

Zeemanspektroskopie ¹

Patrick Nisblé und David Bubeck

Abstract:

Als besondere Auswertung testiert: Datum, Unterschrift:

¹ Versuch F44, ausgeführt am 26.6.17, Betreuer: Frans Schotsch, lange besondere Auswertung

1 Teil 1: Bohr'sches Magneton

1.1 Hysterese-Effekt

Mit dem Teslameter wird die Stärke des Magnetfeldes zwischen den Spulen bei 6 Stromstärken, von 8 A bis 13 A, gemessen. Für den Fehler nehmen wir 0.1 A an. Der Hysterese-Effekt wird nun eingeschätzt, indem wir den Zusammenhang zwischen Stromstärke und Magnetfeld ermitteln. Und wir führen diese Messung bei fallender und steigender Stromstärke durch. Für alle Messpunkte gilt: wir nutzen drei Messwerte und bilden daraus ein Mittel. In Abb. 1

Die aus den Werten ermittelten linearen Fits ergaben folgende Steigungen:

bei aufsteigender Stromstärke:

$$m_u = (39.461 \pm 2.198) \frac{\text{mT}}{\text{A}} \quad (1)$$

bei absteigender Stromstärke:

$$m_d = (38.874 \pm 2.192) \frac{\text{mT}}{\text{A}} \quad (2)$$

Die beiden Geraden stimmen dabei mit weniger als 1σ überein, und in unserem Fall kann der Hysterese-Effekt vernachlässigt werden. Für die folgenden Berechnungen wird ein Mittel gebildet, es ergibt sich:

$$B(I) = (39.168 \pm 1.552) \frac{\text{mT}}{\text{A}} \cdot I + (130.765 \pm 15.849) \text{ mT} \quad (3)$$

(Die Fehler erhält man mittels Fehlerfortpflanzung)

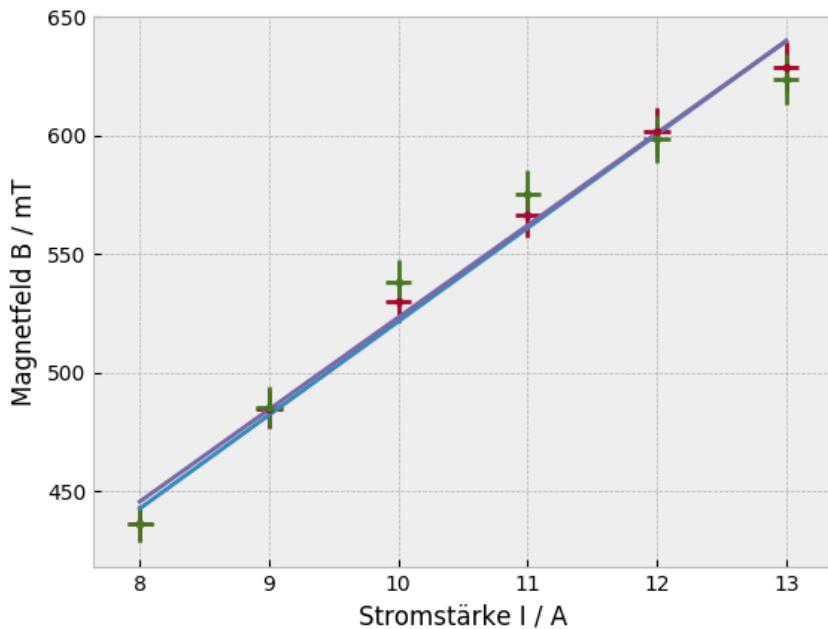


Abbildung 1: Hysterese

1.2 Polarisation

Das Licht der Cadmium Lampe wird in longitudinaler und transversaler Richtung zum Magnetfeld beobachtet. Durch Verwendung eines linearen Polarisationsfilters und eins $\lambda/4$ -Plättchens kann die Polarisation analysiert werden.

