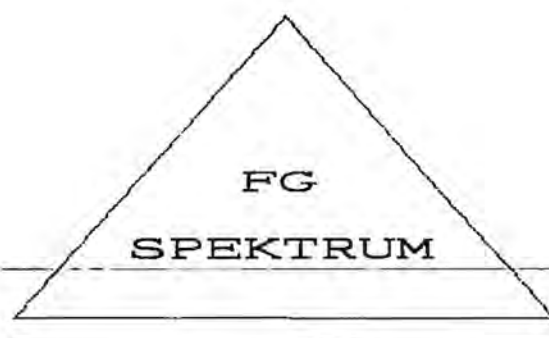




Mitteilungsblatt der
Fachgruppe

S P E K T R O S K O P I E

der Vereinigung der
Sternfreunde e.V.

Rundbrief Nr. 13 (1997)

Einzelheft: 3,50 DM (plus Porto)
Herausgeber: Ernst Pollmann
Charlottenburgerstraße 26c
51377 Leverkusen

Rundbrief Nr. 13 (1997)

Inhaltsverzeichnis

M. Federspiel	Amateurspektroskopie mit dem Baader-Gitter und einer CCD-Kamera	Seite 1
M. Kretlow	CCD-gestützte Kometenspektroskopie mit Amateurmitteln: Teil 1	11
B. Hanisch	Spektroskopische Beobachtungen an planetarischen Nebeln mittels Objektivprismenspektroskopie	20
Dr. A. Kaufer	Mailing Liste der Fachgruppe Spektroskopie	27
E. Pollmann	Programm zum Spektroskopie-Workshop auf der Starkenburg-Sternwarte Heppenheim 27.-29.6.97	28
E. Pollmann	Danksagung für die erfreulich rege Mitgestaltung dieses Rundbriefes	29

Amateurspektroskopie mit dem Baader-Gitter und einer CCD-Kamera

Martin Federspiel (Sternfreunde Breisgau e.V.), Freiburg

Bis vor wenigen Jahren war die Spektroskopie und die Arbeit mit CCD-Kameras professionellen Astronomen vorbehalten. Inzwischen ist die CCD-Technik bezahlbar geworden und hat auch den Amateurmarkt erobert. Seit einiger Zeit ist auch der Einstieg für Amateure in die Spektroskopie kein Problem mehr: Die Firma Baader-Planetarium in Mammendorf bietet ein preisgünstiges Blaze-Transmissionsgitter an, das sich für erste spektroskopische Beobachtungen gut eignet. Hier soll über Erfahrungen der Sternfreunde Breisgau e.V. berichtet werden, die ein solches Gitter zusammen mit einer ST-7 CCD-Kamera verwenden. In dieser Kombination lassen sich die Vorteile der CCD-Graphie für die Spektroskopie nutzen.

Die Beobachtung

Das holographisch hergestellte Baader-Gitter hat 207 Linien pro mm und ist in der ersten Ordnung geblazt. Für visuelle Beobachtungen, die hauptsächlich aus didaktischen Gründen in Frage kommen, wird es wie ein Filter in eine Okularsteckhülse eingeschraubt, in die von der anderen Seite ein Okular eingeführt wird. Eine Zylinderlinse vor dem Auge weitet den Spektralfaden auf. Bei den hellsten Sternen kann man so einige wichtige spektrale Charakteristika wie die Linien der Balmer-Serie oder Molekülbanden direkt beobachten. Temperatureffekte wie etwa die Lichtverteilung im Spektrum oder das Auftreten bestimmter Spektrallinien oder Molekülbanden lassen sich in Kombination mit der Farbe der Sterne eindrucksvoll veranschaulichen. Das ist live erlebte Astrophysik.

Mit einer CCD-Kamera lassen sich viel mehr Einzelheiten im Spektrum sichtbar machen. Wir betreiben das Gitter in einer möglichst einfachen Anordnung an unserem C11. An die Stelle des Okulars tritt die ST-7 CCD-Kamera. Das Gitter liegt also kurz vor dem Eintrittsfenster der Kamera und wird *ohne* Spalt im konvergenten Strahlengang des C11 bei f/10 betrieben. Kürzere Öffnungsverhältnisse sind nicht empfehlenswert, weil dann die Abbildungsfehler zunehmen. Das Gitter wird so orientiert, daß der Spektralfaden in Deklinationsrichtung verläuft. Je nach Sternhelligkeit wird die Nachführung in Rektaszension verlangsamt oder ganz abgestellt, um das Spektrum aufzuweiten, wobei noch ein Stück Himmel auf jedem Bild sichtbar bleiben sollte.

Leider ist das Gesichtsfeld der CCD-Kamera in dieser Konfiguration zu klein, um das ganze Spektrum von Infrarot bis Blau zu überblicken. Es sind deshalb für jedes Spektrum drei überlappende Aufnahmen nötig, die bei der Auswertung im Computer zu einem Gesamtspektrum kombiniert werden. Die Belichtungszeiten liegen je nach Sternhelligkeit zwischen 30 Sekunden und drei Minuten. Die Kamera kann im 2×2 -Binningmodus betrieben werden, weil die spektrale Auflösung des Gitters schlechter als die Größe eines

Bildelements bei hoher Auflösung ist. Die Fokussierung erfolgt an der nullten Ordnung des Spektrums und ist etwas zeitraubend. Ein leichter Astigmatismus des Gitters macht sich dabei störend bemerkbar.

Die Auswertung

Ein großer Vorteil der CCD-Graphie besteht darin, daß die Daten im Computer beliebig aufwendig verarbeitet werden können und direkt für quantitative Messungen zur Verfügung stehen. Die Auswertung der Spektren erfolgt bei uns auf einem PC unter DOS mit dem Bildverarbeitungsprogramm MiPS (siehe SuW 34, 932 [1995]). Mit MiPS können die Verarbeitungsschritte weitgehend automatisiert werden. Im einzelnen gehen wir nach folgendem Schema vor:

- Abziehen des Dunkelstroms für jede Aufnahme (in dieser Aufnahmeanordnung können leider keine sinnvollen Flatfields aufgenommen werden), Abziehen des Himmelshintergrundes,
- Drehen des Bildes, sodaß die Spektrallinien parallel zum Bildrand liegen,
- Mittelbildung über alle Spalten des Bildes, sodaß nur die spektrale Information erhalten bleibt,
- Identifikation einiger Strukturen in den Überlappungsbereichen, Intensitätsangleichung und Kombination der drei Teilspektren zu einem Gesamtspektrum,
- Wellenlängenkaliibration anhand sicher identifizierter Linien (die Dispersion ist hinreichend linear),
- Intensitätskaliibration anhand eines Standardspektrums (bislang noch nicht durchgeführt),
- Erzeugung eines künstlich eingefärbten Spektrums für didaktische Zwecke.

Erste Ergebnisse

Die nachstehenden Abbildungen zeigen die Intensitätsplots einiger Spektren, die auf die oben beschriebene Weise aufgenommen und verarbeitet wurden. Die Spektren decken die eindimensionale Spektralsequenz weitgehend ab; ergänzend zeigen zwei Abbildungen Sondertypen wie Sterne mit Emissionslinien oder ungewöhnlicher chemischer Zusammensetzung.

Die mit dem Baader-Gitter aufgenommen Spektren enthalten eine ausreichende Vielfalt an Linien, um den eindimensionalen Spektraltyp bestimmen zu können. Die Leuchtkraftklassenbestimmung ist schwieriger, zumal Spektren, die in verschiedenen Nächten aufgenommen wurden, aufgrund des variablen Seeings, für das jeder spaltlose Spektrograph sehr empfindlich ist, unterschiedlich verwaschen erscheinen können. Hervorstechende spektrale Besonderheiten wie Emissionslinien in sogenannten Shellsternen oder ZrO-Banden in S-Sternen sind nachweisbar.

CCD-Kameras für Amateure sind im blauen und UV-Bereich unterhalb 4000 Å meistens blind, „sehen“ dafür aber im nahen Infrarot bis 1 µm sehr gut. Einerseits verliert

der Spektroskopiker wichtige Linien am blauen Ende des Spektrums, dafür erhält er aber Zugang zu anderen wichtigen Linien, z. B. zu Teilen der Paschen-Serie oder zum infraroten Ca II-Triplett.

Die hier gezeigten Spektren sind noch nicht intensitätskalibriert. Die Intensitätsverteilung spiegelt daher im wesentlichen die spektrale Empfindlichkeitsverteilung der CCD-Kamera und die Blaze-Eigenschaften des Gitters wider.

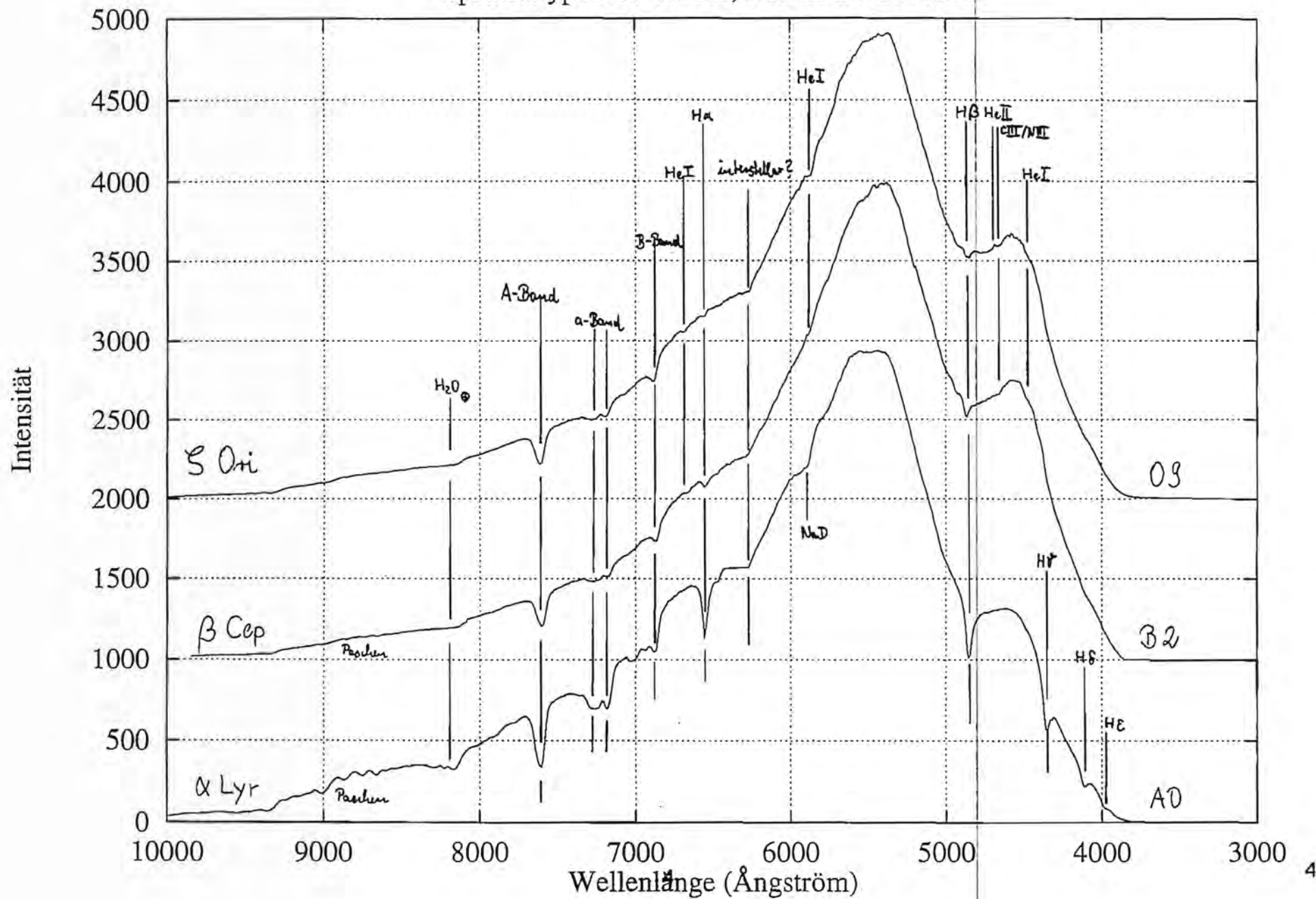
Die spektrale Auflösung unserer Spektren liegt bei etwa 30 Å. Das theoretische Auflösungsvermögen des Gitters von etwa 1 Å wird bei weitem nicht erreicht, was teilweise auf Seeingeffekte und auf die optische Anordnung des Gitters zurückzuführen ist.

