Gesetz von Malus

BESTÄTIGUNG DES GESETZES VON MALUS FÜR LINEAR POLARISIERTES LICHT.

- Messung der durch die Polarisationsfilter transmittierten Lichtintensität *I* in Abhängigkeit vom Drehwinkel der Filter.
- Bestätigung des Gesetzes von Malus.

UE4040100

11/23 UD

Fig. 1: Messanordnung

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Licht ist als transversale Welle polarisierbar, indem man es z.B. ein Polarisationsfilter passieren lässt. In einer linear polarisierten Lichtwelle schwingen das elektrische Feld *E* und das Magnetfeld *B* jeweils in einer festen Ebene (Fig. 2). Die Schwingungsrichtung des elektrischen Feldes wird als Polarisationsrichtung bezeichnet.

Im Experiment trifft Licht nacheinander auf einen Polarisator und einen Analysator, die um den Winkel φ zueinander verdreht sind. Den Polarisator durchdringt nur ein linear polarisierter Anteil des Lichtes. Dessen elektrische Feldstärke möge die Amplitude E_0 haben (Fig. 3).

In der Polarisationsrichtung des Analysators schwingt die Komponente mit der Amplitude

(1) $E = E_0 \cdot \cos\varphi$.

Nur diese kann den Analysator passieren (Fig. 3).

Die Intensität des Lichtes entspricht dem Quadrat der elektrischen Feldstärke. Daher beträgt die Intensität hinter dem Analysator

(2) $I = I_0 \cdot \cos^2\varphi$,

wenn I_0 die Intensität hinter dem Polarisator ist.

Gleichung (2) ist als Gesetz von Malus bekannt. Sie wird im Experiment durch Intensitätsmessung mit einem Lichtsensor bestätigt. In dieser Messung entspricht der bei $\varphi = 90°$ gemessene Intensitätswert dem Umgebungslicht. Er wird von der gemessenen Intensität subtrahiert.

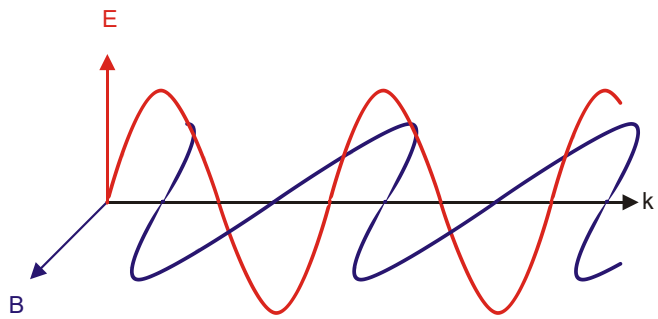

Fig. 2: Darstellung zur Definition der Polarisationsrichtung

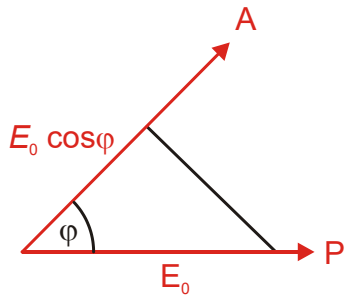

Fig. 3: Darstellung zur Berechnung der elektrischen Feldstärke hinter dem Analysator

GERÄTELISTE

1	Optische Bank D, 50 cm	U10302	1002630
4	Optikreiter D, 90/50	U103111	1002635
1	Optikleuchte mit LED	U21882	1020630
2	Polarisationsfilter auf Stiel	U22017	1008668
1	Halterung auf Stiel für Lichtsensor		1022269
1	Lichtsensor, drei Bereiche	UCMA-BT50i	1021502
1	Sensorkabel	UCMA-BTsc1	1021514
1	Datenlogger		
1	Software		

Weitere Informationen zum digitalen Messen sind auf der Webseite des Experiments im 3B Webshop zu finden.

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG

- Die Messanordnung gemäß Fig. 1 realisieren.

Hinweis:
Die genaue Position der beiden Polarisationsfilter auf der optischen Bank ist im Hinblick auf das Messergebnis unkritisch.

- Lichtsensor mit Hilfe des Sensorkabels an den Datenlogger anschließen und Software starten.
- Beide Polarisationsfilter mit Hilfe der Markierung auf der Drehfassung und der Winkelskala in 0°-Stellung bringen.

Hinweis:
Der Polarisationsfilter näher zur Optikleuchte dient als Polarisator, der Polarisationsfilter näher zum Lichtsensor als Analysator.

- Die Einstellung des Polarisators nicht mehr verändern.
- Den Analysator in 10°-Schritten auf Winkel bis einschließlich 360° einstellen und bei jedem eingestellten Winkel die Lichtintensität punktweise aufnehmen (Tab. 1).

