

Aufgabe 1

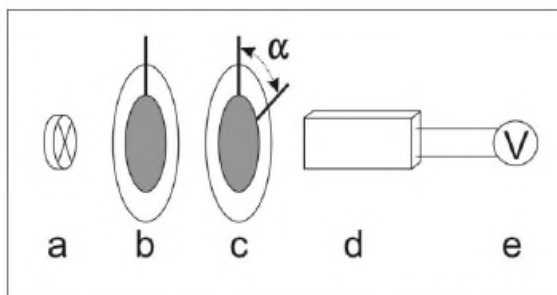
Die Lichtdurchlässigkeit von zwei hintereinander aufgestellten Polarisationsfiltern (Polarisationsfilter-Paar) soll bei Beleuchtung mit Licht unterschiedlicher Lichtquellen und bei verschiedenen Filterausrichtungen untersucht werden.

- 1.1 Vergleichen Sie, auch unter Berücksichtigung der Polarisierbarkeit, longitudinale und transversale Wellen an je einem Beispiel. **[4 BE]**
- 1.2 Im ersten Experiment (Abb. 1) wird die Durchlässigkeit durch ein Polarisationsfilter-Paar für Licht einer grün leuchtenden LED (LED-grün) untersucht. Tabelle 1 zeigt die Messwerte. Zeichnen Sie die Messwerte aus der Tabelle 1 in ein $\alpha-U$ -Diagramm. Stellen Sie auf Grundlage der Messwerte eine begründete Hypothese über die Durchlasseigenschaften des Polarisationsfilter-Paares für das Licht der LED-grün auf. **[7 BE]**
- 1.3 Das Experiment aus 1.2 wird mit einer infrarote Strahlung aussendenden LED (LED-IR) und einer ultraviolette Strahlung aussendenden LED (LED-UV) wiederholt (Tabelle 2). Zeichnen Sie die Messwerte aus der Tabelle 2 in Ihr Diagramm aus 1.2. Beschreiben Sie auf Grundlage der Messwerte Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Durchlasseigenschaften des Polarisationsfilter-Paares für das Licht der LED-IR und der LED-UV. **[6 BE]**
- 1.4 Das Experiment aus 1.2 wird mit einer Glühlampe und einer weiß leuchtenden LED (LED-weiß) wiederholt. Abb. 5 zeigt die Spektren der beiden Lichtquellen. Vergleichen Sie die wesentlichen Merkmale der beiden Spektren aus Abb. 5. Erläutern Sie die Bedeutung von Leuchtstoffen für die Lichterzeugung der LED-weiß. Stellen Sie eine begründete Hypothese zur Wirkung des Polarisationsfilter-Paares bei dem Winkel $\alpha = 90^\circ$ für das Licht der beiden weißen Lichtquellen auf. Hinweis: Die Durchlässigkeit des Polarisationsfilter-Paares für Licht der LED-grün soll exemplarisch für die von sichtbarem Licht sein. **[12 BE]**

Aufgabe 2

Die Durchlässigkeit von Polarisationsfilter-Paaren kann durch Einbringen von Stoffen zwischen die Polarisationsfilter verändert werden. Technische Anwendungen sind LC-Display und Saccharimeter (optisches Messgerät zur Konzentrationsbestimmung von Zuckerlösungen).

- 2.1 Erläutern Sie in der im Unterricht besprochenen Weise den Zusammenhang zwischen Polarisierbarkeit von Licht und Beobachtungen an einem LC-Display. **[3 BE]**
- 2.2 Bringt man eine Küvette (lichtdurchlässiges Gefäß) mit Zuckerlösung der Länge l zwischen die beiden Polarisationsfilter, so ändert sich die Durchlässigkeit des Polarisationsfilter-Paares. Abb. 2 zeigt den Versuchsaufbau und die Versuchsdurchführung. In Tabelle 3 ist die Verdrehung φ in Abhängigkeit von der Massenkonzentration $\beta = \frac{m_{\text{Zucker}}}{m_{\text{Wasser}}}$ des gelösten Zuckers im Lösungsmittel Wasser angegeben.



- a: Lichtquelle
b: 1. Polarisationsfilter
c: 2. Polarisationsfilter, drehbar
d: Lichtsensor
e: Voltmeter

Abb. 1: Versuchsaufbau zum ersten Experiment. Lichtsensor und Voltmeter liefern zusammen einen Messwert, der proportional zur Intensität des durchgelassenen Lichts ist. α ist der Winkel zwischen den Polarisationsrichtungen der beiden Polarisationsfilter.

