

# O43a - Polarisation durch ein optisches aktives Medium

Protokoll zum Versuch des Physikalischen Praktikums I von  
**Maxim Gilsendegen & David Flemming**

Universität Stuttgart

Verfasser: Maxim Gilsendegen (Chemie),  
3650577

David Flemming (Chemie),  
3650295

Gruppennummer: C-004

Versuchsdatum: 02.08.2023

Betreuer: Alicia Biselli

Stuttgart, den 02.08.2023

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Versuchsziel</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Messprinzip</b>	<b>1</b>
2.1	Bestimmung des optischen Drehvermögens von Milchzucker . . . . .	1
2.2	Untersuchung einer 3D-Brille . . . . .	1
<b>3</b>	<b>Formeln</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Messwerte</b>	<b>2</b>
<b>5</b>	<b>Auswertung</b>	<b>4</b>
5.1	Drehwinkel des Milchzuckers . . . . .	4
5.1.1	Experimentelle Werte . . . . .	4
5.1.2	Theoretische Werte . . . . .	7
5.1.3	Vergleich - Theorie und Praxis . . . . .	8
5.2	Die 3D-Brille . . . . .	8
<b>6</b>	<b>Fehlerrechnung</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>Literatur</b>	<b>10</b>
<b>9</b>	<b>Anhang</b>	<b>11</b>

## 1 Versuchsziel und Versuchsmethode

In diesem Versuch sollte das Drehvermögen von Milchsucker bei Einstellung von grünem und roten LED-Licht bestimmt werden. Zudem sollte der Aufbau und die Funktion einer 3D-Brille getestet werden.

## 2 Messprinzip

### 2.1 Bestimmung des optischen Drehvermögens von Milchsucker

Der Aufbau für die Messung des spezifischen Drehvermögens von Milchsucker erfolgte nach Abb.1:

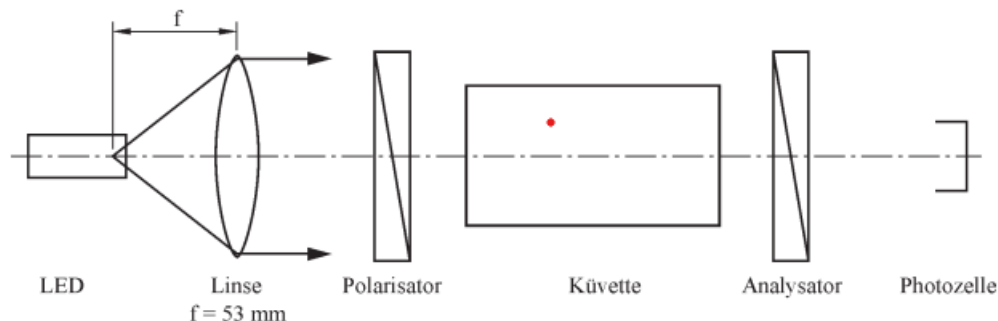


Abb.1: Versuchsaufbau für die Messung des optischen Drehvermögens von Milchsucker. Zuerst wurden die Intensitätswerte der roten und grünen LED ohne Küvette bei Drehung des Analysators in  $10^\circ$  Schritten für eine Vollumdrehung aufgenommen. Anschließend wurde der Versuch mit der Küvette wiederholt.

### 2.2 Untersuchung einer 3D-Brille

Der Versuchsaufbau gleicht dem aus Abb.1 lediglich wurde die Küvette mit der 3D-Brille ausgetauscht. Für die Messung wurde das rechte Brillenglas durchleuchtet. Die Messungen erfolgten analog zu 2.1. Anschließend wurde der Polarisator und Analysator entfernt und hinter der 3D-Brille wurde ein Metallschirm angebracht. Die einzelnen LED-Farben die auf den Schirm geworfen wurden, wurden mit einer separaten 3D-Brille beobachtet, wobei beide Gläser einzeln abgedunkelt wurden um zu überprüfen durch welches Brillenglas das Licht der jeweiligen LED stärker durchscheint.

