

Mitteilungsblatt der  
Fachgruppe

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

der Vereinigung der  
Sternfreunde e.V.

---

Rundbrief Nr. 17 ( 1999 )

---

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

## Inhaltsverzeichnis

		Seite
H. G. Zaunick	Spektroskopie an der Sternwarte Radebeul	1
Dr. M. Steffen	Spektroskopie der Sonne	7
D. Goretzki	Auswertung von Sternspektren	13
E. Pollmann	Die neue Zeitschrift der VdS	20
J. Draeger	Spektroskopisch interessante WWW-Seiten	20
E. Pollmann	Die Sektion SPEKTROSKOPIE bei der BAV	21
Dr. I. Hiller	Be it resolved (Übersetzung aus Sky&Teleskop)	21
E. Pollmann	Nachfolge für Karl-Heinz Uhlmann	22
Dr. J. M. Will	Reduktion von Sternspektren	22

## Spektroskopie an der Volkssternwarte Radebeul

(von Hans-Georg Zaunick, Radebeul)

Dieser Beitrag soll zum Einen eine Anregung sein, selbst mit einfacher Technik interessante Ergebnisse auf dem Gebiet der Sonnenspektroskopie zu gewinnen andererseits die in dieser Beziehung an der Volkssternwarte Radebeul geleistete Arbeit zu präsentieren.

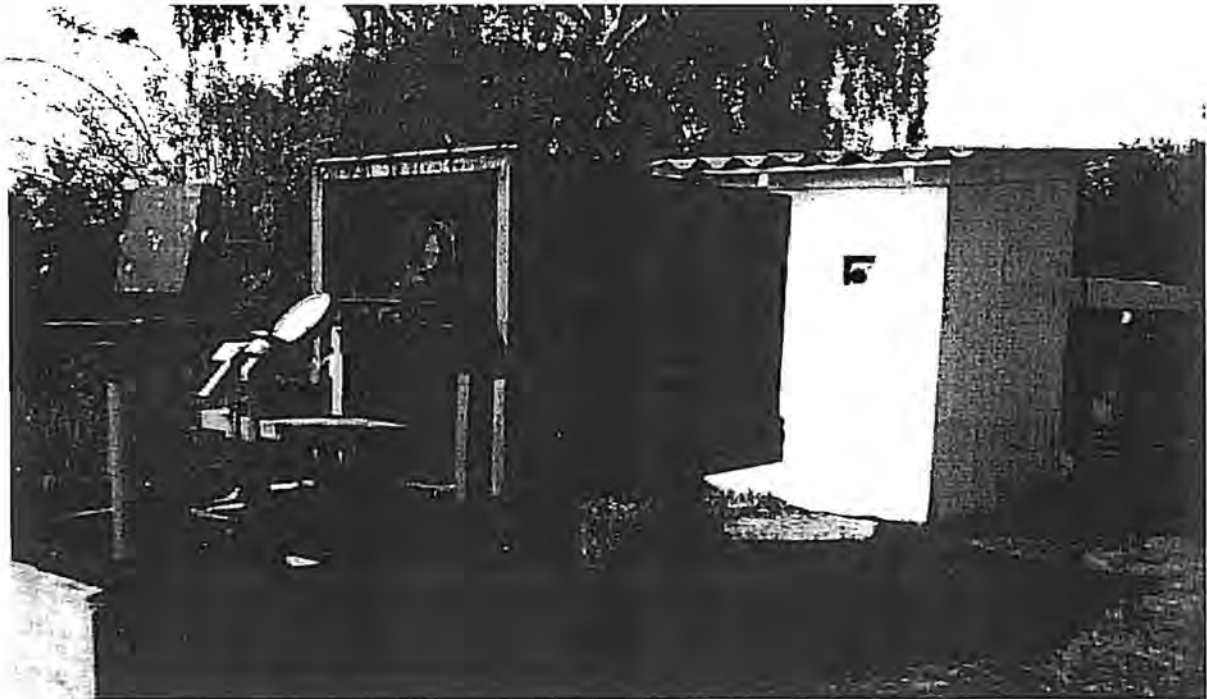
In letzter Zeit haben sich im Verein fast überstürzt viele Neuerungen auf technischer Seite ergeben, so z.B. die Anschaffung eines Transmissionsgitters der Firma Baader Planetarium, die Aufnahme des Sonnenspektrums durch Videotechnik und die Möglichkeit der Spektrenauswertung mit dem Programmsystem MIDAS, welches dem Amateur nicht nur in Bezug auf die Spektroskopie ungeahnte Möglichkeiten eröffnet.

Aufgrund der noch fehlenden Erfahrung bzw. der bisher unzureichenden Datenmenge, die mit diesen Beobachtungs-/Hilfsmitteln gesammelt wurden, konnte daher auf diese im vorliegenden Beitrag nicht eingegangen werden.

Anders als bei der Spektroskopie der äußerst lichtschwachen Sterne gestaltet sich die Beobachtung des Sonnenspektrums vergleichsweise einfacher.

Die Intensität des Sonnenlichtes ist so groß, daß nicht auf die Lichtstärke der Optik geachtet werden muß. Zudem ist der amateurastronomische Verein an der Volkssternwarte Radebeul in der glücklichen Lage, an einem Spektroskop zur Sonnenbeobachtung arbeiten zu können. Wie die untere Abbildung zeigt, handelt es sich hierbei um einen Gitterspektrographen nach dem Prinzip von Littrow mit der Möglichkeit der Beobachtung des Sonnenbildes im streng monochromatischen Licht beliebiger Wellenlänge (Spektrohelioskop) der 1975 von dem heutigen Leiter der Sternwarte Achim Grünberg nach Vorlagen des Amerikaners F.N.Veio (welche von Herrn Ulrich Fritz ins Deutsche übersetzt und hierzulande von ihm publiziert wurden) gebaut.