Bei unseren bisherigen Versuchen haben wir die erreichbare Grenzhelligkeit noch nicht ausgelotet. Versuche mit Sternen schwächer als 6^m lassen jedoch hoffen, daß 8^m erreichbar ist, je nachdem, welches Signal-zu-Rausch-Verhältnis akzeptiert werden kann, wie rot der Stern ist, ob Emissionslinien vorhanden sind usw. Bei schwächeren Sternen kann – wie bei allen spaltlosen Spektrographen – Überlappung ein Problem sein.

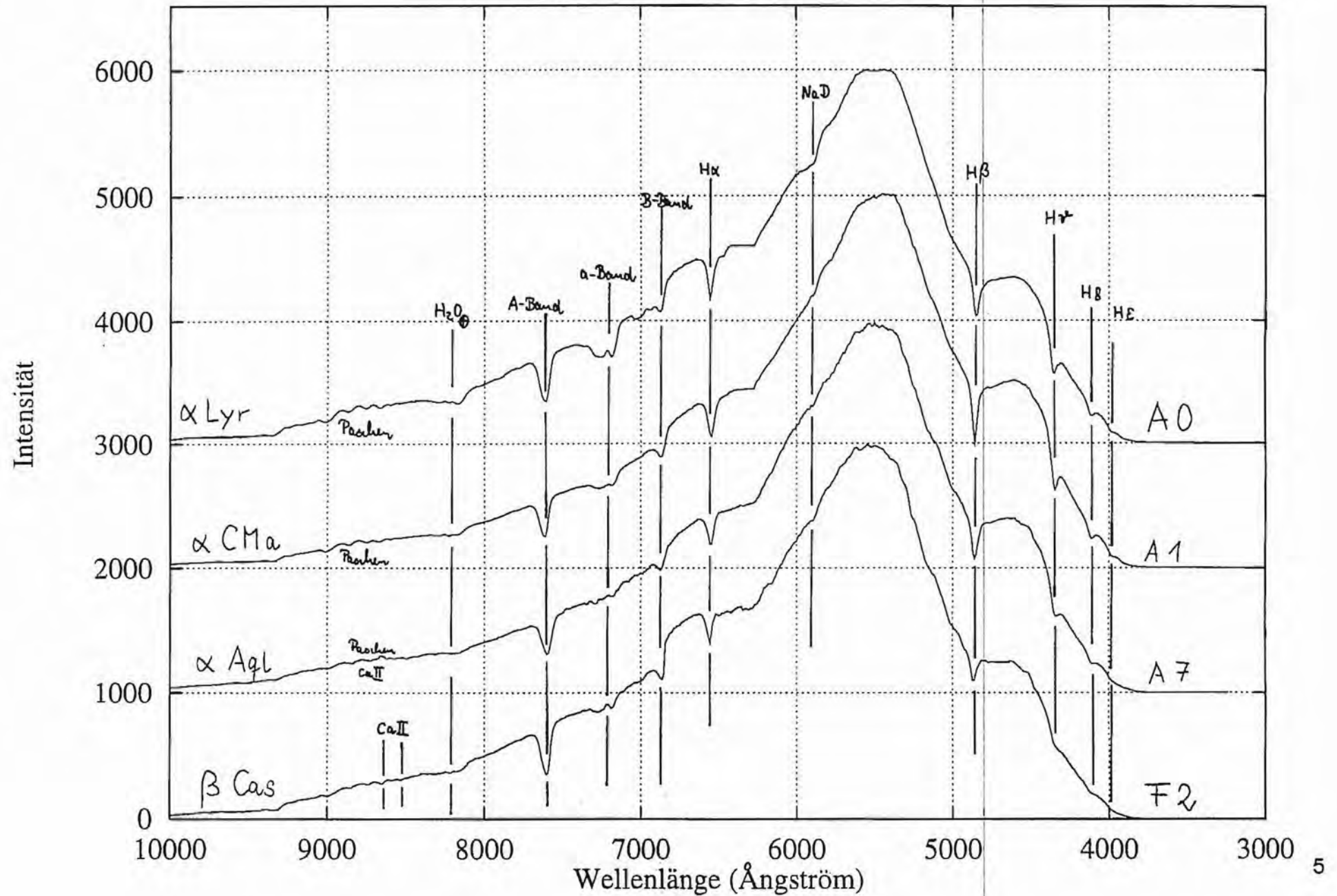
Schlußwort

Die hier vorgestellte Arbeit zeigt, daß das Baader-Gitter für Klassifikationszwecke und didaktische Aufgaben durchaus gut geeignet ist. Natürlich darf man von einem Gitter dieser Preisklasse und in der vorgesehenen optischen Anordnung im konvergenten Strahlengang keine Wunder erwarten. In Kombination mit einer CCD-Kamera ist es jedoch ein nützliches Instrument, mit dem auch einfache Amateurforschungsprojekte durchgeführt werden können.

Spektraltypen O9 bis A0, Baader-Blaze-Gitter



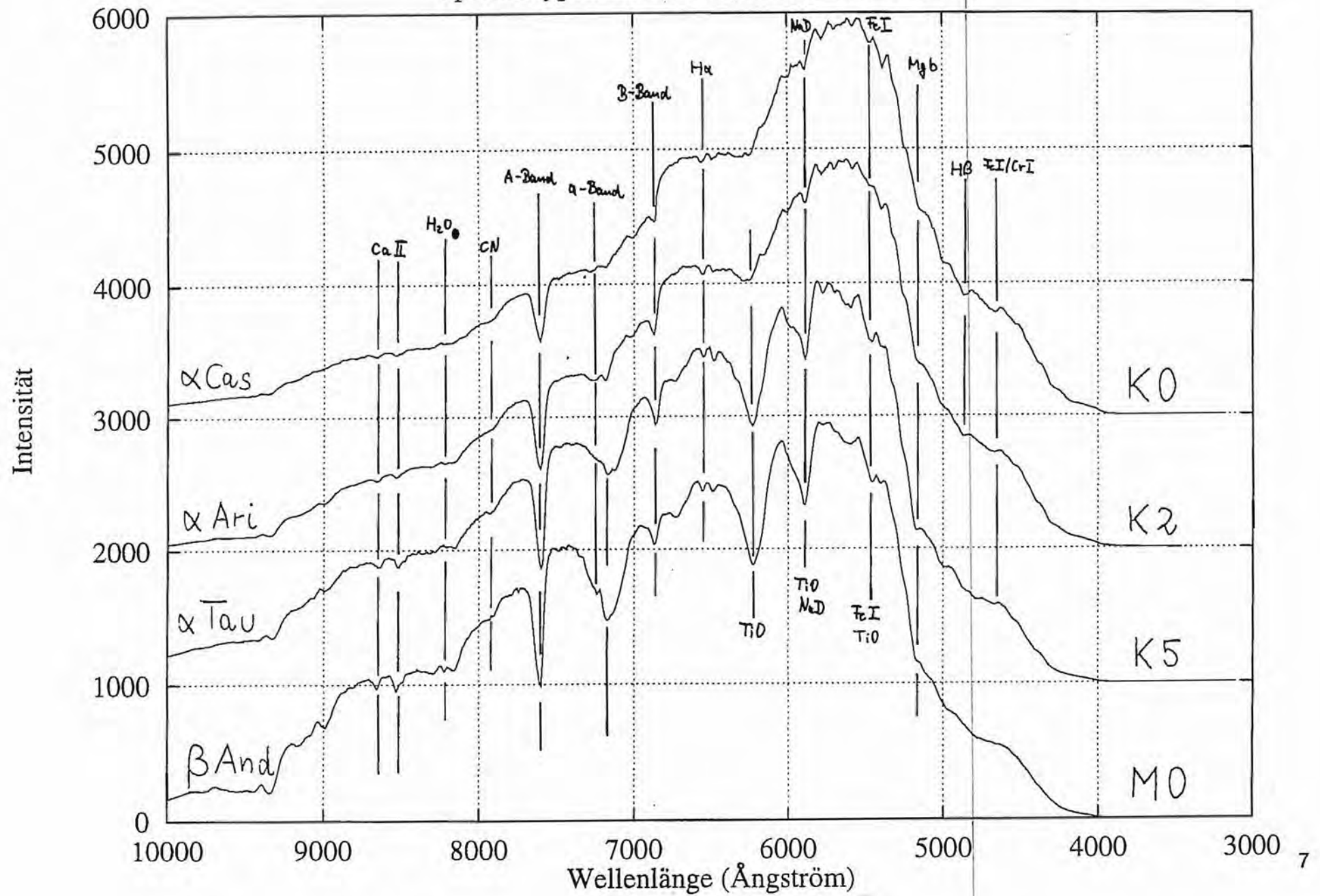
Spektraltypen A0 bis F2, Baader-Blaze-Gitter



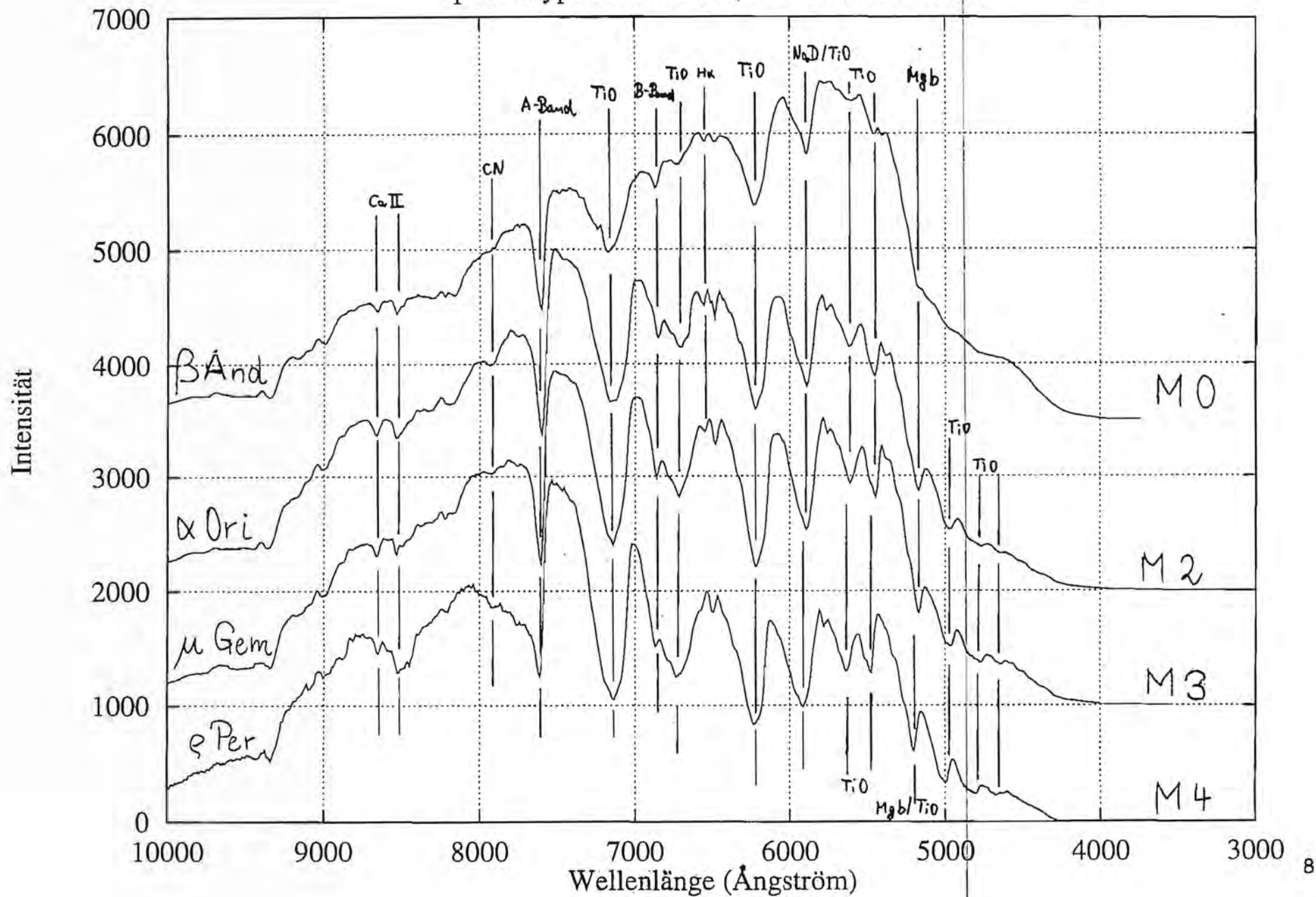
()



