

Physik muss ich nicht mehr unterrichten. Aber die Unterrichtsunterlagen, zumindest die für meinen letzten Leistungskurs, habe ich aus sentimental Gründen aufbewahrt. Beim Stöbern in den zum Teil vergilbten Blättern fielen mir zwei Farbfotos in die Hände – von mir aufgenommene Linienspektren, die meine Schüler(innen) damals auswerten mussten. Vermutlich eine Klausuraufgabe. Die Fotos sind keine Meisterwerke, aber sie einfach wegzuerwerfen wäre schade. Deshalb eine kurze Nachlese.

Aufgenommen hatte ich die Gitterspektren von Wasserstoff (H) und Quecksilber (Hg), und in gleicher Anordnung das Spektrum des Heliums (He), dessen Linien als Eichmarken benutzt werden sollten. Das heißt, die Wellenlängen der He -Linien wurden in der Klausuraufgabe als bekannt vorausgesetzt. Bestimmt werden sollten die Wellenlängen der H - und Hg -Linien. Abbildung 1 zeigt das Spektrum des Wasserstoffs (untere Hälfte) und das He -Eichspektrum (obere Hälfte). Die zur Eichung benutzten Linien des Heliums und die Lage der drei *Balmer*-Linien H_α , H_β und H_γ des Wasserstoffs sind gekennzeichnet.

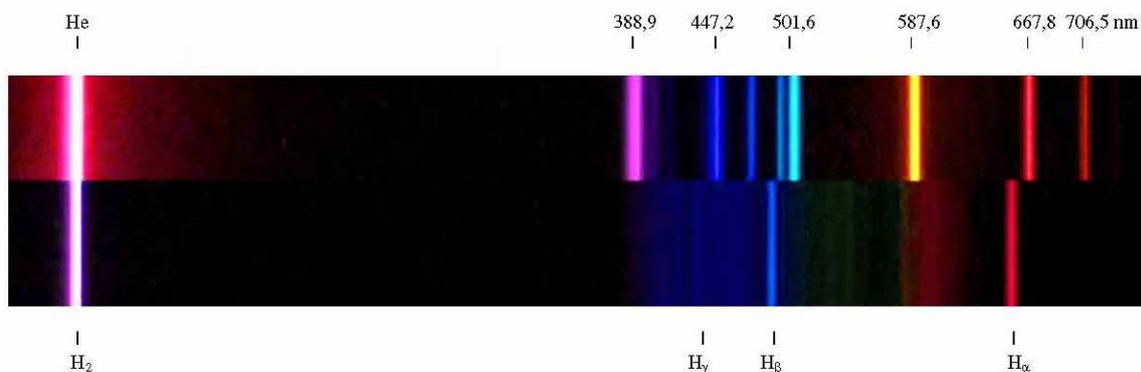


Abbildung 1 Spektrum des Wasserstoffs (unten) und des Heliums (oben). Die weiße Linie links ist das Bild der Lichtquelle in Vorwärtsrichtung (die "nullte" Ordnung). Das Spektrum des Heliums, für dessen Linien Wellenlängen angegeben sind, sollte zur Eichung herangezogen werden. Im Spektrum des Wasserstoffs sind die Balmer-Linien H_α , H_β und H_γ sichtbar.

Als Lichtquelle dienten die in der Physiksammlung vorhandenen *Geissler*-Röhren, also Gasentladungen in dünnen, langgestreckten Glasröhrchen. Sie wurden aus einer Entfernung von etwa 60 cm mit einer (Digital-)Kamera fotografiert. Das Gitter (570 Striche/mm) befand sich unmittelbar vor dem Objektiv, wurde mit Klebeband dort befestigt. Der Abstand zwischen *Geissler*-Röhre und Kamera war so gewählt, dass der *CCD*-Chip der Kamera das Spektrum erster Ordnung und natürlich das Bild der Lichtquelle in Vorwärtsrichtung (die Linie „nullter Ordnung“) erfasste. Der Winkel, hier α genannt, zwischen den Linien erster Ordnung und der Vorwärtsrichtung ist bekanntlich gegeben durch $\sin(\alpha) = \lambda/g$. Dabei ist λ die Wellenlänge der Linie und g der Abstand benachbarter Gitterstriche. Die Gleichung setzt voraus, dass sich die Kamera in großer Entfernung von der Lichtquelle befindet und damit in *Fraunhoferscher Näherung* beobachtet wird. Das war hier der Fall.