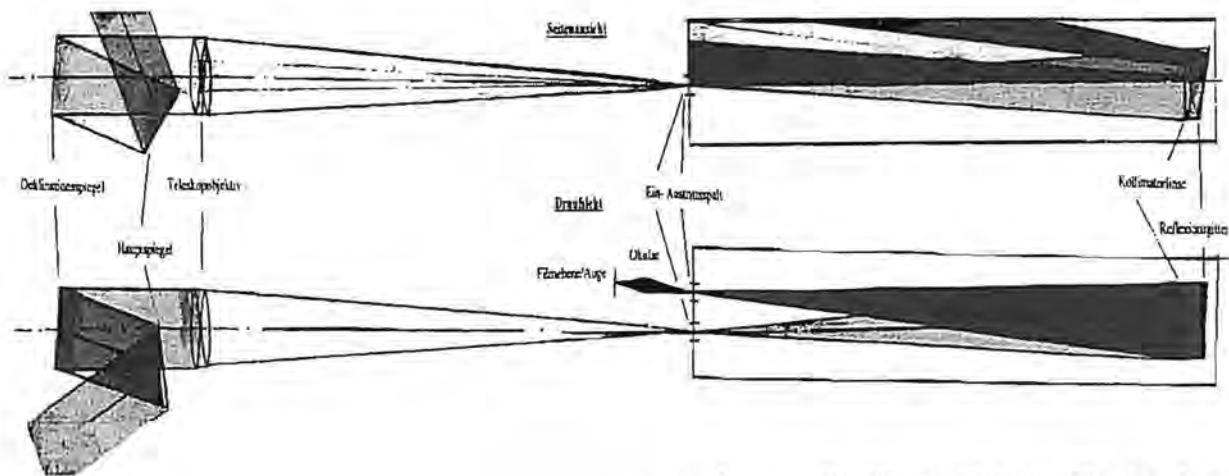
Die Dispersion des Spektrographen liegt bei  $0,5 \text{ \AA}$  (entspricht einer Auflösung von mindestens  $0,01 \text{ \AA}$ ).



Der Strahlengang der Apparatur im folgenden Bild besteht zunächst aus den beiden Coelostatenspiegeln, die das Licht der über den Himmel wandernden Sonne in eine feste Richtung zum Spektrographen lenken. Dahinter befindet sich das Hauptobjektiv, welches die Sonne scharf auf einen Spalt abbildet. Am anderen Ende des Strahlenganges bilden Reflexionsgitter und Kollimatorlinse den Hauptteil des Spektrographen an dem das weiße Licht in sein Spektrum zerlegt wird und am Okularauszug beobachtet bzw. aufgenommen werden kann.

den Linsenflächen beseitigt ein auf die Linse geklebter schwarzer Papierstreifen). Am Reflexionsgitter (58 x 68 mm, 651 Linien/mm) erfolgt durch Interferenz die spektrale Zerlegung und die Reflexion der Farbanteile in Richtung des Okulareinblickes. Die Kollimatorlinse wird dabei wiederholt, diesmal zur Bündelung der parallel abgestrahlten Farbanteile benutzt (Prinzip der Autokollimation).

Der Abstand vom Eintrittsspalt bzw. Austrittsfenster ist infolge der Dispersion des Lin-



Das Gerät wird fast ausschließlich für Detailuntersuchungen an der Sonne benutzt. Dies erfordert eine teleskopische Beleuchtung des Eintrittsspalt durch ein 136/3400-Objektiv. Der beleuchtete Eintrittsspalt blendet einen einige Mikrometer breiten Streifen der Sonnenscheibe aus.

Die Strahlen dringen divergierend in den Spektrographen ein und treffen auf die im Abstand ihrer Brennweite (ca. 3,8 m) entfernte plankonvexe Kollimatorlinse, die sie parallel richtet und auf das Reflexionsgitter wirft. (ein Bruchteil des Sonnenlichtes wird an den Linsenflächen reflektiert und würde kontrastmindernd wirken).

Die Reflexion der Planseite wird durch eine gering horizontale Neigung der Linse unschädlich gemacht, die der Konkav- (in diesem Fall der Konkav-) fläche am Ort ihrer Bündelung mittels einer etwa 5 mm großen scheibenförmigen Blende. Reflexe des Spektrums an

senglases wellenlängenabhängig. Der im Austrittsfenster durch das Okular beobachtbare Ausschnitt des Spektrums (ca. 60 Å) ist von der vertikalen Neigung des Gitters abhängig.

Diese beträgt für den äußersten violetten Bereich 7,5°, für das nahe Infrarot 15° gegen die Vertikale.

Mit dem Sonnenspektrographen ist es möglich, im hochaufgelösten Spektrum selbst extrem schwache Absorptionslinien seltener Elemente nachzuweisen.

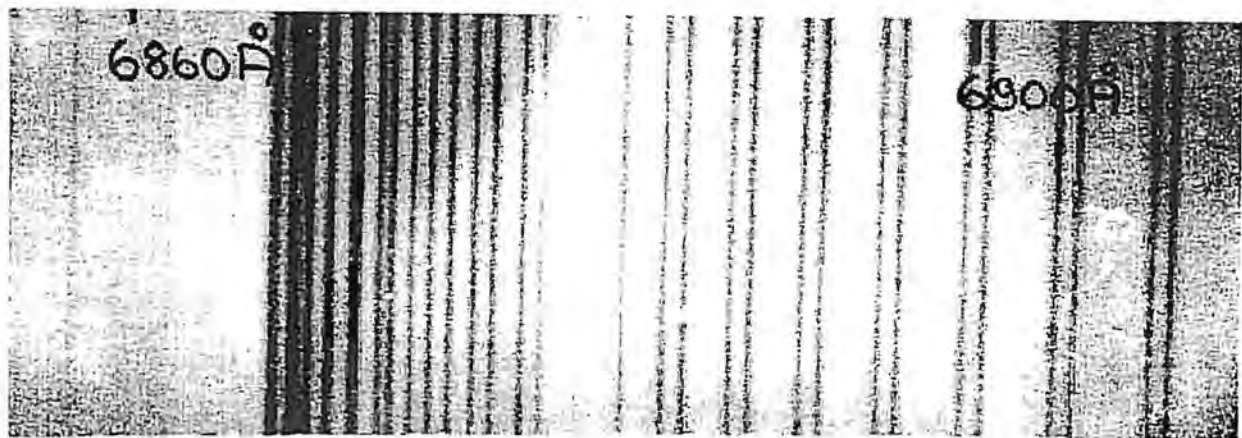
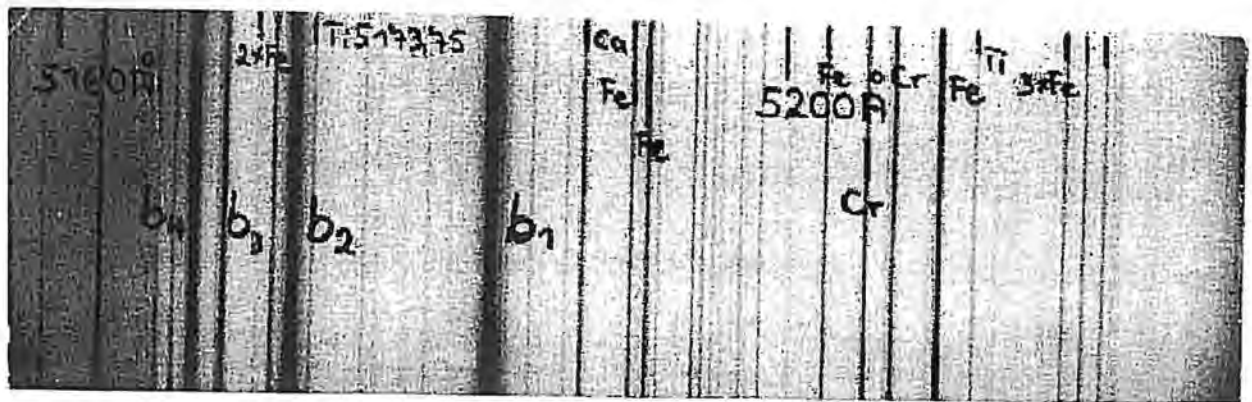