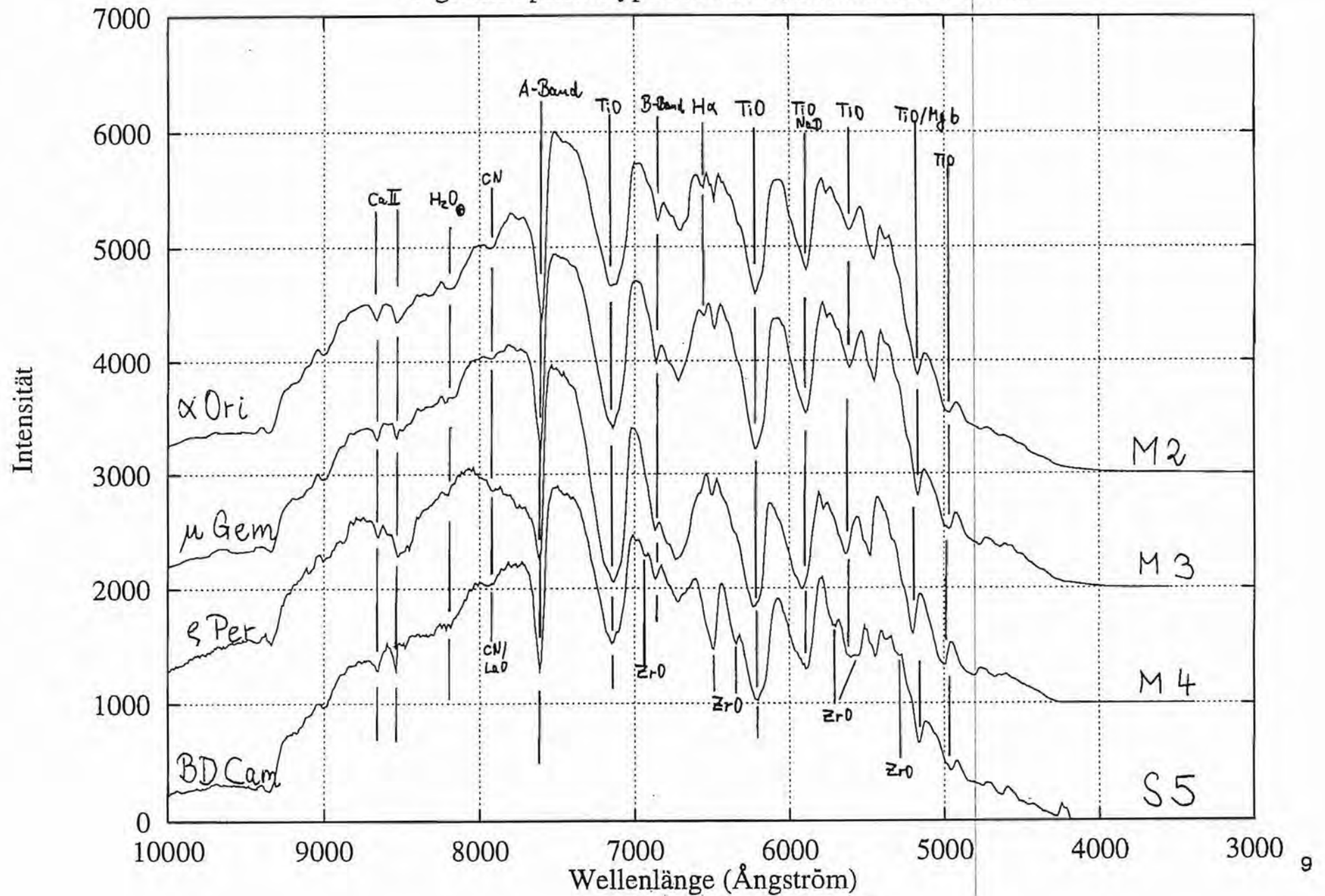
Spektraltypen K0 bis M0, Baader-Blaze-Gitter

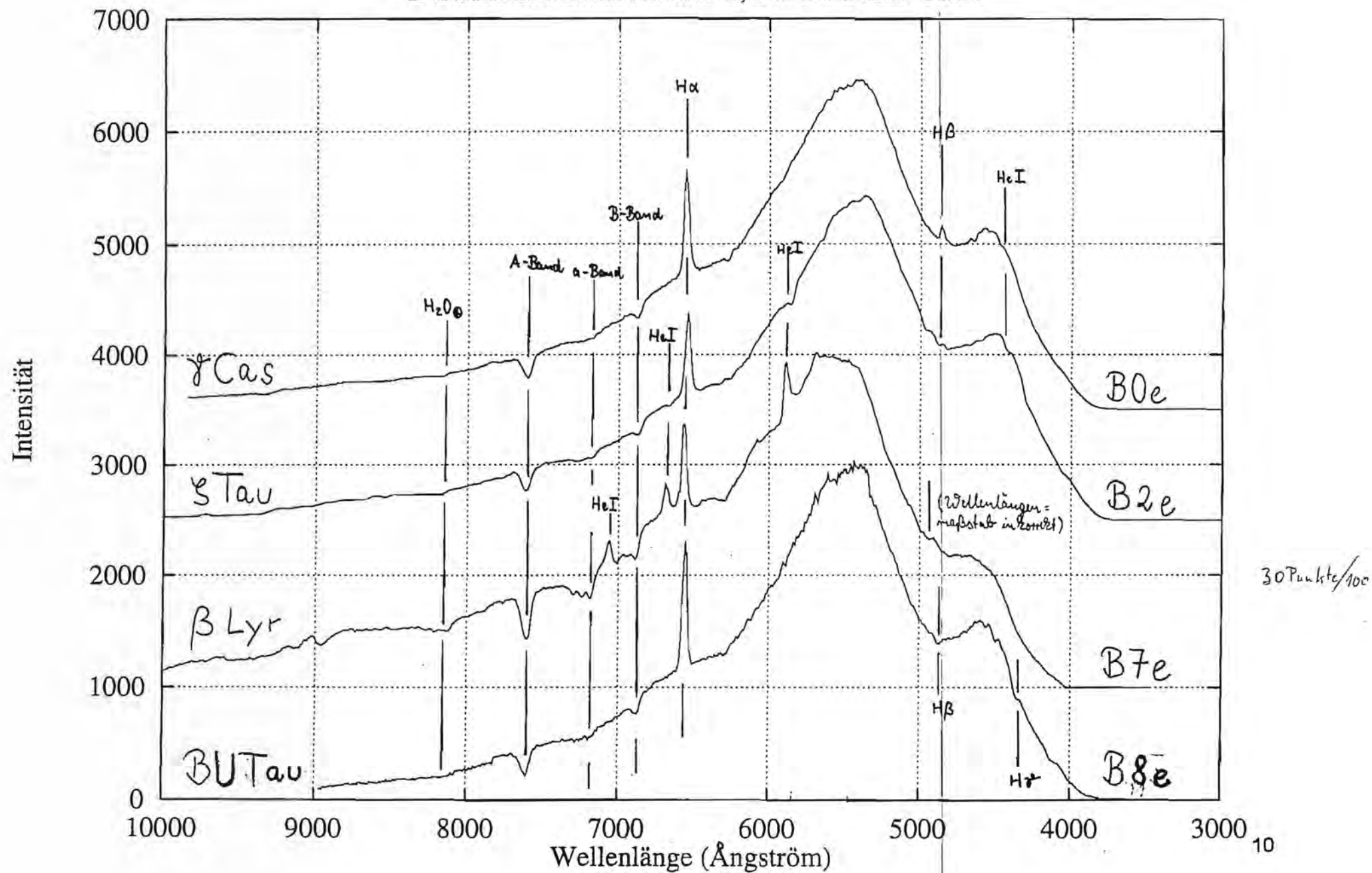


Spektraltypen M0 bis M4, Baader-Blaze-Gitter



Vergleich Spektraltypen M und S, Baader-Blaze-Gitter





CCD-gestützte Kometenspektroskopie mit Amateurmitteln: Teil 1

(von Mike Kretlow, Siegen)

1. Einleitung

Neue und moderne Techniken haben ihren Einzug in die Arbeit des Amateurs genommen: Leistungsfähige CCD-Kameras, PC's (bzw. PC-Workstations) und Softwarepakete haben neue Möglichkeiten der Beobachtung und Auswertung geschaffen. Größe und Qualität der Beobachtungsinstrumente wachsen ebenfalls kontinuierlich, so sind an Vereins- und Volkssternwarten Teleskopöffnungen von 40 cm und mehr immer häufiger anzutreffen¹. Damit verbunden ist eine Erschließung neuer Betätigungsfelder, die u.a. auch die Beschäftigung mit professionellen Fragestellungen erlaubt².

Als wir³ 1995 mit CCD-Beobachtungen begannen, stellte sich dem Verfasser alsbald die Frage, ob sich die offenkundige Leistungsfähigkeit und die Vorteile von CCD-Detektoren nicht dazu nutzen ließen, Kometenspektroskopie mit Amateurgeräten zu betreiben, die womöglich auch wissenschaftlich relevante Ergebnisse liefern kann. In der Vergangenheit gab es einige wenige Ansätze, Kometenspektren auf photographischer Basis zu gewinnen [1]. Daß es aber unter den Amateuren bei diesen Einzelversuchen blieb, ist wohl darauf zurückzuführen, daß das bislang zur Verfügung stehende Instrumentarium selbst bei relativ hellen Kometen nicht für eine systematische Arbeit ausreichte. So begannen wir, in der Spektroskopie noch völlig unerfahren, uns mit diesem Thema zu befassen. Ein persönliches Zusammentreffen des Verfassers mit Herrn Ernst Pollmann im Spätsommer '95 forcierte die Entwicklung unserer Absichten erheblich: er riet uns, Kontakt mit Herrn Karl-Heinz Uhlmann aus Lampertheim bzgl. eines Spektrographen(selbst)baus aufzunehmen und stellte uns im Herbst dann seinen Prismenspektrograph von Lichtenknecker leihweise zur Verfügung. Damit konnten wir einerseits erste "Gehversuche" in der CCD-Spektroskopie unternehmen (wie sich herausstellen sollte, sammelten wir hier bereits wichtige Erfahrungen, die dann in die Konzeption unseres eigenen Spektrographen einfließen) und uns andererseits in aller Ausführlichkeit um den Bau eines für unsere Belange geeigneten Spektrographen kümmern.

In diesem Beitrag möchte der Verfasser die wichtigsten Punkte dieser Arbeit skizzieren, unsere ersten Erfahrungen und Resultate wiedergeben, und schließlich Anregung für weitere Arbeiten auf diesem Gebiet geben. An dieser Stelle sei die Arbeit einiger ESO-Mitarbeiter in Garching erwähnt, die ebenfalls mit einem nicht allzu

¹ das größte, hier in Deutschland im Bau befindliche Volkssternwarteninstrument hat eine Öffnung von 1m !

² dieser Punkt wurde in mehreren Arbeiten und Bemerkungen an dieser und anderer Stelle von E. Pollmann konstruktiv erläutert.

³ eine kleine Interessengruppe an der Sternwarte der Gesamthochschule Siegen.

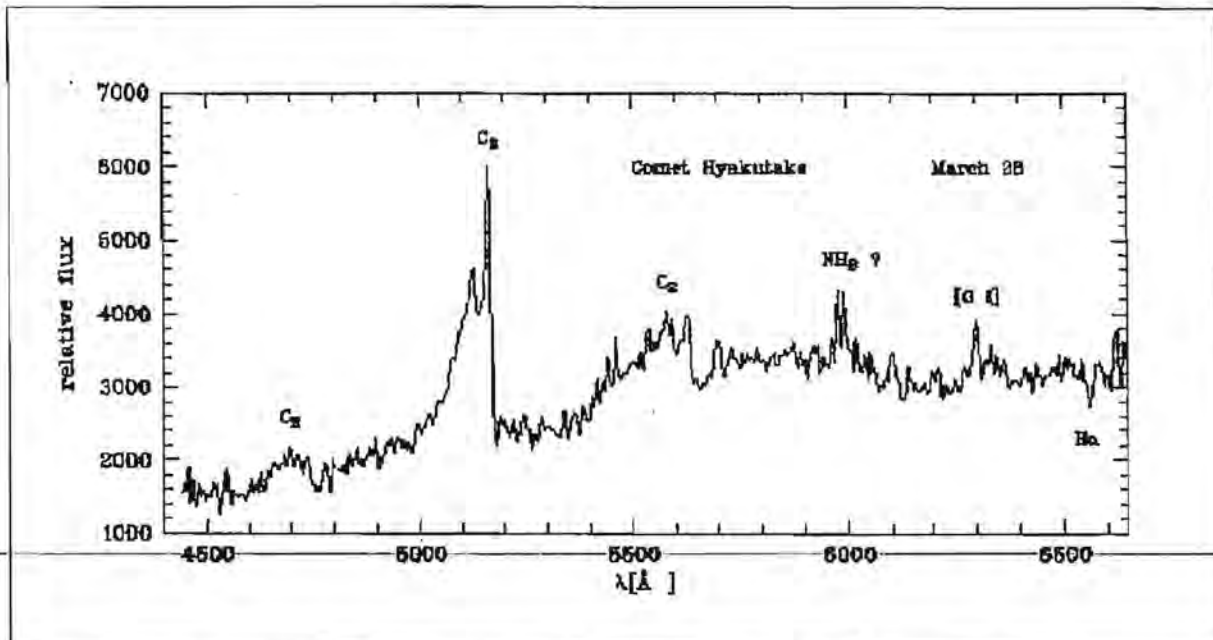


Abbildung 1: Sichtbares Spektrum geringer Dispersion des Kometen Hyakutake (C/1996B2). Gewonnen mit einem Gitterspektrographen (600 Furchen/mm, auf 500nm geblazed) mit Glasfaseroptik (40 Bogensekunden am Himmel abbildend) und einer 512x512-CCD-Kamera an einem 100/1000mm-Maksutov-Objektiv. Abbildung ESO und G.Avila, J.M.Alcala, C.Guiraro, J.Rodriguez.

großen Instrumentenaufwand ein Spektrum des Kometen Hyakutake im März 1996 aufnehmen konnten, siehe Abb.1.

