

# *Labor für Technische Optik und Lasertechnik*

Fachhochschule Frankfurt am Main  
Fachbereich Informatik und Ingenieurwissenschaften

## **Untersuchung von polarisiertem Licht**

### **1. Lernziele:**

- a) Erzeugung von linear und zirkular bzw. elliptisch polarisiertem Licht.
- b) Kennenlernen von Meßverfahren zur Bestimmung der Daten von Polarisatoren.
- c) Beurteilen der Eigenschaften von Polarisatoren und Verzögerungsplatten durch Auswerten der Messungen.



## **2. Vorbericht:**

- a) Beschreiben Sie die Lichtwelle: Was ist Licht für eine Welle, was schwingt und wie?
- b) Beschreiben Sie kurz , aber eindeutig die folgenden Polarisationszustände:  
unpolarisiert, linear polarisiert, elliptisch polarisiert, zirkular polarisiert.
- c) Beschreiben Sie, wie man experimentell zirkular polarisiertes Licht erzeugt.
- d) Woran erkennt man bei Drehung des Analysators, daß das auf den Analysator treffende Licht linear, zirkular oder elliptisch polarisiert ist?

## **3. Anwendungen:**

Die Polarisation findet in der Technischen Optik zahlreiche Anwendungen.

Nur als Beispiele genannt seien:

Kontinuierliche Schwächung eines Lichtstromes, Unterdrückung störender Reflexe, z.B. bei Strahlteilern und in der Stereoskopie; optische Erfassung mechanischer Spannungen in der Spannungsoptik und bei spannungsoptischen Drucksensoren; Anwendung in analytischen Verfahren, z.B. Konzentrationsbestimmung von Lösungen (Polarimetrie) und Mineraluntersuchungen mit dem Polarisationsmikroskop. Manchmal sind Polarisationseffekte auch unerwünscht. Sie müssen dann stabilisiert oder unterdrückt werden (Depolarisation).

## **4. Geräte:**

Eine Glühlampe in einem Gehäuse, ca. 6V/5A, ein Kondensator, eine Stromquelle 20V/10A.

Ein Interferenzfilter, grün,  $\lambda$  ca. 544 nm.

Eine optische Bank mit Polarisatoren und Verzögerungsplatten in Drehfassungen.

Ein Detektor mit Anzeige.

## **5. Durchführung der Versuche:**

Wenn nötig, muß das Raumlicht durch die Vorhänge abgeschirmt werden.

Die einzelnen Versuchselemente müssen möglichst dicht aneinander positioniert werden, um Streulichteinkopplung zu minimieren.

### **5.1 Bestimmung des maximalen und minimalen Transmissionsgrades für die Analysator/Polarisator-Kombination:**

Alle Winkeleinstellungen (mit Nonius) und Stromablesungen sind sehr sorgfältig vorzunehmen, um vernünftige Ergebnisse zu erhalten.

Polarisator und Analysator werden auf  $0^\circ$  eingestellt, d.h. parallel zueinander. Der Detektorstrom kann über die Lampeneinspeisung auf ca.  $10 \mu\text{A}$  eingestellt werden.

Wesentlich ist nicht die genaue Einstellung, sondern genaues Ablesen. Diese Intensität (hier: Detektorstrom) wird mit  $I_0$  bezeichnet. Dann ist  $I_{90}$  die Intensität bei der Analysatorstellung  $90^\circ$  (P und A gekreuzt). Werden Polarisator und Analysator aus dem Strahlengang entfernt, ergibt sich die wesentlich höhere Intensität  $I$ .

Messen Sie abwechselnd die Detektorströme in der Reihenfolge  $I, I_0, I_{90}, I, I_0, I_{90}, I, I_0, I_{90}$ .

### **5.2 Bestimmung der Funktion $\tau(\Theta)$ für die Anordnung 'Polarisator + Analysator':**

Messen Sie bei sehr sorgfältiger Einstellung und Ablesung den Detektorstrom.

a) (Polarisator auf  $0^\circ$ ) bei Analysatordrehung von  $0^\circ$  bis  $90^\circ$  ( $\rightarrow I_0 \approx 10 \mu\text{A}$  einstellen) und zurück in Schritten von  $10^\circ$ , aber einschließlich  $45^\circ$ .

b) Führen Sie in gleicher Weise wie bei a) die Meßreihen für die 'Drei-Polarisator-Anordnung' durch.

(äußere Polarisatoren auf  $0^\circ$ , dazwischen drehbar den Analysator.

### **5.3 Herstellung und Untersuchung von zirkular polarisiertem Licht.**

Polarisator und Analysator auf  $0^\circ$  drehen und den Detektorstrom auf  $I_0 \approx 10 \mu\text{A}$  einstellen.

Bringen Sie jetzt die  $\lambda/4$ -Platte zwischen Polarisator und Analysator. Die theoretische Stellung der  $\lambda/4$ -Platte zur Erzeugung von zirkular polarisiertem Licht beträgt  $45^\circ$ .

Bei Vorliegen von zirkular polarisiertem Licht sollte sich der Detektorstrom beim Drehen des Analysators nicht ändern. Zirkular polarisiertes Licht sollte sich nicht auslöschen lassen.

Sie müssen die Stellung der  $\lambda/4$ -Platte so justieren, daß dieser Fall so gut wie möglich erreicht wird.

Notieren Sie den Winkel.

Wenn die zirkulare Polarisation nur angenähert erreicht wird kann das darauf zurückgeführt werden, daß die  $\lambda/4$ -Platte nicht genau zu der vom Interferenzfilter durchgelassenen

Wellenlänge paßt. Interferenzfilter lassen sich aber in engen Grenzen 'abstimmen': Eine

Verdrehung des Filterhalters mit Filter (Einfallswinkel nicht  $0^\circ$ ) verschiebt das  $\lambda$ -Maximum zu kürzeren Wellenlängen.

