





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



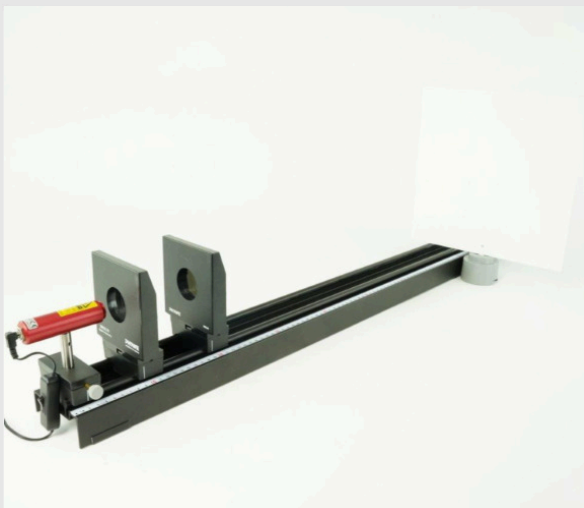
Ist ein Laser mit einem sog. Brewster Fenster ausgestattet, emittiert er linear polarisiertes Licht, dessen Schwingungsebene mit einem als Analysator verwendeten Polarisationsfilter bestimmt werden kann.

Physik	Licht & Optik	Welleneigenschaften des Lichts	
Physik	Licht & Optik	Laseroptik	
 Schwierigkeitsgrad	 Gruppengröße	 Vorbereitungszeit	 Durchführungszeit
mittel	2	10 Minuten	20 Minuten



# Allgemeine Informationen

## Anwendung



Versuchsaufbau

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.

Polarisation findet unzählige Anwendungen in Natur und Technik. Da auch das Licht vom Himmel und reflektiertes Licht zum Beispiel von Wasseroberflächen polarisiert ist, kann man mit Polarisationsfiltern für Kameras tolle Bilder erzielen.

Es gibt auch viele Tiere, die die Polarisationssebene des Lichtes wahrnehmen können. Das hilft ihnen bei der Orientierung und bei der Jagt.

## Sonstige Informationen (1/2)

**PHYWE**  
excellence in science

### Vorwissen



Es sollte bereits bekannt sein, dass Licht eine elektromagnetische Transversalwelle ist, also ein E-Feld und ein B-Feld besitzt, welche jeweils senkrecht zueinander und zur Ausbreitungsrichtung schwingen und eine Schwingungsebene aufspannen.

### Prinzip



Normale Lichtquellen entsenden Lichtwellen, deren Schwingungsrichtung zufällig bestimmt ist.

Es gibt Materialien, die, wenn Licht auf sie fällt, nur Licht einer bestimmten Schwingungsrichtung durchlassen. So erhält man linear polarisiertes Licht.

## Sonstige Informationen (2/2)

**PHYWE**  
excellence in science

### Lernziel



Mit Polarisationsfiltern kann man Licht linear polarisieren. Fällt linear polarisiertes Licht auf einen als Akzeptor eingesetzten Polfilter, so verhält sich die Intensität des Lichts hinter dem Akzeptor nach dem Gesetz von Malus; sie nimmt proportional zum Cosinusquadrat des Winkels zwischen Schwingungsrichtung und Durchlassrichtung ab.

### Aufgaben



- Bestimmen der Schwingungsebene eines polarisierten Laserstrahls
- Beantworten der Fragen im Protokoll

## Sicherheitshinweise

**PHYWE**  
excellence in science



Es ist unbedingt darauf zu achten, dass nicht direkt in den Laserstrahl geblickt wird.

Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise für das sichere Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

## Theorie (1/2)

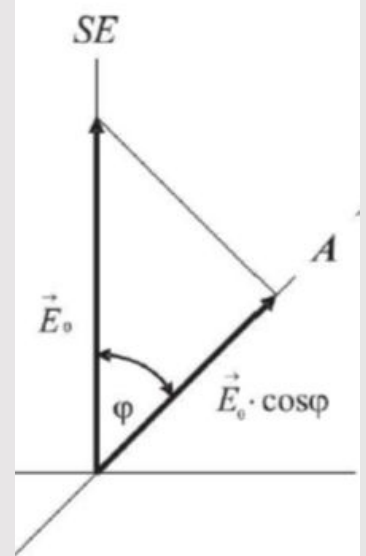
**PHYWE**  
excellence in science

Durchläuft ein unpolarisierter Lichtstrahl einen Polarisationsfilter, so wird nur der Lichtanteil durchgelassen, dessen Schwingungsebene mit der Polarisationsrichtung des Filters übereinstimmt.

