

# Bestimmung der Schwingungsebene eines polarisierten Laserstrahls - Gesetz nach Malus -

(Artikelnr.: P1412401)

## Curriculare Themenzuordnung

**Schwierigkeitsgrad**

Mittel

**Vorbereitungszeit**

10 Minuten

**Durchführungszeit**

20 Minuten

**empfohlene Gruppengröße**

2 Schüler/Studenten

**Zusätzlich wird benötigt:****Versuchsvarianten:****Schlagwörter:**

## Einführung

## Einleitung

Ist ein Laser mit einem sog. Brewster-Fenster ausgestattet, emittiert er linear polarisiertes Licht, dessen Schwingungsebene mit einem als Analysator verwendeten Polarisationsfilter bestimmt werden kann.



## Material

Position	Material	Bestellnr.	Menge
1	Optische Profilbank, $l = 1000$ mm	08370-00	1
2	Diodenlaser 0,2 / 1,0 mW, 635 nm	08760-99	1
3	Halter für Diodenlaser	08384-00	1
4	Analog-Demo-Multimeter ADM 2, Strom, Spannung, Widerstand	13820-01	1
5	Reiter für optische Profilbank	09822-00	2
6	Fassung mit Skale auf Reiter	09823-00	2
7	Linse in Fassung, $f = +100$ mm	08021-01	1
8	Blendenhalter, aufsteckbar	11604-09	1
9	Polarisationsfilter, 50 mm x 50 mm	08613-00	1
10	Fotoelement	08734-00	1
11	Schirm, transparent, 250 mm x 250 mm	08064-00	1

## Aufgaben

Bestimmung der Schwingungsebene eines polarisierten Laserstrahls.

## Aufbau und Durchführung

### Aufbau

#### TEIL 1: BESTIMMUNG DER SCHWINGUNGSEBENE DES POLARISIERTEN LASERLICHTS.

Abb. 1 zeigt den Versuchsaufbau.

- Der Diodenlaser und der Transparentschirm werden in den Reitern für die Stativbank befestigt und jeweils an den Enden der optischen Bank aufgestellt.
- Die in einer Fassung mit Skale montierte Sammellinse ( $f = +100$  mm) dient zur Aufweitung des Laserstrahls.
- Auf die zweite Fassung mit Skale wird der Blendenhalter mit dem Polarisationsfilter montiert. Die Durchlassrichtung des Polarisationsfilters wird durch dessen Lochung angezeigt. Diese sollte sich oben befinden, wenn die Strichmarke des Blendenhalters über der  $0^\circ$ -Position der Winkelskale liegt. Der Polarisationsfilter wird dicht hinter der Linse positioniert.

#### TEIL 2: BESTIMMUNG DER LICHTINTENSITÄT ALS FUNKTION DER FILTERSTELLUNG (GESETZ NACH MALUS)

- Der Transparentschirm wird gegen die Silizium-Diode ausgetauscht, die mit dem Stromeingang des Demo-Multimeters verbunden wird.
- Die Fassung mit Skale und Linse wird entfernt.
- Der Abstand zwischen Fotoelement und Diodenlaser beträgt nun ca. 40 cm. Beide sind so auszurichten, dass die aktive Fläche des Fotoelements voll ausgeleuchtet wird.

## Durchführung

Teil 1: Bei abgedunkeltem Raum wird der Polarisationsfilter langsam gedreht und die resultierende Leuchtdichte auf dem Schirm beobachtet. Die Filterstellungen für minimale Helligkeit sind zu ermitteln, da das Auge Helligkeitsunterschiede in diesem Fall besser erkennen kann. Der Laser wird im 1-mW-Modus betrieben.

**ACHTUNG: AUS SICHERHEITSGRÜNDEN SOLLTE IN DIESEM FALL UNBEDINGT VERMIEDEN WERDEN, DASS DER LASERSTRahl WEDER INDIREKT DURCH REFLEXIONEN ODER DIREKT INS AUGE GELANGEN KANN.**

Teil 2: Zuerst ist der Dunkelstrom  $i_0$  bei ausgeschaltetem Laser zu registrieren.

Anschließend wird der Polarisationsfilter in dem Winkelbereich von  $a = \pm 100^\circ$  in  $10^\circ$ -Schritten verstellt. Der zugehörige Strom  $i$  der Silizium-Diode wird notiert. Im Bereich des Intensitätsmaximums und -minimums ist die Winkeländerung in  $5^\circ$ -Schritten durchzuführen. Von den gemessenen Stromwerten ist der Dunkelstrom  $i_0$  abzuziehen und das jeweilige Verhältnis  $i - i_0 / i_{\max} - i_0$  ist in einem Diagramm gegen den Winkel  $\alpha$  aufzutragen.