Dieser erste Teil befasst sich mit einigen theoretischen Grundlagen sowie instrumentellen Fragen und beschreibt unsere ersten praktischen Erfahrungen mit dem spaltlosen Lichtenknecker-Spektrographen. Im zweiten Teil sollen erste Erfahrungen und Ergebnisse mit einem Spaltspektrographen behandelt werden.

2. Grundlegendes zur Physik der Kometen

Beobachten wir einen Kometen am Himmel, so sehen wir nie den eigentlichen Körper, den Kometenkern⁴. Vielmehr ist die für uns sichtbare Kometenerscheinung die Folge einer komplexen Wechselwirkung des Kernes mit seiner Umgebung. Kometen(kerne) kann man sich in einem vereinfachten Modell als schmutzige Schneebälle⁵ vorstellen, also als ein Konglomerat aus gefrorenem Wasser und anderer gefrorener Gase wie z.B. Kohlendioxid und Ammoniak, sowie darin eingelagerten, festen (Staub-) Partikeln. Der mittlere Durchmesser dürfte in der Größenordnung von wenigen km bis einigen 10 km liegen. Eine große Anzahl solcher Kerne befindet sich vermutlich in zwei großen Reservoirs, die jenseits der Neptunbahn (sog. Kuiper-Ring) und am Rande des Einflußbereiches unserer Sonne (sog. Oortsche Wolke in etwa 50000–150000 AE Entfernung) liegen. Beide Bereiche sind im Zuge der Entstehung des Sonnensystems gebildet worden. Daher dürfte sich in Kometenkernen ursprüngliches

⁴ die bislang einzigen Bilder eines Kometenkernes lieferten 1986 die Vega- und Giotto-Missionen von Halley.

⁵ dieser von Fred Whipple (dem Begründer dieser Theorie) geprägte Begriff verleitet zur der Annahme, daß Kometen sehr helle, stark reflektierende Körper sind. Wie sich bei der Erforschung des Kometen Halley gezeigt hat, haben Kometenkerne ein extrem niedriges Albedo; Halley ist der dunkelste Körper, den wir in unserem Sonnensystem kennen.

Material in unveränderter Form wiederfinden — das macht Kometen für das Verständnis des Sonnensystems so wichtig. Wird nun ein solcher Kern durch eine gravitative Störung auf eine Bahn gebracht, die ihn in das innere Sonnensystem führt, so setzt wegen der zunehmenden Erwärmung des Kernes ab etwa 3 AE heliozentrischer Distanz an seiner Oberfläche eine Aktivität ein⁶, das Eis sublimiert, und es bildet sich eine dichte Wolke gasförmiger Anteile um den Kern, die sog. Koma. Die in den Oberflächenschichten eingelagerten Staubpartikel werden bei diesem Prozeß ebenfalls in die Koma freigesetzt. Im Spektrum tauchen jetzt Molekülbanden des Cyans (CN) und des molekularen Kohlenstoffes (C₂) auf. Die Hauptkomponenten eines Kometen bilden gewöhnliches Wasser (H₂O) und Kohlendioxid (CO₂), daneben noch wie erwähnt Cyan (CN) und molekularer Kohlenstoff, sowie Ammoniak (NH₃), Methan (CH₄), aber auch *organische* Moleküle wie z.B. Formaldehyd (H₂CO) wurden nachgewiesen. Die Wassermoleküle und auch andere, vor allem komplexe Moleküle dissoziieren sofort nach ihrer Freisetzung aufgrund der UV-Strahlung der Sonne in einfachere (auch elektrisch geladene) Strukturen⁷. Insbesondere wird das Wassermolekül in einatomigen Wasserstoff (H) und ein Hydroxyl-Radikal (OH) aufgespalten. Dies führt zur Bildung einer Wasserstoffwolke um den Kometen, die sehr viel größer ist als die Koma selbst (Größenordnung 100000 km), und einer etwas kleineren Hydroxyl-Wolke. Beides kann im UV nachgewiesen werden. Von der Sonne wird fortwährend ein Strom von geladenen Partikeln (Plasma) freigesetzt, die sich mit einer Geschwindigkeit von einigen hundert km/s durch den interplanetaren Raum bewegen. Treffen diese Partikel auf die geladenen Teilchen der Koma, werden sie mitgerissen — es bildet sich der sog. Plasmaschweif. Im Spektrum des Schweifes findet man Emissionen von Molekülonen, z.B. des Kohlenmonoxidions (CO⁺), das auch für die bläuliche Farbe des Schweifes auf photographischen Aufnahmen verantwortlich ist. Der Strahlungsdruck des Sonnenlichtes bewirkt, daß auch die Staubeilchen weggetrieben werden und den Staubschweif des Kometen bilden. Er reflektiert das Sonnenlicht und erscheint uns daher meist gelblich. Sein Spektrum ist daher vom Sonnenspektrum geprägt. Abb.2 fasst das Gesagte noch einmal schematisch zusammen. Eine Übersicht der bis 1982 in Kometenspektren identifizierten Stoffe und der Wellenlängen der zugehörigen Banden oder Linien findet man in [2], Tab. I, p. 25ff; sie mag der Auswertung von Kometenspektren dienlich sein. Weitere Literaturzitate, die analysierte Kometenspektren im optischen Bereich enthalten, werden im Literaturverzeichnis gegeben.

⁶ dies ist nur als Durchschnittswert anzusehen. Gelegentlich setzt die Aktivität bereits in größeren Distanzen ein, beispielsweise wäre da der (vermutlich überdurchschnittlich große) Komet Hale-Bopp zu nennen, der bereits in rund 7.3 AE heliozentrischer Distanz mit einer Helligkeit von etwa 10.5 mag entdeckt wurde.

⁷ es kann nicht zweifelsfrei gesagt werden, ob die relativ einfachen Moleküle wie Cyan und Kohlenmonoxid, die im Spektrum beobachtet werden, mit den ursprünglich vom Kern freigesetzten identisch sind, oder nur Folgeprodukte der Photodissoziation (und anderer Prozesse wie Zusammenstöße oder andere chemische Reaktionen) sind.

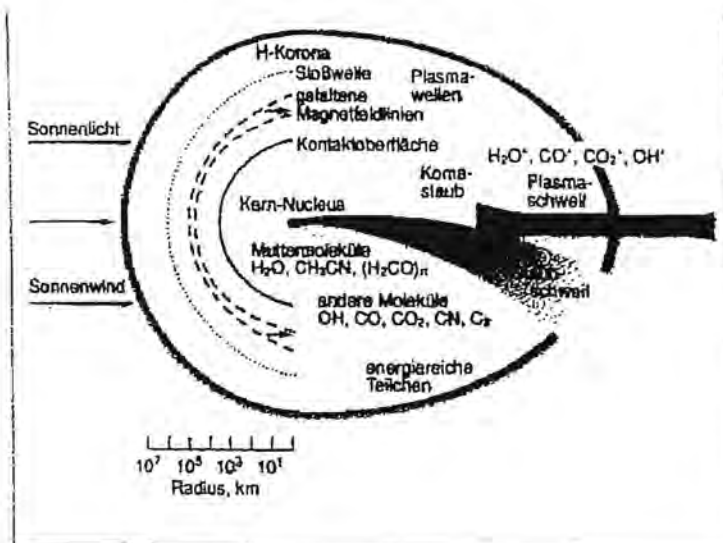


Abbildung 2: Schematische Darstellung eines Kometen. Man beachte die logarithmische Darstellung. Aus [7].

3. Vorüberlegungen zur CCD-Kometenspektroskopie

Im Jahr sind durchschnittlich einige Kometen mit Helligkeiten im Bereich 6-10 mag beobachtbar. Wunschziel war es, diese Kometen noch mit einer akzeptablen spektralen Auflösung aufnehmen zu können. Da Kometen im wesentlichen flächenhaft erscheinende Objekte sind, schien nur ein Spaltspektrograph in Betracht zu kommen⁹. Es wurde in der gängigen Literatur der vergangenen 20 Jahre nach ähnlichen (Amateur-)Projekten gesucht, um insbesondere an Hand solcher Erfahrungen abschätzen zu können, ob das Vorhaben mit den zur Verfügung stehenden Mitteln überhaupt realisiert werden kann und um von den dort gemachten Erfahrungen zu profitieren. Zwar findet man einige Arbeiten zu Spaltspektrographen (z.B. [3,4,5]), dort werden aber keine Kometenbeobachtungen beschrieben. Theoretische Abschätzungsformeln ([6], p. 348) ließen sich nur mit einigen Modellkonfigurationen durchrechnen, da unser Spaltspektrograph ja noch nicht konzipiert war. Wir entschieden uns, insbesondere auch angespornt durch unsere ersten CCD-Sternspektren, die wir mit dem Lichtenknecker-Spektrographen erhielten, gemeinsam mit Herrn Uhlmann einen geeigneten Spektrographen zu entwerfen, um damit erste praktische Erfahrungen in der Spektroskopie sammeln zu können. Zusammenfassend waren i.w. die folgenden Gesichtspunkte zu berücksichtigen bzw. Frage zu klären (es sei hier angemerkt, daß gerade dieser Prozess längst noch nicht abgeschlossen ist, und der Verfasser wäre für Anregungen und Beiträge anderer Leser sehr dankbar):

- Konzeption eines geeigneten Spektrographen mit den verfügbaren finanziellen und technischen Möglichkeiten. Dies wird ausführlich im nächsten Abschnitt beschrieben.
- Wellenlängenkalibrierung: Verschiedene Wege bieten sich dazu an. Daran arbeiten wir noch, eine abschließende Lösung wurde noch nicht gefunden.

⁹ das Erscheinungsbild der Koma kann stark von Komet zu Komet und auch während einer Erscheinung variieren, insbesondere kann die Koma stark kondensiert sein (d.h. ein fast sternförmiges Erscheinungsbild annehmen), so daß auch eine spaltlose Anordnung die wichtigsten spektralen Charakteristika hervorbringt. Der Versuch, auf diese Weise ein Spektrum des hellen Kometen Hyakutake zu erhalten, scheiterte an seiner großen, flächenhaften Ausdehnung.

- **Verarbeitung der Rohspektren:** Für die einfachsten Bildverarbeitungsschritte kann die Aufnahmesoftware vor Ort verwendet werden, z.B. für Zeilenscans. Eine weitergehende Verarbeitung unserer CCD-Beobachtungen findet mit der Software MiPS statt, die aber keine speziellen Funktionen für die Spektrenauswertung bereitstellt. Für eine professionelle Auswertung der Spektren steht MIDAS der ESO zur Verfügung, das auf einer PC-Workstation (Linux) installiert ist. Mit dem amerikanischen Pendant IRAF konnten wir noch keine Erfahrungen sammeln.
- **Analyse der Spektren:** Die (unvollständige) Beschäftigung mit der Literatur brachte bislang einige Übersichtsarbeiten hervor, in der Tabellen mit identifizierten Linien und Banden wiedergegeben sind. Daneben gibt es zahlreiche Publikationen (in Fachzeitschriften), in der spektroskopische Beobachtungen einzelner Objekte beschrieben sind (natürlich auch nicht mehr auf den optischen Bereich beschränkt). Eine Auswahl nützlicher Arbeiten findet man im Literaturverzeichnis. Die Linienidentifikation mit MIDAS wurde noch nicht praktisch erprobt. Über entsprechende Erfahrungen soll dann später an dieser Stelle berichtet werden.