1.2.1 Beobachtung in longitudinaler Richtung

Bei dieser Beobachtungsrichtung sind sowohl mit als auch ohne linearen Polarisationsfilter 2 Linien pro Beugungsordnung zu sehen. Daraus ist zu schließen, dass es sich bei dem Licht um zirkular polarisiertes Licht handelt. (s. Abb. 2)

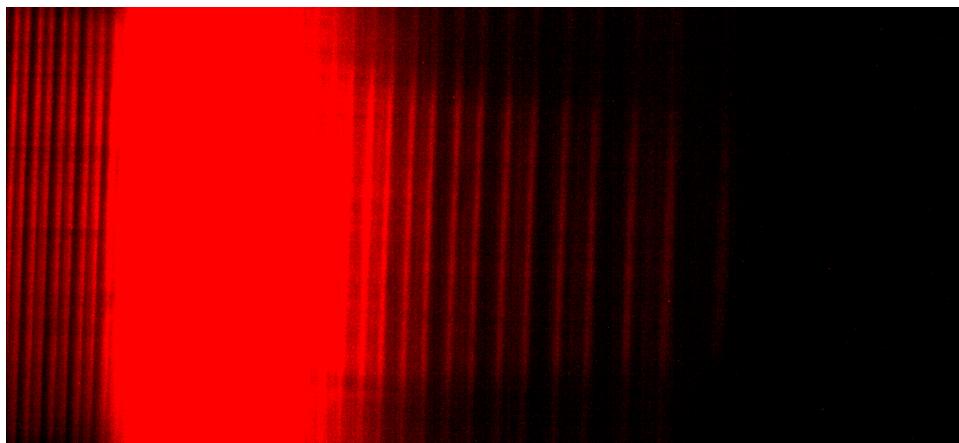


Abbildung 2: Beobachtete Linien in longitudinaler Ausrichtung, ohne Filter

Wandelt man nun das Licht mit Hilfe des $\lambda/4$ -Filters das Licht in linear Polarisiertes um, so kann man mit dem Polarisationsfilter eine der beiden Linien herausfiltern und bei Rotation um 90 deg des $\lambda/4$ -Filters die jeweils andere. (s. Abb. 3)

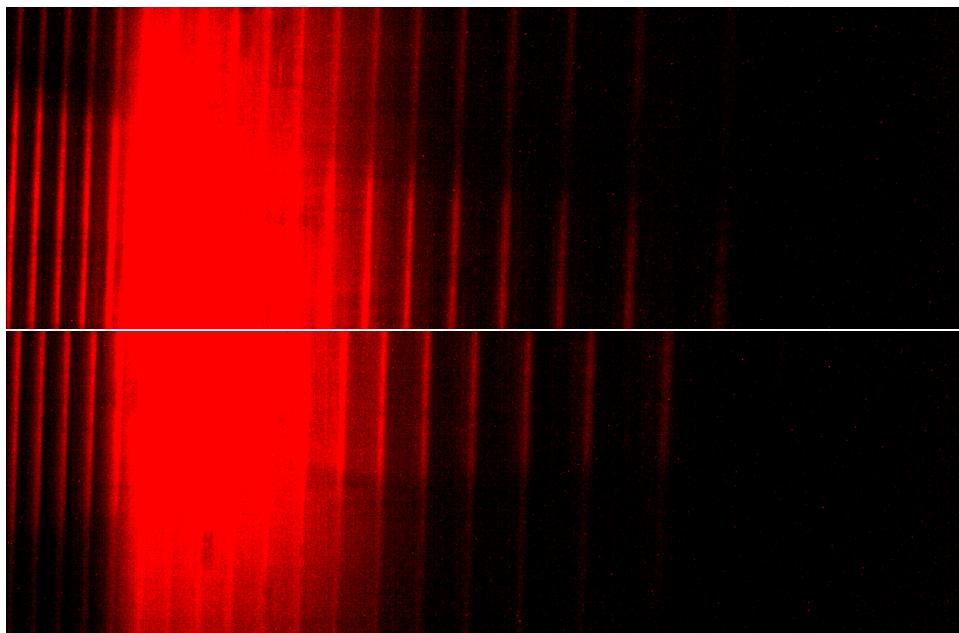


Abbildung 3: Beobachtete Linien in longitudinaler Richtung, mit $\lambda/4$ -Filter und linearem Polarisationsfilter

1.2.2 Beobachtung in transversaler Richtung

Hier können wir eine Aufspaltung in drei Linien beobachten. Der Polarisationsfilter lässt entweder die beiden äusseren Linien (σ -Linien) verschwinden, oder nach

einer 90 deg Drehung die mittlere Linie (π -Linie) (s. Abb. 4). Das Licht ist also linear polarisiert, mit senkrechter Polarisationsrichtung zwischen σ - und π -Linien