Abb. 3: (oben) Erläuterung im Text

Abb. 4: (unten) Erläuterung im Text

Bild 3 zeigt einen Ausschnitt von 40 Ångström (4 nm) spektraler Breite in der Umgebung der Fraunhofer-b-Linien (Mg) bei ca. 5200 Å Wellenlänge. Es sind deutlich Linien von Fe, Mg, Ca, Cr und sogar Ti zu sehen. Die Liniestärke ist dabei jedoch nur ein mittelbarer Indikator für die Elementhäufigkeit. Beispielsweise erzeugt einfach ionisiertes Kalzium (CaII) viel stärkere Linien als das mit über 73% am häufigsten vorkommende Element Wasserstoff. Dieser scheinbare Widerspruch löst sich dann auf, wenn man sich die Ionisationsenergien der Elemente betrachtet. So hat Wasserstoff mit 13,6 eV ein mehr als doppelt so hohes Ionisationspotential wie Ca mit 6,1 eV. Anders ausgedrückt bedeutet das, daß die benötigte Energie zur Anregung der Elektronen im Ca-Atom geringer als die zur Auslösung des entsprechenden Vorganges im H-Atoms ist, wodurch sich die Ca-Atome mit der auf der Sonne vorhandenen Temperatur viel einfacher anregen lassen und damit stärkere Absorptionen hervorbringen als H-Atome.

Im Gegensatz zu Abb.3 zeigt Abb.4 keine Absorptionslinien der Sonnenatmosphäre mehr, sondern in diesem Teil des Spektrums (6855 Å - 6915 Å) treten die Absorptionen der Sauerstoffmoleküle ( $O_2$ ) der Erdatmosphäre hervor (tellurische Linien). Typisch für Molekülspektren ist die doppelte Linienstruktur (Banden) sowie das „Zusammenlaufen“ der Linien im sog. Bandenkopf. In Abb.5 sind die beiden gelben Na- (Fraunhofer-D) Linien zu verschiedenen Tageszeiten dargestellt. Während die Linien um die Mittagszeit noch deutlich hervortreten, sind sie 10 Minuten vor Sonnenuntergang zumindest nicht mehr so klar und deutlich in dem Gewirr der sie umgebenden, stärker gewordenen tellurischen Linien wahrzunehmen. Bei tiefstehender Sonne ist der Lichtweg in der Erdatmosphäre viel größer als bei vergleichsweise großem Horizontabstand. Das Licht passiert dabei viel mehr atmosphärische Moleküle, die somit eine stärkere Absorption von für Sauerstoff, Wasserdampf, Stickstoff etc. typischen Wellenlängen bewirkt.

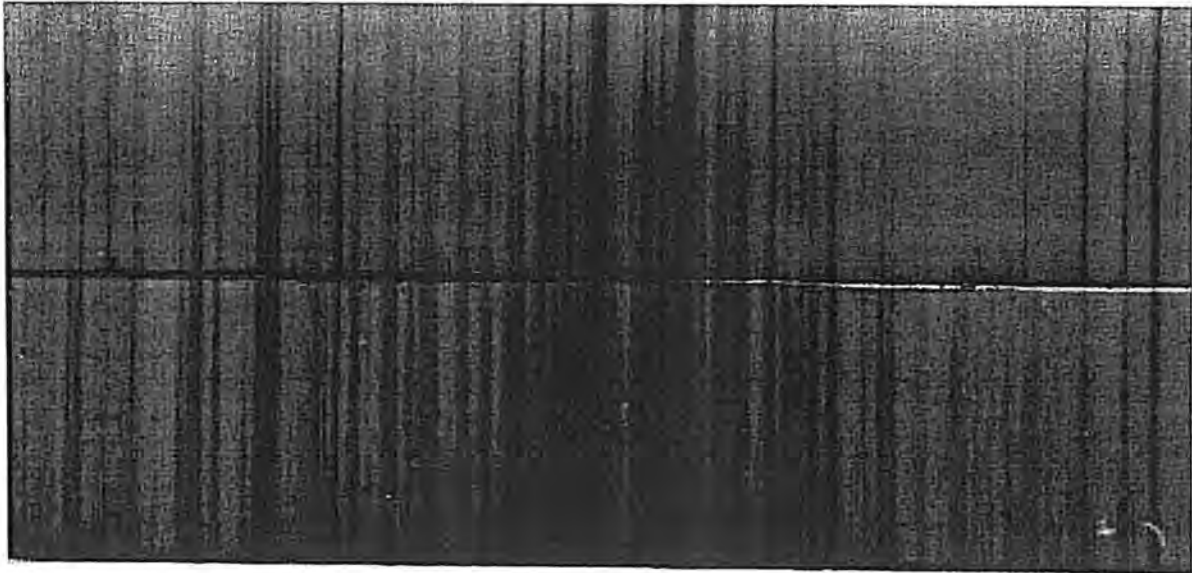


Abb. 5: (Erläuterung im Text)

Bei der Überbelichtung des spektralen Kontinuums tritt am Rand des Sonnenbildes die nur einige Tausend km starke, schwächer strahlende und emittierende Chromosphäre hervor (Abb 6). Die starke  $H\alpha$ -Absorptionslinie geht am Sonnenrand durch das in ihr absorbierte und in alle Richtungen gestreute Licht erkennbar in Emission über.