4. Das Instrumentarium

4.1 Das Teleskop

Als Beobachtungsinstrument verwenden wir einen 30 cm Newton/Cassegrain-Spiegel, der bei $f/4.8$ im Newton-Fokus betrieben wird. Als Leitrohr dient ein 100/1500mm-Refraktor. Die Sternwarte befindet sich auf einem Berg innerhalb des Stadtgebietes. Die Beobachtungsbedingungen sind entsprechend nur als mäßig anzusehen. Daneben verwenden wir auch noch einen privaten, transportablen 130/1000mm-EDT-Refraktor. Als wir im November '95 den Lichtenknecker-Spektrographen erhielten, mußten wir aufgrund der negativen Brennweite des Kollimators den Okularauszug verlegen, um in den Fokus zu gelangen. Bei dieser Gelegenheit hatten wir den Okularauszug gleich gegen einen wesentlich stabileren Auszug mit Mikrofokussierung ersetzt, da es unter der Last des Okularspektrographen und der CCD-Kamera mit daran hängendem und ziehendem Kabel zu Verbiegungen und Verkipptungen kam. Neben Bildverschlechterungen war eine Einstellung mit dem Leitrohr oft sehr unsicher, da beide optische Achsen nicht mehr übereinstimmten. Mit dieser Anordnung wurden die ersten Beobachtungen durchgeführt, soweit es das Wetter zuließ. Um beim Wechsel von der Spektroskopie zu allgemeinen CCD-Beobachtungen mit und ohne Filterrad etc. einen aufwendigen Umbau mit Verlängerungshülsen usw. zu vermeiden (was auch eine reproduzierbare Fokuseinstellung für die einzelnen Konfigurationen verhindert), wurde nun ein Okularschlitten eingebaut, der mit einem digitalen Zähler versehen wird. Darüberhinaus ist der Schlitten für den Antrieb über einen Schrittmotor vorgesehen. Da der neue Spaltspektrograph aus statischen Gründen huckepack auf dem Tubus montiert wird, hat diese Anordnung den Vorteil, daß der Spektrograph sehr stabil auf der gesamten Schlittenplatte befestigt werden kann. Beim Fokussieren wird also diese ganze Einheit bewegt. Das Teleskop befindet sich auf einer deutschen Montierung, die durch eine Computersteuerung angetrieben wird, welche sich derzeit aber noch im Entwicklungsstadium befindet.

4.2 Der Spaltspektrograph

Ende '95 nahmen wir Kontakt zur Herrn K.-H. Uhlmann aus Lampertheim auf. Herr Uhlmann betreut innerhalb der FG Spektroskopie den Spektrographenselbstbau. Da wir keinerlei praktische Erfahrung beim Bau eines Spektrographen hatten, aufgrund zahlreicher anderer Umbauten/Projekte an der Sternwarte und den Instrumenten darüberhinaus auch einen Selbstbau erst sehr spät hätten beginnen können⁸, entschlossen wir uns, den Spektrographen von Herrn Uhlmann bauen zu lassen und evtl. erforderliche, letzte Anpassungen an unser Instrument dann vor Ort vorzunehmen. Beim Entwurf des Spektrographen gingen folgende Gesichtspunkte ein:

- Da wir es in den allermeisten Fällen mit relativ lichtschwachen, nebulösen Objekten zu tun haben, sollte der Spektrograph die Lichtstärke des Teleskopes so gut als möglich ausnutzen. Als dispergierendes Element wurde ein Geradsichtprisma nach Amici mit den Abmessungen (20x20x71) mm und einer partiellen Winkeldispersion von $4^{\circ}35'$ (zwischen F' und C') gewählt. Als abbildende Optik dient ein handelsübliches Teleobjektiv mit 135 mm Brennweite. Damit hat das Spektrum eine Länge von 10.8 mm zwischen der F'- und C'-Linie, die Gesamtlänge des Spektrums beträgt etwa 26 mm. Die Kamera ist verschiebbar am Objektiv angebracht, so daß das Spektrum mit mehreren Aufnahmen komplett abgebildet werden kann.
- Der Spalt sollte verstellbar und drehbar sein. Letzteres, um den Spalt in eine bestimmte Richtung (z.B. parallel zum Kometenschweif) ausrichten zu können. Ein Blendenmechanismus erlaubt es, ein Vergleichsspektrum in einer zweiten Belichtung mitaufzunehmen.
- Die Dispersionsrichtung sollte möglichst parallel zur Zeilen- oder Spaltenrichtung der CCD-Kamera liegen, damit saubere Intensitätsprofile erstellt werden können (viele Programme können auch nur Profile entlang von Zeilen oder Spalten erstellen). Da die Dispersion immer senkrecht zur Orientierung des Spaltes liegen sollte, wäre bei jeder Änderung der Spalttrichtung eine Neueinstellung der Kameraorientierung erforderlich. Um dies zu vermeiden, bilden Prisma, Objektiv und Kamera eine Einheit, die axial gedreht werden kann.
- Ein eigener Klappspiegel mit Lupensucher sollte der bequemen und sicheren Einstellung der Beobachtungsobjekte dienen.
- Ursprünglich war für die Nachführung noch ein Spaltteleskop vorgesehen. Der zusätzliche Aufwand für die vorliegende Konstruktion erschien uns, auch angesichts der knappen Zeit, zu hoch. Wir entschieden uns, zunächst einmal darauf zu verzichten und die Genauigkeit der Nachführung mittels Leitrohr praktisch zu erproben. Sollte sich unsere Nachführung als nicht genau genug erweisen, ließe sich der Klappspiegel alternativ durch einen teildurchlässigen Spiegel austauschen, oder der gesamte Spalt durch eine Neukonstruktion ersetzen, da der Spektrograph weitgehend modular aufgebaut ist. Schließlich kam auch hier noch der Gedanke zum Tragen, daß die mit diesem Gerät gesammelten Erfahrungen in den zukünftigen Selbstbau eines Nachfolgers fließen sollten.

⁸ Inzwischen wurde Komet Hyakutake entdeckt. Die Zeit reichte leider doch nicht aus, um den Kometen noch mit unserem Instrument beobachten zu können, da er für unseren Standort dann zu tief stand.

Abb. 3 zeigt einen der letzten Konstruktionsentwürfe. In dieser Version waren noch ein eigener Achromat als Abbildungsoptik und eine Ringschwalbenschwanzkamerabefestigung vorgesehen. Wie erwähnt, wurde dieser Teil dann durch ein angesetztes Teleobjektiv (M42-Anschluß) ersetzt.

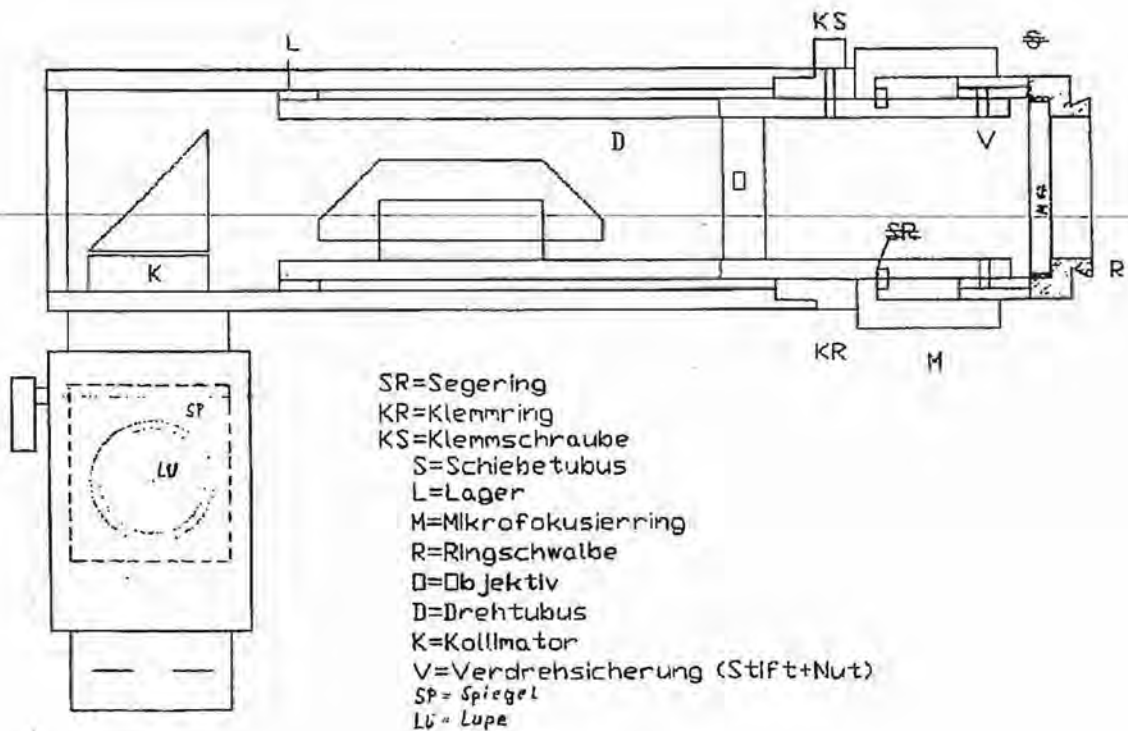


Abbildung 3: Konstruktionsskizze des Spaltspektrographen. Das tatsächlich gebaute Gerät weicht im Teil der Abbildungsoptik von diesem Entwurf ab. Unterhalb des Klappspiegels (links) befindet sich der Okularstutzen.

4.3 Die CCD-Kamera

Seit 1995 befinden sich bei uns zwei CCD-Kameras der Fa. OES im Einsatz: eine LcCCD11n und eine LcCCD14, letztere abbildend nur am transportablen 130/1000mm-EDT, da ihre Leistung nicht mit jener der "großen" Kamera (LcCCD11n) vergleichbar ist. Die kleine Kamera ist u.a. aber für eine automatisierte Nachführung vorgesehen. Die CCD11n verwendet einen Kodak KAF-0400-Chip mit 786x512 Pixeln und einen 12bit-ADC. Die Pixelgröße beträgt $9 \times 9 \mu\text{m}^2$. Die Kühlung erfolgt über ein geregeltes Peltierelement, das durch einen Minilüfter unterstützt wird. Abb. 4 zeigt die spektrale Empfindlichkeitskurve des CCD-Chips.

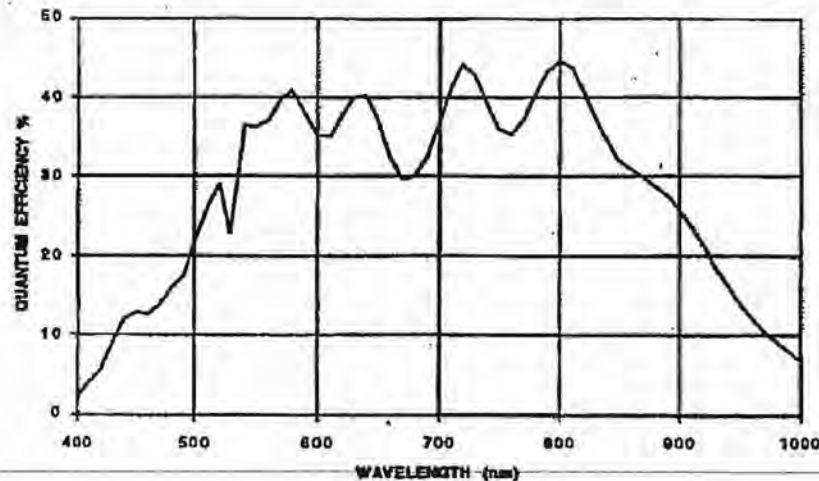


Abbildung 4: Spektrale Empfindlichkeitskurve des CCD-Chips Kodak KAF-0400. Quelle: [8]

5. Erste Beobachtungserfahrungen

Anfang '96 konnten wir die ersten CCD-Sternspektren mit dem spaltlosen Prismenspektrographen SPG5 von Lichtenknecker aufnehmen. Abb. 5 zeigt beispielhaft ein solches, unverarbeitetes Versuchsspektrum. Der Spektrograph verwendet einen Kollimator mit einer negativen Brennweite von 10 cm, eine



Abbildung 5: Spektrum des Sternes Alcyone (Plejaden) vom 23.1.96. Belichtungszeit 30s.

Spaltblende läßt sich also auch nachträglich nicht einbringen. Sein Öffnungsverhältnis beträgt 1:10, die Lichtstärke unseres Teleskopes wird also nicht voll ausgenutzt. Die Güte der gewonnenen Spektren war von einer exakten (nicht ganz leicht durchführbaren) Einstellung und Fokussierung der gesamten Anordnung abhängig.

