

ANFÄNGERPRAKTIKUM DER FAKULTÄT FÜR PHYSIK,
UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

Fresnelsche Formeln und Polarisation

Praktikant: Michael Lohmann
Versuchspartner: Felix Kurtz
E-Mail: m.lohmann@stud.uni-goettingen.de
Betreuer: Phillip Bastian
Versuchsdatum: 06.03.2015

Eingegangen am:

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Theorie	3
2.1	Polarisation	3
2.2	Reflektion an Grenzflächen	4
3	Durchführung	4
4	Auswertung	5
5	Diskussion	5
	Literatur	5

1 Einleitung

Elektromagnetische Strahlung in Form von Licht ist essentiell für die Entstehung von Leben, da es die größte Energiequelle auf Planeten darstellt. Eine der Eigenschaften von EM-Strahlung ist die Polarisation. Sie wird in technischen Geräten wie dem 3D-Kino verwendet, findet aber auch Anwendung in der Fotografie. Möchte man einen See fotografieren, so hat man meist störende Reflektionen an der Oberfläche, welche sich mit einem Polarisationsfilter minimieren lassen. Dieses Verhalten soll in diesem Versuch untersucht werden.

2 Theorie

2.1 Polarisation

Die *Maxwellschen*-Gleichungen, welche die Ausbreitung von elektro-magnetischen Wellen beschreiben, lassen Polarisation zu, da es sich bei ihnen um Transversalwellen handelt. Das bedeutet, dass das \vec{E} - und das \vec{B} -Feld bestimmte Phasenbeziehungen haben können. Die Polarisation lässt sich darstellen durch einen Vektor, der senkrecht auf der Ausbreitungsrichtung steht, weshalb zwei Koordinaten zur Beschreibung reichen. Das meiste Licht wird durch statistische Vorgänge wie die Emission eines Photons bei der Relaxation eines angeregten Elektrons erzeugt. Daher hat es keine ausgezeichnete Polarisationsrichtung. Unter bestimmten Bedingungen kann jedoch eine bestimmte Polarisationsrichtung herausgefiltert werden.

Es gibt drei verschiedene Fälle:

- Linear: Der Feldvektor zeigt konstant in eine Richtung und verändert dabei periodisch seinen Betrag.
- Elliptisch: Der Feldvektor rotiert periodisch um den Wellenvektor und verändert dabei periodisch seinen Betrag.
- Zirkular: Wie elliptisch, nur dass der Betrag erhalten bleibt.

Man kann jeden Feldvektor in zwei senkrecht aufeinander stehende Schwingungen zerlegen. Sind die beiden in Phase, so ist es linear polarisiertes Licht, wohingegen es bei einem Phasenverschub von $\frac{\pi}{2}$ zirkulares Licht darstellt.

Man kann bei Reflektionen die beiden Schwingungen so zerlegen, dass eine in der Einfallsebene liegt und eine senkrecht dazu. Diese nennt man dann parallel (E_p) und senkrecht (E_s).

2.2 Reflektion an Grenzflächen

Nach dem *Snellnius*'schen Brechungsgesetz gilt für die Brechung an einer Oberfläche

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta \quad (1)$$

wobei n_i der jeweilige Brechungsindex ist und α der Ein- sowie β der Ausfallwinkel des Lichts ist. Da der Sinus jedoch beschränkt ist, kann für einen Übergang vom optisch dichteren ins dünnere ($n_1 > n_2$) ab einem bestimmten kritischen Winkel kein Licht mehr transmittieren. Der Übergang ist jedoch nicht schlagartig, sondern folgt nach [Dem12, S. 238] den FRESNELLSCHEN FORMELN:

$$r_s = -\frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} \quad (2)$$

$$r_p = \frac{\tan(\alpha - \beta)}{\tan(\alpha + \beta)} \quad (3)$$

$$t_s = \frac{2 \sin \alpha \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \quad (4)$$

$$t_p = \frac{2 \sin \beta \cos \alpha}{\sin(\alpha + \beta) \cos(\alpha - \beta)} \quad (5)$$

Die Reflektionskoeffizienten r_s und r_p sind in Abb. 1 abgebildet.

