

# Maturarbeit an der Kantonsschule : Spektrographieren von Sternen

Autor(en): **Gilli, Sascha**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **69 (2011)**

Heft 363

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-897195>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Maturarbeit an der Kantonsschule

## Spektrographieren von Sternen

■ Von Sascha Gilli

*Mit einem Objektivprisma, einem kleinen Spiegelteleskop sowie einer modernen digitalen Spiegelreflexkamera lassen sich sehr schöne Spektren gewinnen. Im Rahmen einer Maturarbeit an der Kantonsschule Zürcher Unterland erstellte der Verfasser auf der Schul- und Volkssternwarte Bülach eine Sammlung von rund einhundert Spektren von Sternen und vereinzelt auch von offenen Sternhaufen sowie von Emissions- und Planetarischen-Nebeln. Die linearen Sternspektren wurden seitlich durch Effekte der Erdrotation aufgeweitet und die Spektrallinien mit nachträglicher Bildbearbeitung besser sichtbar gemacht. Mit dem relativ grossen Objektivprisma waren Sterne von bis zu 6<sup>mag</sup> zugänglich, wobei es allerdings nötig war, mehrere Spektren zu addieren, um das Signalrauschen zu vermindern. Auf einem so genannten Wiki werden die Spektren zusammen mit Hintergrundinformationen zur Spektrographie publiziert.*

Im Frühlingssemester 2009 besuchte ich an der Kantonsschule Zürcher Unterland das projektorientierte Lernen (PoL) zum Thema Astronomie bei JÜRGEN ALEAN (Orion 6/09). Während dieses Kurses be-

gann ich mich stark für Astronomie zu interessieren. Schon immer hatten mich Naturwissenschaften fasziniert – nur werden in den betreffenden Fächern an der Kantonsschule vor allem theoretische In-

halte vermittelt und nur sporadisch praktische Anwendungen gezeigt. Auf astronomische Inhalte wird selten eingegangen, obwohl viel in der Schulzeit erlerntes Wissen wichtige Anwendungen in der Astronomie findet. Ich beschloss daher, meine Maturarbeit in diesem Bereich zu schreiben. Als Betreuungsperson wählte ich Herrn ALEAN, der sich bestens in der Astronomie auskennt.

### Thema bestimmen

Das genaue Maturarbeitsthema war schnell gefunden. Ich erinnerte mich, wie meine Betreuungsperson die PoL-Gruppe an einem Beobachtungsabend auf der Schul- und Volkssternwarte Bülach kurz in das Thema «Spektrographie» eingeführt hatte. Er montierte ein Glasprisma am achtzölligen Meade SNB Teleskop der Sternwarte und nahm das Spektrum von Sirius auf. Doch ausser mir schien sich niemand besonders für diese Technik zu interessieren, so dass die Gruppe sich später für das Erstellen einer animierten Präsentation über Himmelsobjekte entschied.

Die Maturarbeit bot mir die ideale Gelegenheit, um mich vertieft mit dem Thema «Spektrographie» zu beschäftigen. Ich wollte wissen, wie Absorptions- und Emissionslinien in Spektrogrammen entstehen und welche Informationen aus Spektren herausgelesen werden können. Ausserdem bot mir das Spektrographieren einen geeigneten Anlass, um mein astronomisches Wissen zu vertiefen und weitere praktische Erfahrungen im Aufsuchen von Objekten am Himmel sowie mit dem Einsatz von Teleskop und Kamera zu erlangen.

### Ziele setzen

Im März 2010 bestimmte ich Ziele, die ich bis zum Abgabetermin der Maturarbeitsarbeit Mitte Januar 2011 erreichen wollte. Dazu gehörte, dass ich selbstständig Spektrogramme von Sternen, Emissions- und Planetarischen Nebeln sowie von offenen Sternhaufen aufnehmen und diese auswerten wollte. Zusätzlich plante ich, mir theoretisches Wissen über Spektral- und Leuchtkraftklassen, über die Entstehung der Spektrallinien und die Geschichte der Spektrographie anzueignen. Besonders wichtig war



