

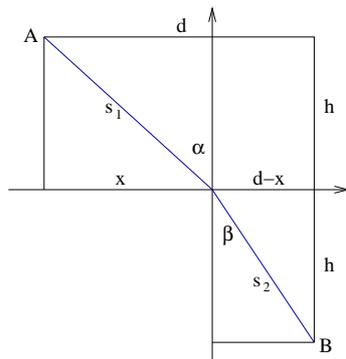
Physikalisches Anfängerpraktikum

Gruppe 31

Versuchsauswertung D05

1.1 Theorie:

Haben zwei Medien unterschiedliche optische Dichte, so wird ein Lichtstrahl beim Übergang zum optisch dichteren Medium zum Lot hin gebrochen (und andersherum). Diese Brechung folgt dem SNELLIUSSchen Brechungsgesetz, das sich mit dem FERMATschen Prinzip – Licht breitet sich stets auf dem schnellsten, d.h. zeitlich kürzestem, Weg aus – wie folgt herleiten lässt:



$$t = \frac{s_1}{c_1} + \frac{s_2}{c_2} = \frac{1}{c_1} \sqrt{x^2 + h^2} + \frac{1}{c_2} \sqrt{(d-x)^2 + h^2}$$

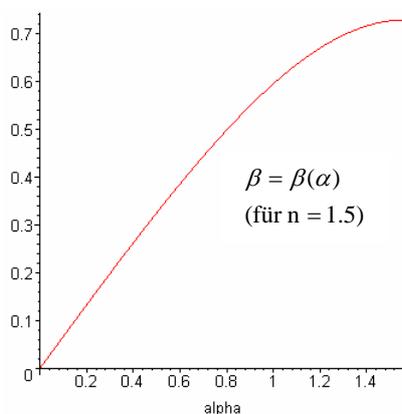
$$\frac{dt}{dx} \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow \frac{1}{c_1} \frac{x}{\sqrt{x^2 + h^2}} + \frac{1}{c_2} \frac{d-x}{\sqrt{(d-x)^2 + h^2}} = \frac{x}{c_1 s_1} - \frac{d-x}{c_2 s_2}$$

$$\text{mit } \frac{x}{s_1} = \sin \alpha \text{ und } \frac{d-x}{s_2} = \sin \beta :$$

$$\frac{\sin \alpha}{c_1} = \frac{\sin \beta}{c_2} \Rightarrow \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1} = n$$

Dabei bezeichnet n_1 den Brechungsindex des Mediums, aus dem der Strahl einfällt, n_2 entsprechend den Brechungsindex des anderen Mediums. Für eine bestimmte Medienkombination schreibt man oft $n = n_2/n_1$. Dieser Quotient ist abhängig von der Wellenlänge des auftretenden Lichtes, diese Abhängigkeit wird als Dispersion bezeichnet. Bei normaler Dispersion wird langwelliges (rotes) Licht weniger stark gebrochen als kurzwelliges (blaues) Licht. Der Brechungsindex wächst also mit abnehmender Wellenlänge. Bei anomaler Dispersion fällt hingegen n bei abnehmender Wellenlänge.

Beim Prisma wird der einfallende Strahl zweimal in die selbe Richtung – und damit besonders stark – gebrochen. Daher kann man mit Prismen Lichtquellen auf ihre Wellenlängenanteile hin untersuchen.



Ein Prismenspektrometer dient der Analyse von Substanzen durch Untersuchung von Spektren. Das Spektrum ist dabei die charakteristische Zusammensetzung des Lichtes einer strahlenden Quelle aus verschiedenen Lichtwellenlängen.

Die Atome der verschiedenen Elemente unterscheiden sich in ihrer Fähigkeit, Licht bestimmter Energien zu absorbieren oder zu emittieren. Weil Elektronen in Atomen nur bestimmte Energieniveaus annehmen können, können sie auch nur Licht mit bestimmten Energien absorbieren, wodurch sie auf höhere Energieniveaus wechseln. Springen Sie wieder auf ein niedrigeres Niveau zurück, dann wird diese Energiedifferenz als Licht freigegeben:

$E = h \cdot \nu$ (h : Plancksches Wirkungsquantum). Diese charakteristischen Wellenlängen sind im Spektrum als scharfe Linien sicht- und auswertbar.

1.2 Zum Versuch:

In diesem Versuch soll das Spektrometer zunächst mit einer Cadmium-Dampfampe geeicht werden. Anhand der resultierenden Eichkurve sollen die Grenzen unseres eigenen Sehvermögens anhand des kontinuierlichen Spektrums einer Glühlampe ermittelt werden. Schließlich wird noch ein unbekanntes Gas mit dem Spektrometers bestimmt.