Abb. 6: (Erläuterung im Text)

Häufig befinden sich mehr oder weniger ausgeprägte dunkle Stellen auf der Sonnenoberfläche, deren Häufigkeit einem 11-Jahres-Zyklus unterworfen ist und die ein direktes Maß für die Sonnenaktivität sind - die Sonnenflecken. Sonnenflecke sind Anomalien im hochkomplizierten Magnetfeld des Sterns, die ohne weiteres zu Erdgröße anwachsen können. Im Zentrum von Sonnenflecken existieren extrem starke Magnetfelder. Der holländische Physiker P. Zeeman beobachtete schon 1896 eine Aufspaltung von Spektrallinien in starken Magnetfeldern [1]. Die Überprüfung, ob in den Magnetfeldern der Sonnenflecke der Zeeman-Effekt tatsächlich vorliegt, ist denkbar kompli-

ziert. Die Aufspaltung beträgt nur Bruchteile eines Ångströms! Zum Nachweis der magnetischen Linienaufspaltung ist besonders der rote Bereich des Spektrums zwischen  $H\alpha$  Linie und  $NaD$ -Linien geeignet, da die Größe der Aufspaltung quadratisch mit der Wellenlänge zunimmt.

Außerdem befinden sich in diesem Bereich viele dünne und scharf begrenzte Metalllinien. Visuell ist die Beobachtung des Effektes natürlich besser nachzuvollziehen, da die Position des Sonnenflecks im Spektrum durch geringe Winkelschwankungen an den Coelostaten spiegeln schwankt. Die photographische Aufnahme (Abb. 7) zeigt deshalb entlang des Sonnenflecks (vertikaler Streifen) nur leichte Verdickungen der Absorptionslinien.

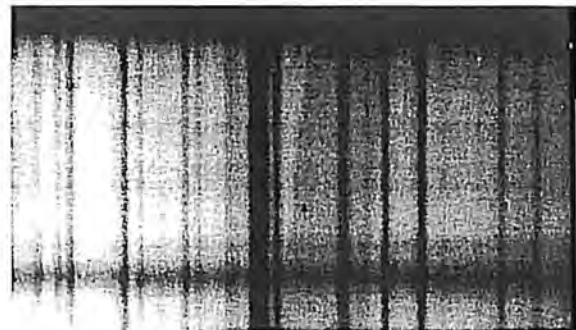


Abb. 7: (Erläuterung im Text)

Die Beobachtung des Zeeman-Effektes lohnt sich aufgrund seines schwierigen Nachweises in Zeiten hoher Sonnenaktivität, wenn ausreichend große Flecken auf der Sonnenoberfläche zur Verfügung stehen und somit die Magnetfelder genügend große Stärken erreichen. Die starke Auftrennung des Lichtes in das Spektrum durch den Spektrographen kann dazu genutzt werden, die Sonnenoberfläche in einem engen Spektralbereich zu beobachten. Dazu werden vor Ein- und Austrittsspalt quaderförmige Anderson-Prismen (Abb. 8) angebracht, die in eine Rotation mit  $6s^{-1}$  versetzt werden und dadurch das gesamte Sonnenbild 24 mal pro Sekunde (flimmerfrei) vor dem Spalt vorbeilaufen läßt.

sind chromosphärische Fackelgebiete unter denen sich Sonnenflecke verbergen. Filamente (Protuberanzen vor der Sonnenoberfläche) erscheinen schwarz.

Diese mechanische Lösung der monochromatischen Sonnenbeobachtung stellt m.E. eine bessere Alternative zu der rotierenden Spaltscheibe à la Veio dar, ist aber dennoch zeitaufwendig in der Justage und anfällig gegenüber äußeren Faktoren. Eine bessere Lösung bietet die Verwendung einer hochauflösenden CCD-Zeile hinter dem Austrittsspalt, die schnell mit Hilfe eines

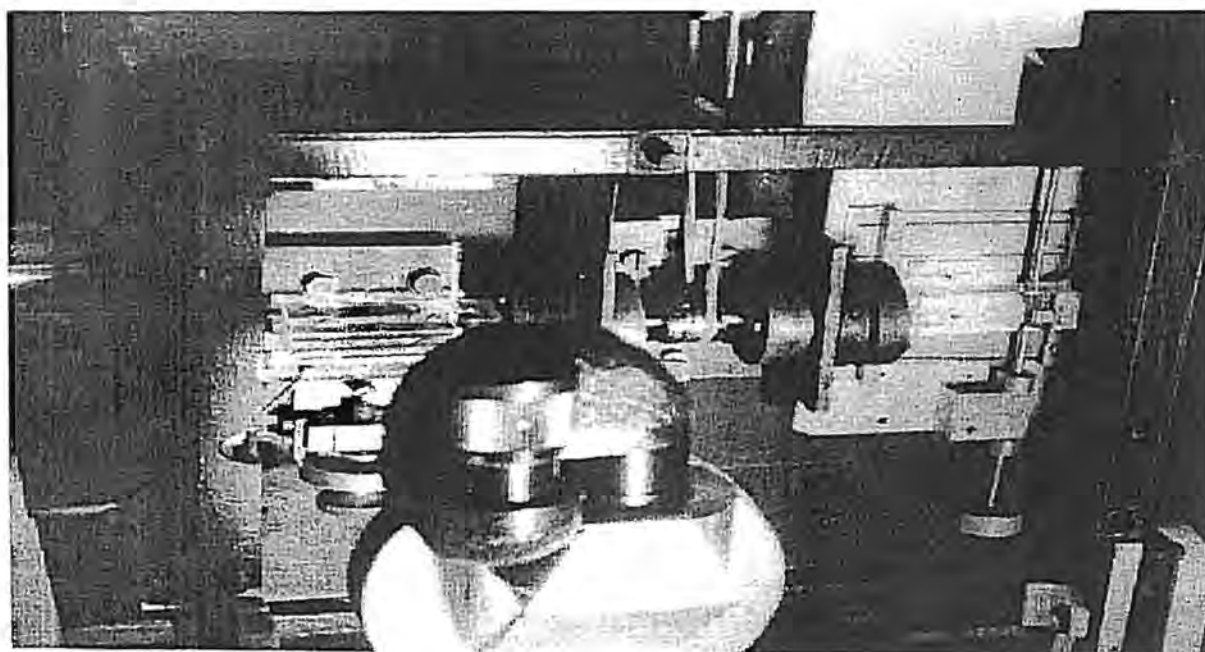
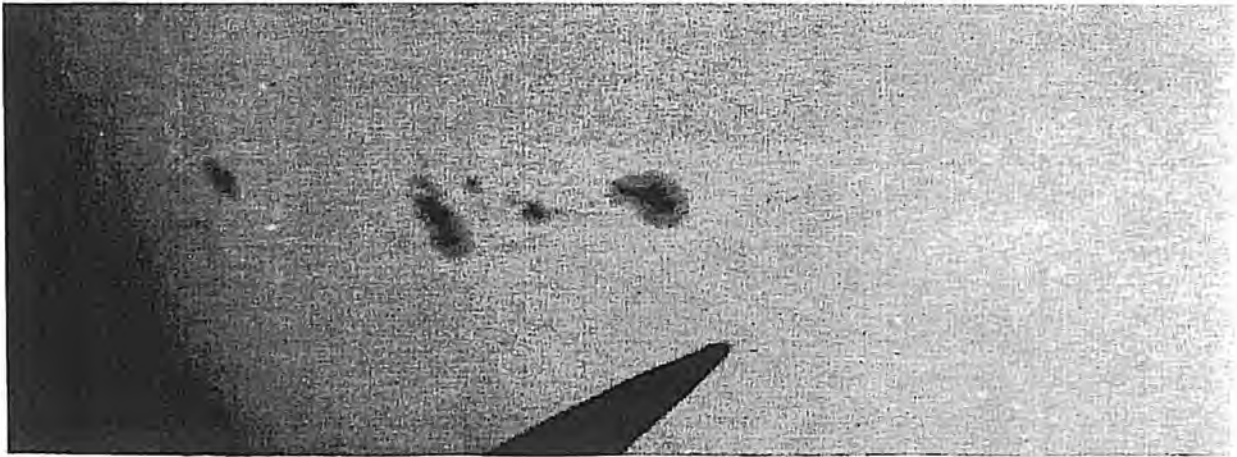