### 3 Formeln

Der spezifische Drehwinkel  $\alpha$  lässt sich über folgende Gleichung berechnen

$$\alpha = \frac{\Delta\phi}{l \cdot c}, \quad (3.1)$$

wobei  $l$  für die Länge der Küvette,  $c$  für die Konzentration an Lactose innerhalb der Küvette und  $\Delta\phi$  für die Differenz der Intensitätsmaxima zwischen den gemessenen Intensität ohne Durchgang durch die Küvette und mit Durchgang durch die Küvette steht. Da der spezifische Drehwinkel von der Wellenlänge abhängt, gilt für den spezifischen Drehwinkel in guter Näherung

$$\alpha(\lambda) = \alpha(589 \text{ nm}) \cdot \left( \frac{589 \text{ nm}}{\lambda} \right)^2. \quad (3.2)$$

### 4 Messwerte

Alle Messwerte zu den Versuchsteilen sind in Tabelle 1 festgehalten. 'o. MZ' bedeutet ohne Milchzucker, 'MZ' mit Milchzucker und der Buchstabe (g) steht für die grüne LED, während (r) für die Rote steht. 'r.G. 3D' steht für die Messung mit dem rechten Glas der 3D Brille.

Tabelle 1: Stromstärken  $I$  der verschiedenen Versuchsteile zu den jeweiligen Winkeln des Analysators.

Winkel [°]	Stromstärken $I$ [ $\mu\text{A}$ ]					
	o. MZ (r)	MZ (r)	o. MZ (g)	MZ (g)	r.G. 3D (g)	r.G. 3D (r)
0	45.41	11.61	60.39	51.94	0.54	0.77
10	42.03	11.24	52.95	49.85	0.47	0.75
20	35.48	10.23	39.43	44.51	0.46	0.75
30	26.89	8.85	29.35	35.7	0.44	0.86
40	20.32	7.07	19.11	28.68	0.44	1.01
50	10.62	5.11	7.02	19.18	0.43	1.09
60	4.53	3.64	1.98	11.79	0.44	1.21
70	1	1.77	0.22	5.3	0.45	1.27
80	0.18	0.67	1.22	1.24	0.5	1.36
90	2.42	0.17	2.82	0.54	0.51	1.38
100	7.4	0.46	8.56	2.91	0.51	1.39
110	15.35	1.29	16.33	8.35	0.52	1.36
120	23.53	2.78	29.93	14.36	0.62	1.36
130	29.25	4.94	39.34	24.97	0.61	1.29
140	33.81	6.92	51.85	32.61	0.6	1.18
150	41.82	8.5	58.33	40.96	0.59	1.04
160	45.61	10.21	64.9	47.29	0.57	0.93
170	47.35	11.43	67.58	50.87	0.55	0.83
180	46.38	12	66.51	52.11	0.54	0.8
190	41.12	11.89	58.87	52.43	0.52	0.78
200	36.59	11.06	51.3	51.13	0.51	0.8
210	29.69	9.7	43.52	46.21	0.51	0.84
220	20.86	8.08	30.79	39.18	0.52	0.97
230	14.64	5.95	20.81	30.72	0.52	1.09
240	6.83	3.9	9.88	22	0.53	1.19
250	2.11	2.92	4.09	13.6	0.55	1.3
260	0.28	0.89	0.34	5.2	0.58	1.4
270	1.89	0.34	1.98	1.77	0.6	1.44
280	6.66	0.49	7.12	0.52	0.6	1.47
290	12.82	1.25	16.85	2.7	0.61	1.44
300	19.45	3.08	26.73	6.75	0.61	1.38
310	28.69	4.82	40.56	15.27	0.59	1.27
320	36.18	6.72	50.1	24.29	0.58	1.15
330	42.02	8.68	59.32	33.45	0.57	1.01
340	45.81	10.1	65.86	41.57	0.55	0.89
350	47.31	11.17	67.75	48.06	0.53	0.84
360	45.59	11.61	64.52	51.66	0.55	0.8

## 5 Auswertung

### 5.1 Drehwinkel des Milchzuckers

#### 5.1.1 Experimentelle Werte

Mit den Messwerten zu den Messungen mit und ohne Milchzucker können die in Abbildung 2 und 3, für die grüne LED, gezeigten Diagramme erstellt werden. Die Diagramme 4 und 5 resultieren aus den Messwerten der roten LED. Durch die Bestimmung der Differenz zwischen deren Maxima, kann der Drehwinkel berechnet werden.

