

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 69 (2011)
Heft: 363

Artikel: Maturarbeit an der Kantonsschule : Spektrographieren von Sternen
Autor: Gilli, Sascha
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-897195>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

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^{mag} 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)

Aktionen: Neue Seite Letzte Änderungen Wird verwaltet Suchen Navigation Home Kontakt Spektalklassen Spektalklassen im Überblick Spektalklasse O Spektalklasse B Spektalklasse B Be-Sterne Spektalklasse A Spektalklasse F Spektalklasse F Cepheiden Spektalklasse G Spektalklasse K Spektalklasse M Spektalklasse M Mira-Sterne Kohlenstoff-Sterne Technik Instrumente Bildbearbeitung Diverses Spektren von Nebeln Spektren von Sternhaufen Geschichte der Spektrographie MK-System Entstehung der Spektallinien Rote Riesen und Zwerge

Spektalklasse M Edit This Page Seite Diskussion Verlauf Benachrichtigung

Eigenschaften von M-Sternen im Überblick

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

M1.5 Iab Alpha Scorpius (Antares)
M2 Ib Alpha Orionis (Betelgeuse)
M5 Iver Alpha Herculis

Spektren 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 Moleküllbanden vorhanden. Die niedrige Sternentemperatur vermindert die thermische Geschwindigkeit der Atome und Elementarteilchen. Dadurch gibt es in der Photosphäre weniger Teilchenzusammensetzung, die Moleküle zerstören können. Somit kann bei den kühleren 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 kurzwellige, 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.

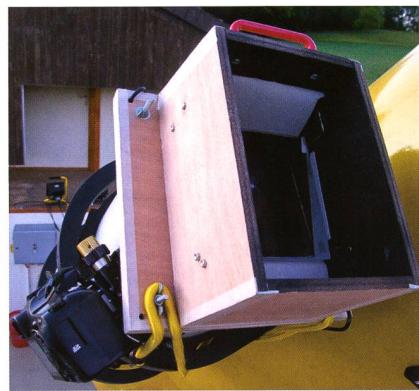
Die Seite zur Spektalklasse M meines Wikis «Spektrographie» beginnt mit einer Übersicht und drei repräsentativen Spektrogrammen. Weiter unten folgen ein erklärender Text und eine Galerie mit zusätzlichen Spektren. Die ganze Datenbank mit allen Spektaltypen von Sternen, sowie Emissions- und Planetarischen 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 Spektalklassen 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/>.

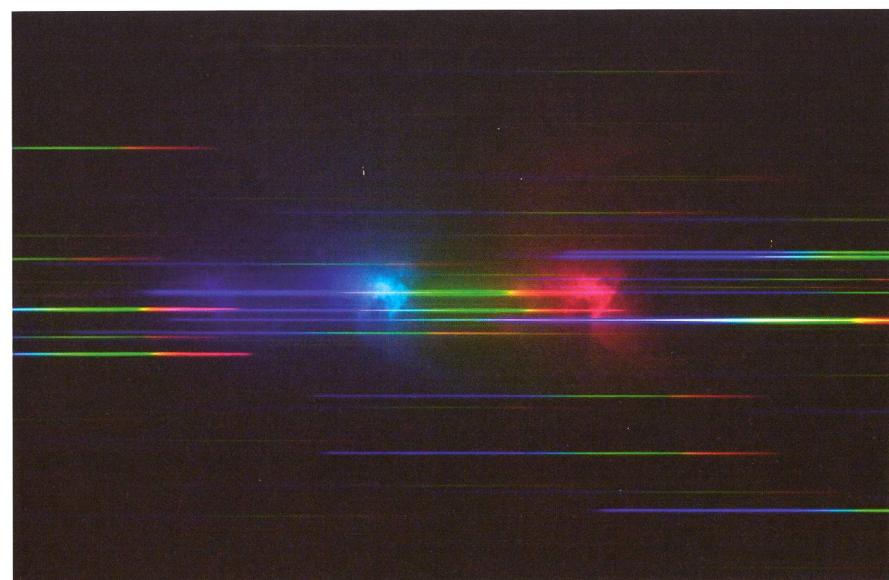
Vorgehen

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 spektographierten Himmelsobjekten 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)

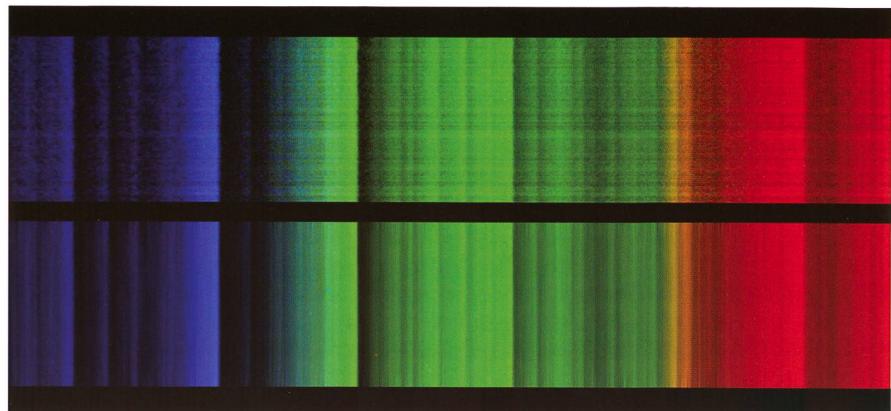
wirkungsvoll mit Gummiseilen vor dem Meade SNB-Teleskop (Durchmesser 20 cm, Brennweite 80 cm) befestigt. Die fadenförmigen Spektren verbreiterten sich seitlich, indem ich die automatische Nachführung des Teleskops während der Aufnahme jeweils abschaltete. Durch die Erdrotation wurden damit die Spektren 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