Abb. 8: (Erläuterungen imText)

Am Okularauszug läßt sich nun je nach eingestellter Wellenlänge ein streng monochromatisches Sonnenbild mit einer Halbwertsbreite von mindestens  $0,5 \text{ \AA}$  beobachten.

Abb. 9a zeigt eine Aufnahme der Sonne vom 5.10.1983 im Weißlicht, so daß vorzugsweise die Photosphäre sichtbar ist. Im monochromatischen Licht der  $H\alpha$ -Linie hingegen offenbaren sich interessante Strukturen der äußeren Chromosphäre (Abb. 9b). Belichtet wurde dabei 4s auf ORWO NP 27-Emulsion am gleichen Tag einige Stunden später. Die hellen Flächen

Computers ausgelesen wird. Dadurch entfällt die langwierige Neigungs- und Kipp-Justage der beiden Prismen, da nur noch eines dieser Exemplare vor dem Eintrittsspalt rotiert. Zudem profitiert man jetzt an der erheblich größeren Lichtempfindlichkeit des CCD-Sensors. Da sich das Spektrohelioskop hinsichtlich dieser Modifikation gerade im Umbau befindet, können daher hier noch keine Ergebnisse in Form von digitalisierten Bildern der monochromatischen Sonne vorgelegt werden. Sobald der Umbau abgeschlossen ist, sollen diese aber hier nachgereicht werden.



**Abb. 9a:** oben (Erläuterung im Text)

**Abb. 9b:** unten (Erläuterung im Text)

Literatur:

- [1] K. Graff - Grundriß der Astrophysik
- [2] James B. Kaler - Sterne und ihre Spektren
- [3] I.W. Schklowski - Geburt und Tod der Sterne
- [4] ABC-Brockhaus der Astronomie
- [5] Saidel, Prokofjew, Raiski - Spekraltabellen
- [6] diverse WWW-Seiten spektroskopischer und astronomischer Vereinigungen



## Spektroskopie der Sonne

(von Dr. Michael Steffen, Seevetal)

Für den Einstieg in das Gebiet der Sternspektroskopie bietet sich naturgemäß die Sonne als erstes Übungsobjekt an. Der maßgebliche Vorteil liegt in der immensen Lichtfülle, die das Objekt ausstrahlt, so daß Spektroskope verwendet werden können, deren optisches Design im ersten Ansatz nicht auf optimale Lichtausbeute ausgelegt ist.

### 1. Aufnahmebedingungen

Als Spektroskop wurde ein ausrangiertes Atomabsorptionsspektrometer so umgebaut, daß mit einem 200mm-Teleobjektiv Ausschnitte des Spektrums von jeweils ca. 50 nm formatfüllend auf SW-Kleinbild-Film (Kodak Tmax400) aufgenommen werden können. Da das Gitter, verbunden mit einem digitalen Zählwerk, mechanisch gedreht werden kann, ist eine einfache Wellenlängenpositionierung gegeben.

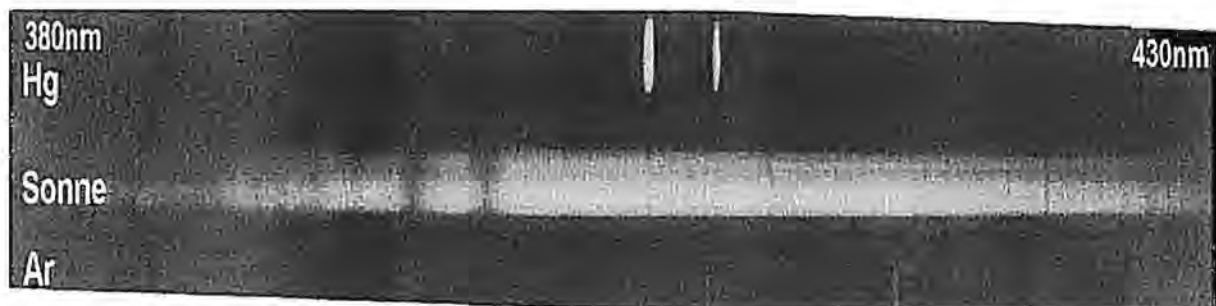
An dieser Stelle ist ersichtlich, daß dieses einfache optische Design bei Verwendung eines 0,1mm-Spaltens nur die Sonne als Beobachtungsobjekt zuläßt.

Die Bearbeitung und Auswertung der Spektren soll im folgenden am Beispiel des Spektrenausschnittes zwischen 380 und 430 nm (Gitterposition 400nm) dargestellt werden.

Abb. 1 zeigt das Spektrum der Sonne mit den Spektren der beiden Referenzlichtquellen Quecksilber und Argon. Deutlich sind die unterschiedlichen Absorptionslinien im Sonnenspektrum und die Emissionslinien in den Spektren der Referenzlichtquellen zu erkennen.

