

# NG - Brechzahl von Glas

## Blockpraktikum Frühjahr 2005

Alexander Seizinger, Tobias Müller  
Assistent Leon Karpa

Tübingen, den 30. März 2005

### 1 Einführung

In diesem Versuch geht es darum, die Brechzahl  $n$  einer Glasscheibe zu bestimmen.

### 2 Theoretische Grundlagen

#### 2.1 Strahlenoptik

Die Strahlenoptik betrachtet Licht als einen sich geradlinig ausbreitenden Strahl. Brechung und Reflexion können in diesem Modell leicht mit unterschiedlichen Wellenausbreitungsgeschwindigkeiten  $c_m$  in Materialien erklärt werden, nicht aber Phänomene wie Beugung und Interferenz.

#### 2.2 Wellenoptik

Diesen Mangel bewegt die Wellenoptik. Eine Lichtwelle wird als Front vieler Huygenscher Elementarwellen betrachtet. Brechung und Reflexion lassen sich auch in diesem Modell erklären, zusätzlich aber auch Beugung und Interferenz.

#### 2.3 Brechung

Ein Lichtstrahl bewege sich in einem Medium mit der Brechzahl  $n_1$  und falle unter einem gewissen Einfallswinkel  $\alpha$  auf ein zweites Medium mit Brechzahl  $n_2$ . Im allgemeinen wird nun ein Teil des Lichtes unter dem Ausfallswinkel  $\alpha$  reflektiert, der andere Teil unter dem Winkel  $\beta$  gebrochen.

Nach Snellius gilt:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

Per definitionem gilt:

$$n_{\text{Vakuum}} = 1 \quad n_{\text{Luft}} \approx 1$$

Nach Fresnel gilt für die Intensitäten  $I_{1/2}$  der beiden Strahlen:

$$I_2 = I_1 \cdot \left( \frac{\tan(\alpha - \beta)}{\tan(\alpha + \beta)} \right)^2$$

Insbesondere gilt damit für

$$\alpha + \beta \rightarrow \frac{\pi}{2} : \quad I_2 \rightarrow 0$$

#### 2.4 Licht als elektromagnetische Welle

Schwingt ein Hertzscher Dipol mit einer beliebigen Frequenz  $f$  so lösen elektromagnetische Wellen ab. Diese bestehen aus einem schwingenden  $\vec{E}$ - und  $\vec{B}$ -Feld, wobei die beiden Vektoren senkrecht zueinander und zur Ausbreitungsrichtung stehen. Senkrecht zum Leiterstück ist deren Intensität maximal, in Richtung des Leiterstücks 0.

## 2.5 Polarisation

Die Richtung von  $\vec{E}$  wird als Polarisation bezeichnet. Da die die Photonen  $p_i$  emittierenden Atome in der Natur im allgemeinen beliebig orientiert sind, zeigen auch  $\vec{E}_i$  in beliebige Richtungen. Natürliches Licht (also die Gesamtzahl der Photonen) ist daher unpolarisiert.

Um Licht zu polarisieren gibt es drei Möglichkeiten:

- a) Polarisator
- b) Reflexion unter dem Brewster-Winkel
- c) Streuung senkrecht zur  $\vec{E}$ -Feld Richtung

## 3 Versuchsdurchführung

### 3.1 Versuchsaufbau

Licht aus einer Lampe wird von einer Sammellinse gebündelt und anschliessend durch einen Spalt geschickt. Der so gewonnene Lichtstrahl wird anschliessend mittels eines Polarisationsfilters polarisiert und fällt auf einen drehbaren Glaskörper unbekannter Brechzahl  $n$ . Der reflektierte Lichtstrahl wird in einen Photowiderstand geleitet. Da die verwendeten Spalte  $\approx 1\text{cm}$  können Beugung und Interferenz vernachlässigt werden.

### 3.2 Justierung

Vor dem eigentlichen Messvorgang muss der Aufbau justiert werden. Ziel ist es, die am Photowiderstand ankommende Intensität zu maximieren, um genauere Messungen durchführen zu können.

