

## Versuchsprotokolle

Versuch 423

### Fresnelsche Formeln

#### Aufgaben

1. Untersuchen des Reflexionsvermögens bezüglich der Polarisationsrichtung
2. Bestimmung des Brewster- Winkels und der Brechzahl des Glases

#### Vorbetrachtung

Maxwell identifizierte das Licht eindeutig mit einer elektromagnetischen Welle und schuf damit eine der erfolgreichsten Theorien der Physik. Den Übergang einer e- m- Welle von einem Medium in ein anderes kann man danach (und aus der Tatsache, dass der Energiefluss, lt. Pointing'schen Satzes, konstant sein muss) aus den Randbedingungen der erhaltenen Differentialgleichung ermitteln. Die vier dabei in der Optik auftretenden Phänomene werden Reflexion, Transmission, Absorption und Streuung genannt. Und es gilt:

$$R + T + A + S = 1$$

Für verwendete optische Materialien (Glas oder durchsichtiger Kristall) kann die Absorption und die Streuung gegenüber der Reflexion und Transmission vernachlässigt werden.

Das Reflexionsvermögen berechnet sich aus der einfallenden und der reflektierten Intensität der Welle und ist definiert als

$$R := \left| \frac{I_r}{I_e} \right|$$

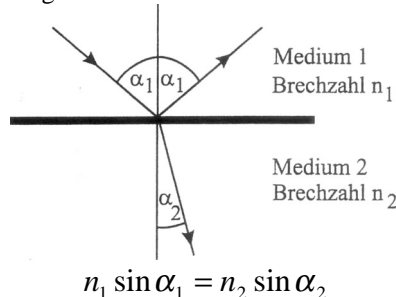
Fresnel fand durch experimentelle Beobachtung die Reflexionsvermögen in Abhängigkeit der Polarisation gefunden. Danach ist für senkrecht zur Einfallsebene

$$R_{\perp} = \left| \frac{n_1 \cos \alpha_1 - n_2 \cos \alpha_2}{n_1 \cos \alpha_1 + n_2 \cos \alpha_2} \right|^2$$

und für parallel polarisiertes Licht

$$R_{\parallel} = \left| \frac{n_2 \cos \alpha_1 - n_1 \cos \alpha_2}{n_2 \cos \alpha_1 + n_1 \cos \alpha_2} \right|^2$$

Nach dem berühmten Snellius'schen Satz gilt ferner



$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

Daraus kann man durch Umformung die oft angegebenen Formeln

$$R_{\perp} = \frac{\sin^2(\alpha_2 - \alpha_1)}{\sin^2(\alpha_2 + \alpha_1)} \quad \text{und} \quad R_{\parallel} = \frac{\tan^2(\alpha_2 - \alpha_1)}{\tan^2(\alpha_2 + \alpha_1)}$$

ableiten. Im besonderen gilt für

$$\alpha_1 \rightarrow 0^\circ \Rightarrow \alpha_2 \rightarrow 0^\circ \Rightarrow R_{\perp} = R_{\parallel} = \left| \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right|^2$$

Während das Reflexionsvermögen für senkrechte Polarisation stetig mit zunehmendem Winkel zunimmt, geht das parallel polarisierte Licht bis zum Brewster- Winkel, bei dem bekanntermaßen nur noch senkrecht polarisiertes Licht reflektiert wird (siehe Versuch 412: Spezifische Drehung von Zucker), auf Null zurück, um anschließend wieder anzusteigen.

Für den Brewster- Winkel gilt:

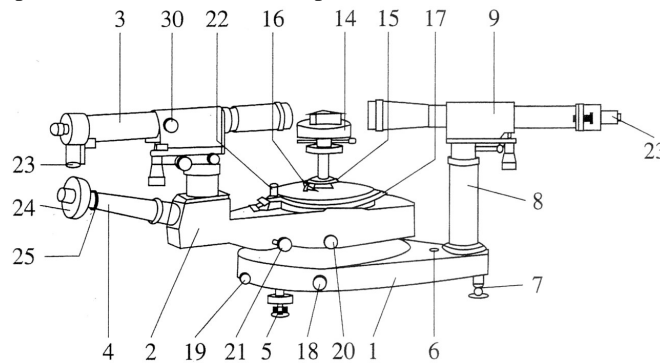
$$\tan \alpha_{Br} = \frac{n_2}{n_1}$$

**Versuchsprotokolle**

**Durchführung**

**Versuchsobjekt:**

Präzisions- Goniometer- Spektrometer (PGS) mit Glasplättchen



**mögliche systematische Fehler:**

- 5. Fehlerhafte Justierung des Polarisationsfilter
- 6. systematische mess- mechanische Ungenauigkeit in Winkel- oder Spannungsmessung
- 7. Hintergrundbeleuchtung des PGS

**erwartetes Ergebnis:**

Wertereihen streben für senkrechte Reflexion gegen den gleichen Wert  
 Wertereihe für senkechte Polarisation nimmt monoton zu  
 Wertereihe für parallele Polarisation hat ein Minimum (mit  $I=0$ )

$$\alpha_{Br} \approx 56^\circ$$

$$n \approx 1,5$$

**Versuchsablauf:**

- Justierung des PGS
- Aufnahme der Datenreihe für senkrechte Polarisationj
- Aufnahme der Wertereihe für parallele Polarisation
- Aufnahme der Wertereihe um den Brewsterwinkel

**Fehlerquellen:**

$$\Delta\alpha, \Delta I$$

**Messwerte**

Messreihe für senkrecht polarisiertes Licht

Winkel im PGS [°]	$\alpha$ [°]	$I$ [pA]
289,833	80,00	55
279,833	75,00	43
269,833	70,00	37
259,833	65,00	28
249,833	60,00	21
240	55,08	17
230	50,08	12
219,833	45,00	10
209,5	39,83	7,7
200,166	35,17	6,8
189,5	29,83	5,9
180	25,08	5,4
172	21,08	5