Zur Eichung wurden die Wellenlängen der He -Linien als Funktion ihres Abstands von der Linie „nullter“ Ordnung aufgetragen. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis. An die Messpunkte konnte eine

Gerade angepasst werden. Das heißt, der Abstand der Linien von der Vorwärtsrichtung ist innerhalb eines Fehlers von etwa ± 3 nm proportional zu Wellenlänge der Linie – mit anderen Worten, die Kleinwinkelnäherung $\sin(\alpha) \cong \alpha$ ist anwendbar.

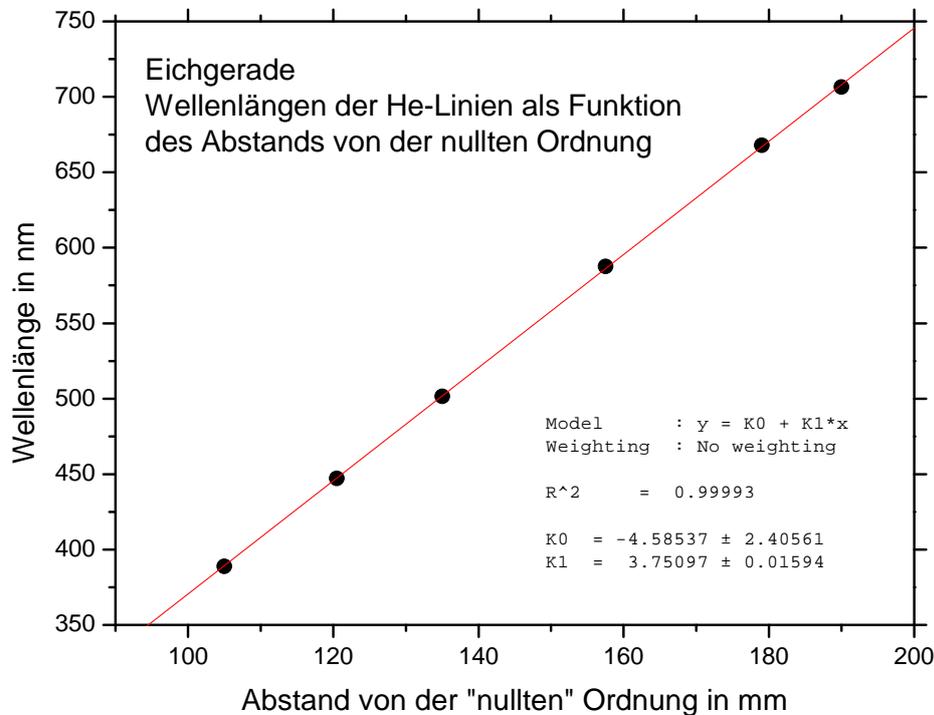


Abbildung 2 Wellenlängen der He-Linien als Funktion ihres Abstands von der nullten Ordnung (Eichgerade)

Die Eichgerade (Abbildung 2) hat die Gleichung

$$\frac{\lambda}{\text{nm}} = -4,585 + 3,751 \cdot \frac{x}{\text{mm}},$$

wobei x der Abstand der Linie von der nullten Ordnung ist. Für die blaue *Balmer*-Linie beispielsweise war $x = 131$ mm, daraus folgt für die Wellenlänge $\lambda(H_\beta) = 486,8$ nm. Als Messfehler sollte man die schon erwähnten ± 3 nm angeben. Damit erhält man für die Wellenlängen der *Balmer*-Linien $\lambda(H_\alpha) = 657 \pm 3$ nm, $\lambda(H_\beta) = 487 \pm 3$ nm und $\lambda(H_\gamma) = 434 \pm 4$ nm. Sie stimmen innerhalb der Fehlergrenzen mit den theoretischen Werten 656,3 nm, 486,1 nm bzw. 434,1 nm überein.

Nach demselben Verfahren wurde das Spektrum einer Quecksilberlampe aufgenommen. Abbildung 3 zeigt das entsprechende Foto. Es sind die *Hg*-Linien bei 691 nm (rot), 578 nm (gelb), 546 nm (grün), 434 nm (blau) und 405 nm (blau-violett) zu erkennen. Die schwache Linie zwischen den beiden letztgenannten konnte ich keinem Quecksilberübergang zuordnen.