Lässt man linear polarisiertes Licht mit der Amplitude  $E_0$  auf einen zweiten Filter (Analysator) fallen, dessen Schwingungsebene  $A$  gegen die Schwingungsebene  $SE$  des Lichtes um den Winkel  $\varphi$  gedreht ist, so wird nur der Anteil

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

durchgelassen. Stehen  $A$  und  $SE$  senkrecht aufeinander, so ist der Analysator lichtundurchlässig.

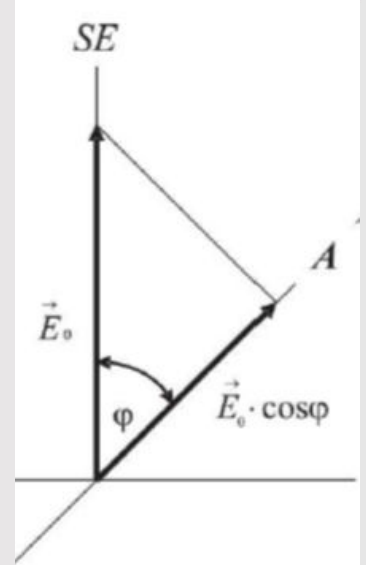


## Theorie (2/2)

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

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

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



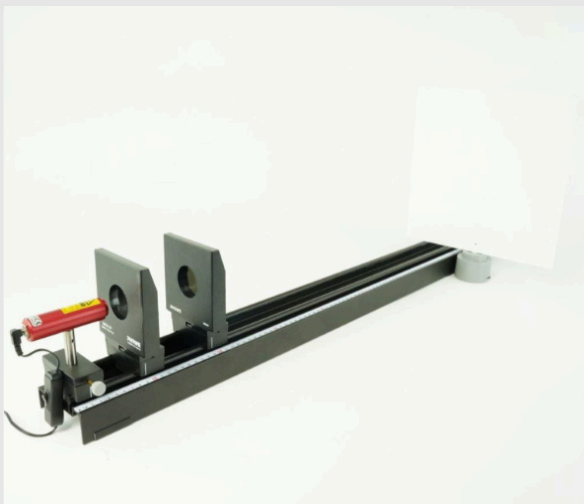
## Material

Position	Material	Art.-Nr.	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	PHYWE Demo-Multimeter ADM 3: Strom, Spannung, Widerstand, Temperatur	13840-00	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

# Aufbau und Durchführung

## Aufbau

**PHYWE**  
excellence in science



Versuchsaufbau

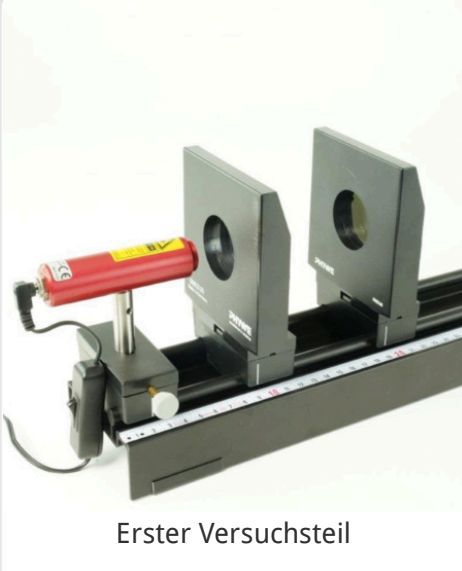
Für den ersten Versuchsteil werden der Diodenlaser und der Transparensschirm in den Reitern für die Stativbank befestigt und jeweils an den Enden der optischen Bank aufgestellt.

Die in einer Fassung mit Skale montierte Sammellinse ( $f = +10\text{cm}$ ) 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 -Position der Winkelskale liegt. Der Polarisationsfilter wird dicht hinter der Linse positioniert.

## Durchführung (1/2)

**PHYWE**  
excellence in science



Erster Versuchsteil

Bei abgedunkeltem Raum wird der Polarisationsfilter langsam gedreht und die resultierende Leuchtdichte auf dem Schirm beobachtet.