Schlechtes Seeing macht sich wegen des fehlenden Spaltes auch deutlich bemerkbar. Die Verwendung der CCD-Technik bietet hier einen großen Vorteil: die Spektren können sofort auf dem Monitor begutachtet und schlechte Aufnahmen verworfen werden. Bereits mit wenigen Minuten Belichtungszeit kann man Sterne von etwa 10-ter Größe abbilden, eine gezielte Beobachtung schwacher Objekte war jedoch noch nicht möglich: da die optischen Achsen des Teleskopes und des Suchers/Leitrohres nicht exakt übereinstimmten und sich aufgrund mechanischer Verbiegungen auch ständig veränderten, war eine genaue Einstellung des gewünschten Objektes nicht möglich (nahm man den Spektrographen vom - nicht zu verstellenden! - Okularauszug ab, konnte man mit einem in der Hand gehaltenen Okular helle Objekte grob in der Mitte positionieren, mehr aber nicht). Das abgebildete Gesichtsfeld des SPG5 ist zudem relativ groß. Der Versuch, einen schwachen Kometen abzubilden, scheiterte sicherlich auch daran, daß aus der Fülle der abgebildeten Spektren ein schwaches, linienarmes Kometenspektrum (spaltlos!) nicht hätte ausfindig gemacht werden können, da eine Identifizierung des "Sternfeldes" mit einer Sternkarte wegen der nicht genau bekannten Teleskopposition sehr schwer war. Im März versuchten wir, ein Spektrum des Kometen C/1996B2

(Hyakutake) zu gewinnen, dessen Helligkeit für ein einfaches Auffinden und für kurzbelichtete Aufnahmen ausreichte. Aufgrund seines großen scheinbaren Durchmessers während seiner Erdpassage und der hellen, stark diffusen Koma konnten jedoch keine brauchbaren Resultate erzielt werden. Weitere Versuche, mit diesem Spektrographen Kometen zu beobachten, haben wir nicht unternehmen können.

6. Schlußbemerkung

Wie aus dem Beitrag zu entnehmen ist, stehen wir erst am Anfang unserer Bemühungen, die im wesentlichen von der Entwicklung und Optimierung des Instrumentariums geprägt waren. Dies ist ein iterativer Prozeß, der längst noch nicht abgeschlossen ist, wenn auch die Erfahrungen, die wir bei den praktischen Beobachtungen sammeln, nun eine wachsende Komponente bilden. An dieser Stelle möchte sich der Verfasser bei den Herren Ernst Pollmann und Karl-Heinz Uhlmann (FG Spektroskopie der VdS) für ihre Unterstützung ganz herzlich bedanken. Meinem Kollegen Matthias Jung (Siegen) danke ich insbesondere für die technische Realisierung und Herrn Prof. W. Winnenburger (GH Siegen, FB Physik) für die finanzielle Unterstützung.

7. Literatur

- [1] E. Pollmann, K.-P. Timm-Arnold, D. Altwießer: Das Spektrum des Kometen Halley. SuW 1/1987, 40-41.
- [2] L.L. Wilkening (Ed.): Comets. Space Science Series, Univ. of Arizona Press 1983.
- [3] W. Gebhardt, B. Helms: Ein Selbstbau-Prismenspektrograph zum Gebrauch am Celestron-8. SuW 2/1976, 58.
- [4] D.J. Schroeder: A Grating Spectrograph for a College Observatory. Sky & Telescope 2/1974, 96.
- [5] B. Sørensen: A Simple Slit Spectrograph. Sky & Telescope 1/1987, 98.
- [6] C.R. Kitchin: Astrophysical Techniques. Adam Hilger 1991.
- [7] J.C. Brandt, R.D. Chapman: Rendezvous im Weltraum. Birkhäuser 1994.
- [8] Dr. Frank Fleischmann, OES GmbH, private Mitteilung 1996.
- K.S. Krishna Swamy: Physics of comets. Singapore 1986.
- G.A. Gary, W.F. Fountain: Spectrographic observations of Comet West (1975n). Publications of the Astronomical Society of the Pacific 89 (1977) 97-103.

Spektroskopische Beobachtungen an planetarischen Nebeln mittels Objektivprismenspektroskopie

Von Bernd Hanisch, Frankfurt/ O.

Planetarische Nebel (PN) - da denkt wohl so mancher sofort an den bekannten Ringnebel in der Leier, der bei visuellen, aber auch bei vielen photographischen Beobachtungen oft als Paradestück präsentiert wird. Beiden der genannten Beobachtungsmethoden ist gemein, daß nur die integrale Lichterscheinung beobachtet werden kann. Diese enthüllt zwar manche Einzelheiten der Nebel, dennoch werden dem Beobachter wichtige Informationen vorenthalten, wenn er nicht versucht, die spektrale Lichtzusammensetzung näher zu untersuchen. Angeregt durch einen sehr interessanten Vortrag zu planetarischen Nebeln von Herrn Reuß auf der Würzburger Frühjahrstagung sollten die Möglichkeiten der Spektralbeobachtung von PN erkundet werden, die sich dem Amateur unter Verwendung einfacher Hilfsmittel bieten. Dieser im Sommer und Herbst 1995 unternommene Versuch soll im folgenden kurz beschrieben werden.

1. Allgemeine Bemerkungen zu planetarischen Nebeln

Der etwas irreführende Name entstammt offenbar Herschels visuellen Eindrücken am Fernrohr, der das Aussehen einiger dieser Nebel mit Planetenscheiben verglich. Mit Planeten haben diese Objekte allerdings nicht viel gemein. Bei PN handelt es sich um leuchtende Gasnebel, die im Gegensatz zu den H II- Gebieten sehr regelmäßige Formen besitzen. Ein die sphärische Gashülle ionisierender Zentralstern sehr hoher Temperatur ist dabei das Symmetriezentrum. Die Ringerscheinung ist somit als Projektionseffekt zu verstehen. Mit derzeit etwa 1000 bekannten PN gelten sie als eine eher seltene Erscheinung am Himmel. Während die kleinen Objekte uns nahezu sternförmig erscheinen, haben die größten Exemplare einen Durchmesser von 15 Bogenminuten. Die durchschnittlichen Entfernungen liegen um 2000 Lichtjahre, die wahren Durchmesser zwischen 20 und 40 AE. Da die Hülle mit Geschwindigkeiten zwischen 20 und 50 km/s expandiert, kommt es zur langsamen Vermengung mit interstellarer Materie, wodurch die Nebel mit der Zeit zunehmend diffuser und somit schwerer erkennbar werden. Mit einer geschätzten Lebensdauer von einigen hundert bis zu 10000 Jahren handelt es sich um relativ kurzlebige Objekte.

PN entstehen in einer späten Entwicklungsphase massearmer Sterne (1 - 4 Sonnenmassen). Sind im Zentralgebiet die Vorräte an Kernenergie erschöpft, kommt es zu Instabilitäten in der He-Brennzone. Während die äußere Hülle abgestoßen wird, kontrahiert das Sterninnere zu einem Zentrum hoher Dichte und Temperatur.[1].

2. Instrumente zur Spektroskopie von PN

Wegen der ohnehin geringen Lichtmengen erfolgte die Aufnahme der Spektren mittels Objektivprismenspektroskopie. Als Spektrograph diente ein Zeiss Meniscas 180/1800 mit einem F2-Objektivprisma von 210 mm Durchmesser und 5° brechendem Winkel auf einer Zeiss Ib-Montierung. Als Strahlungsempfänger wurde die KODAK- Emulsion T MAX 3200 verwendet. Die mittlere Dispersion beträgt etwa 180 Å/mm, was einer Spektrumslänge auf dem Negativ von 10 mm entspricht. Die Belichtungszeiten der unverbreiterten Spektren liegen zwischen 20 und 60 min. Die Auswertung (Scannung) erfolgte mit einem Zeiss-Registrierphotometer MD 100 und einem, vom Bonner Sternfreund Helmut Knobloch geschriebenen, PC-Auswerteprogramm.

3. Die Spektren der PN

Im Vergleich zu den bekannteren Absorptionslinienspektren von Sternen bestehen die Objektivprismenspektren der PN aus kettenartig aneinandergereihten, monochromatischen Nebelbildern. Dabei wird das Licht nur bei wenigen Wellenlängen emittiert. Die Spektren der Hülle und des Zentralsterns sind stets überlagert. Die intensivsten Emissionen im sichtbaren Bereich liegen den Elementen H, He, O, Ne, aber auch C und N zugrunde. Im Vergleich zur sonstigen kosmischen Elementenhäufigkeit ist bei PN das He überproportional häufig [1].

Neben Linienemissionen sind in den Nebelspektren auch kontinuierliche Lichtanteile sichtbar. Diese resultieren je nach Spektralbereich teilweise vom Zentralstern, aber auch aus frei-freien Übergängen (Bremsstrahlung) bzw. frei-gebundenen Übergängen.

Prinzipiell kann die Anregung wie folgt beschrieben werden: Der sehr heiße Zentralstern sendet aufgrund seiner hohen Temperatur harte UV-Strahlung aus, welche die Hülle zum Leuchten anregt. Durch Rekombinations- und Fluoreszenzmechanismen wird diese kurzwellige Strahlung in der Hülle in sichtbares Licht umgewandelt. Die Zuordnung der Emissionen in den PN zu den entsprechenden Elementen gestaltete sich anfangs

problematisch, was nicht zuletzt dazu führte, daß für die sehr intensiven grünen Sauerstofflinien bei ca. 5000 Å, deren Licht die Nebel in bestimmten Bereichen grün erscheinen läßt, zunächst ein neues chemisches Element, das „Nebulium“, postuliert wurde. Daher sind diese Linien heute oft noch als N1 und N2 bezeichnet, was jedoch nichts mit dem Element Stickstoff zu tun hat. Die richtige Zuordnung zum Element Sauerstoff wurde deshalb so spät erkannt, weil es sich hier, wie oft bei PN, um verbotene Linien handelt. Diese Linien treten wegen der sehr geringen Übergangswahrscheinlichkeit unter irdischen „Normalbedingungen“ nicht auf und gelten deshalb als verboten. Man erkennt sie an der Angabe in eckigen Klammern, z.B. [O III].

Als Anregungsmechanismus für diese Linien wird in der Literatur hauptsächlich Elektronenstoß diskutiert [2]. Die Anregung der verbotenen Linien ist an sehr geringe Materiedichten gebunden, welche dem irdischen Hochvakuum entsprechen. Diese geringe Materiedichte ermöglicht eine lange Verweildauer (1 - 10 s) von Elektronen auf sogenannten metastabilen Energieniveaus, die sich energetisch knapp über dem Grundzustand befinden. Die Verweildauer der Elektronen bei normalen Übergängen liegt im Bereich von 10^{-8} s.

Die sehr hohe Intensität der verbotenen [O III] - Linien wird zum einen durch die große Ausdehnung der sie erzeugenden Regionen (50 - 80 % der Nebelmasse), zum anderen aber auch durch die gleichzeitig relativ geringe Intensität der erlaubten Linien verursacht [2]. Die Anregung bzw. das Erscheinen der verbotenen Linien in PN und anderen Gasnebeln, wie z.B. den H II-Gebieten, stellt eine bemerkenswerte physikalische und chemische Besonderheit dar.

Der für das Entstehen wichtiger Linien und Kontinua in PN verantwortliche Anregungsmechanismus wird aus einer in [3] dargestellten und hier leicht abgewandelten Darstellung deutlich.

