

Versuchsprotokolle

Versuch 406

Prismenspektrometer

Aufgaben

3. Bestimmung des brechenden Winkels eines Glasprismas
4. Aufnahme der Dispersionskurve und Ermitteln der nicht gegebenen Wellenlängen sowie des Auflösungsvermögens des Prismenspektrometers

Vorbetrachtung

Auf Grund der Welleneigenschaften des Lichts gilt der Snelliussche Satz in transparenten Medien:

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

Da jedoch die Welleneigenschaft ebenso das Material beeinflusst (Mitschwingen der Elektronen), ergeben sich für unterschiedliche Frequenzen des Lichts auch unterschiedliche Brechzahlen. Diesen Effekt bezeichnet man als Dispersion.

Die Dispersion eines Materials kann man, sofern es genügend Licht transmittiert, mittels eines Prismenspektrometers ermitteln. Dabei macht man sich die Tatsache zu Nutze, dass die maximale Auslenkung des Strahlendurchganges am Prisma dann gegeben ist, wenn der Strahlengang symmetrisch erfolgt. Dabei hat das Spektrometer ein Auflösungsvermögen von

$$A = \frac{\lambda}{d\lambda} = b \cdot \left| \frac{dn}{d\lambda} \right|$$

Nutzt man also eine Lichtquelle mit klaren Spektrallinien. So kann man über die Interpolation der erhaltenen Kurve die Dispersion des Material mittels der aus dem Snelliusschen Satzes folgenden Formel

$$n = \frac{\sin \frac{\varepsilon + \delta}{2}}{\sin \frac{\varepsilon}{2}}$$

leicht ermitteln.

Durchführung

Versuchsobjekt:

Präzisions- Goniometer- Spektrometer (PGS) mit Glasprisma)

erwartetes Ergebnis:

stetige, abnehmende Dispersionskurve (Glas hat Absorption im UV) mit einer Brechzahl rund 1,5 (Kronglas) oder 1,6, (Flintglas)

Versuchsablauf:

- Justierung des PGS
- Messung des brechenden Winkels mittels Autokollimation
- Aufnahme der Wertereihe für die Dispersion

Fehlerquellen:

$$\Delta\alpha, \Delta c, \Delta\varepsilon$$

Messwerte

Bestimmung des brechenden Winkels und der Maße des Prismas

$$\varepsilon_{links} = 60^\circ 55' 40''$$

$$\varepsilon_{rechts} = 285^\circ 57' 00''$$

$$c = 39\text{mm}$$

Versuchsprotokolle

Messreihe für die Dispersion

Farbe der Spektrallinie	rel. Helligkeit	λ [nm]	α_{links}	α_{rechts}
violett	hell	404,658	23°45'16"	300°18'04"
	mittel		23°44'25"	330°19'35"
blau	hell	435,834	23°34'02"	330°30'00"
	blaugrün		23°18'48"	330°45'12"
grün	dunkel	496,000	23°17'38"	330°46'20"
	hell	546,074	23°08'08"	330°55'54"
gelb	hell		23°03'06"	221°00'40"
	hell	579,065	23°02'44"	331°01'02"
rot	mittel	623,437	22°57'12"	331°06'40"

Auswertung

Berechnung des brechenden Winkels

$$\begin{aligned}\varepsilon &= 180^\circ - (\varepsilon_{\text{links}} - \varepsilon_{\text{rechts}} + 360^\circ) \\ &= 45,022222\end{aligned}$$

Berechnung der Basislänge

Aus trigonometrischen Beziehungen folgt direkt:

$$\begin{aligned}\frac{b}{2 \cdot c} &= \sin \frac{\varepsilon}{2} \\ b &= 2 \cdot c \cdot \sin \frac{\varepsilon}{2} \\ &= 29,863281 \text{ mm}\end{aligned}$$

