

Spektren fotografieren und auswerten

Matthias Penselin, Crailsheim und Heidelberg

Im Alltag spielt die Farbe von Lichtquellen eine wichtige emotionale Rolle für uns. In unangenehm ausgeleuchteter Umgebung fühlen wir uns nicht wohl. Die wichtigste Lichtquelle ist die Sonne, ohne sie wäre Leben auf der Erde unmöglich. Beides, die Farbe einer Lichtquelle und das Sonnenlicht, das sich in Spektralfarben zerlegen lässt, spielt in diesem Beitrag eine Rolle. Wir untersuchen die Spektren von Lampen und Sternen. Letztlich führen uns diese Untersuchungen in der Kursstufe in die moderne Atomphysik und dort speziell zum Begriff der Quantenzahl.



Foto: M. Penselin

DSLR mit Blazegitter

**Freies Experimentieren
mit dem Fotoapparat!**

I/G

Der Beitrag im Überblick

Klasse: 8–10 (M 1–M 5)

Dauer: 2–10 Stunden

Ihr Plus:

- ✓ geeignet für Projektarbeit
- ✓ Bezug zum Fach Kunst
- ✓ physikalischer Hintergrund im Schwierigkeitsgrad weit staffelbar
- ✓ Exkurs in die Oberstufe (M 6–M 8)

Inhalt:

- Additive Farbmischung
- Spektren selbst fotografieren
- Auswertung des Spektrums von Sirius
- Weg zum Begriff der Quantenzahl ohne aufwendige Mathematik
- Formel für die Energieniveaus des Wasserstoffatoms

Hinweise zur Gestaltung des Unterrichts

Die wichtigste Idee dieses Unterrichtsmaterials ist die, dass Sie mit einer digitalen **Spiegelreflexkamera** (DSLR), wie es sie heutzutage an vielen Schulen gibt, selbst Spektren fotografieren können.

Alles, was Sie benötigen, ist ein **Transmissionsgitter**, welches direkt vor dem Objektiv der Kamera befestigt werden muss. Das in Material **M 5** ausgewertete Spektrum von Sirius wurde mit der hier abgebildeten Ausrüstung fotografiert.



DSLR mit Blazegitter

Zum Einsatz kam bei Sirius eine Canon EOS 1000 D, als Objektiv eine 50-mm-Festbrennweite oder ein Zoom-Objektiv ($f = 75 - 300$ mm). Die Kamera wurde von der Firma Astroshop Hamburg modifiziert, um eine breitere spektrale Empfindlichkeit zu erreichen. Ohne diese Maßnahme werden erfahrungsgemäß nur 4 Linien der Balmerreihe sichtbar, die aber im Prinzip auch völlig ausreichend sind. DSLR anderer Hersteller wurden nicht getestet, es gibt aber keinen Grund, warum man nicht zu einer Sony oder Nikon etc. greifen sollte. Allerdings muss es möglich sein, die wesentlichen Kameraeinstellungen **manuell** und unter Umgehung der Automatik vorzunehmen.

Für die Aufnahme „**Sirius**“ wurde ein Gitter mit dem Namen „**Staranalyser**“ mit 100 Linien auf den Millimeter verwendet, ein sog. **Blaze-Gitter**. Dieses Gitter kann auch in Okulare von Fernrohren eingeschraubt werden, um Sternspektren zu beobachten oder zu fotografieren. Auch möglich ist es, einfache Gitter, wie man sie für wenige Euro zum Beispiel bei Astromedia bestellen kann, zu verwenden. Diese kommen als DIN-A4-Bogen und können mit einer Schere zurechtgeschnitten werden. Die Befestigung für das Gitter haben wir aus schwarzer Pappe gebastelt. Natürlich können Sie auch Gitter aus Ihrer Sammlung verwenden.

Wenn Sie zum Vorbereiten von Material **M 3** keine Zeit haben:

Lassen Sie dieses Material einfach aus und greifen Sie zu den mitgelieferten Dateien auf der **CD-ROM 42**. Haben Sie selbst Spektren fotografiert, dann sollten Sie überall, wo möglich, die eigenen Spektren einsetzen.