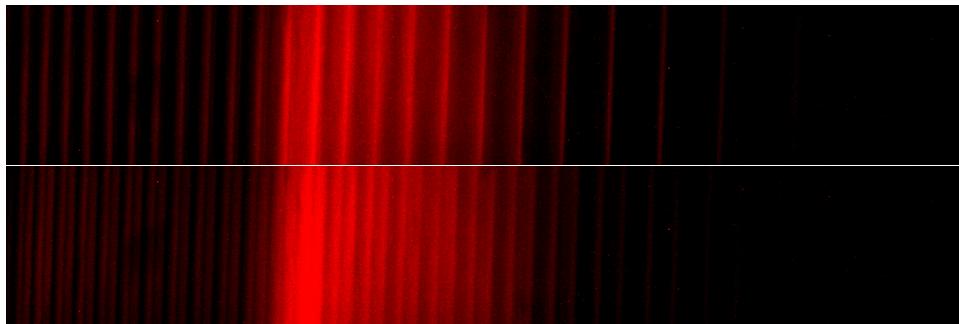


Abbildung 4: Beobachtete Linien in transversaler Ausrichtung, mit linearem Polarisationsfilter

Bei Variation der Stromstärke und des damit resultierenden Magnetfeldes, kann man beobachten, dass die Aufspaltung der Spektrallinien mit zunehmender Stromstärke größer wird.

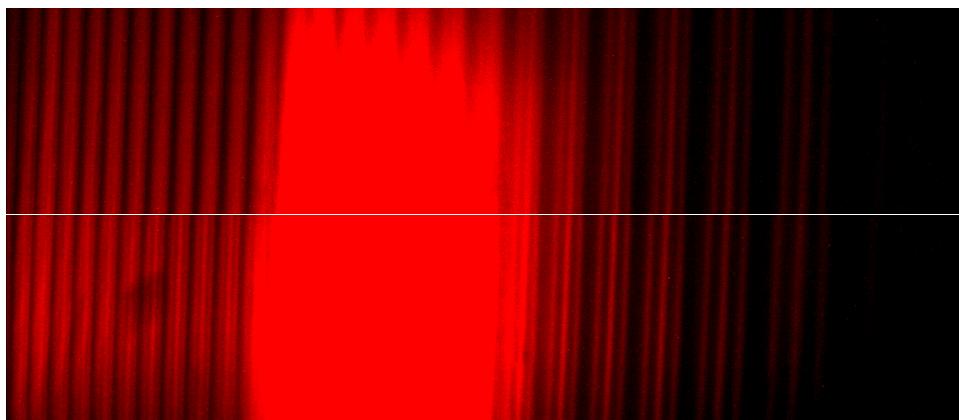


Abbildung 5: Beobachtete Linien in transversaler Richtung, bei 10A (oben) und 13A (unten)

