



## Versuchsanleitung

# Fresnelformeln

Nummer: 22  
Kompiliert am: 29. März 2023  
Letzte Änderung: 29.03.2023  
Beschreibung: Die Fresnel-Formeln beschreiben, wie Licht gegebener Polarisation an einer Grenzfläche zwischen zwei optisch verschieden dichten Medien reflektiert bzw. transmittiert wird. In diesem Versuch wird für die beiden Polarisationsrichtungen  $s$  und  $p$  die winkelabhängige Intensitätsverteilung eines reflektierten Laserstrahls sowohl gemessen als auch berechnet.  
Webseite: <https://www.uni-ulm.de/nawi/institut-fuer-quantenoptik/ag-prof-jelezko/lehre/grundpraktikum-physik-physwiphys-la-phys/>

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>2</b>
<b>2 Stichpunkte zur Versuchsvorbereitung</b>	<b>2</b>
2.1 Theorie . . . . .	2
2.2 Beispiele aus Natur und Alltag . . . . .	3
<b>3 Versuchsdurchführung</b>	<b>3</b>
3.1 Justage der Glasplatte und Diode . . . . .	4
3.2 Einstellen des Polarisators . . . . .	4
3.3 Intensitätsmessung des Laserlichts . . . . .	4
3.4 Häufige Fehler . . . . .	4
<b>4 Versuchszubehör</b>	<b>5</b>
<b>5 Hinweise zur Ausarbeitung</b>	<b>5</b>
5.1 Versuchsspezifisch . . . . .	5
5.2 Allgemein . . . . .	5
<b>Literatur</b>	<b>6</b>

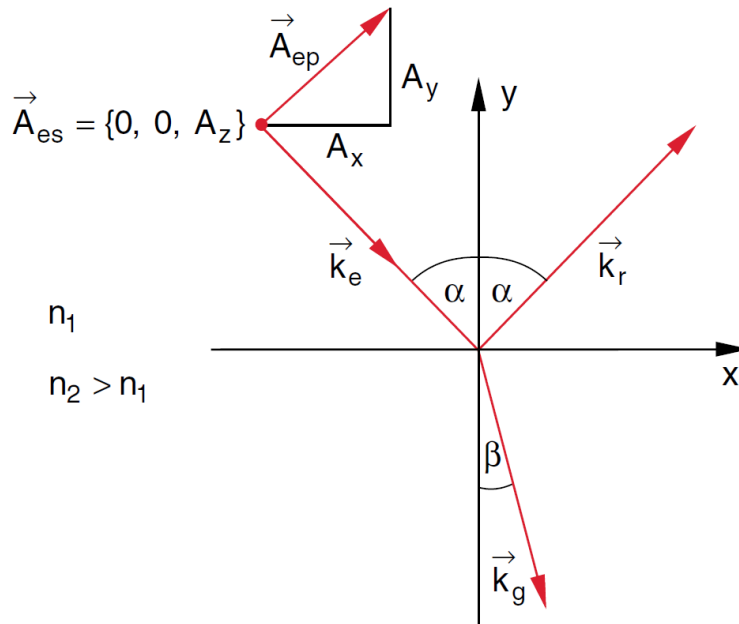


Abbildung 1: Skizze zur Herleitung der Fresnel-Formeln (nach [Dem13]).

## 1 Einführung

Trifft Licht unter einem Winkel  $\alpha$  auf die Grenzfläche zweier Medien mit verschiedenen Brechungsindizes, so wird im Allgemeinen ein Teil des Lichts reflektiert und der andere Teil dringt in das Medium ein. Dieser Sachverhalt ist jedem vertraut, man denke nur an eine sonnenbeschienene Wasseroberfläche. In Abb. 1 ist der Fall skizziert, bei dem Licht vom optisch dünneren Medium (z.B. Luft mit  $n_1 = 1$ ) auf ein optisch dichteres Medium (z.B. Glas mit  $n_2 = 1,5$ ) fällt.