Die Messkurve ist mit der entsprechenden  $\cos^2$ -Kurve zu vergleichen.

## Beobachtung und Ergebnis

### Beobachtung

Durchläuft ein unpolarisierter Lichtstrahl einen Polarisationsfilter (Polarisator), der im einfachsten Fall aus einer dichroitischen Folie bestehen kann, so wird nur der Lichtanteil durchgelassen, dessen Schwingungsebene mit der Polarisationsrichtung des Filters übereinstimmt. Lässt man das aus dem Polarisator kommende linear polarisierte Licht auf einen zweiten Filter (Analysator) fallen, dessen Schwingungsebene  $A$  gegen die Schwingungsebene  $SE$  des Lichtes um den Winkel  $\varphi$  gedreht ist (Abb. 2), so wird nur der Anteil

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cdot \cos \varphi \quad (1)$$

( $E_0$  = Amplitude der elektrischen Feldstärke)

durchgelassen. Stehen  $SE$  und  $A$  senkrecht aufeinander, so ist  $\varphi = 90^\circ$  und der Analysator wird lichtundurchlässig.

Da die Lichtintensität dem Quadrat der Feldstärkeamplitude des Lichtes proportional ist, gilt für die Intensität  $I$  des Lichtes hinter dem Analysator:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{\vec{E}^2}{\vec{E}_0^2} = \cos^2 \varphi \quad (2)$$

Zur Bestimmung der Lichtintensität dient ein Fotoelement, dessen Fotostrom der einfallenden Lichtintensität direkt proportional ist.

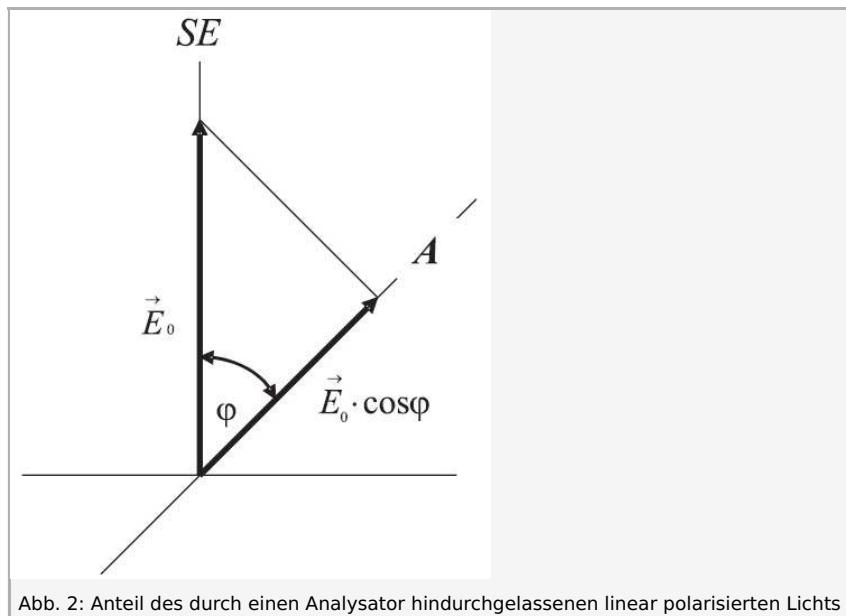


Abb. 2: Anteil des durch einen Analysator hindurchgelassenen linear polarisierten Lichts

### Auswertung

Das im ersten Versuchsteil aufgefondene Intensitätsminimum des durchgelassenen, linear polarisierten Laserlichts liegt bei einer Analysatorstellung von  $\alpha = -35^\circ$ . Dies bedeutet, dass die Schwingungsrichtung des Laserlichtes um  $90^\circ$  dazu gedreht ist. Der Diodenlaser sendet somit linear polarisiertes Licht aus, dessen Schwingungsebene um  $55^\circ$  gegen die Senkrechte geneigt ist.

In der Tabelle 1 sind die aus dem 2. Versuchsteil gewonnenen Ergebnisse zusammengestellt.