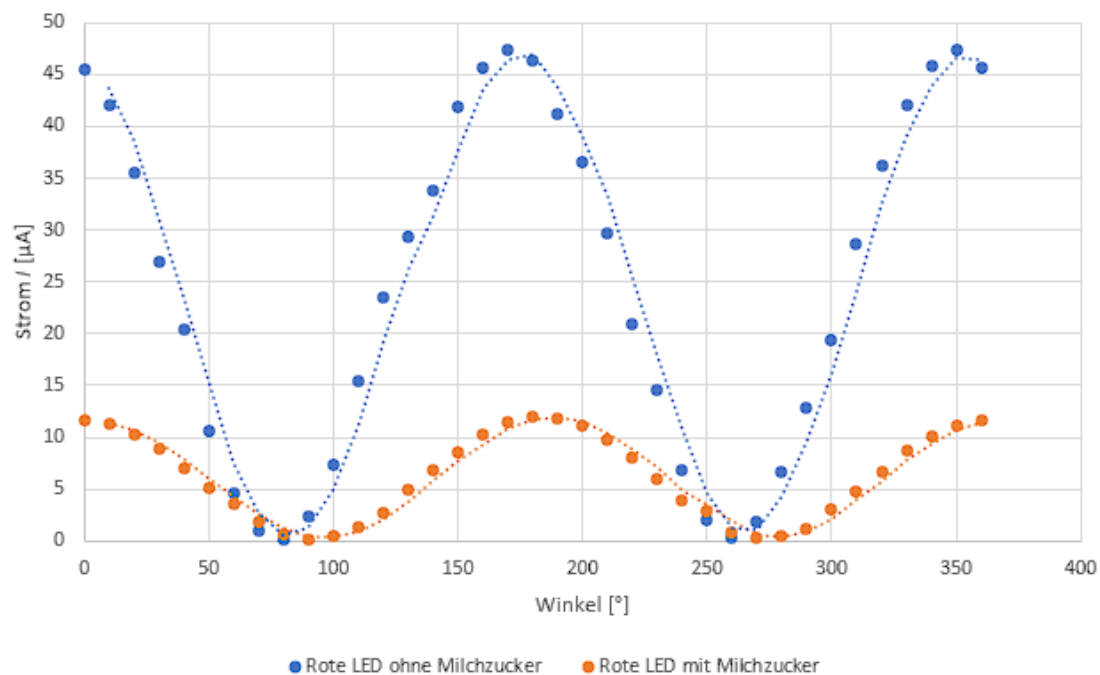


Abb.2: Gemessene Stromstärke  $I$  bei verschiedenen Einstellungen des Analysators mit roter LED.

Das Maximum der Messung ohne Milchzucker liegt bei ungefähr  $172^\circ$ , mit dem Milchzucker liegt dieses bei grob  $184^\circ$ . Zunächst muss die Differenz der beiden Werte gemäß

$$\Delta\Phi = 184^\circ - 172^\circ = 9^\circ$$

berechnet werden. Durch Einsetzen in Formel (3.1) kann der Drehwinkel  $\alpha$  bestimmt werden.

