

Praktikum I NG

Brechzahl von Glas

Hanno Rein, Florian Jessen

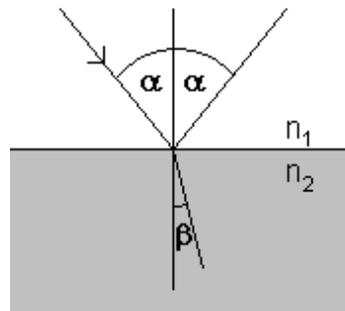
Betreuer: Christoph von Cube

9. Januar 2004

1 Grundlagen

1.1 Snelliussches Brechungsgesetz

Trifft ein Lichtstrahl auf eine Grenzfläche zweier optisch unterschiedlich dichten Materialien, so wird er gebrochen.



Es gilt das Snelliussches Brechungsgesetz, das die Winkel gegen das Lot mit dem Brechungsindex der beiden Materialien verknüpft:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

Wenn ein Medium das Vakuum ist, so ist dessen Brechungsindex $n_{\text{Vakuum}} = 1$. Luft hat in guter Näherung den selben Brechungsindex.

1.2 Polarisation

Licht kann durch eine elektromagnetische Transversalwelle beschrieben werden. Durch diese Eigenschaft des Lichts lässt sich auch polarisiertes Licht erzeugen. Natürliches Licht (Sonnenlicht, Glühlicht) enthält statistisch gesehen alle Schwingungsebenen gleich oft. Sieht man das Licht als senkrecht zueinander schwingende E- und B-Vektoren, so schwingen diese jeweils nur noch in eine Richtung. Wäre Licht, wie zunächst vermutet wurde, eine Longitudinalwelle, so könnte man kein polarisiertes Licht erzeugen. Die Polarisationseigenschaft des Lichts ist somit ein Beweis dafür, dass Licht keine Longitudinalwelle sein kann.

1.3 Brewsterscher Winkel

Im vorliegenden Versuch wird linear polarisiertes Licht auf eine Glasplatte mit unbekanntem Brechungsindex n geschickt. Ein Teil des Lichts wird reflektiert, ein anderer gebrochen. Die Schwingungsrichtung des E-Vektors liegt in der Reflektionsebene. Man beobachtet ein Minimum der Intensität des reflektierten Strahls bei einem bestimmten Einfallswinkel α_0 .

Dieser Effekt kann folgendermaßen erklärt werden: Die Elektronen in dem Medium werden durch das eingestrahlte Licht zu Schwingungen angeregt. Da man diese Elektronen als Hertzsche Dipole auffassen kann, strahlen diese elektromagnetische Wellen (Licht) ab. Die Intensität der abgestrahlten elektromagnetischen Welle ist abhängig vom Winkel. Das Maximum liegt in Ausbreitungsrichtung des gebrochenen Strahls im Medium. Senkrecht dazu wird vom Hertzschen Dipol keine Strahlung emittiert.