1.3 Eichung des Spektrometers:

Zunächst muss der brechende Winkel des Prismas bestimmt werden. Für ein gleichschenkeliges Prisma sollte dieser $\frac{1}{3}$ von 180° , also 60° , betragen. Zur Messung richtet man die brechende Kante des Prismas auf den Kollimator und misst dann die Winkel, unter dem auf den beiden Seitenflächen des Prismas das Licht reflektiert wird. Die Winkeldifferenz entspricht dann genau dem doppelten des brechenden Winkels γ . Wir erhielten den erwarteten Wert 60° . Nun kann man, indem man den minimalen Ablenkwinkel δ_{\min} bestimmt, leicht den Brechungsindex n errechnen, denn es gilt dann folgende Beziehung:

$$(1) \quad n(\lambda) = \frac{\sin \frac{\gamma + \delta(\lambda)}{2}}{\sin \frac{\gamma}{2}}$$

n : Brechungsindex, γ : Winkel der brechenden Kante, δ : Ablenkwinkel

Farbe	λ	$\delta_{\min,links}$	$\delta_{\min,rechts}$	δ_{\min}	n
Rot	644nm	199,3°	222,3°	38,5°	1,515
Grün	509nm	299,8°	221,7°	39,05°	1,5214
blaugrün	480nm	300,0°	221,5°	39,25°	1,5236
Blau	468nm	300,15°	221,45°	39,35°	1,525
violett	436nm	300,3°	221,3°	39,5°	1,5265

Tabelle 1: Messergebnisse des Spektrums einer Cadmium-Dampfampe

Eichkurve der Cadmium-Dampflampe

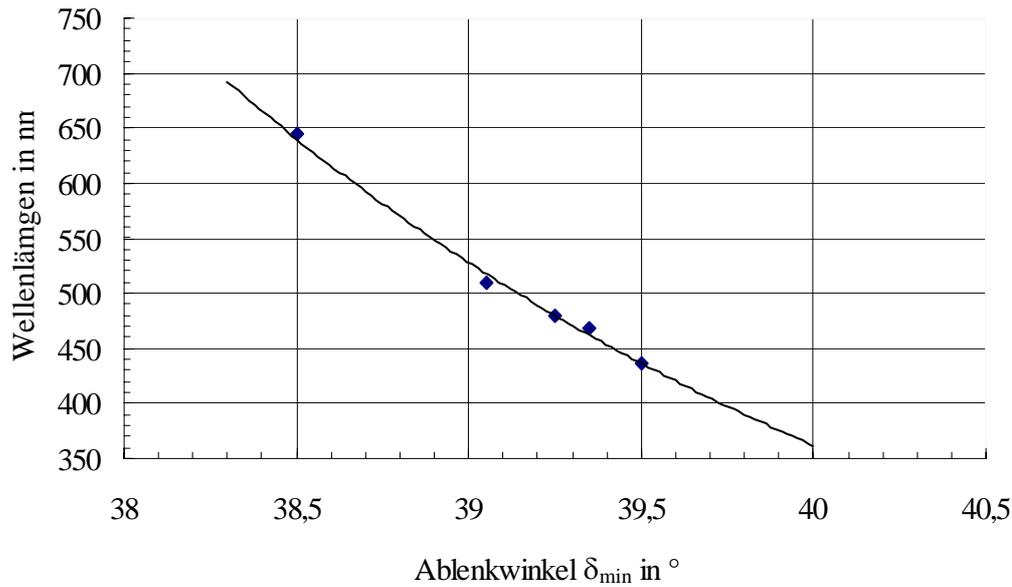
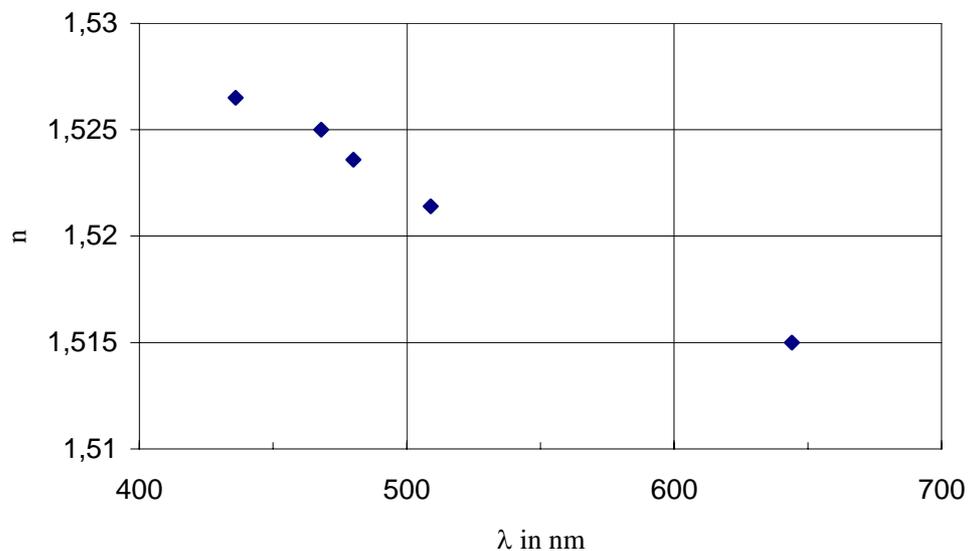


Abbildung 1: Eichkurve der Cadmium-Dampflampe

Die eingezeichnete Approximationskurve ist wegen der wenigen Messpunkte ungenau, aber für die Aufgabenstellung dennoch notwendig.

