

Versuch 407

Abbe - Refraktometer

1. Aufgaben

- 1.1 Mit dem Abbe-Refraktometer sind die Brechzahlen von destilliertem Wasser und von drei Zuckerlösungen bekannter Konzentration zu bestimmen und in Abhängigkeit von der Konzentration grafisch darzustellen.
- 1.2 Für eine Zuckerlösung unbekannter Konzentration sind die Brechzahl und der Zuckergehalt zu ermitteln.

2. Grundlagen

Stichworte:

Brechzahl, Dispersion, Phasengeschwindigkeit, Totalreflexion, Refraktometer, Winkelmessung

Mit dem Abbe-Refraktometer wird die Brechzahl von Flüssigkeiten und Festkörpern bestimmt, im Praktikum speziell von Flüssigkeiten. Die grundlegende Beziehung ist das Brechungsgesetz, das wir in der Form

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

benutzen. Die Einfallswinkel α bzw. Brechungswinkel β sind die Winkel zwischen Strahlrichtung und Flächennormale. Im folgenden sind n_1 die Brechzahl der zu messenden Flüssigkeit und n_2 die Brechzahl des benutzten Glaskörpers. Das Glas muß das optisch dichtere Medium (größere Brechzahl) und die zu messende Flüssigkeit das optisch dünnere Medium (kleinere Brechzahl) sein. Beim Übergang von Flüssigkeit in Glas (Einfallswinkel α , Brechungswinkel β) wird kein Licht in einen Winkelbereich gebrochen, für den der Brechungswinkel größer als der Grenzwinkel der Totalreflexion β_g ist. Der entsprechende Einfallswinkel beträgt $\alpha = 90^\circ$, so daß man aus Gl.(1) für den Grenzwinkel der Totalreflexion erhält:

$$\sin \beta_g = \frac{n_1}{n_2} \quad (2)$$

Die Bezeichnung Totalreflexion kommt daher, daß bei Umkehr des Strahlenganges (Einfallswinkel β , Brechungswinkel α) für Einfallswinkel, die größer als β_g sind, Totalreflexion auftreten würde.

Die Messung des Grenzwinkels erfolgt bei streifendem Lichteinfall an einem Prisma bekannter Brechzahl n_2 und dem brechenden Winkel ε , an dessen Grenzfläche sich die Flüssigkeit (Brechzahl n_1) befindet.

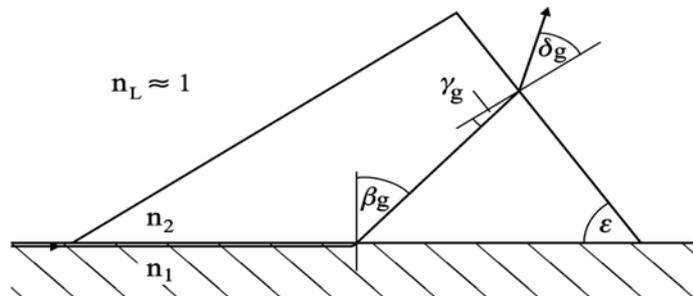


Bild 1: Brechung am Prisma bei streifendem Lichteinfall. Strahlen laufen aus Medium mit n_1 in das Glasprisma mit n_2

Der streifend einfallende Strahl (Einfallswinkel $\alpha = 90^\circ$) wird unter dem Winkel β_g in das Prisma hineingebrochen, trifft unter dem Winkel γ_g auf die zweite Prismenfläche und verläßt das Prisma unter dem Winkel δ_g . Da nur Strahlen austreten, die mit dem Lot einen Winkel größer als δ_g bilden, sind in dem aus dem Prisma austretenden Lichtbündel nicht mehr alle Richtungen enthalten. Mit Hilfe eines Fernrohres wird jedem Brechungswinkel ein Punkt in der Brennebene des Okulars zugeordnet. Dem Grenzwinkel entspricht im Gesichtsfeld des Fernrohres eine Trennlinie zwischen hell und dunkel.

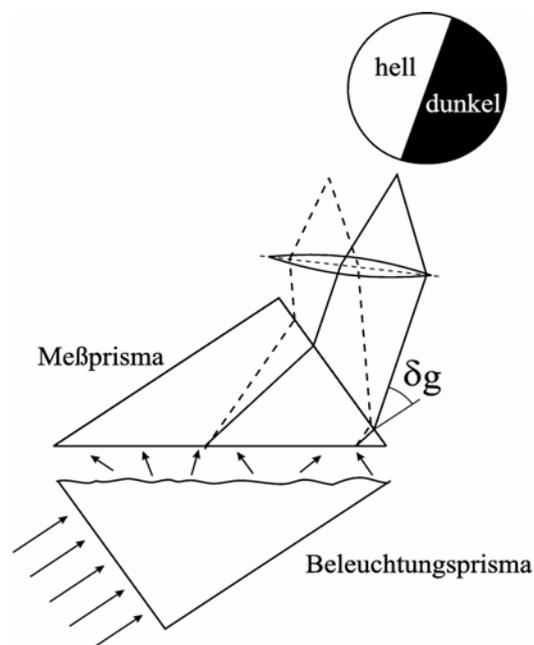


Bild 2: Schematischer Strahlengang im Refraktometer

Weil der Grenzwinkel β_g von der Wellenlänge abhängt, arbeitet man mit monochromatischem Licht.

Bemerkung:

In der Praxis wird mit dem Abbe-Refraktometer z.B. der Zuckergehalt von Weintrauben bestimmt.

3. Versuchsdurchführung

3.1 Messung

- Das Doppelprisma (Beleuchtungs -und Meßprisma) wird geöffnet, einige Tropfen destilliertes Wasser bzw. Zuckerlösung werden auf das Beleuchtungsprisma gegeben und der Hilfskörper wird wieder geschlossen.
- Den Beleuchtungsspiegel stellt man so ein, daß das monochromatische Licht der Na - Lampe ($\lambda = 589,3 \text{ nm}$) die quadratische Öffnung des Beleuchtungsprismas ausfüllt, damit das Sehfeld im Fernrohr (rechtes Rohr) hell erscheint.
- Der kleine Beleuchtungsspiegel wird so eingestellt, daß das Sehfeld im Ablesemikroskop (linkes Rohr) gut ausgeleuchtet ist.
- Beide Okulare werden durch Drehen der Rändelfassung scharf auf das Strichkreuz bzw. auf die Teilung eingestellt.
- Durch Drehen am großen Triebknopf wird das Fadenkreuz auf die Grenzlinie der Totalreflexion eingestellt und der Winkel δ_g im Ablesemikroskop bestimmt. Diesen Winkel hat man von δ_0 (Fernrohrachse steht senkrecht zur Austrittsfläche des Meßprismas) abzuziehen, um δ_g zu erhalten.

$$\delta_g = \delta_0 - \delta_g'$$

(δ_0 ist am jeweiligen Refraktometer angegeben.)

- Vor jeder Messung ist die Prismenfläche sorgfältig zu reinigen.

3.2 Auswertung

- Die Brechzahl der Probe n_1 ergibt sich aus der Gleichung

$$n_1 = \sin \varepsilon \sqrt{n_2^2 - \sin^2 \delta_g} - \cos \varepsilon \sin \delta_g$$

Dabei beträgt für beide Refraktometer der brechende Winkel $\varepsilon = 63^\circ 7,5'$ und die Brechzahl des Meßprismas $n_2 = 1.73885$.

- Die Konzentration der unbekanntes Zuckerlösung (Masse-Prozent) ist aus der gemessenen Brechzahl mittels der in Aufgabe 1 erhaltenen grafischen Darstellung zu ermitteln.