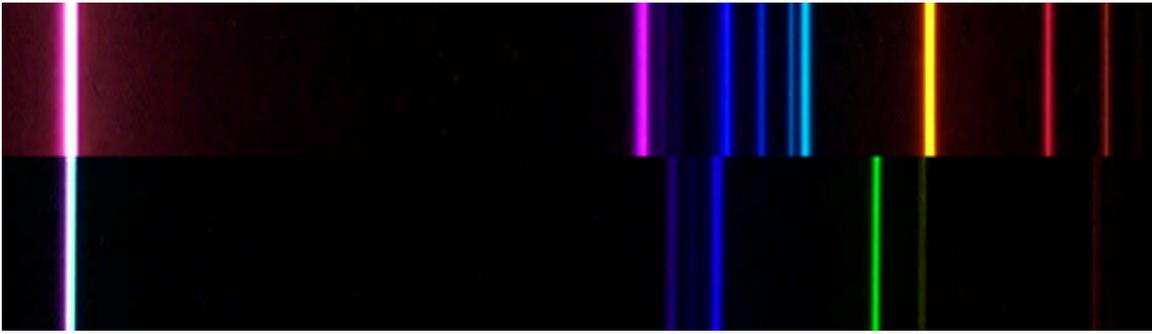


Abbildung 3 Spektrum des Quecksilbers (unten) und des Heliums (oben), beide in derselben Anordnung gemessen. Die Quecksilberlinien bei 691nm (rot), 578 nm (gelb), 546 nm (grün), 434 nm (blau) und 405 nm (blauviolett) zu erkennen. Die schwache Linie zwischen den beiden letztgenannten konnte ich nicht zuordnen.

Parallel zur fotografischen Darstellung habe ich die spektrale Intensitätsverteilung des Quecksilberlichts mit einer (Astronomie-)Software abtasten lassen. Das Intensitätsprofil ist in Abbildung 4 dargestellt. Sie zeigt, dass der CCD-Chip der Kamera zusätzlich zu den Spektrallinien auf dem Foto (Abbildung 3) eine weitere Linie im nahen UV registriert. Sie erscheint in Abbildung 4 bei Pixel-Position 595 und kann der Quecksilberlinie bei 365 nm zugeordnet werden.

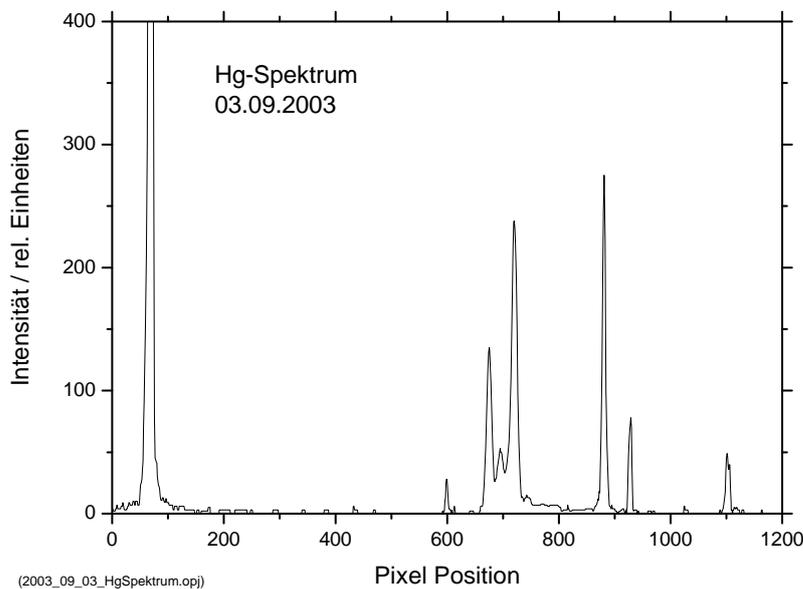


Abbildung 4 Intensitätsprofil des Quecksilber-Spektrums. Die Linie bei Pixel-Position 595 ist in Abbildung 3 nicht zu sehen, sie entspricht der Quecksilberlinie im nahen UV bei 365 nm.

Ich sollte nicht verschweigen, dass die Wellenlängen der Quecksilberlinien, die man aus Abbildung 3 mit Hilfe der Eichgerade (Abbildung 2) abliest, systematisch um 6 bis 10 nm von den Literaturwerten abweichen – warum, ist mir nicht klar. Das heißt, das Verfahren liefert zwar schöne Fotos, die sich auch auswerten lassen, ist aber im Detail noch verbesserungsbedürftig.