Wurde der Einfallswinkel α_0 gewählt, so gilt

$$\alpha + \beta = 90^\circ \quad (2)$$

Setzt man dies in das Snelliussches Brechungsgesetz (1) ein, so erhält man

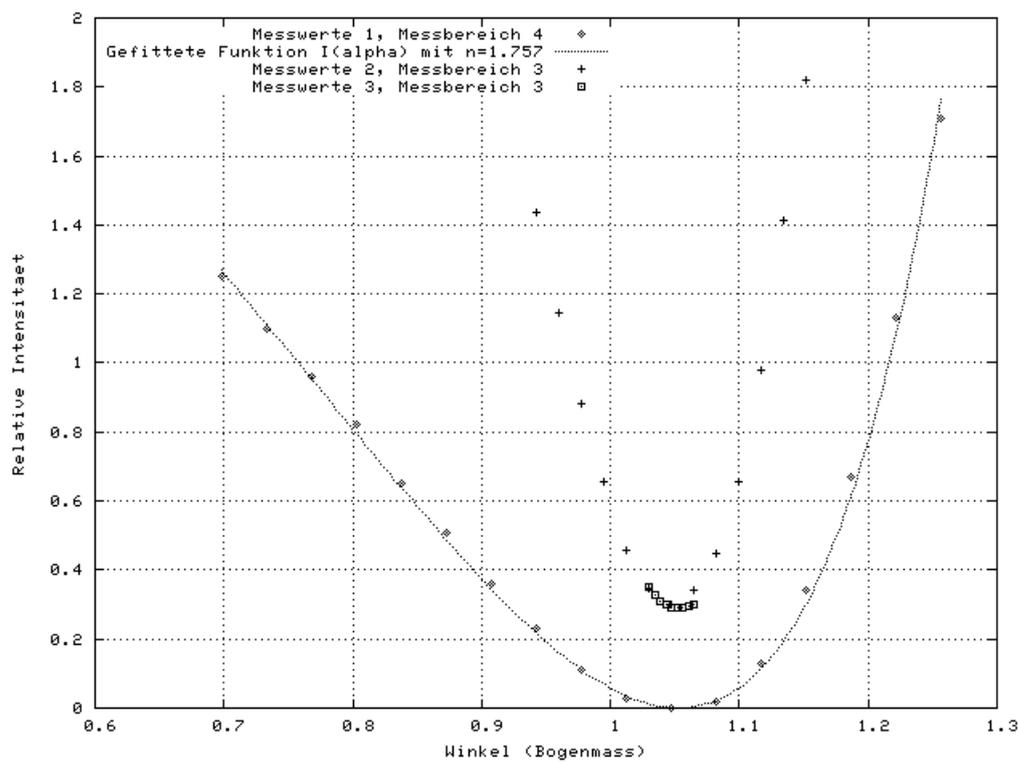
$$\tan \alpha_0 = n \quad (3)$$

2 Versuchsdurchführung

Bei einem Reflektionsglas wurden bei mehreren Winkeln die relativen Intensitäten gemessen. Bei anderen 4 Gläsern wurde lediglich das Minimum mehrmals bestimmt. Daraus wird im folgenden der Brechungsindex berechnet.

3 Auswertung

3.1 Glas 1 (SF1)



Aus dem snelliusschen Brechungsgesetz (1) folgt:

$$\beta = \arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{n}\right) \quad (4)$$

Die Fresnelschen Formel beschreibt die Intensität des reflektierten Strahls:

$$I(\alpha) = I_0 \left(\frac{\tan \alpha - \beta}{\tan \alpha + \beta}\right)^2 \quad (5)$$

Setzt man (4) in (5) ein und fittet diese Funktion für unsere Messwerte, so erhält man für den Brechungsindex n_1 des ersten Glases

$$n_1 = 1.757 \pm 0.004 \quad (6)$$

3.2 Glas 2 - 5

Den Brechungsindex des jeweils untersuchten Glases erhält man durch

$$n = \tan \alpha_{min} \quad (7)$$

Hierbei ist α_{min} der Winkel, bei dem man ein Intensitätsminimum feststellt. Nach der Gaußschen Fehlerfortpflanzung ist der jeweilige statistische Fehler:

$$\sigma_n = \sqrt{\left(\frac{1}{\cos^2 \bar{\alpha}} \cdot \sigma_\alpha\right)^2} = \frac{1}{\cos^2 \bar{\alpha}} \cdot \sigma_\alpha \quad (8)$$

Die Rechnung wird im Bogenmaß durchgeführt. Es ergeben sich für unsere Messwerte folgende Brechungsindizes:

Glastyp	SK2	FK5
Winkel α	$\alpha_2 = 58.833^\circ \pm 0.144^\circ$	$\alpha_3 = 56.583^\circ \pm 0.520^\circ$
$n = \tan \alpha$	$n_2 = 1.653 \pm 0.009$	$n_3 = 1.516 \pm 0.030$

Glastyp	LASF 9	F1
Winkel α	$\alpha_4 = 61.333^\circ \pm 0.144^\circ$	$\alpha_5 = 58.833^\circ \pm 0.520^\circ$
$n = \tan \alpha$	$n_4 = 1.829 \pm 0.011$	$n_5 = 1.653 \pm 0.034$

Es wurden jeweils nur 3 Messwerte aufgenommen. Dadurch ist der angegeben Fehler nicht sehr aussagekräftig. Es bietet sich an den zufälligen Fehler abzuschätzen. Eine zusätzliche nicht berücksichtigte Fehlerquelle ist unter anderem der benutzte Fotowiderstand, der relativ träge reagiert. Wir schätzen den zufälligen Fehler auf ein Grad ab. Damit ergeben sich folgende Werte

Glastyp	SK2	FK5
$n = \tan \alpha$	$n_2 = 1.653 \pm 0.065$	$n_3 = 1.516 \pm 0.058$
Literaturwert	$n_{2L} = 1.61$	$n_{3L} = 1.49$

Glastyp	LASF 9	F1
$n = \tan \alpha$	$n_4 = 1.829 \pm 0.076$	$n_5 = 1.653 \pm 0.065$
Literaturwert	$n_{4L} = 1.85$	$n_{5L} = 1.62$

Die Literaturwerte liegen in den ermittelten Intervallen.

Anhang - Original Messdaten

- Glas 1 (SF1)

Winkel [Grad]	Spannung [V]	Winkel [Grad]	Spannung [V]
72	1.73	66	3.64
70	1.15	65	2.83
68	0.69	64	1.96
66	0.36	63	1.31
64	0.15	62	0.90
62	0.04	61	0.68
60	0.02	60	0.60
58	0.05	59	0.69
56	0.13	58	0.91
54	0.25	57	1.31
52	0.38	56	1.76
50	0.53	55	2.29
48	0.67	54	2.87
46	0.84	61.00	0.60
44	0.98	60.75	0.59
42	1.12	60.50	0.58
40	1.27	60.25	0.58
		60.00	0.58
		59.75	0.60
		59.50	0.62
		59.25	0.66
		59.00	0.70

- Glas 2 (SK2)

Gemessene Winkel: 59.00°, 58.75°, 58.75°

- Glas 3 (FK5)

Gemessene Winkel: 56.00°, 56.75°, 57.00°

- Glas 4 (LASF 9)

Gemessene Winkel: 61.25°, 61.25°, 61.50°

- Glas 5 (F1)

Gemessene Winkel: 59.00°, 59.25°, 58.25°