\text{mm}]$
blau	-42.3	0.4
grün	-27.9	0.4
rot	-18.3	0.4
Farbe	spezifischer Drehwinkel $[\alpha]_{\text{Quarz, r}} [^\circ/\text{mm}]$	Fehler $s_{[\alpha]_{\text{Quarz, r}}} [^\circ/\text{mm}]$
blau	38.7	0.4
grün	27.7	0.4
rot	19.7	0.4
Farbe	spezifischer Drehwinkel $[\alpha]_{\text{Zucker, b}} [^\circ/\text{dm (g/cm}^3\text{)}]$	Fehler $s_{[\alpha]_{\text{Zucker, b}}} [^\circ/\text{dm (g/cm}^3\text{)}]$
blau	92	3
grün	69.1	2.1
rot	48.1	1.8
Farbe	Konzentration $c_{\text{unbek}} [\text{g/cm}^3]$	Fehler $s_{c_{\text{unbek}}} [\text{g/cm}^3]$
blau	0.405	0.013
grün	0.390	0.014
rot	0.426	0.019

Wir erhielten außerdem für die Konzentration der zweiten Zuckerlösung den Wert

$$\bar{c}_{\text{unbek}} = (0,407 \pm 0,009) \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad .$$

Betrachtung der Ergebnisse: Zur Messung der Quarze lässt sich feststellen, dass die Quarze die Polarisation in unterschiedliche Richtungen drehen, was deren Beschriftung entspricht.

Betrachtet man außerdem die spezifischen Drehrichtungen für unterschiedliche Wellenlängen so lässt sich hier eine eindeutige Systematik erkennen. Licht kürzerer Wellenlängen werden Stärker gedreht als Licht längerer Wellenlängen. Diese Beobachtung deckt sich mit den Erwartungen, da die spezifischen Drehwinkel auf Grund der Rotationsdispersion von der Wellenlänge abhängig sind.

Vergleicht man die von uns gemessenen spezifischen Drehwinkel mit dem in [Quelle 2] angegebenen Wert von $52,5 \frac{^\circ \text{ml}}{\text{dm g}}$ so stellt man fest, dass der Wert für rotes Licht dem Wert relativ nahe liegt. Dies liegt auch daran, dass der Wert aus [Quelle 2] bei einer Wellenlänge von 589,3 nm gemessen worden ist und somit die Messung mit rotem Licht dem Wert am nächsten sein sollte. Betrachtet man zusätzlich die Systematik bzgl. der Wellenlänge so kann man davon ausgehen, dass unsere Messung gute Ergebnisse geliefert hat, da der spezifische Drehwinkel für längere Wellenlängen abnimmt und rot bei zwischen 600 und 650 nm liegt. Es ist zusätzlich zu beachten, dass Glucose in Lösung in verschiedenen Formen vorliegt, die unterschiedlich wahrscheinlich sind und unterschiedliche optische Eigenschaften haben, was zu einer Schwankung in der optische Eigenschaft der Lösung führen könnte.

Man kann also davon ausgehen, dass die Messung der unbekannten Konzentration zu einem sinnvollen Ergebnis geführt haben sollte.

Abbildungsverzeichnis

1	Versuchsaufbau zur Untersuchung des Gesetzes von Malus	1
2	Versuchsaufbau zur Untersuchung der optischen Aktivität von unterschiedlichen Quarzen und Zuckerlösung unterschiedlicher Konzentration.	2
3	Gemessenes Verhältnis von aktueller Intensität zur maximalen Intensität bei unterschiedlichen Winkeln	5
4	Gemessene Verhältnisse von aktueller Intensität zur maximalen Intensität	6
5	Verhältnis der gemessenen Intensitäten bei unterschiedlichen Winkeln, Betrachtung der Fehler	6
6	Das Gesetz von Malus: Vergleich verschiedener Wellenlängen	10

Tabellenverzeichnis

1	Bestimmte Drehwinkel bei linksdrehendem Quarz	7
2	Bestimmte spezifische Drehwinkel bei linksdrehendem Quarz	8
3	Bestimmte Drehwinkel bei rechtsdrehendem Quarz	8
4	Bestimmte spezifische Drehwinkel bei rechtsdrehendem Quarz	8
5	Bestimmte Drehwinkel bei der bekannten Zuckerlösung	8
6	Bestimmte spezifische Drehwinkel bei Zuckerlösung mit bekannter Konzentration c_{bek}	9
7	Bestimmte Drehwinkel bei der unbekannten Zuckerlösung	9
8	Bestimmte Konzentrationen c_{unbek} bei jeweiliger Lichtfarbe	9
9	Zusammenstellung der Messergebnisse zur Messung der optischen Aktivität verschiedener Materialien	11

Literatur

[Quelle 1] *"Versuchsanleitungen zum Physiklabor für Anfänger*innen, Teil 2"* Stand 02/2019.

[Quelle 2] [HTTPS://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/SPEZIFISCHER_DREHWINKEL](https://de.wikipedia.org/wiki/Spezifischer_Drehwinkel) Abrufdatum 08.04.2019.