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{9^\circ}{1,47 \text{ dm} \cdot 0,2 \frac{\text{g}}{\text{ml}}} \\ &= 40,82 \frac{^\circ \cdot \text{ml}}{\text{g} \cdot \text{dm}}\end{aligned}$$

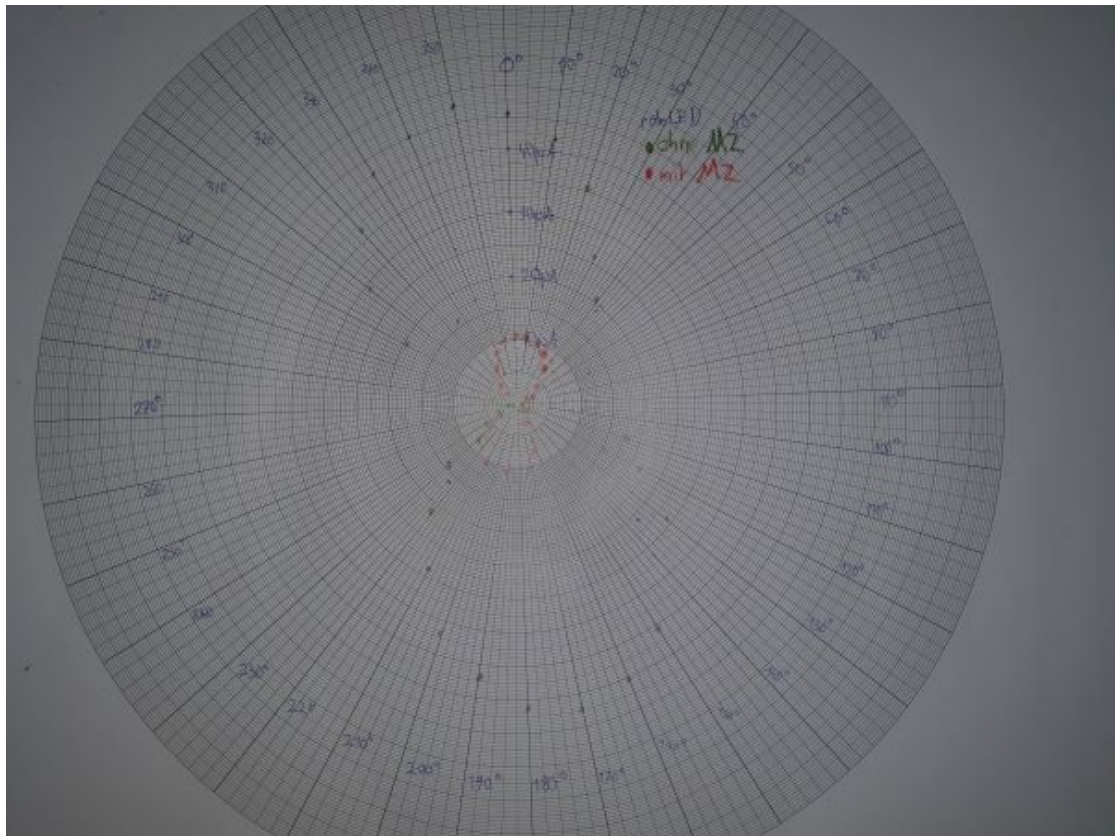


Abb.3: Intensitätsverlauf des transmittierten Lichts der roten LED mit und ohne optische Drehung der Lactose

