

Brechzahl und Abbesche Zahl von Glas

1 Zielsetzung

- Bestimmung der Brechzahl n_e eines Glasprismas.
- Bestimmung der Dispersion (Brechzahldifferenz) $n_{F'} - n_{C'}$.
- Bestimmung der Abbeschen Zahl v_e des Glases.

2 Theoretische Grundlagen

Brechungsgesetz: Licht, das unter einem Winkel $\varepsilon_1 \neq 0$ auf eine Grenzfläche zwischen zwei transparenten Medien fällt, ändert seine Richtung. Die Winkel ε und ε' nennt man Einfallswinkel und Ausfallswinkel, die Senkrechte im Einfallspunkt nennt man Einfallslot. Die Richtungsänderung hängt von den Brechzahlen n und n' der beiden Medien ab. Es gilt das Brechungsgesetz:

$$n \cdot \sin \varepsilon = n' \cdot \sin \varepsilon'$$

Ist das zweite Medium dichter ($n' > n$), so wird der Strahl zum Lot hingebrochen, ist das zweite Medium dünner ($n' < n$), so wird der Strahl vom Lot weggebrochen.

Prisma: Lichtstrahlen werden von einem Prisma abgelenkt. Die Ablenkung eines monochromatischen (= einfarbigen) Lichtstrahls in einem Dispersionsprisma in Luft hängt vom brechenden Winkel α , dem Einfallswinkel ε_1 auf das Prisma sowie der Brechzahl n' des Prismas ab.

Die geometrischen Verhältnisse sind in der Abbildung 1 dargestellt. Die Flächen 1 und 2 des Prismas schließen den brechenden Winkel α ein. Die Gesamtablenkung δ ist dann $\delta = \alpha + \varepsilon'_2 - \varepsilon_1$. Je größer der Prismenwinkel α ist, desto stärker wird die Ablenkung. Ein Minimum der Ablenkung δ_{\min} ergibt sich bei symmetrischem Strahldurchgang durch das Prisma, d.h. die Ablenkung durch die Brechung ist dann gleichmäßig auf beide Prismenflächen aufgeteilt ($\varepsilon_1 = -\varepsilon'_2$). Mit $\varepsilon_1 = \varepsilon_{1sym}$ erhält man dann dafür die Bedingung

$$\sin \varepsilon_{1sym} = n' \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

bzw. die Brechzahl des Prismas mit

$$n' = \frac{\sin \left(\frac{\alpha + \delta_{\min}}{2} \right)}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

Ein weißer Lichtstrahl wird vom Prisma in seine Spektralfarben zerlegt, weil die Brechzahl n für jede Lichtfarbe (d.h. für jede Wellenlänge) verschieden ist. Dieser Effekt heißt Dispersion. Meist wird blaues Licht stärker abgelenkt als rotes, man spricht dann von normaler Dispersion.

Zur Kennzeichnung und Klassifizierung von Gläsern führt man die Abbesche Zahl v_e ein, die sich aus den Brechzahlen für grünes, blaues und rotes Licht ergibt nach der Formel

$$v_e = \frac{n_e - 1}{n_{F'} - n_{C'}}$$

n_e heißt Hauptbrechzahl, $n_{F'} - n_{C'}$ nennt man Hauptdispersion. Dabei bezeichnen die Indizes die Spektralfarben mit e = Licht der grünen Hg-Linie ($\lambda = 546,1$ nm), F' = blaue Cd-Linie ($\lambda = 480,0$ nm) und C' = rote Cd-Linie ($\lambda = 643,8$ nm).

Die Abbe-Zahl gibt an, wie groß die Gesamtablenkung eines Lichtstrahls am Prisma im Verhältnis zur Breite des erzeugten Spektrums ist. Gläser mit einer starken Farbzerstreuung haben daher eine kleine Abbe-Zahl (z.B. Flintgläser $v \approx 30 \dots 40$), Gläser mit einer schwachen Farbzerstreuung dagegen eine große (z.B. Krongläser $v \approx 60$).

3 Messanleitung

- a) **Justierung des Prismas:** Zunächst sind der Aufbau des Präzisionsspektrometers, die Klemmungen der beweglichen Teile und die Feinverstellungen zu untersuchen (Bitte vorher Mitarbeiter fragen, was verstellt werden darf!). Danach erfolgt die eigentliche Justierung. Das Prisma wird so auf die Tischplatte gestellt, dass eine Strahldurchtrittsfläche des Prismas ungefähr senkrecht zu einer Kippachse des Tisches ist (Abbildung 2). Ist B die brechende Kante des Prismas, so wird zunächst die Fläche AB in Autokollimationsstellung gebracht und an der Stellschraube 1 oder 3 justiert, so dass sich Fadenkreuz und Bild decken. Dann ist die Fläche BC durch drehen der Tischplatte in Autokollimationsstellung zu bringen und die Justierung darf jetzt nur mit Stellschraube 2 erfolgen, da sich die Fläche AB dann nur in sich selbst dreht. Die gesamte Justierung ist zu wiederholen, bis sich in allen Stellungen Fadenkreuz und Bild decken.