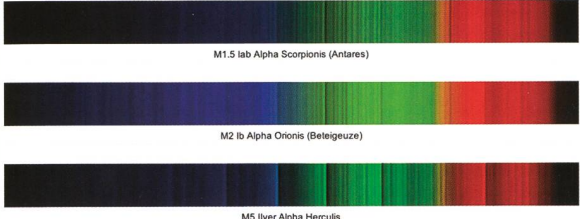
Zum Spektrographieren verwendete ich das Meade SNB Teleskop der Schul- und Volkssternwarte Bülach, welches vom 50cm-Newton/Cassegrain-Teleskop getragen wird. Auf der gleichen Montierung ist auch der 85er-Cassegrain-Reflektor (hinten links). (Foto: Jürg Alean)



Spektralklasse M Edit This Page Seite Diskussion Verlauf Benachrichtigung

**Eigenschaften von M-Sternen im Überblick**

- Temperatur der Photosphäre: 2'000K bis 3'500K
- Strahlungsmaximum: ca. 14'000Å (Infrarot)
- **B-V Index:** +1,4 => Farbe: orange-rotlich
- Typische Spektrallinien: Kupfer, Titanoxidbanden und Moleküle



Spektrum der Klasse M besitzen so viele Spektrallinien, dass die Auswertung kompliziert wird. Es ist schwierig zu bestimmen, welche Linie durch welches Element entsteht. Ausserdem sind bei abnehmender Temperatur immer mehr Molekülbanden vorhanden. Die niedrige Sternentemperatur vermindert die thermische Geschwindigkeit der Atome und Elementarteilchen. Dadurch gibt es in der Photosphäre weniger Teilchenzusammenstösse, die Moleküle zerstören können. Somit kann bei den kühlestern Sternen das Farbenkontinuum (Schwarzkörperstrahlung) fast nicht mehr gesehen werden. Die auffälligsten Banden stammen von Titanoxid.

Bei M- und Kohlenstoff-Sternen liegt das Strahlungsmaximum so tief im Infraroten, dass der kurzweilige, blaue Bereich in den Spektren massiv abgeschwächt wird. Im Gegensatz zu M-Sternen dominieren bei Kohlenstoff-Sternen - wie der Name bereits verrät - Banden der Kohlenstoffmoleküle C2 und C3 sowie CH- und CN-Moleküle.

**Rote Riesen und Zwerge**

Die Seite zur Spektralklasse M meines Wikis «Spektrographie» beginnt mit einer Übersicht und drei repräsentativen Spektrogrammen. Weiter unten folgen ein erklärender Text und eine Galerie mit zusätzlichen Spektren. Die ganze Datenbank mit allen Spektraltypen von Sternen, sowie Emissions- und Planetarischen Nebeln ist frei zugänglich unter <http://spektrographie.wikispaces.com/>. Die Datenbank wird in Zukunft weiter ausgebaut. (Printscreen)

es mir, eine mannigfaltige Sammlung von Spektrogrammen zusammenzutragen. Dazu sollten nicht nur Sterne aller klassischen Spektralklassen O, B, A, F, G, K und M, sondern auch spezielle, zum Beispiel sehr rote Kohlenstoffsterne, Be-Sterne mit besonderen Emissionslinien und Mira-Veränderliche zählen. Ich beschloss, die von mir aufgenommenen Spektren später zusammen mit gut verständlichen Erklärungen auf einer Website in Form eines Wikis zu präsentieren: <http://spektrographie.wikispaces.com/>.