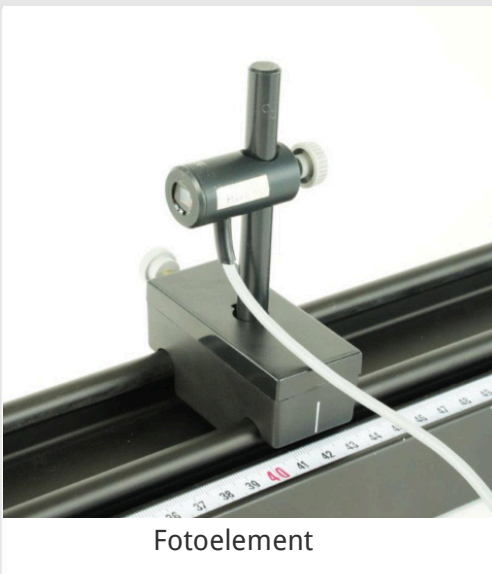
Die Filterstellungen für minimale Helligkeit sind zu ermitteln, da das Auge Helligkeitsunterschiede in diesem Fall besser erkennen kann. Der Laser wird im 1-mW-Modus betrieben.

Anschließend wird der Transparenzschirm gegen die Silizium-Diode ausgetauscht, die mit dem Stromeingang des Demo-Multimeters verbunden wird.

Die Fassung mit Skale und Linse wird entfernt.

## Durchführung (2/2)

**PHYWE**  
excellence in science



Fotoelement

Der Abstand zwischen Fotoelement und Diodenlaser beträgt nun ca. 40cm. Beide sind so auszurichten, dass die aktive Fläche des Fotoelements voll ausgeleuchtet wird.

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

Anschließend wird der Polarisationsfilter in dem Winkelbereich von  $\alpha \pm 100^\circ$  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.





# Auswertung

## Auswertung (1/3)

Das im ersten Versuchsteil aufgefundene 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.

### Was ist polarisiertes Licht?

Polarisiertes Licht ist nach der Schwingungsrichtung des elektrischen und magnetischen Feldes gefiltert, es ist also nur ein Schwingungsrichtung vorhanden.

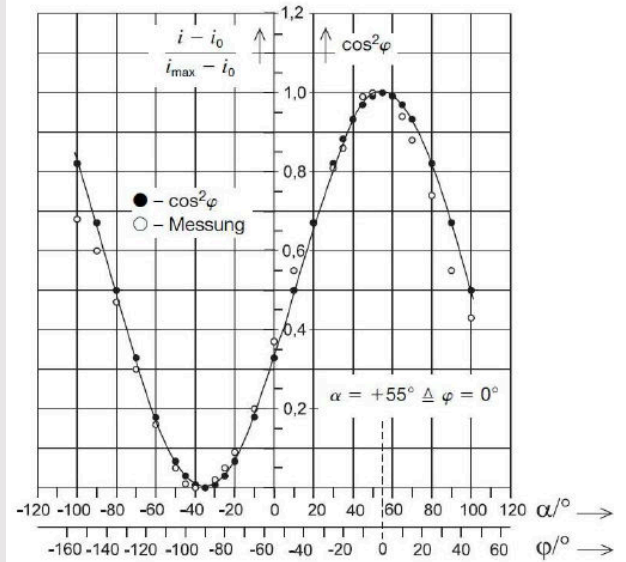
Polarisiertes Licht bewegt sich zwischen zwei magnetischen Monopolen hin und her.

## Auswertung (2/3)

Von den gemessenen Stromwerten des zweiten Versuchsteils ist der Dunkelstrom  $i_0$  abzuziehen und das jeweilige Verhältnis  $(i - i_0)/(i_{max} - i_0)$  in einem Diagramm gegen den Winkel aufzutragen. Der resultierende Graph entspricht der Kurve eines  $\cos^2$ .

Dies bestätigt das Gesetz nach Malus:

Die Intensität eines linear polarisierten Lichtstrahls mit der Anfangsintensität  $I_0$  beträgt nach Durchgang durch einen linearen Polarisator noch  $I = I_0 \cos^2 \varphi$ .



## Auswertung (3/3)

Worauf kann das Gesetz von Malus angewendet werden?

- Lineare Polarisationsfilter.
- Zirkular Polarisiertes Licht.
- Linear polarisiertes Licht.
- Alle Polarisationsfilter.

Überprüfen

Wofür werden Polarisationsfilter bei Kameras verwendet?

Um mit Hilfe von Laserimpulsen schnelleres Scharfstellen zu ermöglichen.

Um Spiegelungen von Wasseroberflächen herauszufiltern oder den Himmel dunkler erscheinen zu lassen. Beides ist polarisiertes Licht.

Folie	Punktzahl/Summe
Folie 14: Polarisation	0/3
Folie 16: Mehrere Aufgaben	0/4

Gesamtpunktzahl  0/7

 Lösungen anzeigen

 Wiederholen