

Institut für Experimentalphysik der Technischen Universität Graz

&

Institut für Physik der Universität Graz

LABORÜBUNGEN 2: ELEKTRIZITÄT, MAGNETISMUS, OPTIK

Übungstitel: Halbschattenpolarimeter

Betreuer: Gregor Böhm

Gruppennummer:

41

Vorbereitung	Durchführung	Protokoll

Σ

Name: Tanja Maier, Johannes Winkler

Kennzahl: 033 678 Matrikelnummer: 11778750, 00760897

Datum: 16. Oktober 2020 WS 20

1 Aufgabenstellung

1. Bestimmung der Konzentration einer Rohrzuckerlösung.
2. Bestimmung der spezifischen Drehung einer Quarzplatte.

2 Grundlagen und Versuchsaufbau

Unter optischer Aktivität versteht man die Eigenschaft mancher Medien, die Schwingungsebene linear polarisierten Lichts nach rechts oder links zu drehen. Dieses Verhalten wird durch eine schraubenförmige Struktur des Kristallgitters (bei festen Stoffen) bzw. der Moleküle (bei Flüssigkeiten und Gasen) hervorgerufen. Denkt man sich die linear polarisierte Welle aus zweientgegengesetzt zirkular polarisierten Wellen zusammengesetzt, können die beiden Anteile in einem solchen Medium unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeiten besitzen. Sie treten daher aus dem Medium mit einer Phasendifferenz aus, und setzen sich zu einer linear polarisierten Welle mit gedrehter Polarisationsrichtung zusammen. Die Größe des Winkels α ist von der durchlaufenen Wegstrecke d bzw. ℓ , der spezifischen Drehung α_{spez} und der Konzentration des Mediums c abhängig.

$$\begin{aligned}\alpha &= \alpha_{\text{spez}} \cdot \ell \cdot c && \text{für Flüssigkeiten und Gase} \\ \alpha &= \alpha_{\text{spez}} \cdot d && \text{für Kristalle und Festkörper}\end{aligned}\tag{1}$$

Um aus natürlichem Licht linear polarisiertes zu erhalten, kann z.B. ein Nicol'sches Prisma verwendet werden. Es besteht aus einem geeignet ausgerichteten und geschnittenen doppelbrechenden Kristall. Dabei wird eintretendes unpolarisiertes Licht in zwei senkrecht zueinanderstehende linear polarisierte Anteile mit unterschiedlicher Ausbreitungsgeschwindigkeit aufgespalten. Durch Totalreflexion eines der beiden Anteile an einer Grenzfläche können die beiden Polarisationsanteile voneinander getrennt werden.

Da es aus physiologischen Gründen schwierig ist, eine Polarisator – Analysator – Anordnung aufmaximale oder minimale Helligkeit abzugleichen, wird für Messzwecke ein sog. Halbschattenpolarimeter (Abb. 1) verwendet. Dabei wird nach dem Polarisator ein nur den halben Strahlengangbedeckendes zweites Nicol'sches Prisma eingesetzt, das um einen kleinen Winkel gegen den Polarisator verdreht ist. Beim Durchstimmen des Analysators beobachtet man in dem nun geteilten Gesichtsfeld nacheinander ein Helligkeitsminimum in beiden Hälften. Befindet sich der Analysator genau senkrecht zum Symmetriewinkel zwischen Polarisator und Halbschattenprisma, erscheinen beide Gesichtsfeldhälften gleich hell. Die Trennlinie ist nicht sichtbar. Bei einer geringen Abweichung von dieser Stellung wird eine der beiden Hälften sofort dunkler. Dadurch ist ein präziser Abgleich der Polarisator – Analysatorstellung möglich.

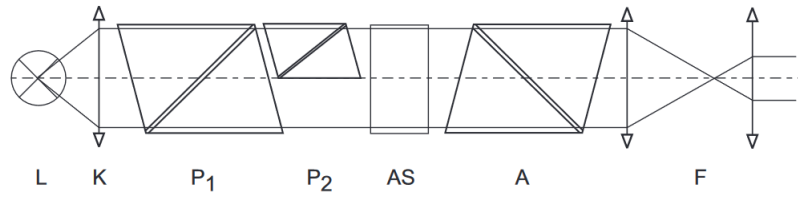


Abbildung 1: Aufbau des Halbschattenpolarimeters L Na-Dampflampe, K Kondensor, P_1 Polarisator, P_2 Halbschattenprisma, AS optisch aktive Substanz, A Analysator, F Fernrohr

3 Geräteliste

Tabelle 1: Liste der verwendeten Geräte

Bezeichnung	Gerätenummer	Unsicherheit
Micrometer		$\pm 0.01 \text{ mm}$
1. Halbschattenpolarimeter		$\pm 0.05^\circ$
2. Halbschattenpolarimeter		$\pm 0.1^\circ$
Schiebelehre		$\pm 0.05 \text{ mm}$
Rohrzuckerlösung		
Quarzkristalle		

4 Durchführung und Messwerte

4.1 Rohrzuckerlösung

Die Länge des Probenglases ist gegeben mit $\ell = 200 \text{ mm}$.