Bestimmen Sie den funktionalen Zusammenhang $\varphi = f(\beta)$, indem Sie Ihre Auswertung in der aus dem Unterricht bekannten Form dokumentieren.

Stellen Sie eine Hypothese zur Abhängigkeit $\varphi = f(l)$ der Verdrehung φ von der Länge l der Zuckerlösung bei konstanter Massenkonzentration β auf. [8 BE]

2.3 Mit einem Saccharimeter wird der Zuckergehalt einer unbekanntenen Lösung bestimmt. Berechnen Sie mit den Angaben aus Abb. 3 die Masse m_{Zucker} des gelösten Zuckers. Bestimmen Sie die Messunsicherheit für diese Masse. [6 BE]

2.4 Die Verdrehung φ ist zusätzlich abhängig von der Wellenlänge λ des Lichts (Abb. 4). Beurteilen Sie, welche der folgenden Proportionalitäten den funktionalen Zusammenhang $\varphi = f(\lambda)$ am besten beschreibt: $\varphi \sim \frac{1}{\lambda}$ oder $\varphi \sim \frac{1}{\lambda^2}$. [6 BE]

Verwendete Lichtquelle	Winkel α	0°	30°	60°	90°	120°
LED-grün ($\lambda = 525 \text{ nm}$)	U in V	3,02	2,20	0,74	0,03	0,80

Tabelle 1: Spannung U am Ausgang des Lichtsensors bei Beleuchtung mit der LED-grün in Abhängigkeit vom Drehwinkel α des 2. Polarisationsfilters. Die angegebene Wellenlänge λ ist die Wellenlänge maximaler Intensität.

Verwendete Lichtquelle	Winkel α	0°	30°	60°	90°	120°	ohne Filterpaar
LED-IR ($\lambda = 945 \text{ nm}$)	U in V	2,03	1,97	1,94	1,90	1,93	2,15
LED-UV ($\lambda = 400 \text{ nm}$)	U in V	0,19	0,15	0,07	0,03	0,07	3,14

Tabelle 2: Spannung U am Ausgang des Lichtsensors bei Beleuchtung mit einer LED-IR und einer LED-UV in Abhängigkeit vom Drehwinkel α des 2. Polarisationsfilters bzw. ohne Filterpaar. Die angegebenen Wellenlängen λ sind die Wellenlängen maximaler Intensität.

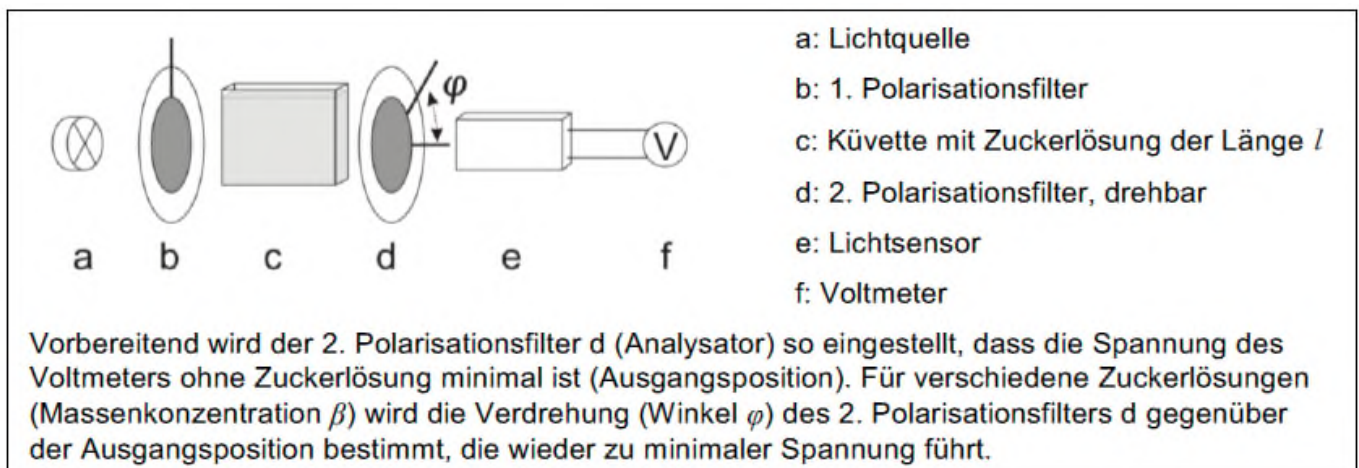


Abb. 2: Versuchsaufbau und Durchführung des Experiments zum Saccharimeter in Aufgabe 2.2