Es ergibt sich die folgende Beziehung für $n = n(\lambda)$:

Abbildung 2: $n=n(\lambda)$

Aus diesem Diagramm sieht man, dass es sich bei diesem Versuch um normale Dispersion handelt. Eine Approximationskurve ist hier wegen der wenigen Messpunkte und der großen Lücke zwischen etwa 510nm und 640nm nicht sinnvoll einzuzeichnen.

Der absolute Fehler Δn für $\lambda = 508,6\text{nm}$ unter den Voraussetzungen, dass der brechende Winkel exakt ist und die Messung des Winkels 2δ auf $\pm 0,01^{\circ}$ genau ist beträgt

$$\Delta n = 1,5214 \pm 0,0001.$$

1.4 Messung der eigenen Grenzwellenlängen am Spektrum einer Glühlampe:

Messungen der oberen und unteren Grenzen des eigenen Sehvermögens am Spektrum einer Glühlampe sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Nadine

Farbe	$\delta_{\min,links}$	$\delta_{\min,rechts}$	δ_{\min}	λ
rot	299,15°	222,4°	38,375°	700nm
blau	300,6°	221°	39,8°	420nm

Sebastian

Farbe	$\delta_{\min,links}$	$\delta_{\min,rechts}$	δ_{\min}	λ
rot	299,0°	222,5°	38,25°	715nm
blau	300,7°	220,8°	39,95°	410nm

Tabelle 2: Unsere eigenen Grenzwellenlängen.

Anhand der Eichkurve lassen sich die Wellenlängen ermitteln.

Da das menschliche Auge keine gleichmäßige Empfindlichkeit über das gesamte Spektrum hinweg aufweist, kann man die eigenen Grenzwellenlängen nicht sicher bestimmen. Eine höhere Intensität des Lichts bei gleichzeitiger Verdunklung der hellsten Stellen des Spektrums könnte dazu beitragen, dass man den Rand genauer auflösen kann. Die Messung von δ_{\min} wird außerdem durch die Unschärfe des Spektrums am Rand ungenau, es ist keine klar auszumessende Grenze vorhanden. Beugungen an der Spaltblende verzerren das Spektrum zusätzlich. Gleichzeitig kann der Verlauf der $\lambda(\delta_{\min})$ Kurve aufgrund der wenigen Messpunkte nur schlecht extrapoliert werden, das Ablesen der Grenzwellenlängen bleibt also ungenau.

1.5 Untersuchung der unbekanntes Lampe

Die Untersuchung der minimalen Ablenkungswinkel der unbekanntes Lampe – ihr Spektrum wies nur eine einzige sichtbare Spektrallinie auf – ergab folgende Tabelle:

Farbe	$\delta_{\min,links}$	$\delta_{\min,rechts}$	δ_{\min}	λ
grün	299,6°	221,8°	38,9°	544nm

Tabelle 3: Spektrallinie der unbekanntes Lampe

Durch Vergleich mit der Eichkurve ergab sich die Wellenlänge 544nm für die Spektrallinie und daher handelt es sich um eine Tl/10-Dampf Lampe.

Unter der Voraussetzung wie oben, dass die Messung des brechenden Winkels exakt ist und sich $2\delta_{\min}$ auf $\pm 0,01^\circ$ genau messen lässt, muss hier zusätzlich berücksichtigt werden, dass das Diagramm selbst bereits diese Fehler aufweist und außerdem die Kurve im Bereich um die gemessenen $38,9^\circ$ nur eine lineare Interpolation zwischen den beiden Messwerten bei $38,5^\circ$ und $39,05^\circ$ darstellt. Nimmt man einen Fehler der Eichkurve von $\pm 5\text{nm}$ in jedem Punkt an, ergibt sich zusammen mit dem Messfehler von $2\delta_{\min}$ ein Gesamtfehler von $\pm 7,5\text{nm}$.

1.6 Zusammenfassung

Im durchgeführten Versuch haben wir das Spektrometer anhand der bekannten Spektrallinien einer Cadmium-Dampfampe geeicht. Bereits die erhaltenen fünf Eichpunkte reichten aus, um näherungsweise die Grenzen unseres eigenen Sehvermögens zu bestimmen und eine unbekannte Lampe zu identifizieren.

Für präzisere Messungen sollte zunächst die Eichkurve durch weitere Messpunkte vor allem im Bereich zwischen 500nm und 650nm gestützt werden. Dadurch würde auch die grafische Darstellung der Beziehung zwischen Wellenlänge und Brechungsindex an Aussagekraft gewinnen.