

VERSUCHSBERICHT ZU

O3 - POLARISATION

Gruppe 14Mo

Alexander Neuwirth (E-Mail: a_neuw01@wwu.de)
Leonhard Segger (E-Mail: l_segg03@uni-muenster.de)

durchgeführt am 18.06.2018
betreut von
Kristina Mühlenstrodt

24. Juni 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	3
2	Methoden	3
3	Ergebnisse und Diskussion	3
3.1	Beobachtung und Datenanalyse	3
3.1.1	Unsicherheiten	3
3.1.2	Gesetz von Malus	3
3.1.3	$\lambda/2$ -Platte	4
3.1.4	Reflexionsvermögen	5
3.1.5	Zuckerkonzentration	6
3.1.6	Kalkspatkristall	7
3.2	Diskussion	7
4	Schlussfolgerung	7

1 Kurzfassung

2 Methoden

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Beobachtung und Datenanalyse

3.1.1 Unsicherheiten

Die Unsicherheiten werden gemäß GUM ermittelt. Außerdem wird für Unsicherheitsrechnungen die Python Bibliothek „uncertainties“ verwendet.

Photodiode/Multimeter: Der Messwert der Photodiode wurde auf einem Multimeter abgelesen. Das Multimeter zeigt die Spannung mit 3 Nachkommastellen an. Es würde sich also eine Unsicherheit von 0,0003 V ergeben (rechteckige WDF). Bei allen Messungen außer dem Überprüfen des Gesetz von Malus und der Untersuchung der $\lambda/2$ -Platte müsste die Photodiode nach jedem Verändern der Systemparameter rejustiert werden, damit der Laserstrahl wieder mittig auf die Photodiode trifft. Daher wird für diese Messungen die Unsicherheit mit 0,003 V abgeschätzt.

Winkelmessung: Die Winkel werden mit dem Auge anhand einer Skala abgelesen, wobei die Unsicherheit für den Polarisator/Analysator und die $\lambda/2$ -Platte $0,4^\circ$ beträgt. Beim Einstellen des Analysatorwinkels bei der Bestimmung der Konzentration der Zuckerlösung änderte sich die gemessene Intensität des transmittierten Strahls kaum in Abhängigkeit von dem Winkel nahe dem Maximum. Insofern wurde eine Unsicherheit von 2° angenommen. Die Skala des Winkelmessarmes war kleiner als die der Polarisatoren und der Arm hatte beim Konfigurieren etwas Spielraum. Folglich wägen wir die Unsicherheit mit $0,8^\circ$ ab.

3.1.2 Gesetz von Malus

Das Multimeter, das an die Photodiode angeschlossen war, zeigte eine Spannung von $(0,060 \pm 0,001)$ V an, während der Laser ausgeschaltet war. Beim Vergleichen der Intensitäten mit nur einem Polarisator zeigte sich, dass der Laser einen höheren p-polarisierten als s-polarisierten Anteil erzeugt. In Abb. 1 ist die Lichtintensität gegen den Analysatorwinkel α relativ zum Polarisator aufgetragen. Der Analysatorwinkel wurde in 10° -Schritten von -90° bis 90° variiert.