Berechnen der Brechzahl

$$n = \frac{\sin \frac{\varepsilon + \delta}{2}}{\sin \frac{\varepsilon}{2}}$$

Farbe der Spektrallinie	rel. Helligkeit	λ [nm]	α_{links}	α_{rechts}	δ	n
violett	hell	404,658	23°45'16"	300°18'04"	26,726667	1,5306
	mittel	407,317±0,406	23°44'25"	330°19'35"	26,706944	1,5302
blau	hell	435,834	23°34'02"	330°30'00"	26,533611	1,527
	blaugrün		23°18'48"	330°45'12"	26,28	1,5223
grün	dunkel	496,000	23°17'38"	330°46'20"	26,260833	1,522
	hell	546,074	23°08'08"	330°55'54"	26,101944	1,519
gelb	hell	578,455±0,406	23°03'06"	221°00'40"	26,020278	1,5175
	hell	579,065	23°02'44"	331°01'02"	26,014167	1,5174
rot	mittel	623,437	22°57'12"	331°06'40"	25,921111	1,5157

Berechnen des Spektralen Auflösungsvermögens

$$A = \frac{\lambda}{d\lambda} = b \cdot \left| \frac{dn}{d\lambda} \right| \pm A \cdot \left(\frac{0,5}{c} + \frac{0,0004}{\Delta n} \right)$$

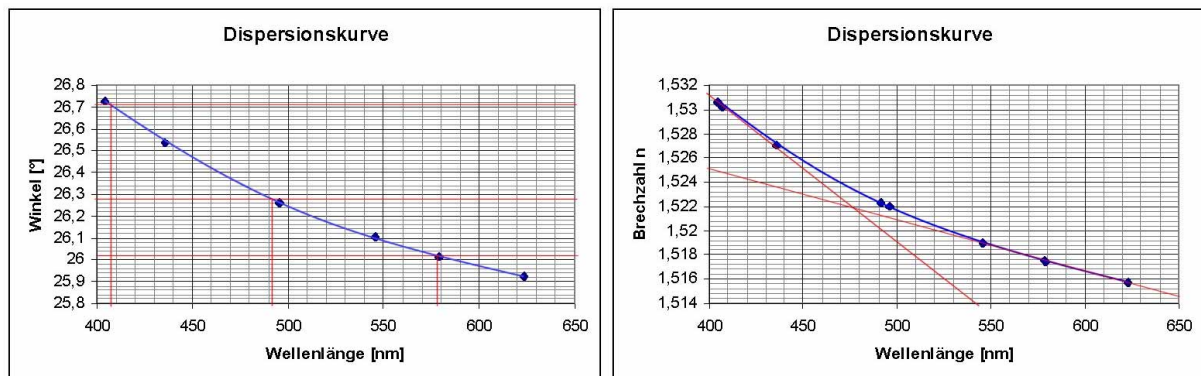
$$A(400\text{nm}) = 3583,6 \pm 165,4$$

$$A(625\text{nm}) = 1373,7 \pm 29,6$$

Versuchsprotokolle

Auf Grund der relativ geringen Messfehler des Winkels (Autokollimation) gegenüber der Messung mit dem Lineal kann man diesen Vernachlässigen.

Darstellung



Diskussion

Die Ergebnisse zeigen einen schlüssigen und nachvollziehbaren Kurvenverlauf. Danach ist eine Absorption des Materials im ultravioletten Licht zu erwarten (Kurve strebt nach links steil von $n=1$ weg).

Auch zu sehen ist, wie es vermutet werden konnte, dass die Auflösung im Bereich um 400 nm am Größten ist. Dies ist natürlich evident, da bei höheren Brechzahlunterschieden auch größerer örtliche Unterschiede zwischen Lichtstrahlen mit einem konstanten Unterschied der Wellenlänge zu beobachten sind, oder anders herum: Bei hohen Brechzahländerungen sind kleinere Wellenlängenunterschiede zu beobachten, was wiederum ein höheres Auflösungsvermögen liefert.

Da- abgesehen von der Bestimmung der Schenkellänge c alle Messungen auf Differenzmessungen beruhen, die (grobe) systematische Fehler ausschließen und die Messung sich als wenig stömpfindlich (kein Einfluss von Streulicht etc.) kann auf eine Fehlerdiskussion verzichtet werden. Auf ein Detail sein hier jedoch noch hingewiesen: Durch die Achromatik der Linsen können Verzerrungen auftreten, die aber bei der Messung (Strahlengang annähernd durch die Linsenmitte) ebenso unerheblich werden.

Das Glasmaterial konnte wiederum als „Kronglas BK 518/639“ ($n=1,51661$) identifiziert werden.

Die abgezeichneten Messwerte befinden sich im Anhang.

Jena, 3.2.2003