### 2. Bearbeitung der Rohdaten

Zur Gewinnung der Schwärzungskurve wurde das Negativ digitalisiert auf Photo-CD



**Abb.1:** Spektrum der Sonne mit Referenzspektren von Quecksilber und Argon

Das dispergierende Element ist ein Reflexionsgitter mit 70mm Kantenlänge und 1800 Linien/mm. Als Lichteinführsystem wurde ein Bündel von vier übereinander positionierter Lichtleiter (Durchmesser 1mm) verwendet. Mit den vier Lichtleitern ist man in der Lage parallel zum Spektrum der Sonne drei Spektren von Referenzlichtquellen für die spätere exakte Wellenlängenkalibration aufzunehmen.

Als Referenzlichtquellen wurden Quecksilber, Argon und Neon gewählt. Dadurch ist der Wellenlängenbereich zwischen 380 und 800 nm einigermaßen referenzmäßig abgedeckt.

gebracht. In einem Bildverarbeitungsprogramm wurden nach Kontrastbearbeitung die einzelnen Spektren als schmale Streifen ausgeschnitten. Dabei ist auf exakte Gleichheit in der Länge zu achten, damit die Wellenlängenzuordnung für alle Spektren erhalten bleibt.

Die Spektrenausschnitte hatten dann eine Größe von ca. 50 x 1800 Pixel; d.h. der Bereich zwischen 380 und 430 nm wurde auf 1800 Pixel verteilt. Die Spektrenbreite betrug demnach 50 Pixel. Diese Spektrenausschnitte wurden als RAW-Datei gespeichert, in der für jedes Pixel die Farbinformation hexadezimal abgelegt ist.

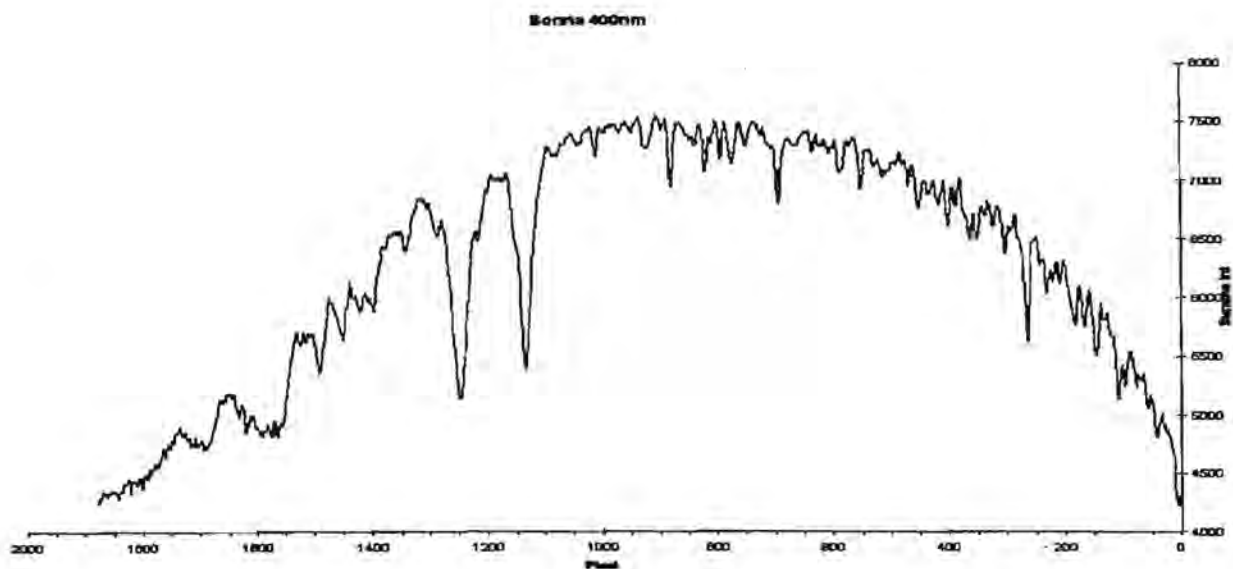


Abb. 2: Rohspektrum der Sonne

Zur Gewinnung des entsprechenden Dezimalwertes (0 für schwarz, 256 für weiß) wurde das Bild in einem Programm von Dieter Goretzki zeilenweise ausgelesen und als Matrix (50x1800) in einer Datei abgelegt.

Diese wiederum wurde zur weiteren Bearbeitung in Excel eingelesen mit dem Ziel einer Darstellung des Spektrums von 1x1800 Datenpunkten. Zur Verbesserung des Linien/Untergrundverhältnisses wurden die dezimalen Schwärzungswerte zeilenweise summiert.

Abb. 1 läßt aber erkennen, daß längst einer Absorptions- bzw. Emissionslinie keine vollkommene Gleichheit in der Schwärzung herrscht. Um den homogenen Kernbereich zu erkennen sollte die Streuung innerhalb einer Zeile minimal werden.

Dazu bietet sich die Berechnung der Standardabweichung an. Auffallende Abweichung einer Zeile von der durchschnittlichen Standardabweichung, ließ sofort Inhomogenität längst einer Spektrallinie erkennen.

Eliminierung der entsprechenden Spalten führte zum Schluß zu Spektrenstreifen von 40x1800 Pixeln, die zur zeilenweisen zeigt Abb.2