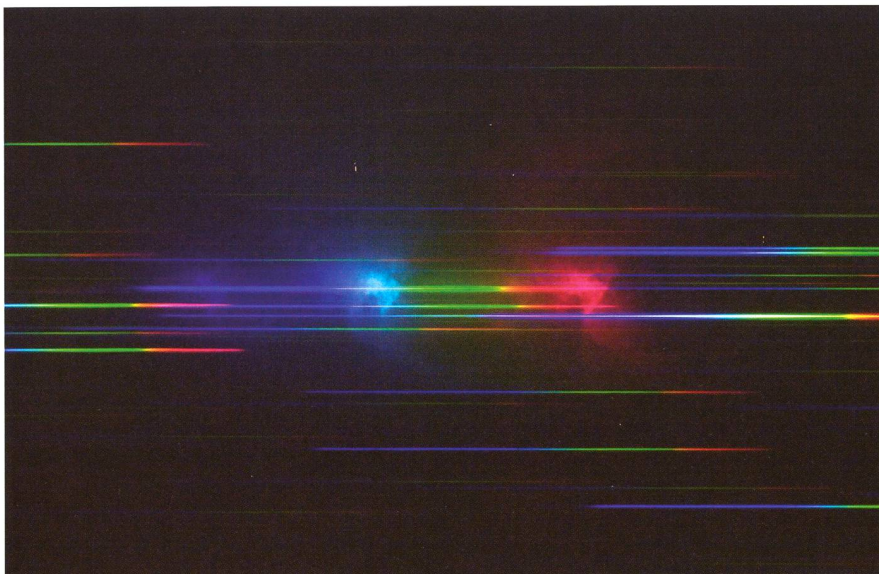
## Vorgehen

Aus dem PoL-Unterricht übernahm ich die Idee, meine Maturarbeit weitgehend papierlos mit Hilfe eines kostenlosen Web 2.0-Dienstes zu organisieren. Schriftliche Unterlagen wie die erarbeiteten Ziele, Notizen zur Technik und ein Journal speicherte ich auf einem so genannten «Wikispace» ab. Ausserdem konnte ich auf dem Wikispace mit meiner Betreuungsperson Termine vereinbaren und laufend eine Liste der spektrographierten Himmelsob-

jekten nachführen. Auf diese Unterlagen hatte ich von allen Computern mit Internetanschluss, also auch von der Sternwarte Bülach aus, Zugriff. Im Verlauf der Arbeit erwies sich das als ausgesprochen nützlich. Dazu ein Beispiel: Als ich mitten in der Maturarbeit aufgrund eines Hardwaredefekts viele Dateien verlor, bewährte sich das Wikispace ganz besonders, da die dort gespeicherten Daten erhalten blieben. Den praktischen Teil meiner Maturarbeit bildeten insgesamt zehn Spektrographieabende auf der Schul- und Volkssternwarte Bülach. Mit Hilfe eines 14 x 14 cm grossen Objektivprismas aus Flintglas konnte ich Himmelsobjekte bis zu etwa 6 mag spektrographieren. Das Prisma wurde jeweils relativ simpel aber



Das Objektivprisma aus Flintglas ist am Meade SNB Teleskop mit Gummiseilen befestigt und in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet. (Foto: Sascha Gilli)



Der Orionnebel besitzt wie alle Emissions- und Planetarischen Nebel ein Emissionsspektrum. Die rote Emission entsteht durch die Elektronenaufnahme von ionisiertem Wasserstoff; die grünlich-blaue Emission durch verbotene Übergänge der Elektronen des zweifach ionisierten Sauerstoffs. (Foto: Sascha Gilli)

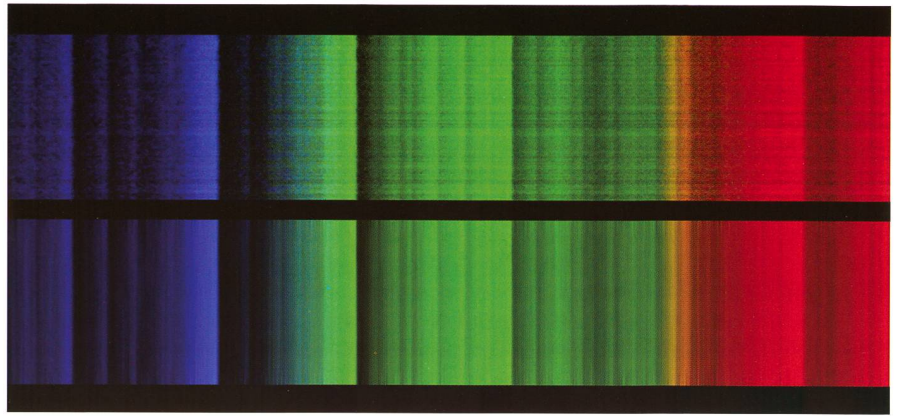
wirkungsvoll mit Gummiseilen vor dem Meade SNB-Teleskop (Durchmesser 20 cm, Brennweite 80 cm) befestigt. Die fadenförmigen Spektren verbreiterten sich seitlich, indem ich die automatische Nachführung des Teleskops während der Aufnahme jeweils abschaltete. Durch die Erdrotation wurden damit die Spektren aufgeweitet (dazu mussten sie zuvor durch Drehen des Prismas möglichst genau in Nord-Südrichtung gestellt werden). Allerdings entstanden durch das Szintillieren des Sterns auch unerwünschte horizontale Linien, die ich später durch Bildbearbeitung wieder entfernen konnte. Zur Aufnahme verwendete ich eine Pentax K20D-Spiegelreflexkamera mit APS-C Sensorformat 23,4 x 15,6 mm. Die Empfindlichkeit der Kamera stellte ich je nach Sternhelligkeiten auf zwischen 100 und 3200 ASA. Niedrigere Empfindlichkeiten