Die Intensität des reflektierten und des transmittierten Lichts hängt sehr stark vom Einfallswinkel  $\alpha$  und von der Polarisation ab. Diese Abhängigkeit soll in diesem Versuch experimentell ermittelt und das Resultat mit den theoretisch zu erwartenden Zusammenhängen (Fresnel-Formeln) verglichen werden. Als Lichtquelle wird der polarisierte Strahl eines grünen Halbleiter-Lasers verwendet. Die Reflexion erfolgt an der Grenzfläche zwischen Luft und einer planparallelen Glasplatte. Die Messung erfolgt mithilfe eines sogenannten Goniometers (Abb. 2).

## 2 Stichpunkte zur Versuchsvorbereitung

### 2.1 Theorie

Zur Versuchsdurchführung sollten folgende Punkte vorbereitet werden:

- Maxwell-Gleichungen [BS04, LLT97]

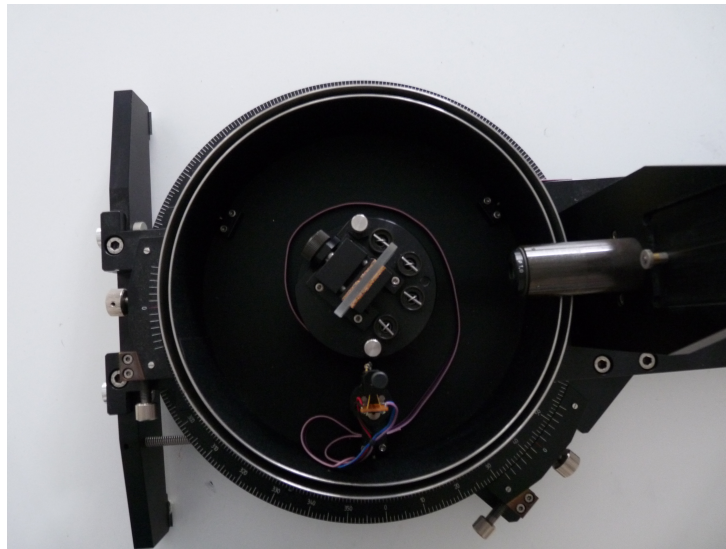


Abbildung 2: 2-Kreis-Goniometer mit Glasplatte und Si-PIN-Diode.

- Herleitung der Wellengleichung aus den Maxwell-Gleichungen und deren Lösungen (Typen von Wellen) [LLT97]
- Bedingungen für die Felder an Grenzflächen [Dem13]
- Polarisiertes Licht (linear, zirkular und elliptisch polarisiertes Licht, natürliches Licht) [Dem13, LLT97]
- Energiefluss elektromagnetischer Wellen und der Poynting-Vektor [BS04, Dem13]
- Brechungsgesetz von Snellius [BS04, Dem13]
- Brewster-Winkel und dessen Herleitung [BS04, Dem13]
- Fresnel-Formeln und deren vollständige Herleitung [Dem13, LLT97] und Abb. ??
- Reflexions- und Transmissionsvermögen [Dem13]
- Weitere Literatur: [BSMM16]

## 2.2 Beispiele aus Natur und Alltag

- Brewster-Winkel (Polarisierung)
- Photographie (Reflexunterdrückung)

## 3 Versuchsdurchführung

**ACHTUNG:** Der verwendete grüne HL-Laser mit  $P < 1 \text{ mW}$  ist für das Auge zwar nicht unmittelbar gefährlich (Laserschutzverordnung, Klasse 2), eine unnötige Exposition des Auges sollte man dennoch vermeiden! Ein Abschwächer (Graufilter) ist nicht mehr nötig.

### 3.1 Justage der Glasplatte und Diode

- Richten Sie die Glasplatte senkrecht zum Laserstrahl aus (Rückreflexion). Der reflektierte Strahl darf nicht mehr beobachtbar sein.
- Stellen Sie mithilfe des Kunststoffplättchens die Halterung so ein, dass sich die Drehachse in der Oberfläche des Plättchens befindet. Bei richtiger Einstellung bewegt sich der Laserpunkt nicht mehr bei Bewegung des Probentellers.
- Überprüfen Sie mit einem Blatt Papier, ob das Licht in einer zur Tischplatte parallelen Ebene reflektiert wird.
- Justieren Sie den Spalt vor der Diode so, dass bei direkter Exposition mit dem Laser die Ausgangsspannung kleiner 13 V ist (keine Übersteuerung).
- Bestimmen Sie den Offset (Dunkelspannung) des Detektors bei abgeschaltetem Laser und geschlossener Abdeckung.