Massenkonzentration β	0,071	0,136	0,186	0,250
Verdrehung φ in °	4,0	8,0	11	15

Tabelle 3: Verdrehung φ in Abhängigkeit von der Massenkonzentration β (Länge: $l = 20 \text{ cm}$)

$\varphi = \frac{k \cdot m_{\text{Zucker}} \cdot l}{m_{\text{Wasser}}}$	$\varphi = 34,5^\circ \pm 0,5^\circ$	(Verdrehung)
	$m_{\text{Wasser}} = (84,0 \pm 1,0) \text{ g}$	(Masse des Wassers)
	$k = 665 \frac{^\circ}{\text{m}}$	(spezifische Drehung bei $\lambda = 589 \text{ nm}$)
	$l = 200 \text{ mm}$	(Lichtweglänge in der Zuckerlösung)

Abb. 3: Formel und Messwerte zu Aufgabe 2.3

Durchführung: Für verschiedene monochromatische Lichtquellen (Wellenlänge λ) wird bei konstanter Zuckerkonzentration die Verdrehung φ des Analysators zu minimaler Intensität bestimmt.

Wellenlänge λ in nm	399	463	514	589	650	883
Verdrehung φ in $^\circ$	81	58	46	35	28	15

Abb. 4: Durchführung und Messwerte des Experiments zum Saccharimeter in Aufgabe 2.4

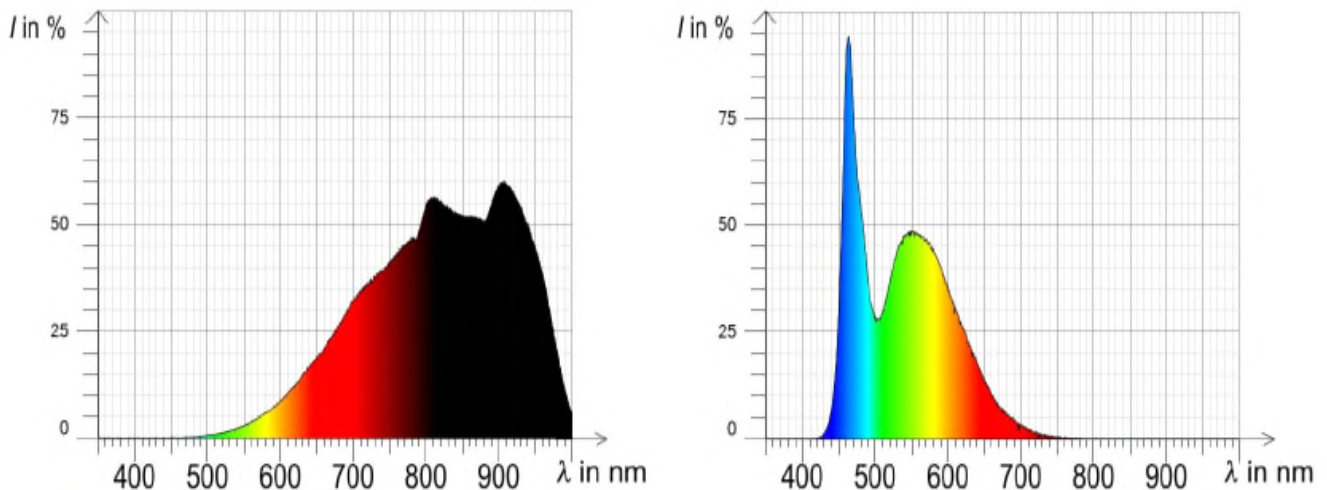


Abb. 5: Spektren der Glühlampe (links, aufgenommen mit geringer Betriebsspannung) und der LED-weiß (rechts); Das verwendete Spektrometer kann nur bis zu einer maximalen Intensität aufnehmen. Auf den Hochachsen sind die Intensitäten I zu den jeweiligen Wellenlängen λ als Anteile dieser Maximalintensität in Prozent angegeben.