

Praktikum O2

Gitter und Prisma

Alena Zwanzig (722348)

Harald Haakh (720708)

Messungen vom 05.11.2004

1 Gitterkonstante

Die Gitterkonstante eines Gitters sollte bestimmt werden. Das Gitter mit angegebenem Kennwert $G = 651 \frac{1}{mm}$ wurde vor einen von einer Hg/Cd-Dampflampe beleuchteten Spalt gebracht und das Linienspektrum mit einem Fernrohr vermessen. Die gemessenen Winkel wurden den Wellenlängen der Hg- und Cd-Spektren¹ zugeordnet.

Am Gitter gilt allgemein

$$\lambda = \frac{g}{k} \sin \phi \Leftrightarrow k \cdot \lambda = g \cdot \sin \phi$$

Mit GnuPlot wurden für die ersten beiden Beugungsordnungen Diagramme erstellt. Man erkennt den linearen Zusammenhang.

Um die Gitterkonstante g direkt zu berechnen wurde zudem $k \cdot \lambda$ über $\sin \phi$ aufgetragen. Der Anstieg der Ausgleichsgeraden entspricht dann direkt der Gitterkonstanten, d.h. dem Abstand zweier Gitterspaltmitten. Die Werte für den Anstieg und dessen Unsicherheit stammen von GnuPlot.

$$g = (1.53 \cdot 10^{-6} \pm 1 \cdot 10^{-8})m$$

Der Kehrwert ist die Spaltzahl des Gitters und demnach:

$$G = (654 \pm 9) \frac{1}{mm}$$

Damit liegt der angegebene Wert gut im Toleranzintervall.

2 Auflösung des Gitters

Die Auflösung des Gitters wurde bestimmt, indem ein Hilfsspalt mit verstellbarer Spaltbreite in den Strahlengang gestellt wurde. Um die beiden gelben Spektrallinien des Quecksilbers bei $\lambda_1 = 577nm$ und $\lambda_2 = 579nm$ scharf zu trennen, muss die Auflösung eines optischen Apparates mindestens

$$A = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = 289$$

betragen. Am Gitter gilt außerdem

$$A = k \cdot N$$

Demnach müssen in der 1. Ordnung ($k = 1$) die beleuchtete Breite mindestens 289 Spalte beleuchtet werden, d.h. der Spalt muss theoretisch breiter sein als $D = 0.44mm$.

In unserer Messung verschwammen die Spektrallinien der 1. Ordnung laut Messprotokoll ab einer Spaltbreite von $\bar{D} = 1.57mm \Leftrightarrow N = D \cdot G = 1022$ beleuchteten Spalten. Möglicherweise wurde hier die Skala des Hilfsspaltfalsch um $1mm$ falsch abgelesen. Nimmt man unter dieser Voraussetzung $D = 0.57mm \Leftrightarrow A = N = D \cdot G = 371$, so befindet sich die bestimmte Auflösung in einem Bereich, der zumindest größenordnungsmäßig dem theoretischen entspricht.

¹Nach *Geschke, Physikalisches Praktikum 10. Auflage* und *Walchner, Physikalisches Praktikum*

3 Dispersionskurve des Prismas

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit und damit auch der Brechungsindex eines Materials ist von der Wellenlänge abhängig. Es kommt dadurch zu Dispersionserscheinungen.

Am Prisma mit brechendem Winkel $\epsilon = 60^\circ$ wurden die Winkel der Minimalablenkung bestimmt, wobei die Winkelbestimmung allerdings etwas problematisch war. Im $n(\lambda)$ -Diagramm erkennt man deutliche Schwankungen, auf die sehr kleinen Winkeldifferenzen zurückzuführen ist. Dadurch haben schon kleine Abweichungen große Auswirkungen.

Im Diagramm erkennt man zunächst, dass keine affine Funktion vorliegt. Die Brechzahl nimmt mit wachsender Wellenlänge ab, jedoch verlangsamt sich die Abnahme. Aus diesem Grund ist die Dispersion, also die Aufspaltung des Spektrums, bei kürzeren Wellenlängen größer als bei längeren. Dementsprechend haben auf dem Schirmbild von der Wellenlänge her Linienpaare im violetten Licht (z.B. die beiden violetten Hg-Linien mit $\Delta\lambda = 3nm$) einen deutlich größeren Abstand als äquidistante im gelben (z.B. die gelben Hg-Linien mit $\Delta\lambda = 2nm$) Bereich des Spektrums.

Dies spielt natürlich auch eine Rolle bei der Auflösung, die beim Prisma von der Dispersion abhängt (s.u.). Entsprechend ist die Auflösung des Prismas im kurzwelligen Licht höher.

4 Auflösung des Prismas

Analog zum Vorgehen beim Gitter wurde wieder ein Hilfsspalt in den Strahlengang gebracht. In unserer Messung verschwammen die beiden gelben Spektrallinien des Quecksilbers ab einer Spaltbreite von $b = 2.06mm$. Für die Auflösung des Prismas gilt:

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

In Linearer Näherung erhält man aus dem Anstieg der Tangente an die Dispersionskurve im Bereich der gelben Spektrallinie $\left| \frac{dn}{d\lambda} \right| = 80 \cdot 10^3 \frac{1}{m}$. Damit ergibt sich

$$\Delta b_{erforderlich} = 3.6mm$$

Aus den gegebenen Gleichungen ergibt sich außerdem mit den Werten der gelben Spektrallinien für den tatsächlichen Wert der Basislänge

$$\Delta b_{reell} = 2 \sin \frac{\epsilon}{2} \frac{D}{\cos \frac{1}{2}(\delta + \epsilon)} = 3.5mm$$

Damit bewegt sich der Abstand der Linien gerade an der Auflösungsgrenze des Prismas bei den gewählten Einstellungen. Leider weiß ich nicht mehr, ob ich bei der Bestimmung der Spektrallinien ohne Hilfsspalt zwei Linien gesehen habe. Im Protokoll zumindest ist nur eine in diesem Bereich vermerkt.

Die Übereinstimmung zwischen Erwartungswert und errechnetem realen Wert ist erstaunlich. Eine Bestimmung der Messungenauigkeit würde dies aber sicher angesichts der groben Winkelmessung als Zufall entlarven.

Im Vergleich zum Gitter ist die Auflösung des Prismas deutlich niedriger (bei gleicher Breite des Hilfsspalt um einen Faktor in der Größenordnung von 10). Beim Blick durch das Fernrohr erkennt man dies sofort an den Abständen der Spektrallinien. Die Vorteile des Prismas liegen deshalb wohl in der einfacheren und billigeren Herstellung und in der Intensität der Linien, die nicht wie beim Gitter auf mehrere Maxima aufgeteilt wird.

Anlagen:

- Diagramme
- Messprotokoll
- Berechnungen mit StarCalc

Potsdam, 9. November 2004

Alena Zwanzig

Harald Haakh