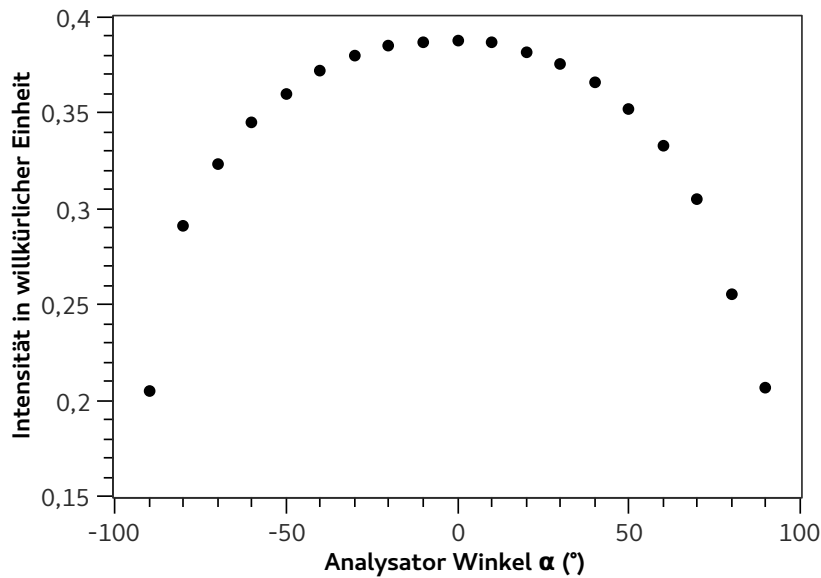


Abbildung 1: Ein Laserstrahl wurde zuerst durch einen Polarisator und dann durch einen Analysator gelenkt. Der Winkel zwischen Polarisator und Analysator ist auf der X-Achse dargestellt. Hinter dem Analysator wurde mit einer Photodiode und eine Multimeter die Intensität gemessen. Diese ist in willkürlichen Einheiten dargestellt. Die Unsicherheiten sind kleiner als die Symbole.

3.1.3 $\lambda/2$ -Platte

Die $\lambda/2$ -Platte wurde in 45° -Stellung zwischen Polarisator und Analysator positioniert. Der Winkel des Analysators wurde so gewählt, dass die Photodiode einen maximale Intensität misst. Für die eingestellten $(45,0 \pm 0,4)^\circ$ Winkeldifferenz folgte ein Analysatorwinkel von $(89,0 \pm 0,4)^\circ$. In Abb. 2 sind gegen einige anderen Stellungen der $\lambda/2$ -Platte die resultierende Analysatorwinkel aufgetragen. In der Einführung wurde für einen Laserstrahl bei der Transmission durch eine $\lambda/2$ -Platte eine Drehung der Polarisationssebene um $\Delta\beta = 2\alpha$, wobei α der Winkel der Platte ist, beschrieben. Um dies überprüfen zu können, wurde ein linearer Fit durchgeführt. Die Steigung $a = 1,88 \pm 0,06$ gibt den Faktor zwischen $\Delta\beta$ und α an.

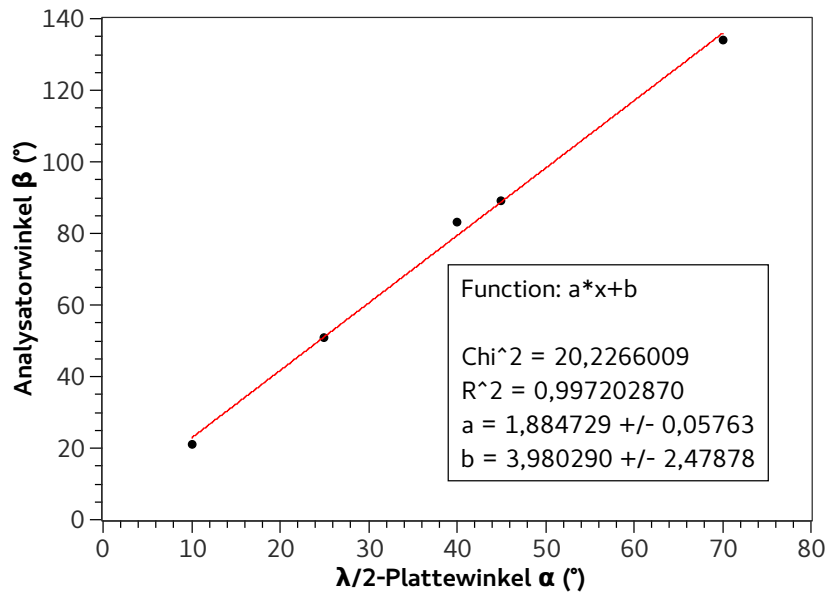


Abbildung 2: Ein Laser strahlte als erstes durch einen Polarisator. Darauf folgte eine $\lambda/2$ -Platte, die mit einem Winkel α relativ zur Polarisation des eintreffend Strahls ausgerichtet wurde. Vor der Photodiode befand sich ein Analysator, der so justiert wurde, dass die gemessene Intensität maximal wird. Der Winkel β des Analysators relativ zum Polarisator wurde gegen den Plattenwinkel α aufgetragen. Es wurde ein linearer Fit durchgeführt. Die Unsicherheiten sind kleiner als die Symbole.