© iStock / Thinkstock



Fotografieren Sie nie mit DSLR ohne Filter in die Sonne!
Sowohl Ihre Augen als auch Ihre Kamera sind in Gefahr!

Das auf der Farbfolie abgebildete Spektrum wurde mit einem geschlossenen Spektroskop fotografiert, dessen Aufbau im Artikel „**Low Cost Spektroskopie**“ (siehe Literaturhinweise) beschrieben ist. Es enthält einen sehr schmalen Spalt aus Rasierklingen, der aus dem einfallenden Sonnenlicht eine strichförmige Lichtquelle macht. Der Bau eines solchen Spektroskops ist eine schöne **Schüleraufgabe** für einen Seminarkurs oder etwas Ähnliches. Hier wurde auf die Beschreibung dieses Spektroskops verzichtet, um schnell die Umsetzbarkeit der Materialien zu garantieren.

Mediathek

Die beiliegende **CD-ROM 42** enthält:

- die Bilder „weiß“, „orange“, „grün“, „grauviolett“ und „M27“ für **M 2** und das File „M27 Lösung“, um den Schülern ein mögliches Ergebnis der Bildbearbeitung zu zeigen
- die Bilder „Balmerlampe“ und „Sirius“ für **M 5**
- das Excelfile „Vorlage vier Serien“ für **M 7** sowie das File „Lösungen vier Serien“ für die Lehrerhand.

Die Bilder und Excel-Dateien können für den Gebrauch an der jeweiligen Schule ins **Schulnetzwerk** gestellt, bearbeitet und von den Schülern mit nach Hause genommen werden¹.

Literatur

- [1] Balmer, Johann Jakob: „Notiz über die Spektrallinien des Wasserstoffs“. Annalen der Physik Bd. 25 (1885). S. 80-87.
- [2] Penselin, Matthias: „Low Cost Spektroskopie“. Praxis der Naturwissenschaften / Physik in der Schule, April 2013 (Heft 3). S. 42-48
- [3] Penselin, Matthias: „Sirius besteht aus Wasserstoff“. Astronomie + Raumfahrt im Unterricht, Juni 2013. S. 30-34.
- [4] Penselin, Matthias: „Die Größe von Himmelskörpern bestimmen“. RAAbits Physik I/G, Reihe 6, Februar 2014.

Internet-Adressen

- [5] Martini, Volker: „Selbstbau eines Spektrometers für die Digitalkamera“. Internetportal „Lehrer Online“.

<http://www.lehrer-online.de/eigenbau-spektrometer-mit-digicam.php?sid=31673659128576698644716941694300>

Auf www.julian-goeltz.de findet man die Homepage zum Astronomie-Unterricht an der Schule des Autors. Unter „Unterricht“ sind weitere Unterrichtsmaterialien zu diesem und anderen Themen abgelegt.

Unter www.hda-hd.de finden Sie unter „Über das HdA / Personen“ die Kontaktdaten von Matthias Penselin und Dr. Carolin Liefke.

Software

Die Bildbearbeitungssoftware „**Irfan View**“ kann man downloaden unter:

www.irfanview.de.

Man kann den Ordner mit dem Programmpaket an irgendeiner Stelle im Schulnetzwerk abspeichern und das Programm dann von dort aus starten oder eine Verknüpfung auf den Desktop ziehen.

Bezugsadressen

Das Blaze-Gitter „Star Analyser“ kann man zum Beispiel beim Teleskop-Service München Astromedia Astroshop bestellen.

³ Der Autor dankt Dr. Carolin Liefke vom **Heidelsberger Haus der Astronomie** für die gemeinsame Arbeit an den Fotos und am Unterrichtsmaterial.

M 3 Spektren fotografieren

Wir zerlegen das Licht von Lichtquellen wie im Praktikum mit einem Gitter in seine Spektralfräben. Als „Schirm“ dient nun der Sensor eines Fotoapparates. Die Abbildung des Spaltes auf den Sensor erfolgt mit dem Objektiv der Kamera.