$\alpha / {}^\circ$	$i - i_0 / \mu\text{A}$	$\frac{(i - i_0)}{(i_{\max} - i_0)}$	$\alpha / {}^\circ$	$i - i_0 / \mu\text{A}$	$\frac{(i - i_0)}{(i_{\max} - i_0)}$
-100	109,8	0,68	10	89,8	0,55
-90	97,8	0,60	20	107,8	0,67
-80	75,8	0,47	30	131,8	0,81
-70	47,8	0,30	35	139,8	0,86
-60	25,8	0,16	40	149,8	0,93
-50	7,55	0,05	45	159,8	0,99
-45	2,35	0,01	50	161,8	1,00
-40	0,39	0,00	55	161,8	1,00
-35	0,35	0,00	60	159,8	0,99
-30	3,35	0,02	65	151,8	0,94
-25	8,55	0,05	70	142,8	0,88
-20	15,25	0,09	80	119,8	0,74
-10	31,8	0,20	90	89,8	0,55
0	59,8	0,37	100	69,8	0,43

Tabelle 1

Die Silizium-Diode lieferte unter den experimentellen Gegebenheiten ohne Laserlicht einen Dunkelstrom von  $i_0 = 0,25 \text{ mA}$ , der bereits in den Tabellenwerten berücksichtigt worden ist.

In Abb. 3 ist als Messkurve das normierte Intensitätsverhältnis  $(i - i_0)/(i_{\max} - i_0)$  als Funktion des Winkels  $\alpha$  aufgetragen. Zum Vergleich mit der nach (2) gemachten Voraussage zeigt die Abbildung zusätzlich die entsprechende  $\cos^2\varphi$ -Kurve. Dabei muss berücksichtigt werden, dass beim Winkel  $\alpha = +55^\circ$  für den in (2) definierten Winkel  $\varphi = 0^\circ$  einzusetzen ist, denn definitionsgemäß ist  $\varphi$  der Winkel zwischen der Schwingungsebene des Lichtes und der Analysatorstellung.

Dass beide Kurven nahezu deckungsgleich verlaufen, ist eine Bestätigung des Gesetztes nach Malus.

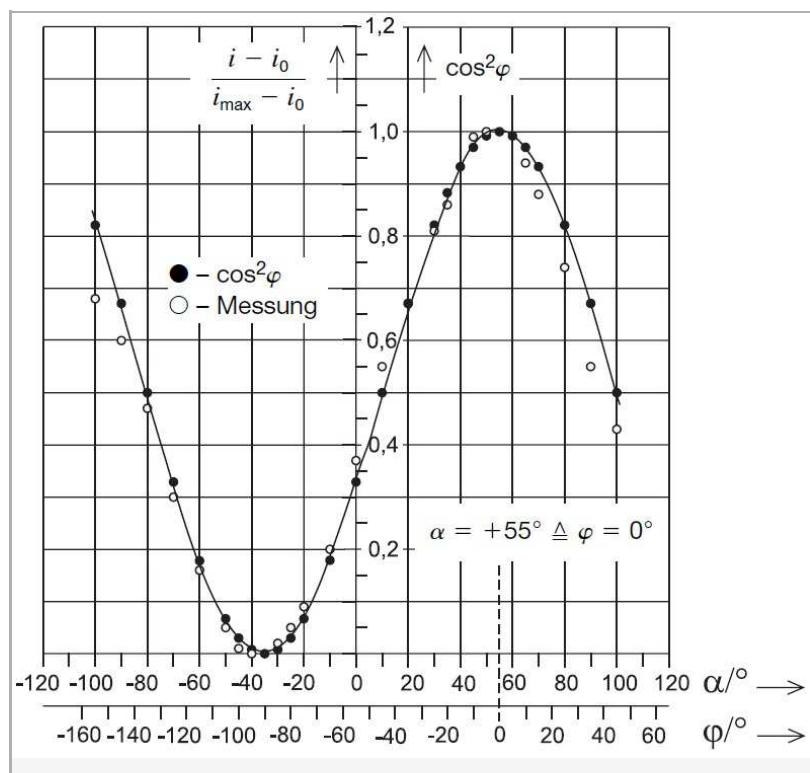


Abb. 3: Die normierte Lichtintensität sowohl als Funktion des Analysatorwinkels (offene Kreise) wie auch als Funktion des Winkels  $\varphi$  zwischen Schwingungsrichtung des Lichtes und Analysator (gefüllte Kreise).

# Schüler-/Studentenblatt

Gedruckt: 06/12/2017 13:29:06 | P1412401

---