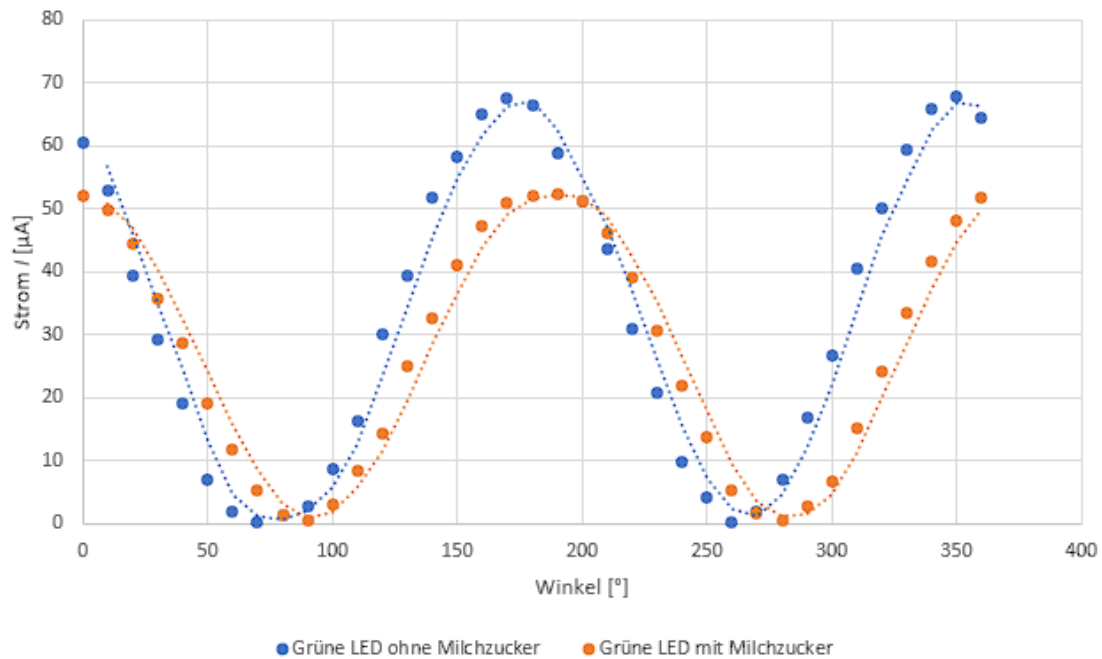


Abb.4: Gemessene Stromstärke  $I$  bei verschiedenen Einstellungen des Analysators mit grüner LED.

Das Maximum der Messung ohne Milchzucker liegt bei ungefähr  $172^\circ$ , mit dem Milchzucker liegt dieses bei grob  $190^\circ$ . Zunächst muss die Differenz der beiden Werte gemäß

$$\Delta\Phi = 190^\circ - 172^\circ = 18^\circ$$

berechnet werden. Durch Einsetzen in Formel (3.1) wird der Drehwinkel  $\alpha$  durch

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{18^\circ}{1,47 \text{ dm} \cdot 0,2 \frac{\text{g}}{\text{ml}}} \\ &= 61,23 \frac{^\circ \cdot \text{ml}}{\text{g} \cdot \text{dm}} \end{aligned}$$

bestimmt.