lieferten höher aufgelöste Spektren, waren aber nur bei den hellsten Sternen einsetzbar. Die Belichtungszeit betrug meistens 30<sup>s</sup>.

Mein Betreuer half mir beim Aufsuchen der gewünschten Sterne und wie häufig auftretende technische Probleme gelöst werden können (zum Beispiel das Vermeiden unscharfer Spektrogramme wegen schlechter Fokussierung). Schliesslich gelang es mir, effizient zu arbeiten und über 100 Himmelsobjekte zu spektrographieren. Dabei nahm ich von den meisten Objekten zwei bis drei Spektrogramme mit verschiedenen Kameraeinstellungen auf.

Nach den Spektrographieabenden wählte ich von jedem Objekt das beste Spektrogramm aus, benannte die Bilddatei mit Hilfe des während dem Spektrographieren erstellten Protokolls nach dem Objektnamen und bearbeitete die Rohspektren anschliessend mit dem Bildbearbeitungsprogramm «Adobe Photoshop CS 5». Mit der Bildbearbeitung sollte eine möglichst einheitliche Qualität der Spektren erzielt werden. Mit Hilfe des RAW-Konverters von Photoshop, «Camera RAW», richtete ich die Rohspektrogramme horizontal aus. Weiter skalierte ich die Spektren auf eine einheitliche Breite. Ich justierte die Spektrogramme mittels der prominentesten Absorptionslinien seitlich gegeneinander. Zuletzt konnte ich die Kontraste der Absorptionslinien mit folgendem Vorgehen verbessern: Durch einen selektiven Weichzeichnungsfilter parallel zu den Absorptionslinien wurden die durch die Szintillation verursachten Längsstreifen in den Spektren unterdrückt. Selektives Schärfen quer zu den Absorptionslinien verstärkte deren Sichtbarkeit (vergleiche Abbildung). Theoretische Grundlagen erarbeitete ich mir vor allem durch Lektüre von MALIN und MURDINS «Farbige Welt der Sterne» (1986) und Kalers «Sterne und ihre Spektren» (1994). Das erste Werk bot mir einen Einstieg zu den grundlegenden Zusammenhängen zwischen Temperatur, Farbe, Spektralklasse und Entwicklungsstadien eines Sterns. Für das vertiefte Verständnis war das deutlich anspruchsvollere, und ausschliesslich auf die Spektrographie bezogene Werk von Kaler nützlich. Er fasst alle wichtigen Informationen prägnant zusammen ohne die physikalischen Zusammenhänge zu stark zu vereinfachen.



Das Spektrum von Omikron Ceti wird im letzten Schritt der Bildbearbeitung quer ganz leicht selektiv geschärft. Zusätzlich werden die horizontalen Linien, die durch Szintillation entstehen. (Foto: Sascha Gilli)

chen. Die Lektüre insbesondere des zweiten Werks war zeitaufwändig, lohnte sich aber, weil ich erst dadurch die erläuternden Texte zu den Spektraltypen auf dem Spektrographie-Wiki verfassen konnte.

