
Optik I \rightsquigarrow Prismen- und Gitterspektroskopie

Gruppe B14

Daniel Wendland
Philipp Bremer
Olexiy Fedorets
Jonathan Hermann

18. September 2017

Inhaltsverzeichnis

1	Gitterspektrometer	1
1.1	Theoretische Grundlagen der Gitterspektroskopie	1
1.2	Aufbau	2
1.3	Durchführung	2
1.3.1	Bestimmung der Gitterkonstante	2
1.3.2	Bestimmung der Wellenlängen der Na-Doppellinie	3
1.3.3	Bestimmung des Auflösungsvermögens	3
1.4	Auswertung	4
1.4.1	Bestimmung der Gitterkonstante	4
1.4.2	Bestimmung der Wellenlängen der Na-Doppellinie	4
1.4.3	Bestimmung des Auflösungsvermögens	4

1 Gitterspektrometer

1.1 Theoretische Grundlagen der Gitterspektroskopie

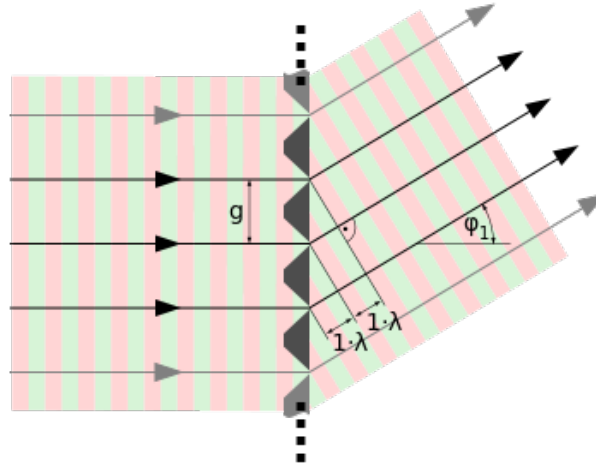


Abbildung 1: Interferenz von ebenen Wellen am Gitter, mit Gangunterschied $\Delta = \lambda$ für das Maximum erster Ordnung ²

Ein Gitter wird charakterisiert durch die Spaltbreite b , Gitterkonstante d und die Anzahl der **ausgeleuchteten** Spalte N . Auf das Gitter treffen parallele, ebene Wellenfronten (*Fraunhofer-Beugung*) und werden an den Spalten gebeugt, wobei jeder Punkt der Spaltöffnungen Ausgangspunkt einer gleichphasigen Kugelwelle ist (*Huygenssches Prinzip*).

Für den Gangunterschied der Teilwellen, die konstruktiv miteinander interferieren, lässt sich folgender Zusammenhang aufstellen:

$$\Delta = g \cdot \sin(\varphi_n) = n \cdot \lambda \quad (1)$$

In Abbildung 1 ist dies für das Maximum erster Ordnung gezeigt.

Falls das Gitter jedoch nicht senkrecht zum Strahlengang ausgerichtet ist, muss zusätzlich der Gangunterschied **vor** dem Gitter berücksichtigt werden:

$$n \cdot \lambda = g \cdot (\sin(\vartheta) + \sin(\phi_n - \vartheta)) \quad (2)$$

Hier ist jetzt ϕ_n der Winkel zwischen Einfallsstrahl und Beobachtungsrichtung und ϑ der Drehwinkel des Gitters zum Lot hin.

Es ergibt sich, dass die Lage der Intensitätsmaxima antiproportional zu Wellenlänge des Lichts ist. Der Beugungswinkel (also Linienabstand) ist antiproportional zum Spaltabstand. Die Hauptmaxima des Gitters werden mit wachsender Spaltanzahl schmaler und steiler. Außerdem befinden sich zwischen diesen noch $N-2$ Nebenmaxima, deren Intensität jedoch mit N^2 abnimmt, wodurch diese im Versuch garnicht sichtbar sind.

²Quelle:Wikipedia - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Beugungsgitter-erstes-Maximum.svg>

Auflösungsvermögen Das spektrale Auflösungsvermögen des Gitters lässt sich mit Hilfe des *Rayleigh-Kriteriums* herleiten und beträgt

$$A = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = n \cdot N \quad (3)$$

Dabei nimmt man an, dass wir Spektrallinien genau dann noch trennen können, wenn das Maximum der ersten Linie im Minimum der zweiten liegt.

1.2 Aufbau

Der Aufbau des Gitterspektrometers ist analog zu dem vom Prismenspektrometer (ref), nur das jetzt ein Gitter in den Strahlengang gestellt wird. Dabei muss darauf geachtet werden, dass dieses senkrecht zum einfallenden Strahl steht, da sonst bereits vor dem Gitter ein Gangunterschied der Strahlen vorliegt und die Lage der Maxima sich dadurch verschiebt. Da dies mit den zur Verfügung stehenden Mitteln aber nicht sichergestellt werden kann, muss später bei der Auswertung untersucht werden, ob das Gitter schräg stand.