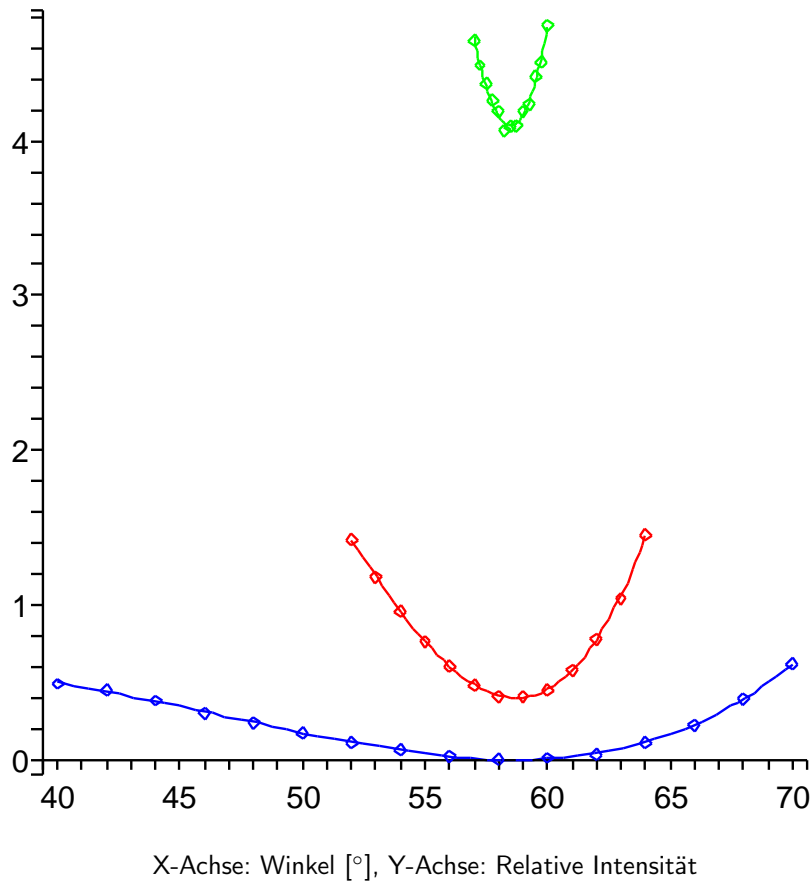
### 3.3 Durchführung

Die Intensität  $I_r$  des reflektierten Strahls wird mit einem Photowiderstand gemessen. Durch Änderung von  $\alpha$  wird der Winkel  $\alpha_{min}$  bestimmt, unter dem die kleinste Intensität gemessen wird,  $\alpha_{min}$  entspricht also dem Brewster-Winkel. Mit dem Snelliusschen Brechungsgesetz,  $n_{Luft} \approx 1$  und  $\alpha + \beta = 90^\circ$  gilt dann für die Brechzahl des Glaskörpers:

$$\tan \alpha = n_{Glas}$$

## 4 Auswertung

### 4.1 SK2-Glas



Die gemessenen Winkel wurden im Diagramm durch ein Polynom vierten Grades approximiert:

$$kurve1(x) = 1,38 \cdot 10^{-6}x^4 - 1,97 \cdot 10^{-4}x^3 + 9,59 \cdot 10^{-3}x^2 - 0,20x + 2,2$$

$$kurve2(x) = 1,01 \cdot 10^{-5}x^4 - 1,13 \cdot 10^{-3}x^3 + 2,06 \cdot 10^{-2}x^2 + 1,10x - 26$$

$$kurve3(x) = 5,01 \cdot 10^{-5}x^4 - 4,94 \cdot 10^{-3}x^3 + 1,07 \cdot 10^{-1}x^2 - 1,90x + 152$$

Wenn man nun analytisch die Minima dieser Funktionen berechnet und dann den Mittelwert und die Standardabweichung des Mittelwertes bildet, erhält man für den Winkel des Minimums

$$\alpha_{SK2} = 58,65^\circ \pm 0,109^\circ \text{ (zuf.)}$$

Durch die Beziehung

$$n_{SK2} = \tan \alpha_{SK2}$$

und dem Gaußschen Fehlerfortpflanzungsgesetz

$$\sigma_{n,SK2} = \sqrt{\left(\frac{1}{\cos^2 \alpha_{SK2}} \cdot \sigma_{\alpha,SK2}\right)^2} = \frac{\sigma_{\alpha,SK2}}{\cos^2 \alpha_{SK2}}$$

erhält man für den Brechwert des Glases

$$n_{SK2} = 1,64 \pm 0,007 \text{ (zuf.)}$$

$$\text{Literatur: } n_{SK2,lit} = 1,61$$

## 4.2 LASF9,F1,SF1,FK5-Glas

Für die anderen 4 Gläser wurde ebenfalls jeweils der Mittelwert und die Standardabweichung des Mittelwertes aus den 3 gemessenen Winkel berechnet und dann analog zum ersten Glas die Brechzahl  $n$  berechnet.

$$\alpha_{LASF9} = 60,75^\circ \pm 0,17^\circ \text{ (zuf.)}$$

$$n_{LASF9} = 1,78 \pm 0,012 \text{ (zuf.)}$$

$$\alpha_{F1} = 58,25^\circ \pm 0,17^\circ \text{ (zuf.)}$$

$$n_{F1} = 1,61 \pm 0,01 \text{ (zuf.)}$$

$$\alpha_{SF1} = 60,17^\circ \pm 0,11^\circ \text{ (zuf.)}$$

$$n_{SF1} = 1,74 \pm 0,007 \text{ (zuf.)}$$

$$\alpha_{FK5} = 55,92^\circ \pm 0,28^\circ \text{ (zuf.)}$$

$$n_{FK5} = 1,48 \pm 0,015 \text{ (zuf.)}$$

$$\text{Literatur: } n_{LASF9,lit} = 1,85$$

$$\text{Literatur: } n_{F1,lit} = 1,62$$

$$\text{Literatur: } n_{SF1,lit} = 1,72$$

$$\text{Literatur: } n_{LASF9,lit} = 1,49$$

## 5 Ergebnisse

Die ermittelten Brechzahlen stimmen relativ gut mit den Literaturwerten ein, obwohl die Messung sehr stark von der instabilen und fehleranfälligen Messapparatur abhängig war. Eine analoges Spannungsmessgerät würde z.B. bei der Ermittlung der Minima helfen die Ergebnisse noch genauer zu ermitteln.