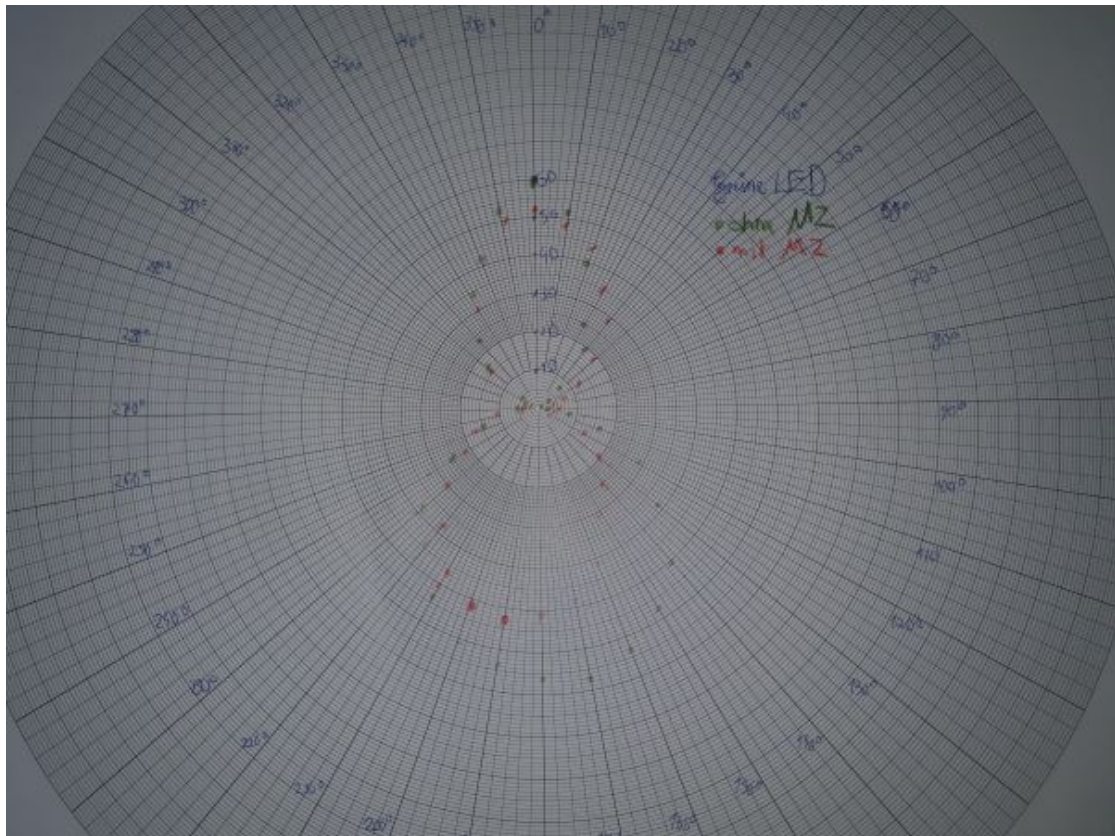
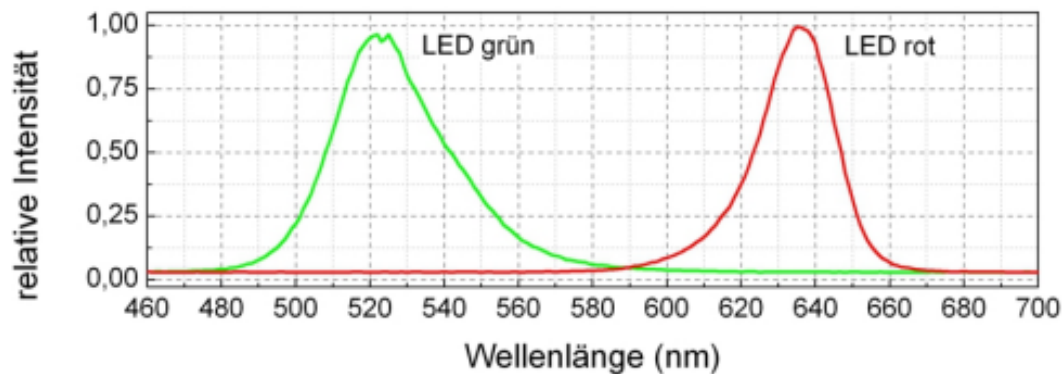


Abb.5: Intensitätsverlauf des transmittierten Lichts der grünen LED mit und ohne optische Drehung der Lactose

### 5.1.2 Theoretische Werte

Anhand von Abbildung 6 lassen sich die Emissionsmaxima der grünen und roten LED bestimmen, durch das Einsetzen dieser in Gleichung (3.2) lässt sich jeweils theoretisch der erwartete Drehwinkel berechnen.

Abb.6: Emissionsspektrum der roten und grünen LED.<sup>[1]</sup>

Für den Drehwinkel wird der spezifische Drehwinkel des Milchsuckers bei 589 nm benötigt, dieser beträgt  $\alpha(589) = 52,3 \frac{^\circ \cdot \text{ml}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$ . Mit dem Intensitätsmaximum von der roten LED von  $\lambda_r = 635 \text{ nm}$ <sup>[2]</sup> und mit dem Intensitätsmaximum der grünen LED von  $\lambda_g = 522 \text{ nm}$ , lässt sich der theoretische Drehwinkel durch

$$\alpha_r(635) = 45,00 \frac{^\circ \cdot \text{ml}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

$$\alpha_g(522) = 66,59 \frac{^\circ \cdot \text{ml}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$$

berechnen.

### 5.1.3 Vergleich - Theorie und Praxis

Der Vergleich des theoretischen und experimentell bestimmten Wertes bei der grünen LED liefert eine Abweichung von

$$d = \frac{\alpha(\text{theoretisch}) - \alpha(\text{experimentell})}{\alpha(\text{theoretisch})}$$

$$= \frac{66,59 \frac{^\circ \cdot \text{ml}}{\text{g} \cdot \text{dm}} - 61,23 \frac{^\circ \cdot \text{ml}}{\text{g} \cdot \text{dm}}}{66,59 \frac{^\circ \cdot \text{ml}}{\text{g} \cdot \text{dm}}}$$

$$= 8,05 \%$$

Analog zu dieser Rechnung wurde die Abweichung bei der roten LED auf 9,29 % bestimmt.