Führe die folgenden Arbeitsaufträge zusammen mit deinem Lehrer durch.

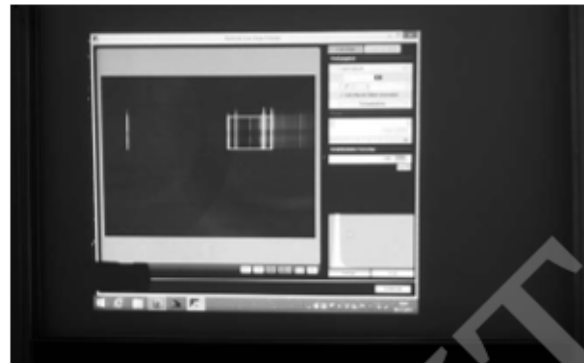


Foto: M. Penselin

Experimentieranordnung mit Beamer

Vorsicht:



Für den Betrieb von Gasentladungsröhren werden **Spannungen im Kilovoltbereich** verwendet, das Anschließen und Einschalten der Lampen muss dein Lehrer machen. Viele Lampen enthalten giftige Metalle wie Quecksilber, sie dürfen nicht herunterfallen! **Niemals direkt in das Licht hell leuchtender Gasentladungsröhren sehen!** Quecksilberdampflampen z. B. emittieren UV-Licht, das deine Netzhaut schädigt. **Heiße Lichtquellen niemals anfassen**, auch direkt nach dem Ausschalten nicht, sie sind immer noch heiß. Das Spektrum wird heller, wenn die Lampe knapp und mittig hinter dem Spalt steht, aber nicht zu knapp, sonst verformt sich wegen der Hitze der Spalt.

So geht's:

1. Befestige mit einer selbstgebastelten Halterung aus Pappe ein Gitter vor dem Objektiv eines Fotoapparates. Die Halterung darf nicht zu locker sitzen, aber auch nicht zu fest, man muss das Gitter drehen können.
2. Stelle die zu untersuchende Lichtquelle hinter einen schmalen Spalt; günstig sind Spalte, deren Breite verändert werden kann.
3. Schließe den Fotoapparat an einen Laptop an. Betrachte die Bilder im **LiveView-Modus** auf dem Laptop falls möglich. Projiziere das Bild des Laptops mit einem Beamer auf eine große Projektionsfläche im Unterrichtsraum. Alle weiteren Einstellungen kannst du nun vom Laptop aus vornehmen. Sprich mit deinem Lehrer darüber, wie man alle Einstellungen nach und nach verbessern kann.
4. Fokussiere manuell zunächst auf den Spalt, regle die Helligkeit über ISO und Belichtungszeit, öffne die Blende möglichst weit. Nun solltest du ein oder mehrere Spektren sehen. Wenn du ein Zoom-Objektiv hast, kannst du versuchen, alles so einzustellen, dass das ganze Bild waagerecht vom Spaltbild bis zum roten Ende des ersten Spektrums genutzt wird. Fokussiere dann genauer auf eine Spektrallinie. Drehe das Gitter so, dass das Spektrum waagerecht im Bild liegt. Nun kann leichtes Abblenden die Schärfe weiter verbessern, zu kleine Blenden beschneiden unter Umständen den roten Bereich des Spektrums von außen nach innen.
5. Untersuche möglichst viele verschiedene Lichtquellen: Glühlampen, Kerzenflammen, Gasentladungsröhren aus der Physiksammlung oder auch handelsübliche „Neonröhren“, verschiedene LED's, Kontrollleuchten von elektrischen Geräten und verfärbte Kerzenflammen durch Einbringen von Chemikalien in die Flamme (Chemielehrer befragen, welche Stoffe verwendet werden dürfen!).
6. Bilde mehrere Spektren im gleichen Maßstab untereinander ab, z. B. in einer Word-Datei. Vergleiche sie. Nenne **Gemeinsamkeiten** und **Unterschiede**. Warum kann man die Zusammensetzung von Stoffen spektroskopisch untersuchen?

I/G