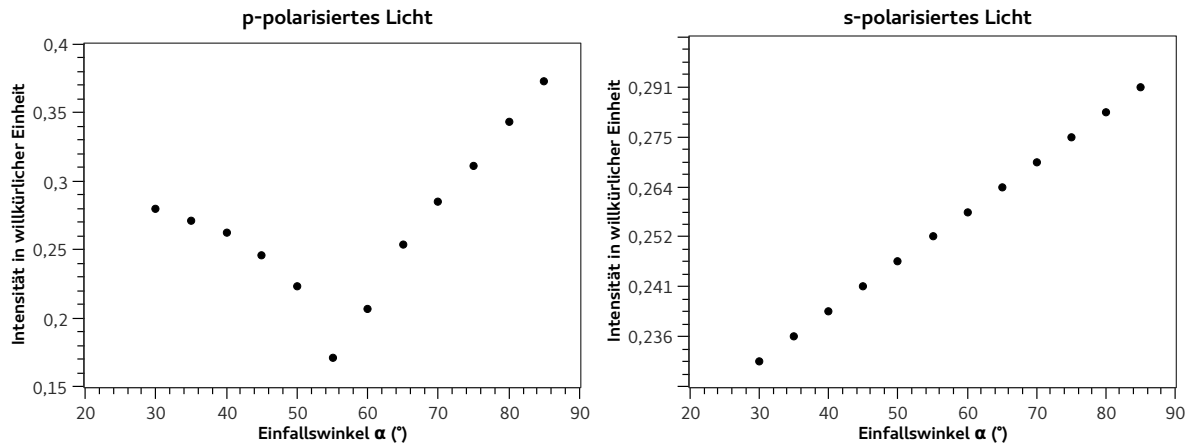
3.1.4 Reflexionsvermögen

Es wurde ein p bzw. s polarisierter Laserstrahl auf eine Glasplatte mit einem Einfallswinkel α gerichtet. In gleichem (Ausfalls-)Winkel α wurde die Photodiode positioniert. Zunächst wurde mittels des Analysators vor der Photodiode überprüft, ob sich die Polarisationsrichtung geändert hat. Die Spannung am Multimeter änderte sich nahezu nicht wenn die Polarisationsrichtung gleich der desinfallenden Strahls ist. Ebenso wurde die gemessene Intensität minimal für eine Winkeldifferenz von $\pm 90^\circ$. In Abschnitt 3.1.4 ist die Lichtintensität des reflektierten Lichts gegen den Einfallswinkel α von 30° bis 85° in 5° -Schritten aufgetragen. Dabei trat das Problem auf, dass zwischen jeder Messung die Photodiode so rejustiert werden musste, dass der Laserstrahl diese zentriert trifft. Es ist ein deutliches Minimum für die Reflexion von p-polarisiertem Licht erkennbar. Laut der Einführung wird im Brewsterwinkel α_B kein p-polarisiertes Licht reflektiert. Folglich beträgt der Brewsterwinkel ca. $\alpha_B = (55 \pm 1)^\circ$. Außerdem war Gleichung (1) zur Bestimmung des Brechungsindex gegeben.

$$n = \tan(\alpha_B) \quad (1)$$

$$u(n) = \frac{1}{\cos(\alpha_B)^2} * u(\alpha_B) \quad (2)$$

Es ergibt sich ein Brechungsindex $n = 1,43 \pm 0,05$



(a) p-polarisiertes Licht

(b) s-polarisiertes Licht

Abbildung 3: Ein Laserstrahl wird nach einem Polarisator an einem Glas unter dem Winkel α reflektiert und die Intensität des reflektierten Lichts wird gemessen. Es wird p- und s-polarisiertes Licht untersucht. Die Unsicherheiten sind kleiner als die Symbole.