## 5.2 Die 3D-Brille

In Tabelle 1 wurde bei der 3D-Brille von Innen, wo sich das Auge beim Tragen befinden würde, nach Außen geleuchtet. Da hier die Schwankungen der Intensitäten sehr gering

ausfielen, ist davon auszugehen, dass es sich hierbei um das zirkulär polarisierte Licht handelt, dessen Intensität gemessen wurde. Würde es sich um lineares Licht handeln, so würden die Messwerte stärker Schwanken und auch nahezu gegen null gehen. Somit liegt näher am Auge der lineare Polarisator und Außen befindet sich somit das  $\frac{\lambda}{4}$ -Plättchen.

Wird Licht durch das rechte Brillenglas gesendet, so entsteht rechtszirkular polarisiertes Licht, auf einer metallischen Oberfläche wird dieses reflektiert und man erhält linkszirkular polarisiertes Licht, welches besser durch das linke Brillenglas der Beobachterbrille gesehen werden kann. Dasselbe gilt für das linke Brillenglas, wobei die Reflektion dann besser mit dem rechten Brillenglas der Beobachterbrille gesehen werden kann. Bei einer weißen Oberfläche konnte dieses Phänomen nicht beobachtet werden. Damit wirkt der weiße Schirm im Gegensatz zum Metallschirm nicht polarisationserhaltend.

In Tabelle 1 ist zu erkennen, dass die Schwankungen der Werte bei grünem Licht geringer ausfällt als beim roten Licht. Dies lässt darauf schließen, dass die Brille eher für grünes Licht ausgelegt ist. Die stärkeren Schwankungen bei rotem Licht ist damit zu erklären, dass ein linearer Teil übrig bleibt und in bestimmten Stellungen des Analysators nicht mehr passieren kann. Damit lässt sich darauf schließen, dass grünes Licht zirkular polarisiert, während rotes Licht elliptisch polarisiert ist.