Außerdem wird bei diesem Versuch zusätzlich zur **HgCd**-Lampe eine **Na**-Lampe verwenden, um die Wellenlänge der Natrium-Doppellinie und Anhand dieser das Auflösungsvermögen des Gitters zu bestimmen.

Der gesamte Versuch wurde mit einem Gitter mit 600 Strichen/*mm* durchgeführt.

1.3 Durchführung

Das grundlegende Vorgehen ist ähnlich zu dem beim Prismenspektrometer: durch Ausrichtung des Fernrohrs auf die einzelnen Spektrallinien und Ablesen des Nonius werden die Beugungswinkel vermessen.

Zu Beginn wird die Nulllinie (Maximum 0.-Ordnung) der **HgCd**-Lampe durch 10-fache Messung bestimmt. Es wird angenommen, dass der statistische Fehler auf die folgenden Messungen gleich bleibt, daher werden die Linien im folgenden nurnoch 3 Mal ausgemessen.

$$* \textit{Nulllinie} * \quad (4)$$

1.3.1 Bestimmung der Gitterkonstante

Zunächst werden die Wellenlängen der Spektrallinien der **HgCd**-Lampe als bekannt angenommen (diese stammen aus der **NIST**-Datenbank und haben nur sehr geringe Unsicherheiten, und werden daher als nicht fehlerbehaftet angenommen) und die Beugungswinkel ϕ_n werden gemessen. Dabei konnte nur bis zur zweiten Ordnung beobachtet werden. Leider konnten aus Zeitgründen nur 4 Spektrallinien (die am besten sichtbarsten) vermessen, die in Tabelle 1 dargestellt sind. Die Winkel wurden immer 3 Mal gemessen und gemittelt, jeweils bis zur zweiten Ordnung auf beiden Seiten.

Element	Wellenlänge [nm]	Farbe
Cd	467,81	blau
Cd	508,58	grün
Hg	576,96	gelb
Cd	643,85	rot

Tabelle 1: Zur Vermessung ausgewählte Spektrallinien der HgCd-Lampe (Werte stammen aus der NIST-Datenbank)

Der Beugungswinkel ist dabei immer die Differenz des gemessenen Winkels und der Nulllinie. Aus den Winkel kann dann durch eine lineare Regression die Gitterkonstante bestimmt werden.

1.3.2 Bestimmung der Wellenlängen der Na-Doppellinie

Mit Hilfe der zuvor bestimmten Gitterkonstante wird nun die Natrium-Doppellinie ausgemessen. Auch hier wurde bis zur zweiten Ordnung auf beiden Seiten 3 Mal gemessen und gemittelt.

Die ermittelten Werte werden mit den realen Werte in Tabelle 2 verglichen.

Wellenlänge [nm]	Farbe
589,59	gelb
589,00	gelb

Tabelle 2: Na-Doppellinie (Werte stammen aus der NIST-Datenbank)

1.3.3 Bestimmung des Auflösungsvermögens

Das Auflösungsvermögen des Gitters wird auch anhand der Na-Doppellinie bestimmt (dieses ist unabhängig von Wellenlänge oder Gitterkonstante! 3). Um die Abhängigkeit von der Anzahl N der ausgeleuchteten Spalte zu realisieren, wird eine Schlitzblende verwendet, die feste Schlitzbreiten von 0,5mm bis 6mm in 0,5mm-Schritten bietet. Es wird beobachtet, bei welcher Schlitzbreite die Doppellinie nicht mehr unterscheidbar wird. Dieses Ergebnis wird dann mit dem nach der Formel erwarteten Auflösungsvermögen ($A = 589nm/0,59nm \approx 998.3$) verglichen.

1.4 Auswertung

Bestimmung der Beugungswinkel

$$\varphi_n = \alpha - \varphi_0 \quad (5)$$

1.4.1 Bestimmung der Gitterkonstante

1.4.2 Bestimmung der Wellenlängen der Na-Doppellinie

1.4.3 Bestimmung des Auflösungsvermögens

Abbildungsverzeichnis

1	Interferenz von ebenen Wellen am Gitter, mit Gangunterschied $\Delta = \lambda$ für das Maximum erster Ordnung ³	1
---	---	---

Tabellenverzeichnis

1	Zur Vermessung ausgewählte Spektrallinien der HgCd-Lampe (Werte stammen aus der NIST-Datenbank)	3
2	Na-Doppellinie (Werte stammen aus der NIST-Datenbank)	3