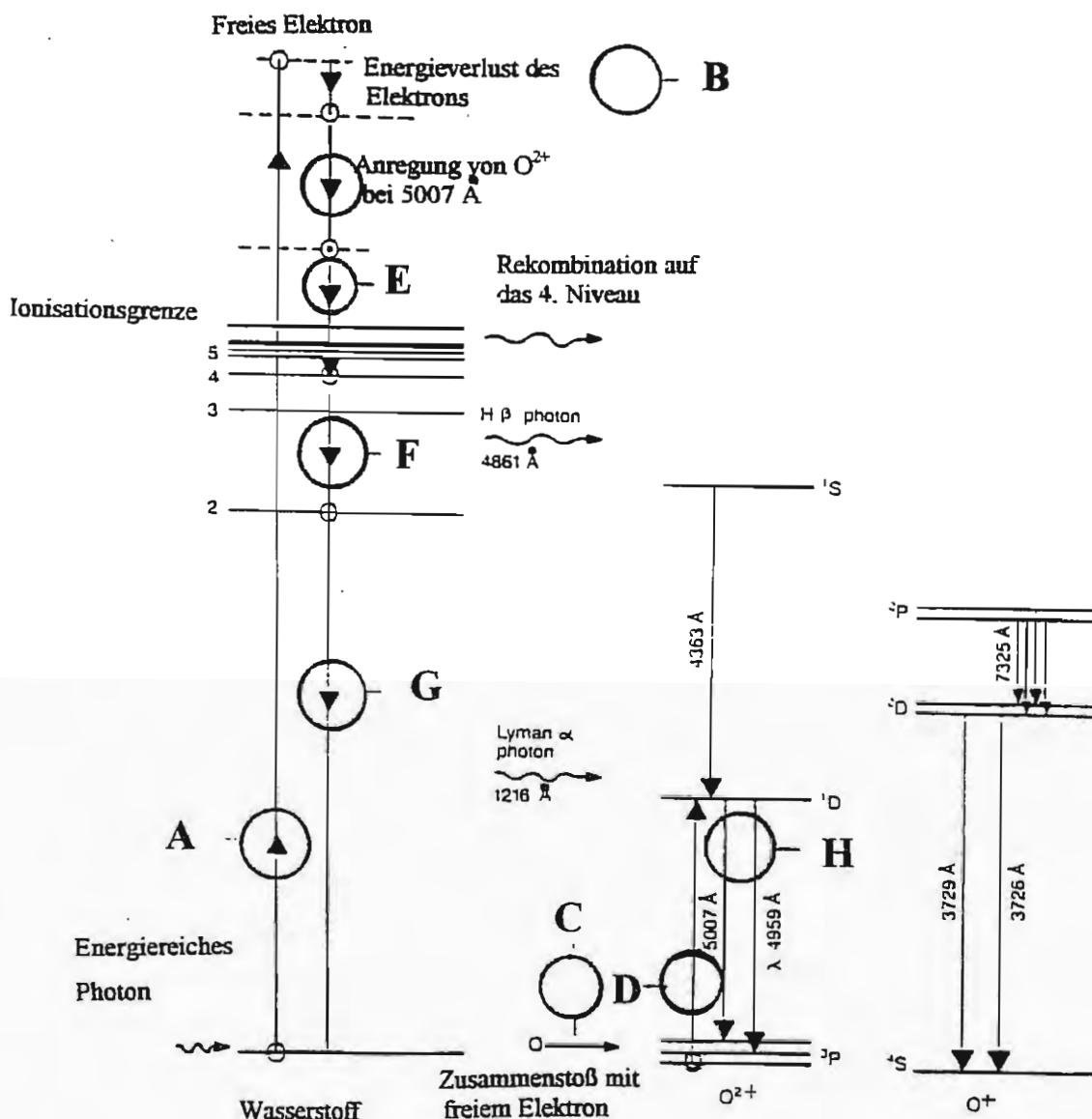


Bild 1 Entstehung typischer Spektrallinien in Nebeln

- A: Photoionisation von Wasserstoff durch Absorption kurzwelliger Strahlung
- B: Energieverlust des freien Elektrons durch nahe Passage eines Protons, frei - freier Übergang, Bremskontinuum
- C: Zusammenstoß eines freien Elektrons mit einem O^{2+} - Ion
- D: Anregung eines O^{2+} - Ions vom Grundzustand 3P auf 1D
- E: Rekombination des freien Elektrons mit einem Proton auf das 4. Energieniveau, Brackett-Kontinuum
- F: Übergang vom 4. Energieniveau auf das 2. Energieniveau, H-Beta-Emission bei 4861 Å
- G: Übergang vom 2. Energieniveau auf das 1. Energieniveau, Lyman-Alpha-Emission bei 1216 Å
- H: Spontane Emission des O^{2+} von 1D auf 3P , sehr intensive Nebellinien im grünen Spektralbereich bei 5007 Å und 4949 Å

Spektroskopisch betrachtet gibt es durchaus Gemeinsamkeiten zwischen den H II-Gebieten (wie z.B. dem Orionnebel) und den PN, obgleich erstere entwicklungsgeschichtlich der Sternentstehung, die PN jedoch einer späteren Entwicklungsphase des Sterns zugeordnet werden. In beiden Fällen wird Gas durch heiße Sterne zum Leuchten angeregt. Da die Zentralsterntemperaturen der PN die der anregenden Sterne der H II-Gebiete noch übertreffen, kann man bei den PN höhere Anregungs- und Ionisierungszustände als bei den H II-Gebieten erwarten.

4. Interpretation der Nebelspektren, erste eigene Ergebnisse

Einige vom Autor aufgenommene Nebelspektren zeigt Bild 2. In Bild 3 sind die Rohscans von M 57 und NGC 6543 dargestellt. Während bei M 57 wegen des großen Durchmessers jedes Nebelbild im Scan durch zwei Schwärzungsmaxima dargestellt wird, reicht bei dem kleineren NGC 6543 die Auflösung nicht aus. Aus den Spektren der PN sind eine Reihe von Informationen ableitbar:

Zunächst muß die *Emissionswellenlänge* jedes monochromatischen Nebelbildes bestimmt werden. Mit Hilfe von Vergleichsspektren oder Spektraltabellen erfolgt dann die **Zuordnung zu den entsprechenden Elementen**, die ihrerseits **Hinweise auf Anregungs- und Ionisierungszustände** und im Falle der verbotenen Linien auch auf die **Materiedichte** gibt. Die in Bild 2 gezeigten Spektren zeigen monochromatische Nebelbilder der Balmerlinien des Wasserstoffs, des zweifach ionisierten Sauerstoffes (intensivste Linien im abgebildeten Spektralbereich), sowie vom einfach ionisierten Sauerstoff und Helium und vom zweifach ionisierten Neon.

Eine sehr intensive Linie bei den PN ist auch die H-Alpha-Linie, die von der verwendeten Emulsion jedoch nicht abgebildet wurde. Auffällig ist weiterhin das Erscheinen der He II-Linie (4686 Å) bei NGC 7662. Die zur Anregung dieser Linie erforderliche hohe Energie (ca. 54 eV) deutet auf einen besonders hohen Anregungsgrad in diesem Nebel hin.

Ein Vergleich der *Durchmesser* der einzelnen monochromatischen Nebelbilder weist **im Zusammenhang mit den dazugehörigen Ionisationspotentialen** auf die **Ionisationsschichtung** im Nebel hin. Hierbei ist jedoch die Betrachtung der Nebelbilder bei vergleichbaren Schwärzungen erforderlich, da unterschiedliche Durchmesser auch durch unterschiedlich lange Belichtungszeiten vorgetäuscht werden können.

Prinzipiell sind die Bilder höherer Anregungszustände kleiner, da ihre Entstehungsorte näher zum Zentralstern liegen. Mit etwas Mühe kann man dies bei einem Vergleich der Bilder [Ne III] und [O II] bei M 57 erkennen. *Durchmesser und Gestalt* der einzelnen Nebelbilder geben auch Hinweise auf die **Materieverteilung in den einzelnen Hüllenbereichen**. Allerdings sind für derartige Beobachtungen längerbrennweitige Aufnahmen erforderlich.

Aus den *Intensitäten der Nebelbilder* kann auf die **Lokalisierung der Hauptnebelmasse** und qualitativ auch auf die **Temperatur des Zentralsternes** geschlossen werden. Nach [2] unterteilt man in Abhängigkeit vom *Intensitätsverhältnis [O III] : H-Beta* den **Anregungsgrad** der Nebel wie folgt:

[O III] : H-Beta 0 1 entspricht einer niedrigen Anregung

[O III] : H-Beta 1 15 und Abwesenheit von [He II] und [Ne V] entspricht mittlerer Anregung

[O III] : H-Beta 1 15 und Anwesenheit von [He II] und [Ne V] entspricht hoher Anregung

In Tabelle 1 sind einige Intensitäten der einzelnen Nebelbilder dargestellt. Sie wurden durch Schwärzungsmessungen mit einem kalibrierten Zeiss-Mikrophotometer MD 100 ermittelt.

Vergleichbar sind jedoch immer nur die Intensitäten der Nebelbilder eines Nebels untereinander, wobei diese Verhältnisse nur sehr grobe Näherungen darstellen (siehe Bemerkungen unter Tabelle 1).

Aus den Relationen $[O III] : H \text{ Beta}$ bzw. dem Erscheinen von $He II 4686 \text{ \AA}$ bei NGC 7662 wird deutlich, daß es sich bei allen erwähnten Nebeln um Objekte mittlerer bzw. hoher Anregung handelt.

Im allgemeinen steigt die Anregung mit der Zentralsterntemperatur, auch wenn der Anregungsgrad noch von anderen Faktoren (Abstand Stern - Hülle, Hüllendichte, Nebelmasse etc.) abhängt.

Eine große Helligkeitsdifferenz zwischen Zentralstern und Nebel im visuellen Bereich deutet ebenfalls auf eine hohe Zentralsterntemperatur hin.

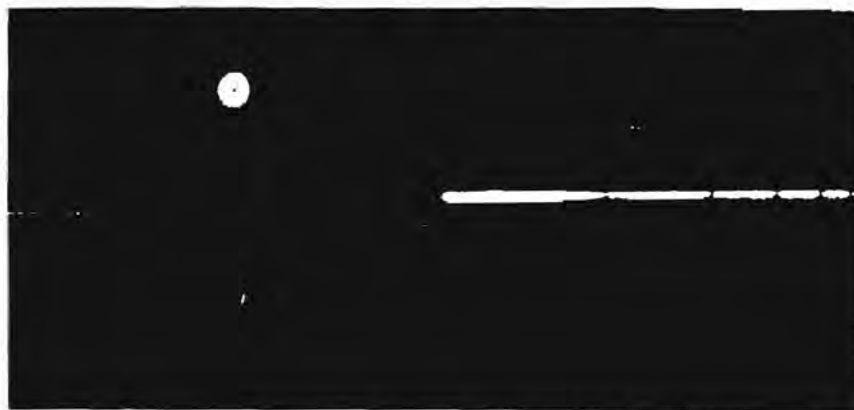
Aus *Linienaufspaltungen* hochdispersiver Spaltaufnahmen monochromatischer Nebelbilder kann man die **Expansionsgeschwindigkeit der Hüllenbereiche** ableiten.

Die Spektroskopie der PN ist nach Meinung des Autors auch für den Amateur einen Versuch wert.

Literatur:

- [1] Weigert/Zimmermann, Brockhaus ABC Astronomie, 5. Aufl., Brockhaus Verlag Leipzig, 1977, S. 285 f.
- 2] K. Wurm, Die Planetarischen Nebel, Akademie-Verlag Berlin, 1951
- 3] J. Kaler, Stars and their spectra, Cambridge University Press, 1989

$[\text{OIII}]$ $\text{H}\beta$ $\text{H}\epsilon$ $[\text{OII}]$
 HeI $[\text{OIII}]$ HeI $\text{H}\gamma$ $\text{H}\delta$ $[\text{NeIII}]$



M 57

30.07.1995

44 min

M 57

30.07.1995

12 min



NGC 6543

24.05.1995

40 min

NGC 6543

04.08.1995

20 min



NGC 7662

02.10.1995

60 min



NGC 6826

22.08.1995

34 min



NGC 7009

21.10.1995

40 min

HeI $[\text{OIII}]$ $\text{H}\beta$ HeII $\text{H}\gamma$ $\text{H}\delta$ $\text{H}\epsilon$ $[\text{OII}]$
 $[\text{OIII}]$ $[\text{NeIII}]$