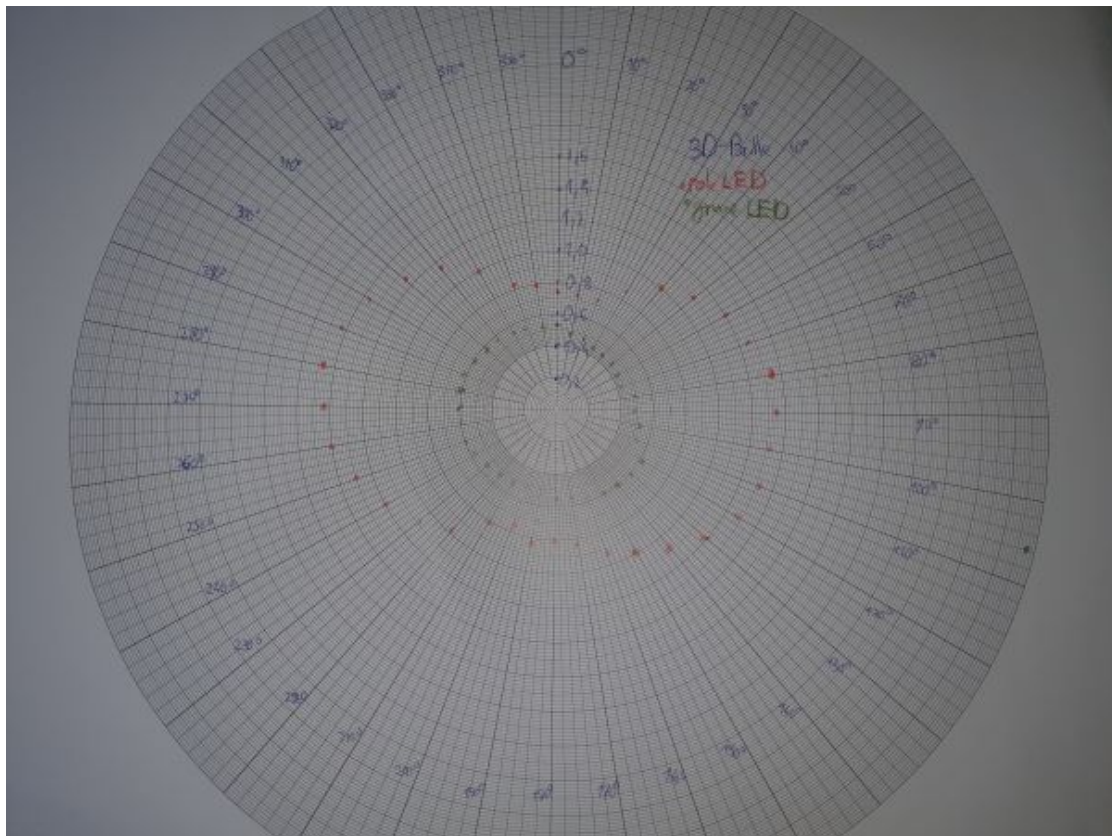


Abb.7: Intensitätsverlauf des transmittierten Lichts, durch die 3D-Brille bei verschiedenen

Wellenlängen

## 6 Fehlerrechnung

Aufgrund der schlechten Lichtverhältnisse ist davon auszugehen, dass die zu messenden Winkel am Analysator nicht perfekt getroffen wurden, was zu Ungenauigkeiten in der Auswertung führen kann. Für den Winkel wird ein Fehler von  $\Delta\Phi = 2^\circ$  angenommen. Anhand von Gleichung (3.1) ist somit eine Fehlerfortpflanzung möglich.

$$\begin{aligned}\Delta\alpha &= \left| \frac{\alpha}{\Delta\Phi} \right| \cdot \Delta(\Delta\Phi) = \left| \frac{1}{l \cdot c} \right| \cdot \Delta(\Delta\Phi) \\ &= \left| \frac{1}{1,47 \text{ dm} \cdot 0,2 \frac{\text{g}}{\text{ml}}} \right| \cdot 2^\circ \\ &= 6,80 \frac{^\circ \cdot \text{ml}}{\text{g} \cdot \text{dm}}\end{aligned}\tag{6.1}$$

## 7 Zusammenfassung

Der Drehwinkel des Lichts der roten LED und grünen LED durch Milhzucker konnte experimentell auf  $\alpha_r = 41,82 \frac{^\circ \cdot \text{ml}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$  und  $\alpha_g = 61,23 \frac{^\circ \cdot \text{ml}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$  bestimmt werden. Diese weichen von den theoretisch berechneten Werten  $\alpha_r(\text{th}) = 45,00 \frac{^\circ \cdot \text{ml}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$  und  $\alpha_g(\text{th}) = 66,59 \frac{^\circ \cdot \text{ml}}{\text{g} \cdot \text{dm}}$  um 9,29 % beziehungsweise 8,05 % ab.

Durch experimentelle Analyse der 3D Brille konnte festgestellt werden, wie diese funktioniert, sodass jedes Auge nur das dafür vorgesehene Bild sieht. Hierbei konnte eine Aussage über deren Zusammenbau getroffen werden, das  $\frac{\lambda}{4}$ -Plättchen befindet sich somit außen, zur theoretischen Leinwand gerichtet, während ein linearer Polarisator weiter innen, näher am Auge des Trägers, liegt. Dadurch kann selektiv eines der Bilder für das Auge sichtbar und eines unsichtbar gemacht werden, da dieses beim linearen Polarisieren herausgefiltert wird.

## 8 Literatur

- [1] Versuchsanleitung zu O43 (Zuletzt abgerufen am 02.08.2023)
- [2] <https://www.kruess.com/campus/polarimetrie/polarimeter-messen-von-optisch-aktiven-substanzen/> (Zuletzt abgerufen am 02.08.2023)



## 9 Anhang