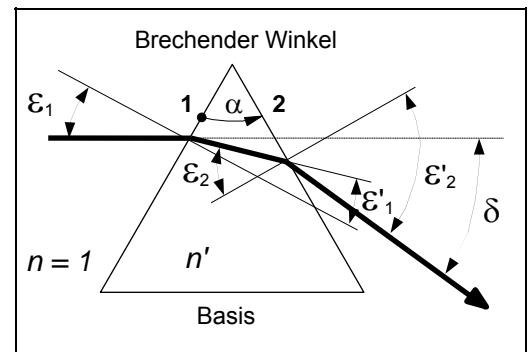


Abbildung 1 Strahldurchgang durch Prisma

- b) Messung des brechenden Winkels α des Prismas: Die horizontale Winkeleinstellung des Fernrohres muss so erfolgen, dass das Fadenkreuz mit seinem an einer Prismenfläche eingespiegelten Bild zur Deckung kommt. Am Glasteilkreis, der mit dem Fernrohr gekoppelt ist, wird die Winkelstellung abgelesen. Dies geschieht jeweils mit den um 180° versetzt angeordneten Ablesemikroskopen (rot bzw. grün beleuchtet).

Die Messung ist für die zweite Prismenfläche, welche den zu messenden Prismenwinkel einschließt, zu wiederholen (Achtung: Nicht die Tischplatte verdrehen!). Aus dem Drehwinkel ergibt sich der brechende Winkel α des Prismas. Die Winkelmessung ist dreimal zu wiederholen.

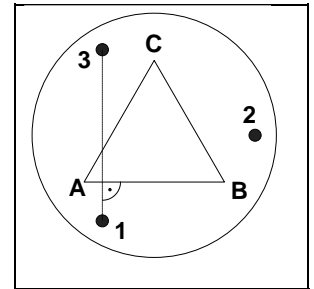


Abbildung 2 Prismenlage

- c) Messung des minimalen Ablenkwinkels δ_{\min} des Prismas: Zur Messung des Ablenkwinkels wird das Prisma wie dargestellt aufgestellt (auf gemessenen Prismenwinkel α achten!). Der Spalt des Kollimators wird mit der für die Messung benötigten Lichtquelle beleuchtet.

Zunächst erfolgt die Winkelmessung der Nullstellung, bei der sich Kollimator und AKF in einer Linie gegenüberstehen. Das Fadenkreuz des Fernrohres und das Spaltbild sind zu Deckung zu bringen, und der Drehwinkel abzulesen (geeignete Spaltbreite einstellen). Danach erfolgt bei zunächst beliebiger Tischstellung eine Einstellung des Fernrohres auf das abgelenkte Spaltbild. Dabei wird der Tisch mit dem Prisma gedreht, bis man im mitbewegten Fernrohr den Umkehrpunkt des Spaltbildes feststellt. In dieser Stellung findet *minimale Ablenkung* statt und der Drehwinkel ist jeweils für die Emissionslinien $F' = 480$ nm, $e = 546,1$ nm und $C' = 643,8$ nm der Spektrallampe abzulesen. Die Winkelmessung ist dreimal zu wiederholen.

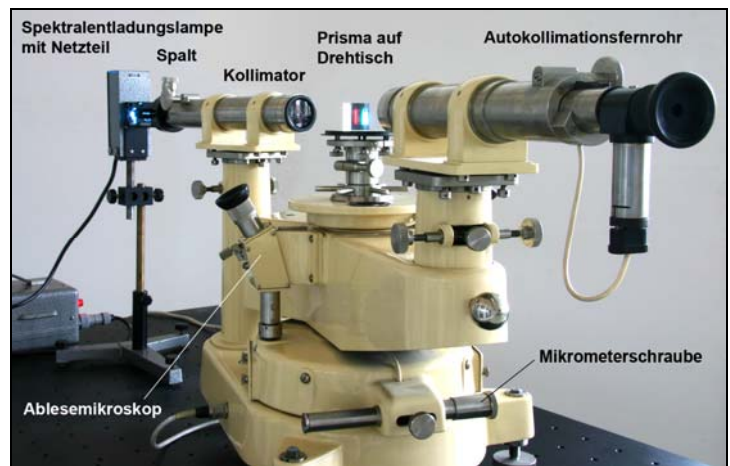


Abbildung 3 Präzisionsspektrometer

4 Auswertung

- Bestimmung der Brechzahl n' .
- Bestimmung der Abbeschen Zahl v .
- Bestimmung der Glassorte.
- Es ist eine Fehlerabschätzung vorzunehmen.

5 Geräte

- Präzisionsspektrometer (GOS Reg. 8 / # 228)
- Spektralentladungslampe Quecksilber-Cadmium bzw. Cadmium (GOS Reg. 7 / # 197)
- 60° -Prisma (GOS Reg. 9 / # 117)
- Stativ, Netzteil

6 Literaturhinweise

- [1] SCHRÖDER, Gottfried: *Technische Optik*. 10. Aufl. Würzburg: Vogel, 2007, S. 64 ff., 131 ff., 139, 215 ff.
 [2] NAUMANN, Helmut: *Bauelemente der Optik*. 6. Aufl. München: Hanser, 1992, S. 185 ff. & 431 ff.
 [3] ARDENNE, Manfred von: *Tabellen zur angewandten Physik* – Bd. III. Berlin: VdW, 1973, S. 280
 [4] VORLESUNG: *Optik Design und Optische Geräte Grundlagen*. Berlin: Beuth Hochschule.
 [5] LEUSCHNER, Bernd; NEUMANN, Reiner: *Messgeräte-katalog*. Berlin: Beuth Hochschule / GOS.
<http://labor.beuth-hochschule.de/fileadmin/labor/gos/dokument/Messgeraetekatalog.pdf> – Aktualisierungsdatum: 14.03.2011.
 [6] SCHOTT AG: *Optischer Glaskatalog – Datenblätter, Abbe-Diagramm ($n_e - v_e$) Grafik*.
http://www.schott.com/advanced_optics/german/our_products/materials/data_tools/index.html
 – Aktualisierungsdatum: 09.09.2009.