### 3.2 Einstellen des Polarisators

- Stellen Sie den Brewster-Winkel ein ( $\alpha_B = 56,5^\circ$ ).
- Suchen Sie mit dem Detektor den reflektierten Strahl (Maximalwert).
- Verdrehen Sie den Folienpolarisator solange, bis wieder der Wert der Dunkelspannung angezeigt wird.
- Wenn nach dem Filter noch ein deutlicher Spot zu sehen ist (auf einem Papier), so ist das Licht  $p$ -polarisiert.

### 3.3 Intensitätsmessung des Laserlichts

- Messen Sie die Intensität  $I_0$  des  $p$ -polarisierten Laserlichts.
- Messen Sie in Abhängigkeit vom Einfallswinkel ( $10^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ ,  $\Delta\alpha = 5^\circ$  für  $\alpha < 80^\circ$  und  $\Delta\alpha = 1^\circ$  für  $\alpha > 80^\circ$ ) die Intensität des an der vorderen Fläche der Glasplatte reflektierten Lichtes (1. Maximum) sowie des transmittierten Lichtes (2. Maximum).
- Messen Sie erneut die Intensität  $I_0$  des Laserlichts.
- Drehen Sie den Polarisator um  $90^\circ$ .
- Führen Sie die Punkte eins bis drei von Aufgabe 3.3 erneut für  $s$ -polarisiertes Licht durch.

### 3.4 Häufige Fehler

- Übersteuerung  $\rightarrow$  Nichtlinearität des Photodetektors

## 4 Versuchszubehör

- 2-Kreis-Goniometer für Glasplatte und Si-PIN-Diode mit Lichtschutzkegel
- Grüner HL-Laser, Leistung 0.8 mW (unpolarisiert)
- Folienpolarisator
- Digital-Multimeter mit Vorverstärker
- Glasplatte, Dicke 4 mm, planparallel geschliffen und poliert (Brechungsindex  $n = 1,5092$ )
- Inbus-Schraubendreher

## 5 Hinweise zur Ausarbeitung

### 5.1 Versuchsspezifisch

- Versuchsaufbau beschreiben und erste Arbeitsschritte erklären.
- Berechnen Sie aus den erhaltenen Werten das Reflexions- und Transmissionsvermögen für beide Polarisationsrichtungen und vergleichen Sie die erhaltenen Werte jeweils grafisch mit den zusätzlich berechneten Theoriekurven (insgesamt 4 Schaubilder).
- $y$ -Fehlerbalken der Intensität ergibt sich aus Dunkelspannung und Gesamtintensität.
- Fehler des Messgeräts  $0,8\% +$  letzte Stelle.

### 5.2 Allgemein

- Kopie des Laborbuchs anhängen
- Fehlerbalken in den Schaubildern
- Fehler des Mittelwerts richtig berechnen und Ergebnisse richtig runden (siehe Anleitung Limmer und/oder Folien zu unserem Statistik-Workshop)
- Gute Skizzen und Abbildungen verwendet (z.B. deutsche Beschriftung, Skizzen entsprechen den Erläuterungen, ...); Skizzen dürfen gerne selbst angefertigt werden
- Vergleich mit Literaturwerten
- Diskussion und/oder Wertung der Ergebnisse

## Literatur

- [BS04] BERGMANN, Ludwig ; SCHAEFER, Clemens: *Lehrbuch der Experimentalphysik*. Bd. 3: *Optik: Wellen- und Teilchenoptik*. 10. Auflage. Berlin, New York : Walter de Gruyter Verlag, 2004
- [BSMM16] BRONSTEIN, Ilya N. ; SEMENDJAJEW, Konstantin A. ; MUSIOL, Gerhard ; MÜHLIG, Heiner: *Taschenbuch der Mathematik*. 10. Auflage. Haan-Gruiten : Europa Lehrmittel Verlag, 2016
- [Dem13] DEMTRÖDER, Wolfgang: *Experimentalphysik 2: Elektrizität und Optik*. 5. Auflage. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013
- [LLT97] LIPSON, Stephen G. ; LIPSON, Henry S. ; TANNHAUSER, David S.: *Optik*. 3. Auflage. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 1997