Messen Sie, nach der Einstellung der  $\lambda/4$ -Platte, den Detektorstrom als Funktion der Analysatorstellung von  $-90^\circ$  bis  $+90^\circ$  und zurück in Schritten von  $10^\circ$ .

#### **5.4 Erzeugung elliptisch polarisierten Lichts:**

Wählen Sie eine von 5.3 deutlich abweichende Einstellung der  $\lambda/4$ -Platte (z.B. einen Winkel von  $30^\circ$ ), so daß sich elliptisch polarisiertes Licht ergibt. Messen Sie wieder den Detektorstrom als Funktion der Analysatorstellung wie bei 5.3.

#### **5.5 Wirkung einer $\lambda/2$ -Platte:**

Bringen Sie nun zwischen den auf  $0^\circ$  gestellten Polarisator und den Analysator die  $\lambda/2$ -Platte. Die  $\lambda/2$ -Platte wird in Stellungen von  $0^\circ$  bis  $90^\circ$  gebracht (in  $10^\circ$ -Schritten, aber einschließlich  $45^\circ$ ). Bestimmen Sie jedesmal die Analysatorstellung, bei der sich ein Detektorstromminimum ergibt.

### **6. Auswertung:**

#### **6.1 Bestimmung der Daten der Polarisatoren:**

Berechnen Sie für die Polarisator/Analysator-Anordnung dreimal die Transmissionsgrade  $\tau_0 = I_0/I$  und  $\tau_{90} = I_{90}/I$  mit den Messwerten von 5.1. Bilden Sie erst anschließend die Mittelwerte für  $\tau_0$  und  $\tau_{90}$ .

Berechnen Sie weiterhin  $\tau_{pol}$  und  $\tau_{sperr}$  für einen Polarisator aus den folgenden Gleichungen.

$$\tau_0 = \frac{\tau_{pol}^2 + \tau_{sperr}^2}{2} \quad ; \quad \tau_{90} = \tau_{pol} \cdot \tau_{sperr}$$

Stellen Sie dafür die obigen Gleichungen nach  $\tau_{pol}$  und  $\tau_{sperr}$  um.

**Geben Sie die einzelnen Rechenschritte an.**

Berechnen Sie weiterhin den Polarisationsgrad  $P$  und das Lösungsvermögen  $L_V$ .

$$P = \frac{\tau_{pol} - \tau_{sperr}}{\tau_{pol} + \tau_{sperr}} \quad \text{und} \quad L_V = \frac{\tau_0}{\tau_{90}}$$

## **6.2 Darstellung des relativen Transmissionsgrades:**

Stellen Sie den relativen Transmissionsgrad als Funktion der Analysatorstellung von 5.2a und 5.2b dar. Bilden Sie hierzu den Mittelwert der Vorwärts- und Rückwärtsmessung. Durch Normieren der Mittelwerte auf das Maximum (d.h. alle Werte durch den Maximalwert dividieren) erhält man die relativen Transmissionsgrade.

Stellen Sie die relativen Transmissionsgrade für die Zwei- und Drei-Polarisator-Anordnung als Funktion von  $\Theta$  in einem Diagramm auf Millimeterpapier dar.

Berechnen Sie zum Vergleich die theoretischen Werte mit

$$\tau_{\Theta} = \tau_{90} + (\tau_0 - \tau_{90}) \cos^2 \Theta \quad \text{für die Zwei-Polarisator-Anordnung bzw.}$$

$$\tau_{\Theta} = \tau_{90} + (\tau_0 - \tau_{90}) \cos^4 \Theta \quad \text{für die Drei-Polarisator-Anordnung.}$$

Tragen Sie diese ebenfalls normiert in das Diagramm ein.

Benutzen Sie für  $\tau_0$  und  $\tau_{90}$  jeweils die Mittelwerte Ihrer Messungen aus 6.1.

## **6.3 Zirkular polarisiertes Licht:**

Tragen Sie die auf das Maximum normierten Meßwerte des zirkular polarisierten Lichts (Mittelwerte der Vorwärts- und Rückwärtsmessung) als Funktion von  $\Theta$  in ein Polardiagramm ein.

## **6.4 Elliptisch polarisiertes Licht:**

Berechnen Sie den Quotienten  $a/b$  der Ellipsenachsen. Da  $a/b$  proportional zum Amplitudenverhältnis ist, gilt:

$$a/b = \sqrt{\frac{I_{\max}}{I_{\min}}} ; \quad \text{Ellipsengleichung: } y = \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} \cdot b$$

Zeichnen Sie die Ellipse mit Hilfe der berechneten Werte aus der Ellipsengleichung (große Achse  $a = 10$  cm).

Zeichnen Sie den Winkel  $\vartheta$  ein, der sich aus  $\tan \vartheta = b/a$  ergibt.

Welcher Winkel gehört zu zirkular polarisiertem Licht?

Interpretieren Sie Ihr Ergebnis!

## **6.5 Anwendung der $\lambda/2$ -Platte:**

Stellen Sie die nach 5.5 gefundenen Analysatorstellungen als Funktion der Winkelstellung der Verzögerungsplatte auf Millimeterpapier dar. Beschreiben Sie das Ergebnis indem Sie die Steigung der Kurve bestimmen. Wozu kann man also eine  $\lambda/2$ -Platte verwenden?

# Labor für Technische Optik und Lasertechnik

Versuch:

Angaben zur Diagrammdarstellung :