1.3 Bestimmung der Wellenlängenverschiebung

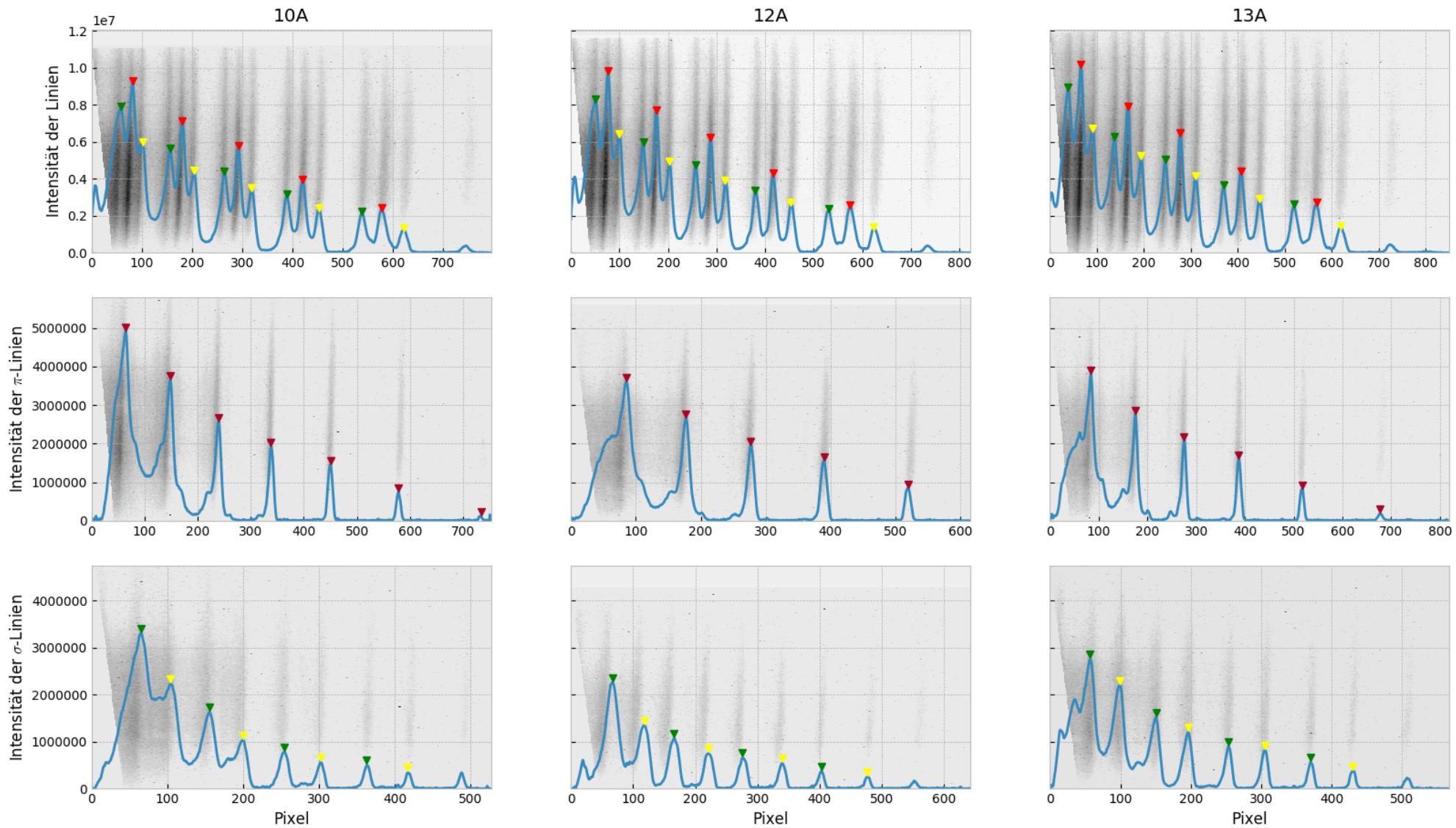
1.3.1 Position der π - und σ -Linien

Wir nutzen das Programm **JImage** um die zweidimensionalen Bilder der beobachteten spektralen Aufspaltung in eine eindimensionale Intensitätsverteilung zu konvertieren. Mit **Python** kann jetzt die Position (in Pixel) jeder π - und σ -Linie von etwa 5 Ordnungen (wegen der Reflektion in der Mitte der Bilder) pro Messung bestimmt werden.

Jeder gemessene Peak wird jetzt mit einer Gausskurve gefittet und daraus die Breite und Position bestimmt. Die Gaussfunktion berücksichtigt, dass durch die

thermische Bewegung der Atome ein Doppler-Effekt entsteht und dadurch ist die ausgesandte Wellenlänge je nach Bewegungsrichtung des Atoms leicht verschoben, sodass die Linien im Vergleich zur Lorentz-Kurve breiter erscheinen. Als Fehler der Position wird hier der σ^2 -Parameter der Gaußfunktion genutzt ($\Delta x = \sigma * 2.4/2$, also die halbe Halbwertsbreite).

Abbildung 6: Gefittete Positionen der Peaks



1.3.2 Verschiebung der Ordnungen

Wir ordnen nun den π -Linien nun Ordnungszahlen zu, diese sollten nur diskrete, ganzzahlige Werte sein, allerdings möchten wir den σ -Linien auch eine solche Ordnung zuordnen, also betrachten wir eine kontinuierliche Fitfunktion. In unserem Fall ist diese eine Polynomfunktion 2. Grades (s. Abb. ??). Diese Näherung ist innerhalb unserer Näherung ausreichend, da ein Polynom höheren Grades keine signifikante Verbesserung der Beschreibung unserer Daten liefert.