**Versuchsprotokolle**

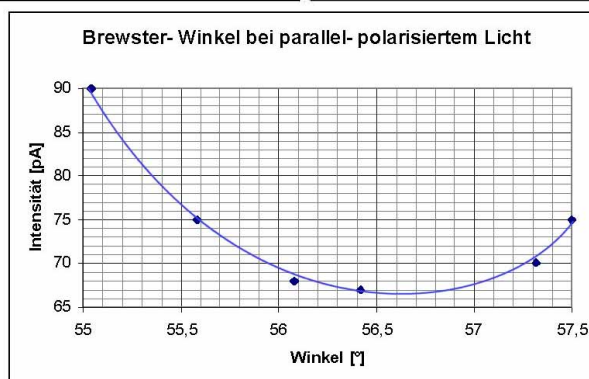
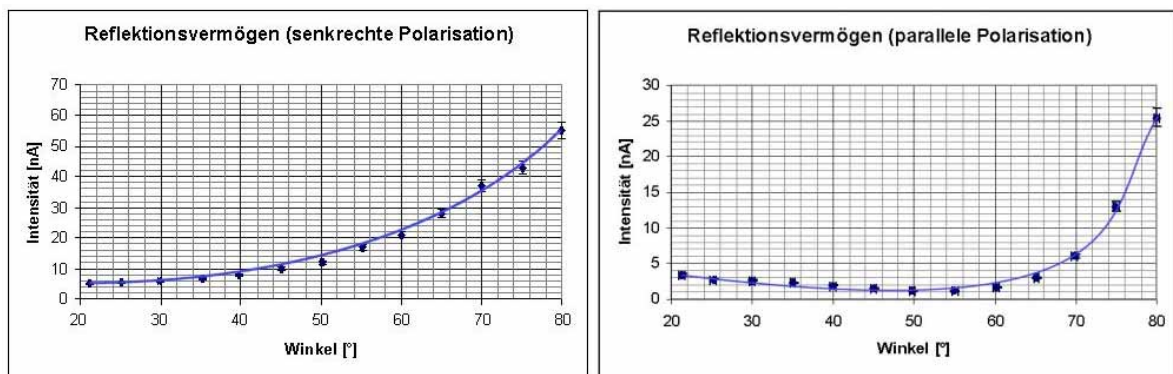
**Messreihe für parallel polarisiertes Licht**

Winkel im PGS [°]	$\alpha$ [°]	$I$ [pA]
289,5	80,00	25,5
279,5	75,00	13
269,166	69,83	6
259,666	65,08	2,95
249,75	60,13	1,65
239,583	55,04	1,1
229	49,75	1,1
219,5	45,00	1,5
209,5	40,00	1,9
199,5	35,00	2,3
189,5	30,00	2,6
179,833	25,17	2,75
172,083	21,29	3,3

**Detailmessung am dem Brewsterwinkel**

Winkel im PGS [°]	$\alpha$ [°]	$I$ [pA]
244,5	57,50	75
244,133	57,33	70
242,333	56,42	67
242,583	56,54	50
241,666	56,08	68
240,666	55,58	75
239,583	55,04	90
244,5	57,50	75

**Auswertung und Darstellung**



**Versuchsprotokolle**

---

$$\tan \alpha_{Br} = n$$

$$\begin{aligned} n &= \tan \alpha_{Br} \pm \frac{1}{\cos^2 \alpha_{Br}} \cdot \Delta \alpha_{Br} \\ &= \tan 56,6^\circ \pm \frac{1}{\cos^2 56,6^\circ} \cdot 0,008726 \\ &= \underline{\underline{1,5158 \pm 0,0288}} \end{aligned}$$

**Diskussion**

Die Datenreihen und deren graphische Auswertung zeigen im Bezug ihres Verlaufes die erwarteten Formen. Jedoch geht die Kurve nicht, wie in der Vorbetrachtung erwartet auf Null herunter, sondern findet ihr Minimum bei ungefähr 66 pA. Das ist bei einer gemessenen Hintergrundstrahlung von 1,1 pA nicht damit zu erklären, sondern eher damit, dass der Polfilter nicht ganz exakt justiert war und damit immer noch ein senkrecht Anteil des Lichtes (mit einer Intensität von eben 66 pA) aus der Quelle kam. Das ist in sofern auch kein Wunder, da die Gradeinteilung offensichtlich gegen die optische Polarisation verstimmt ist (was natürlich jedem physikalischen Verständnis entspricht!) Ferner ist aber andererseits auch eine Messung einer Null-Intensität mit den Messmöglichkeiten praktisch nicht möglich (eine Null- Intensität besitzt kein Maximum, nach dem man bei dieser Methode zu suchen hat. Bildlich gesprochen müsste man in einem dunklen Raum eine schwarze Katze fangen, die gar nicht existiert ;o)

Angesehen von dem als „Ausrutscher“ eingestuften Wert in der Detailmessung sind die Datenreihen für den angestrebten Zweck hinreichend gut. Eine Korrektur der Detailmessung (der Filter wurde nachgestellt, was die Messung um 1 ½ Größenordnungen „verbesserte“) bezüglich der Hintergrundstrahlung ist bei dem relativ großen Fehlers durch den Polfilter nicht notwendig. Die ermittelte Brechzahl passt relativ gut zum Glasmaterial „Kronglas BK 518/639“ ( $n=1,51661$ ).

Die abgezeichneten Messwerte befinden sich im Anhang.

Jena, 27.01.2003