3.1.5 Zuckerkonzentration

Diese Messung ist analog zur Untersuchung der $\lambda/2$ -Platte, jedoch werden anstelle von der Platte Glasröhren gefüllt mit Zuckerlösungen in dem Strahlengang platziert. Von den sechs Lösungen sind fünf Konzentrationen bekannt. Unter der Annahme, dass sich die Polarisation in der Flüssigkeit nicht mehr als π dreht, ließ sich feststellen, dass alle Flüssigkeiten die Polarisation Links gedreht haben und somit auch dass die Zuckerlösung linksdrehend sind. In der Einführung wurde ein proportionaler Zusammenhang zwischen dem Drehwinkel α und der Flüssigkeitslänge l und der Konzentration c dargelegt.

$$\alpha \propto c \cdot l \quad (3)$$

Folglich wurde in Abb. 4 ein linearer Fit für die bekannten Konzentrationen berechnet. In der Graphik sind außerdem horizontale Geraden, die den Drehwinkel der unbekannten Flüssigkeit beschreiben. Der Mittelwert der vier Messungen der unbekannten Flüssigkeit ist $\alpha = (26,75 \pm 1,11)^\circ$. Die Funktionsgleichung $ax + b = \alpha$ lässt sich nach x, also der Konzentration, umformen:

$$c = \frac{\alpha - b}{a} \quad (4)$$

$$u(c) = \sqrt{\left(\frac{u(\alpha)}{a}\right)^2 + \left(\frac{u(b)}{a}\right)^2 + \left(\frac{c \cdot u(a)}{a}\right)^2} \quad (5)$$

Die somit bestimmte Zuckerkonzentration c beträgt $(21,8 \pm 1,9) \text{ g/cm}^3$.

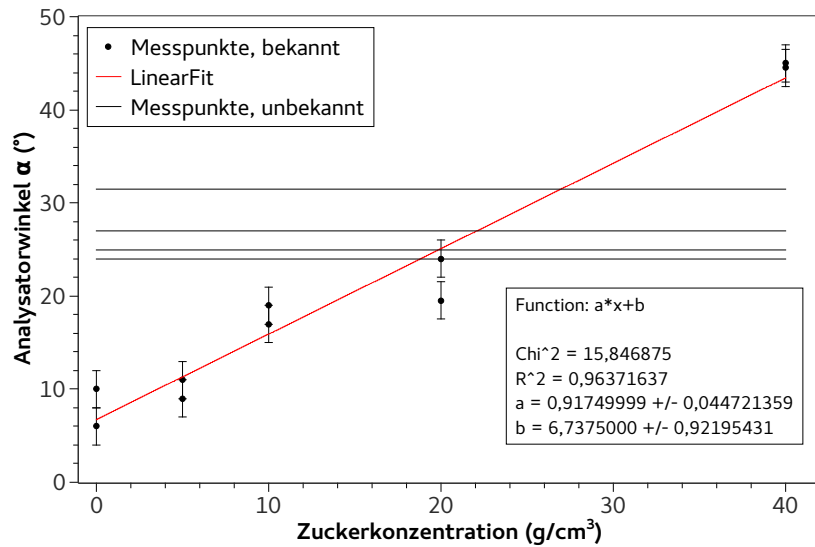


Abbildung 4: Ein polarisierter Laser strahlt durch Glasröhren der gleichen Länge, welche mit verschiedenen konzentrierten Zuckerlösungen gefüllt sind. Am Analysator vor der Photodiode lässt sich durch Variation des relativen Winkels zum Polarisator der Drehwinkel bestimmen, der durch die Flüssigkeit zustande kommt. Die Röhren wurden von beiden Seiten untersucht (zwei Messpunkte pro Konzentration), sodass die Fehler durch die Glasröhren minimiert werden. Die horizontalen Geraden sind die Messungen der unbekannten Konzentration und aus dem Schnittpunkt mit dem linearen Fit ergibt sich die Konzentration. Die Unsicherheit der unbekannten Konzentration ist nicht dargestellt. Sie beträgt ebenfalls 2° .

3.1.6 Kalkspatkristall

3.2 Diskussion

4 Schlussfolgerung