Bild 2 Spaltlose Spektralaufnahmen planetarischer Nebel

[O III]
5007/4995

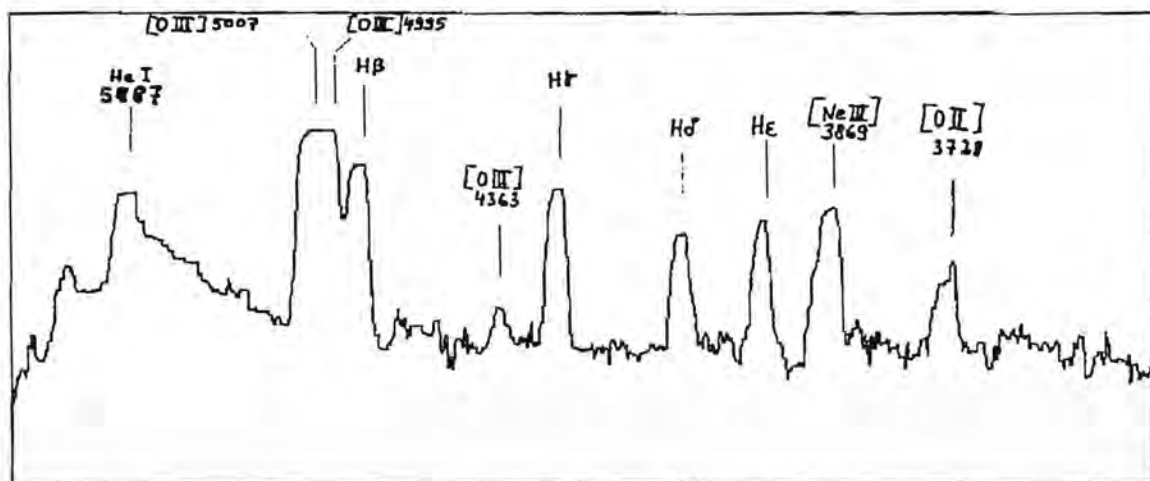
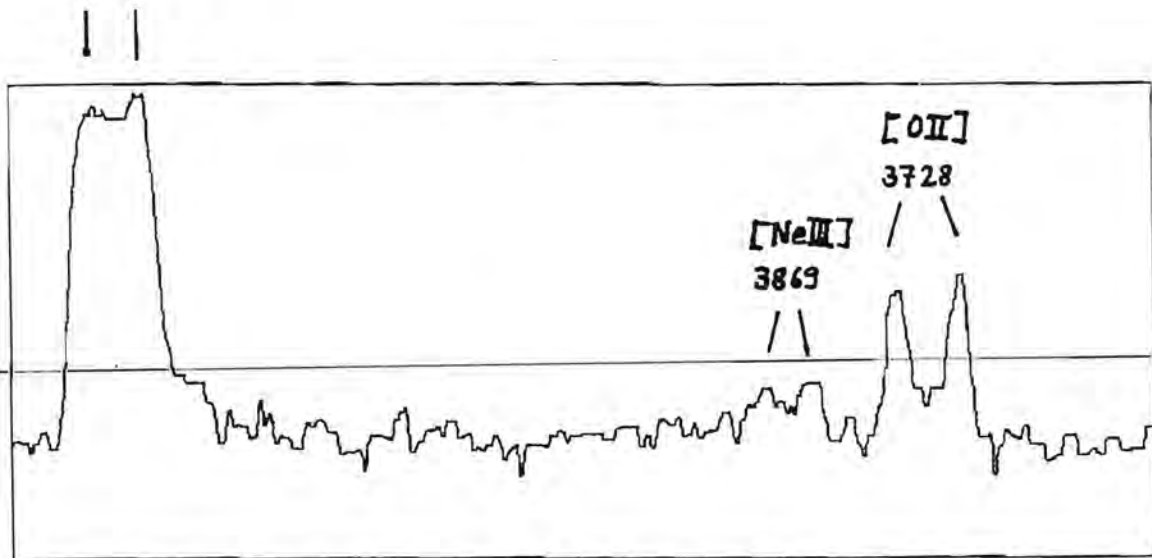


Bild 3 Rohscans von M 57 (oben) und NGC 6543 (unten)

Deutlich sichtbar sind die unterschiedlichen Durchmesser der Nebel. Die beiden [O III] - Linien bei 5007 Å und bei 4994 Å sind nicht aufgelöst.

Tabelle 1 Ermittelte Intensitäten der einzelnen Nebelbilder

Objekt		M 57	NGC 6543	NGC 7662	NGC 6826
Linie	A				
He I	5887		35	13	
[O III]	5007	103 *1	170	145	150
[O III]	4995	103 *1	110	90	98
H Beta	4861		75	50	53
He II	4686			36	
H Gamma	4341		56	31	15
H Delta	4102		33	18	12
H Epsilon	3970		40	24	16
[Ne III]	3869	< 5	45	35	24
[O II]	3728	38	20	5	

*1: Linienpaar ist wegen des großen Nebeldurchmessers nicht aufgelöst

Anmerkungen zu den Intensitäten der Nebelbilder:

Als Intensität ist die maximale Schwärzungsdifferenz (mal 100) eines monochromatischen Nebelbildes zum angrenzenden Kontinuum definiert. Dabei entspricht der mit dem Himmelshintergrund belichtete Film der Schwärzung null und der geschlossene Photometerverschluß der Schwärzung unendlich. Die jeweils photometrierte Fläche beträgt 0.2 mm mal 2 mm. Wegen der unterschiedlichen Aufnahmebedingungen sind die Intensitäten nur für die monochromatischen Bilder eines Nebels vergleichbar, nicht aber von Nebel zu Nebel.

Aufgrund des Rauschens des sehr groben Korns ergaben sich insbesondere bei der Bestimmung geringer Schwärzungen Fehler. Deshalb und wegen der Nichtberücksichtigung der spektralen Empfindlichkeitsunterschiede der Emulsion können diese Intensitätsverhältnisse nur als sehr grobe Näherung angesehen werden.

Thema: Mailing Liste der FG Spektroskopie

Datum: 03.12.96 11:18:55
From: A.Kaufer@lsw.uni-heidelberg.de (Andreas Kaufer)
To: Pollmann@aol.com (Ernst Pollmann)
CC: Zwei.Ge@t-online.de (Guenter Gebhard), jz7@aixterm1.urz.uni-heidelberg.de (Edgar Wunder), nhab@rrze.uni-erlangen.de (NHAB), draeger@informatik.tu-muenchen.de (Joachim Draeger), eschwab@vscg.gsi.de (Erwin Schwab)

Liebe Kollegen der FG Spektroskopie und Freunde der Spektroskopie!

Leider ist es nach der Tagung in Nuernberg wieder ein wenig ruhig geworden. Ich gehe mal davon aus, dass das daran liegt, dass alle fleissig beobachten und Spektren reduzieren. Mir ist da noch eingefallen, dass wir ja beschlossen hatten, eine Mailing-Liste der FG Spektroskopie einzurichten. Da bisher nichts in diese Richtung passiert ist, habe ich das mal in die Hand genommen.

Die Adresse der Mailing-Liste lautet also: fg-spek@lsw.uni-heidelberg.de

An diese Adresse kann man dann einfach per email Fragen, Anregungen, Ergebnisse, Listen mit Vergleichslinien etc. schicken und diese werden dann an alle Teilnehmer der Mailing-Liste automatisch weitergeschickt. Ebenso natuerlich die Antworten, die an die gleiche Adresse zurueck gehen sollten (einfach 'Reply' druecken). Wie wird man nun Mitglied in der Mailing-liste fg-spek ? Einfach eine Mail an die Adresse fg-spekrequest@lsw.uni-heidelberg.de (das ist die Verwaltungsadresse) schicken, in der nur das Wort 'subscribe' steht.

Falls jemand irgendwann mal wieder ausgetragen werden will, muss das Schluesselwort 'unsubscribe' in der Mail stehen.

Bei Adressaenderungen ist es am besten, von der alten Adresse ein 'unsubscribe' zu schicken und dann von der neuen ein 'subscribe'. Diese Liste wird vollautomatisch verwaltet, wobei ich mir das Recht vorbehalte, bei evt. Missbrauch, diesen Service der Landessternwarte wieder ganz einzustellen, oder gezielt auch einzelne Teilnehmer von der Gruppe wieder auszuschliessen.

Jetzt bitte ich Euch vor allem, diese Mail an moegliche Interessenten und FG-Mitglieder weiterzuschicken. Ich habe keine Liste mit email-Adressen...Diese Ankuendigung sollte auch in den naechsten Rundbrief (Danke, Ernst !) Ein Vorschlag noch: Koennten wir vielleicht keine Umlaute verwenden sondern ae, oe, ue, und ss ? Ich hoffe, diese Mailing-Liste findet rege Beteiligung !

Viele Gruesse,

Andreas Kaufer

Landessternwarte

Heidelberg-Koenigstuhl

http://www.lsw.uni-heidelberg.de/~akaufer/

telephone: +49 6221 509 233

telefax:: +496221 509202

D-69117 Heidelberg

e-mail: A.Kaufer@lsw.uni-heidelberg.de

URL:

Programm zum Spektroskopie - Workshop
Starkenbourg-Sternwarte Heppenheim
27.-29.6.1997

Starkenbourg-Sternwarte: Herr A. Sturm, Kleine Bach 3, 64646 Heppenheim, Tel: 06252-4247

- 27.6. 20.00 Uhr: Zusammenkunft erster angereicherter Teilnehmer in der Sternwarte
Auf mehrfachen Wunsch, bereits Autorenkonferenz.
Stichwort: Einführungsschrift der FG SPEKTROSKOPIE
Nichtsdestotrotz: gemütliches Beisammensein
- 28.6. 9.00 Uhr: Begrüßung der Workshop-Teilnehmer durch Herrn A. Sturm
(Leiter der Sternwarte) und Herrn E. Pollmann.
- 9.15 Uhr: **Workshop I** Leitung: Herr Michael Büchner (Kalkreuth)
-
- Bearbeitung und Auswertung eines CCD-Spektrums
Ablauf u. Inhalte: Vorstellung durch Herrn Büchner
(Pausen nach Absprache mit dem Leiter, Getränke)
- 9.15 Uhr: **Workshop II** Leitung: Herr Dr. H. J. Zeitler (Neuried)
- 1a) Vergleich der Sensibilisierung versch. Spektralbereiche von
Filmemulsionen mit Spektrallampen (Experimental-Ergebnisse)
- 1b) Linienidentifizierung mittels linienemittierender Spektrallampen
2. Einfluß von Entwicklern und Hypersensibilisierung
3. Beobachtbare integrale/spektrale Erscheinungen bei der SoFi 99
(Pausen nach Absprache mit dem Leiter, Getränke)
- 12.30 - 14.00 Mittagspause in einem Restaurant der näheren Umgebung**
(Bitte beachten Sie die Postersession v. Herrn Uhlmann)
- 14.00 Uhr: Fortsetzung der Workshops I und II
(Pausen nach Absprache mit den Leitern; Kaffee u. Kuchen)
- 16.00 Uhr: Kurzvortrag durch Herrn K. H. Uhlmann; (10 Min max.)
Vorstellung der Heppenheimer Spektrographen
- 16.15 Uhr: Fortsetzung der Workshops I und II
(Pausen nach Absprache mit den Leitern; Kaffee und Kuchen)
- Ende der Workshops nach Absprache mit den Leitern
(angestrebt ist etwa 18.30 Uhr)
- 20.00 Uhr: Gemütliches Beisammensein in einer Gaststätte der Umgebung
(hier eventuell Fortsetzung der Autorenkonferenz, wenn erforderlich)
- 29.6. 9.00 Uhr: Kurzvortrag von Herrn Günter Gebhard, Neumarkt; (10 Min. max.)
Erfahrungsbericht zum Umgang mit Lichtleitern
- 9.15 Uhr: Fortsetzung des Workshop I
(Pausen nach Absprache mit Herrn Büchner)
- 12.30 - 14.00 Mittagspause in einem Restaurant der näheren Umgebung**
- 14.00 Uhr: Kurzvortrag (N.N.)
- 15.00 Uhr: Ende des Spektroskopie-Workshop
Verabschiedung durch Herrn A. Sturm und E. Pollmann

Danksagung für die erfreulich rege Mitgestaltung dieses Rundbriefes

Es hat wieder einmal Spaß gemacht, diesen Rundbrief zusammenzustellen. Es ist anzunehmen, daß vor allem die Beiträge mit den praxisbezogenen Inhalten den Leser des RB erfreuen werden. Ich danke den Autoren für Ihr Mitwirken ganz herzlich.

Zugegebenermaßen fällt es nicht immer leicht, die innere Hemmschwelle (man nennt es auch gelegentlich den inneren Schweinehund) zu überwinden, um in die Tasten zu greifen. Doch hoffe ich auf zunehmende Einsicht in unserer Leserschaft, daß vor allem durch die Artikelgestaltung und Vielfalt aus dem Kreis der FG-Mitglieder unser RB lebendig wird bzw. bleibt.

Es wäre sicher schön, wenn für die jeweilige Ausgabe Beiträge ähnlichen Umfangs wie in der vorliegenden eingehen würden. Doch möchte ich nicht so vermessen sein, dieses Bedingung werden zu lassen. Eine interessante Themenvielfalt ist ebenso mit mehreren kleineren Beiträgen zu erreichen.

Wenn also dieser Apell auch bei Ihnen Früchte tragen würde, möglicherweise schon für die nächste geplante Ausgabe, wäre das sehr erfreulich. Erinnern Sie sich an Heilbronn: damals wurde aus Ihrem Kreis der Wunsch nach einem eigenen Mitteilungsblatt formuliert. Sollten Sie dann nicht auch mit dazu beitragen, dieses Mitteilungsblatt mit Leben zu erfüllen?

Ich bin sicher, daß Sie das wollen. Es gilt eben nur den inneren Schweinehund zu überwinden.

Ernst Pollmann