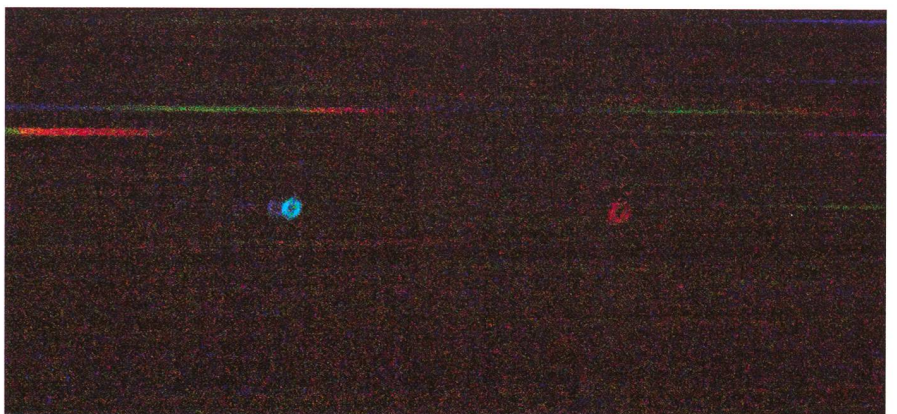
## Öffentlicher Wikispace «Spektrographie»

Bereits zu Beginn war für mich klar, dass ich die von mir aufgenommenen Spektren auch der interessierten Öffentlichkeit auf einer Website präsentieren wollte. Da ich Erfahrungen mit Wikispaces im PoL-Unterricht und während der Maturarbeit mit meiner Organisationsplattform sammeln konnte, schien es mir am sinnvollsten, zu diesem Zweck die gleichen Mittel einzusetzen (<http://spektrographie.wikispaces.com/>). Jeder Spektralklasse ist eine besondere Seite gewidmet; dazu kommen weitere zu den Emissions- und Planetarischen Nebeln. Diese weisen im

Gegensatz zu den Sternen Emissions- statt Absorptionslinienspektren auf, da ihre Gasdichte enorm klein ist. Des Weiteren gestaltete ich Seiten, welche die verwendete Technik erklären, sowie zum MK-System (Leuchtkraftklassen), zur Entstehung der Spektrallinien und zur Geschichte der Spektrographie.