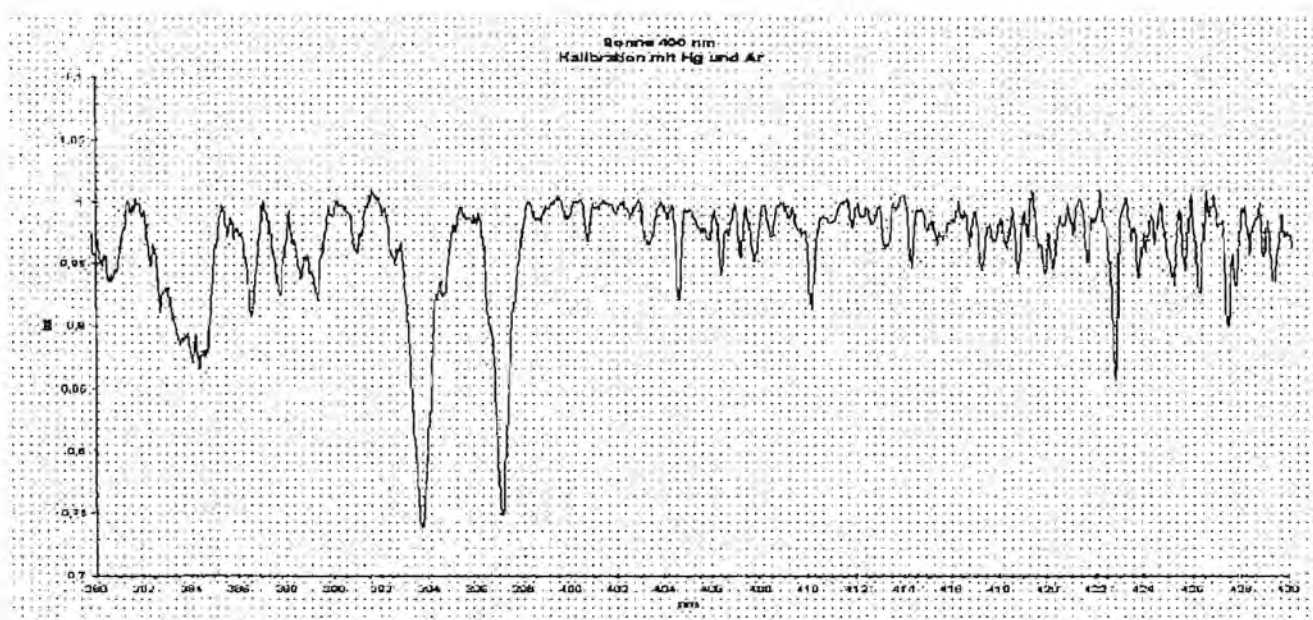
Im Gegensatz zu reinen Element-Linienspektren ohne erkennbaren Untergrund führt die Veränderung der Untergrundintensität über die Aufnahmefläche beim Sonnenspektrum zu der in Abb. 2 auffallenden bogenförmigen Spektrendarstellung.

Zur Nivellierung auf gleichen Untergrund ist das Programm MK außerordentlich hilfreich.

Dieses und andere Programme zur Auswertung und Berechnung von Spektren wurden von R. O. Gray für DOS-Systeme geschrieben (<ftp://am.appstate.edu/pub/prog/grayro>) als Alternative zum Profi-Programm MIDAS unter Linux.

Unter gleichen Bedingungen wurden die Spektrenausschnitte der Referenzspektren von Quecksilber und Argon ausgewertet.

Durch pixelgleiche Gegenüberstellung aller Spektren und den bekannten Linien der Referenzspektren wurde im weiteren eine Kalibrationsgerade berechnet; damit ließ sich jedem Pixel eine Wellenlänge zuordnen. Abb. 3 zeigt das Ergebnis für das Sonnenspektrum.



**Abb. 3:** Spektrum der Sonne nach Kalibration

### 3. Zuordnung der Linien

Eine schwierige Aufgabe besteht in der Identifizierung der Linien. Gerade wegen des Linienreichtums des Sonnenspektrums ist die Zuordnung mit Hilfe von Tabellenwerken mühsam und nicht immer eindeutig zumal nicht unbedingt erwartet werden kann, daß unter den bisher dargestellten Amateurbedingungen eine Linienpositionierung auf 0,1 nm genau erreicht werden kann. Zur Verdeutlichung zeigt nachstehende Tabelle einen Ausschnitt aus einer Datenbank. Die Wellenlängen sind hier in Ångström angegeben ( $10 \text{ \AA} = 1 \text{ nm}$ ).

Wellenlänge	Element
4080,021	Ca
4080,216	Fe
4080,23	Nd
4080,44	Ce
4080,572	Sc
4080,572	Cr
4080,89	Fe
4081,1	O
4081,2	Cr
4081,22	Ce
4081,22	Zr
4081,22	Y
4081,223	Fe

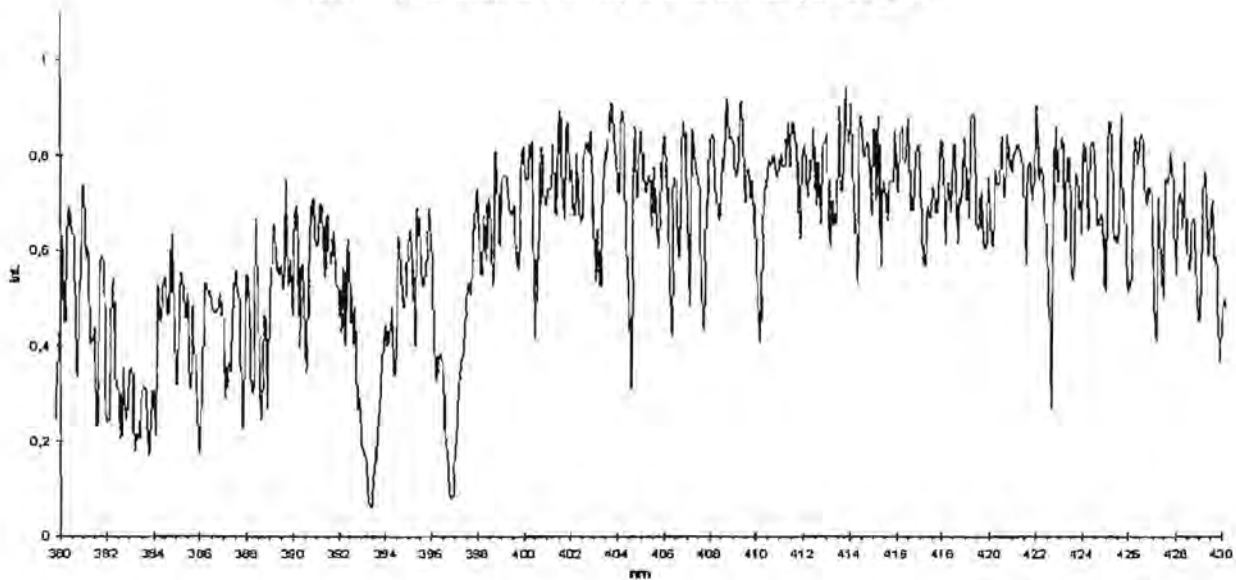
Als Alternative wurde die Möglichkeit über die Spektrenberechnung versucht.

Dazu wurde mit dem Programm SPEKTRUM von R. O. Gray ein Sternenspektrum nach dem Sternatmosphären-Modell von Robert Kurucz berechnet. Für die Sonne wurden als physikalische Parameter für typische G-Sterne eine effektive Oberflächentemperatur von 5770 K und eine Schwerebeschleunigung von  $\log(g) = 4,4$  vorgeschlagen.

Von einem Stern als Gasball wird das Profil von Absorptionslinien durch die turbulente Bewegungen der Gasoberfläche beeinflusst. Da die Beeinflussung nur innerhalb der optischen Tiefe der Gasoberflächenschicht erfolgt, spricht man von Mikroturbulenz.