3 Durchführung

Für den Versuch wird eine optische Schiene wie in Abb. ?? verwendet, welche sich am Anfang gerade auf 0° befindet. Nachdem die Quecksilberdampflampe angeschaltet wurde und die Intensität ausreicht, kann nun begonnen werden, den Strahlengang einzustellen. Die sich auf der Schiene befindenden Linsen müssen zunächst ohne das Prisma so abgestimmt werden, dass das (nach dem Filter grüne) Lichtbündel scharf in dem Okular erkennbar ist. Dafür werden Polarisator und Analysator so eingestellt, dass sie alles Licht durchlassen. Um die Polarisationsrichtung korrekt einzustellen wird nun das Nicol-Prisma auf den Drehteller gestellt. Die Standfläche ist dabei so ausgerichtet, dass die optische Achse vertikal zur Strahlrichtung liegt. Ohne den Analysator im Strahlengang wird nun der Polarisator auf maximalen Durchlass gestellt. Für die erste Messung wird nun der Polarisator so eingestellt, dass keine Helligkeit mehr sichtbar ist (was einer Polarisation parallel zur Einfallsebene entspricht) und dann um 45° verdreht. Nun wird das Nicol-Prisma durch ein Glasprisma ersetzt, welches in der 0° -Lage der Schiene genau im und parallel zum Strahlengang steht. Auf den Drehtellern befinden sich zumeist schon Markierungen, welche dadurch überprüft werden können, dass der Strahl bis zu einer Auslenkung von 90° der optischen Schiene durch das Okular sichtbar sein muss. Um nun den Reflektionskoeffizienten zu vermessen wird nun der Analysator erneut in den Strahlengang gestellt. Er wird nun, während die Schiene in je 5° -Schritten weiter

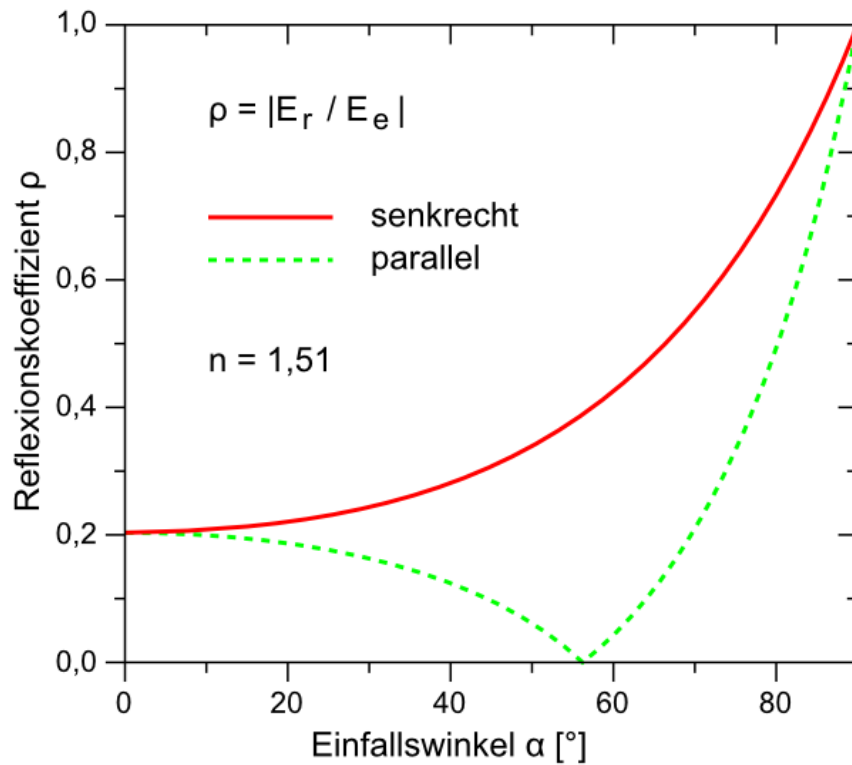


Abbildung 1: Reflexionskoeffizienten aufgetragen gegen den Einfallswinkel nach [lp2, 28.3.2015, 15 Uhr]

gestellt wird, in die Position gestellt, dass kein Licht mehr durchgelassen wird. Die beiden Winkel werden notiert.

Zur Ermittlung des Brewster-Winkels werden nun der Polarisator wieder um 45° zurück gedreht und der Analysator entfernt. Dann wird der Auslenkwinkel der Schiene gesucht und notiert, bei welcher die geringste Intensität zu sehen ist. Hierbei empfiehlt es sich, abwechselnd mit dem Versuchspartner die Messung durchzuführen.

4 Auswertung

5 Diskussion

Literatur

[Dem12] Demtröder, W.: *Experimentalphysik 2, Elektrizität und Optik*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 6. Auflage, 2012, ISBN 978-3-642-29943-8.

- [lp2] *Lehrportal der Universität Göttingen.* <https://lp.uni-goettingen.de/get/text/4330>.