MESSBEISPIEL

Tab. 1: Gemessene Lichtintensität I_m und auf die Intensität des Umgebungslichts korrigierte Lichtintensität I für verschiedene Winkel φ zwischen Polarisator und Analysator

φ	I_m / lux	$I = I_m - I_m(90°)$ / lux
0°	4,0440	3,6705
10°	3,9050	3,5315
20°	3,5500	3,1765
30°	3,1210	2,7475
40°	2,4720	2,0985
50°	1,7910	1,4175
60°	1,2080	0,8345
70°	0,7581	0,3846
80°	0,4502	0,0767
90°	0,3735	0,0000
100°	0,4906	0,1171
110°	0,8805	0,5070
120°	1,3440	0,9705
130°	1,9340	1,5605
140°	2,7330	2,3595
150°	3,3640	2,9905
160°	3,7710	3,3975
170°	4,0140	3,6405
180°	4,0320	3,6585
190°	3,8410	3,4675
200°	3,3710	2,9975
210°	2,7950	2,4215
220°	2,1880	1,8145
230°	1,5000	1,1265
240°	0,9986	0,6251
250°	0,5849	0,2114
260°	0,3802	0,0067
270°	0,3653	-0,0082
280°	0,5882	0,2147
290°	0,9939	0,6204
300°	1,5770	1,2035
310°	2,2280	1,8545
320°	2,8030	2,4295
330°	3,3850	3,0115
340°	3,7280	3,3545
350°	3,9810	3,6075
360°	4,0360	3,6625

AUSWERTUNG

Die Auslöschung der Polarisationsfilter ist mit > 99,9% bei λ = 450 – 750 nm spezifiziert. Deshalb entspricht der bei φ = 90° gemessene Intensitätswert in sehr guter Näherung dem Umgebungslicht.

- Von den gemessen Lichtintensitäten I_m in Tab. 1 für jeden Winkel φ die Lichtintensität $I_m(\varphi = 90°)$ subtrahieren (Tab. 1).
- Die auf die Intensität des Umgebungslichts korrigierte Lichtintensität I in Abhängigkeit des Winkels φ in einem Diagramm graphisch darstellen (Fig. 4).

Der Verlauf der Kurve entspricht Gleichung (2).

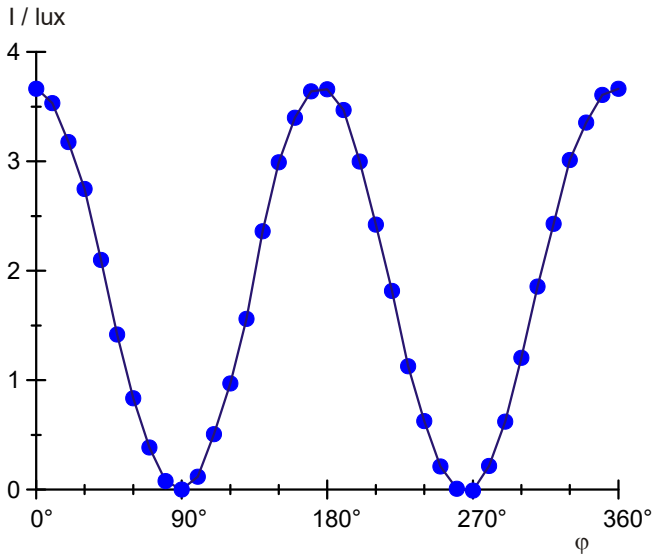

Fig. 4: Lichtintensität I in Abhängigkeit vom Winkel φ zwischen Polarisator und Analysator.

- Aus den Winkeln φ für $0 \le \varphi \le 90°$ die Werte $\cos^2(\varphi)$ berechnen (Tab. 2) und die entsprechenden Werte für die Lichtintensität I aus Tab. 1 in Tab. 2 übernehmen.

Tab. 2: Auf die Intensität des Umgebungslichts korrigierte Lichtintensität I für verschiedene Werte von $\cos^2(\varphi)$ für $0 \le \varphi \le 90°$.

φ	$\cos^2(\varphi)$	I / lux
0°	1,00	3,6705
10°	0,97	3,5315
20°	0,88	3,1765
30°	0,75	2,7475
40°	0,59	2,0985
50°	0,41	1,4175
60°	0,25	0,8345
70°	0,12	0,3846
80°	0,03	0,0767
90°	0,00	0,0000

- Die Lichtintensität *I* in Abhängigkeit von $\cos^2\varphi$ in einem Diagramm graphisch darstellen (Fig. 5).

Die Messwerte liegen, wie gemäß Gleichung (2) erwartet, auf einer Ursprungsgeraden mit der Steigung I_0.

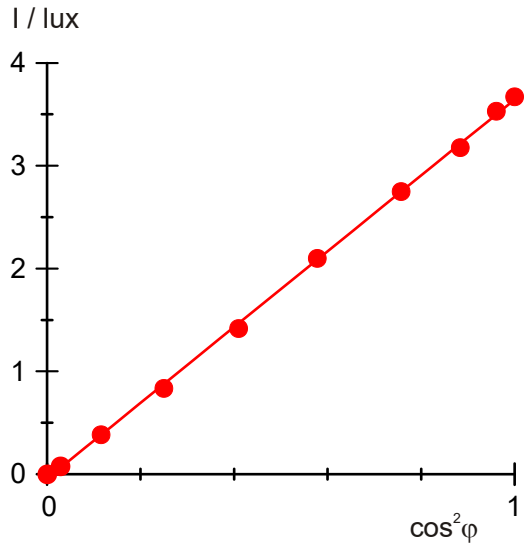

Fig. 5: Lichtintensität *I* in Abhängigkeit von $\cos^2\varphi$

© Copyright 2023 3B Scientific GmbH