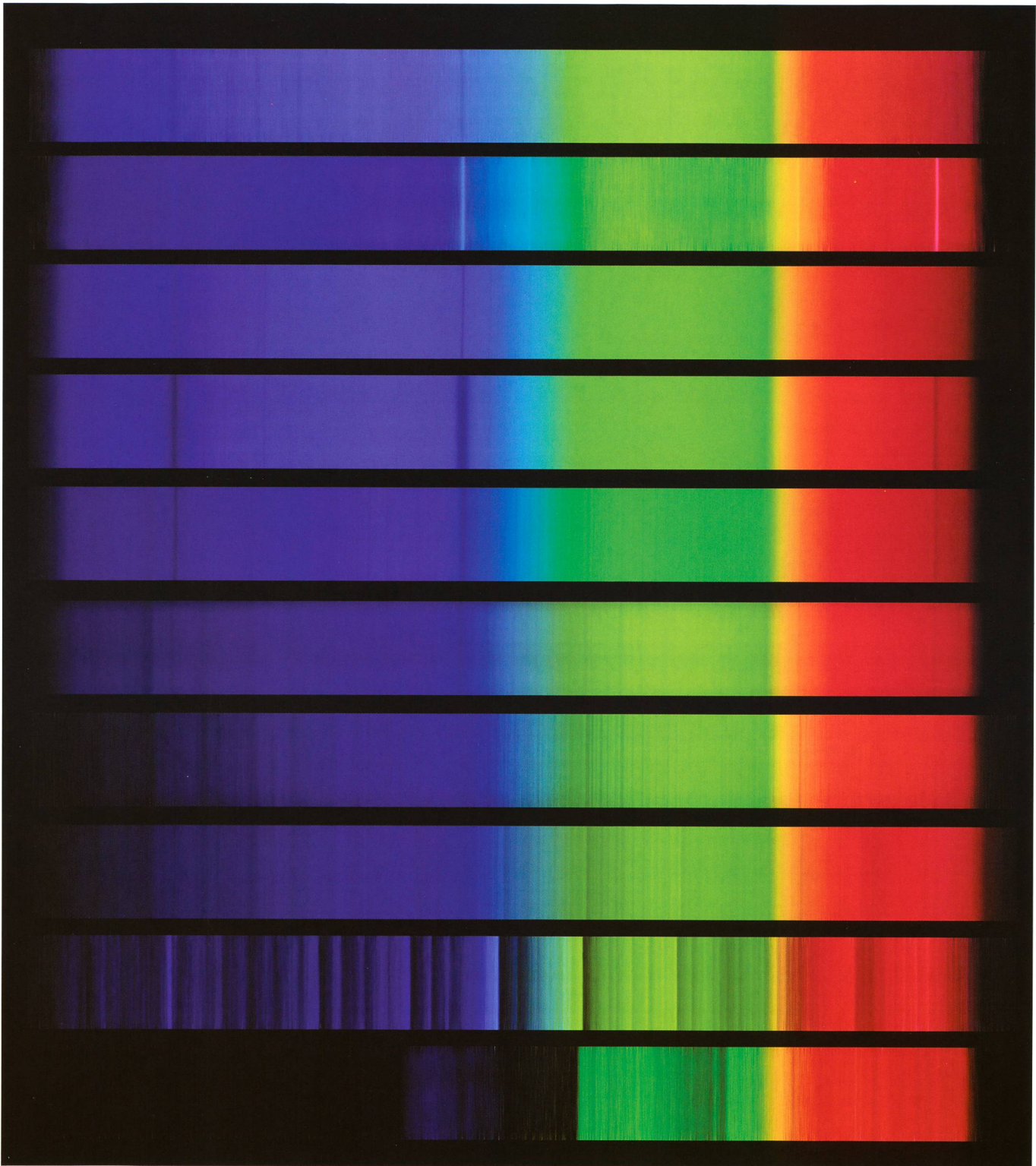
## Rückblick

Die Durchführung meiner Maturarbeit hat mir grosses Vergnügen bereitet. Es gab zwar immer wieder Probleme, wie beispielsweise das Identifizieren bestimmter Spektrallinien. Da ich sämtliche Spektrogramme mit einem Prisma (und nicht etwa mit einem üblicherweise zum Spektrographieren verwendeten Gitterspektrographen) aufgenommen hatte, konnte ich keine Vergleichsspektren aufnehmen, mit dessen Hilfe die Identifikation der Linien einfacher gewesen wäre.



Das Emissionsspektrum des Ringnebels, M 57. Seine Hülle, die vom Zentralstern vor etwa 20'000 Jahren abgestossen wurde, dehnt sich mit fast 20km/s in den Weltraum aus. (Foto: Sascha Gilli)





Spektrogramme von Sternen verschiedener Spektralklassen. Darunter sind sehr heiße, blaue Sterne (ganz oben) und kühle, rote (unten). Von oben nach unten handelt es sich um Lambda Cephei (O6), P Cygni (B2e), Beta Orionis (B8), Alpha Canis Majoris (A1), Alpha Canis Minoris (F5), Alpha Aurigae (G8), Alpha Hydrae (K3), Alpha Orionis (M2), Omicron Ceti (M7) und Y Canum Venaticorum (Kohlenstoffstern). (Foto: Sascha Gilli)

Trotzdem konnte ich Spektrogramme von etwa 100 Himmelsobjekten aufnehmen und meine gesteckten Ziele erfüllen. Nicht nur im theoretischen Bereich habe ich viel über Spektrographie gelernt, sondern kann nun Spektrogramme selber

aufnehmen, bearbeiten und auswerten. Ich hoffe, dass ich mit Hilfe meines Wikis zahlreichen Besuchern und Besucherinnen einen Einblick in die faszinierende Welt der Spektrographie vermitteln kann.

■ **Sascha Gilli**  
Bahnhofstrasse 29a  
CH-8157 Dielsdorf