Spektroskopie

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

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 nützlicher. 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 interessierteren 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

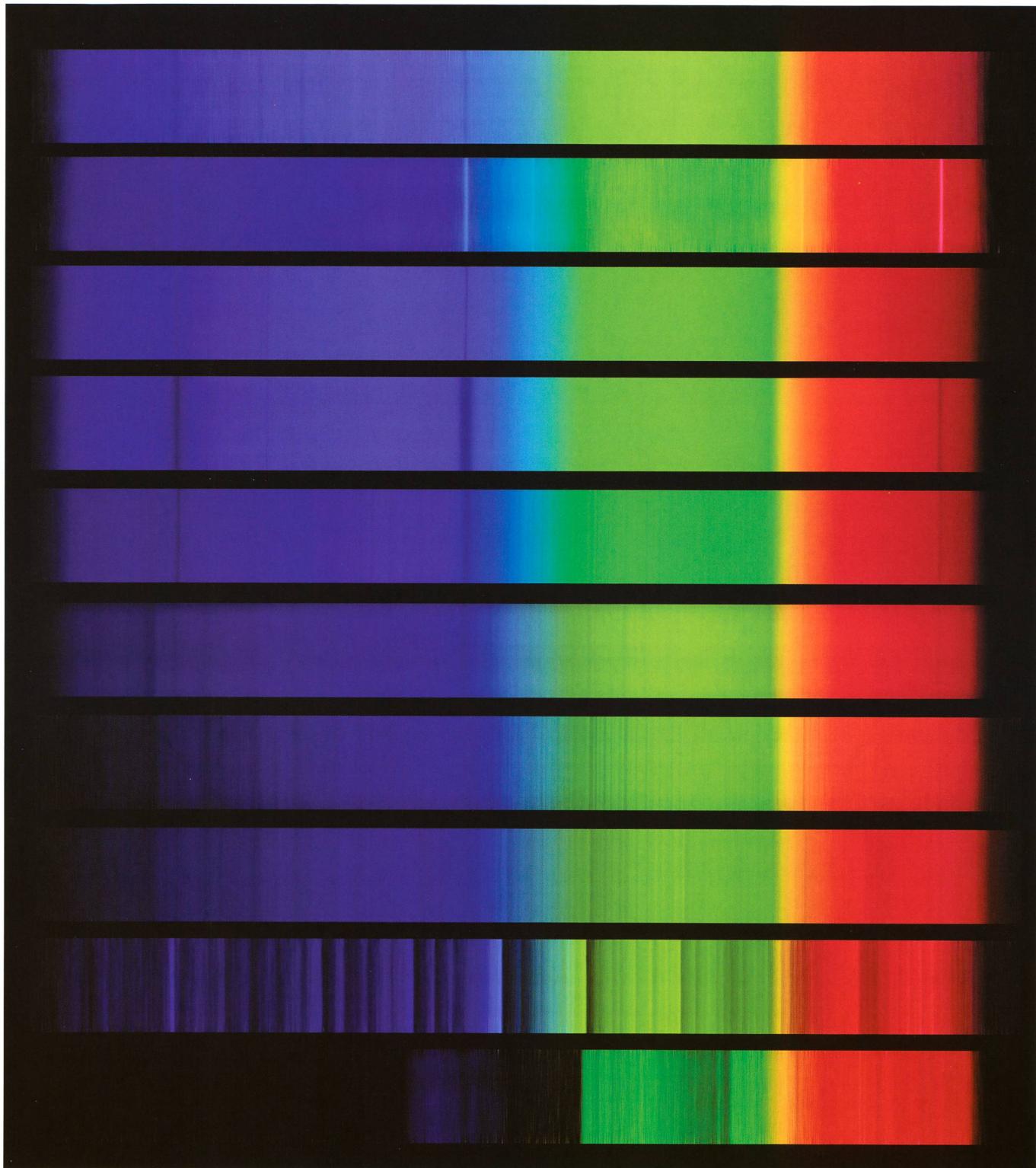
Gegensatz zu den Sternen Emissions- statt Absorptionslinienspektren auf, da ihre Gasdichte enorm klein ist. Des Weiteren gestaltete ich Seiten, welche die verwendete Technik erklären, sowie zum MK-System (Leuchtkraftklassen), zur Entstehung der Spektrallinien und zur Geschichte der Spektrographie.

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 Hydriæ (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