Um die Größe des Winkel α zu bestimmen, musste der Halbschattenpolarimeter zunächst auf einen offset Winkel hin kalibriert werden. Dazu wurde der Übergang von *dunkel-hell-dunkel* zu *hell-dunkel-hell* gesucht und der dabei entstehende Winkel (idealerweise 0°) gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle

Tabelle 2: Offset-Winkel für die Analyse der Rohrzuckerlösung.

Nr.	$\alpha_{\text{off}} / ^\circ$
1	39.10
2	39.30
3	39.20
4	39.30
5	39.20
\bar{x}	39.22

Danach konnte das Probenglas in den Strahlengang eingelegt werden und der Winkel beim Übergang wurde erneut gemessen. Die Messungen wurden jeweils zehn Mal durchgeführt und in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Drehwinkel der Rohrzuckerlösung.

Nr	$\alpha_1 / ^\circ$
1	26.20
2	25.20
3	26.60
4	25.50
5	25.30
6	26.30
7	26.50
8	26.10
9	25.50
10	26.60
\bar{x}	25.98

4.2 Quarzkristalle

Als erstes wurden die vier Quarzkristalle mithilfe einer Micrometerschraube jeweils fünf Mal vermessen. Die Werte sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Dicken der Quarzkristalle.

d_1 / mm	d_2 / mm	d_3 / mm	d_4 / mm
6.98	6.51	9.17	9.43
6.99	6.50	9.16	9.43
6.99	6.50	9.17	9.42
6.99	6.51	9.16	9.43
6.99	6.51	9.16	9.42
6.98	6.50	9.16	9.43
6.99	6.51	9.17	9.42
6.98	6.50	9.16	9.44
6.99	6.50	9.16	9.43
6.99	6.51	9.16	9.43

Dann wurde auch hier wieder zunächst der Halbschattenpolarimeter mithilfe des *dunkel-hell-dunkel* und *hell-dunkel-hell* Übergangs auf einen offset Winkel kalibriert und dann die Proben nacheinander eingelegt und wieder dieser Übergang gesucht. Die Messungen wurden sowohl für den offset Winkel als auch für die unterschiedlichen Quarzkristalle fünf Mal durchgeführt und in Tabelle 5 notiert.

Tabelle 5: Offset und Drehwinkel der Quarzkristalle.

$\alpha_{\text{off}} / ^\circ$	$\alpha_1 / ^\circ$	$\alpha_2 / ^\circ$	$\alpha_3 / ^\circ$	$\alpha_4 / ^\circ$
0.00	28.85	39.75	160.65	25.70
0.00	28.60	39.80	160.60	25.35
0.00	28.40	39.00	160.25	25.30
0.00	28.70	39.60	160.40	26.00
0.00	28.00	39.80	160.60	25.50

5 Auswertung

5.1 Rohrzuckerlösung

Bestimmung der Konzentration mit Gleichung (1), wobei die Länge ℓ und α_{spez} als konstant angenommen wird.

$$c = \frac{\alpha}{\alpha_{\text{spez}} \cdot \ell}$$

$$\Delta c = \frac{\Delta \alpha}{\alpha_{\text{spez}} \cdot \ell}$$

mit $\alpha_{\text{spez}} = 66.5 \frac{^\circ \cdot \text{cm}^3}{\text{dm} \cdot \text{g}}$. Es ergibt sich

$$c = (99.55 \pm 0.75) \text{ mg/cm}^3$$

5.2 Quarzkristalle

Hier wird tabellarisch ausgewertet mit der Formel

$$\beta_i = \frac{\overline{\alpha_i - \alpha_{\text{off}}} + x}{\overline{d_i}}$$

wobei die Notation mit dem obigen Querstrich für das arithmetische Mittel steht. x ist ein Winkel aus der Menge $\{0, 180^\circ, -180^\circ, 360^\circ, -360^\circ\}$.

Tabelle 6: Auswertung der Drehwinkel.

$x / ^\circ$	$\beta_1 / ^\circ$	$\beta_2 / ^\circ$	$\beta_3 / ^\circ$	$\beta_4 / ^\circ$
0 °	4.08	6.09	17.52	2.71
180 °	29.84	33.76	37.16	21.80
-180 °	-21.68	-21.58	-2.13	-16.38
360 °	55.60	61.43	56.80	40.90
-360 °	-47.44	-49.26	-21.77	-35.47

Die rot markierten Werte sind näherungsweise mit dem gegebenen Literaturwert vergleichbar. Daher wird von diesen Werten der betragsmäßige Mittelwert und die Standardabweichung berechnet. Dadurch ergibt sich als Ergebnis für den Drehwinkel von Quarz

$$\beta = (21.71 \pm 0.10) ^\circ$$

6 Zusammenfassung und Diskussion