Um die Fehler der Beugungsordnung zu bestimmen nutzen wir:

$$\Delta k(a) = k(a + \Delta a) - k(a) \quad (4)$$

wobei die Fehler der Fitparameter vernachlässigt werden. a ist hier die Position der Linien in Pixel, k die zugeordnete Beugungsordnung. Jetzt werden die Verschiebungen der σ -Linien zur zugehörigen π -Linie, in Bruchteilen einer Beugungsordnung, berechnet und geplottet (Abb. ??)

Abbildung 7: Polynomfits für die drei Stromstärken

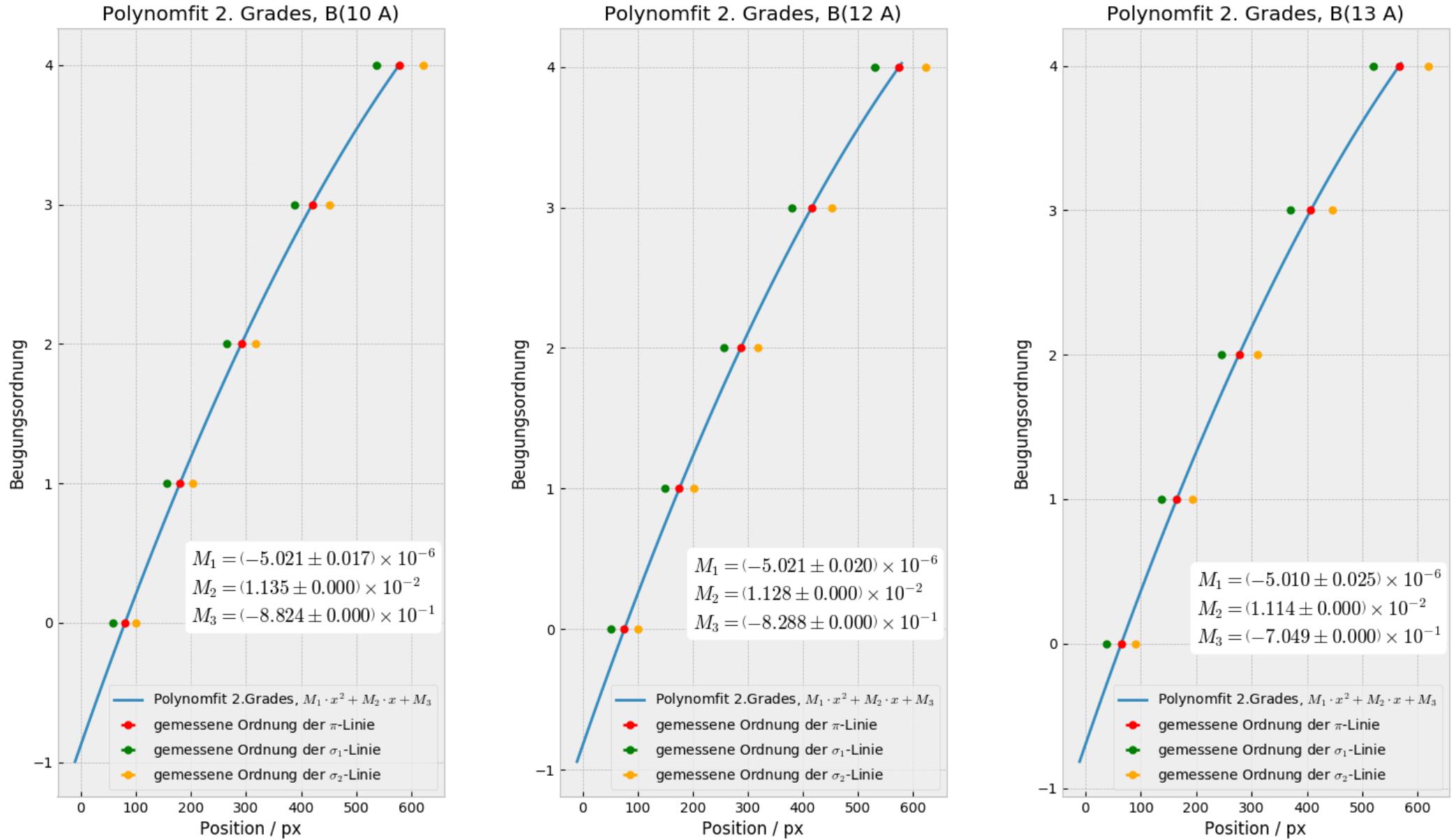


Abbildung 8: Verschiebung der Beugungsordnungen