Auch diese wird im Sternatmosphären-Modell berücksichtigt und ein Wert von 2 km/sec gewählt. Das berechnete Spektrum zeigt Abb. 4. Eine gute Übereinstimmung in der relativen Linien- und Intensitätsabfolge zum beobachteten Spektrum ist deutlich zu erkennen.

Sonne berechnet nach dem Modell von Kurucz  
 $T_{\text{eff}}=5770 \text{ K}$ ; Mikroturbulenz=2 km/sec; Schwerebeschleunigung  $\log(g)=4,4$



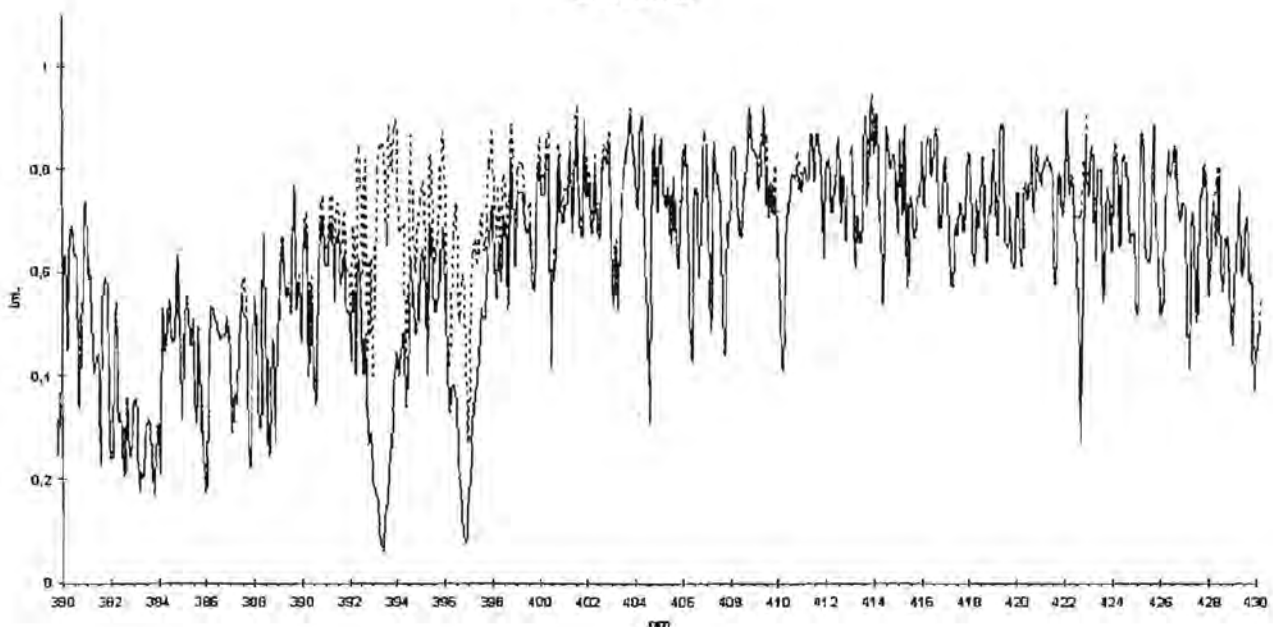
**Abb.4:** Berechnetes Spektrum eines G-Sterns

Dieses Ergebnis führte in der Diskussion mit Mitgliedern der Fachgruppe Sternspektroskopie zur Idee der Linienidentifizierung durch Spektrenberechnung mit gezielt modifizierter Elementhäufigkeit. Die Elementhäufigkeiten in Sternatmosphären wird in einem logarithmischen Maßstab bezogen auf Wasserstoff  $\log(H)=12$  angegeben.

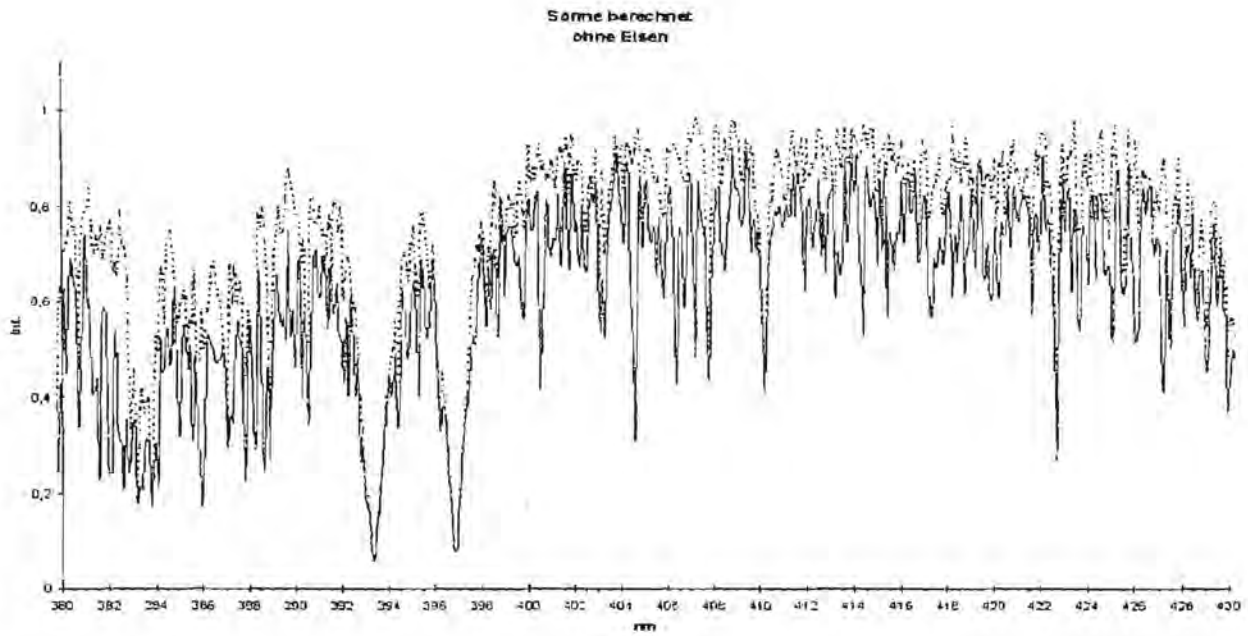
Zur Modifizierung wurde die dem Sternmodell zugrunde liegende Elementhäufigkeit für das jeweils interessierende Element bewusst herabgesetzt, z.B.  $\log(\text{Fe})=0,01$ .

Abb. 5 - 7 zeigen Ergebnisse für die Elemente Eisen, Calcium und Strontium.

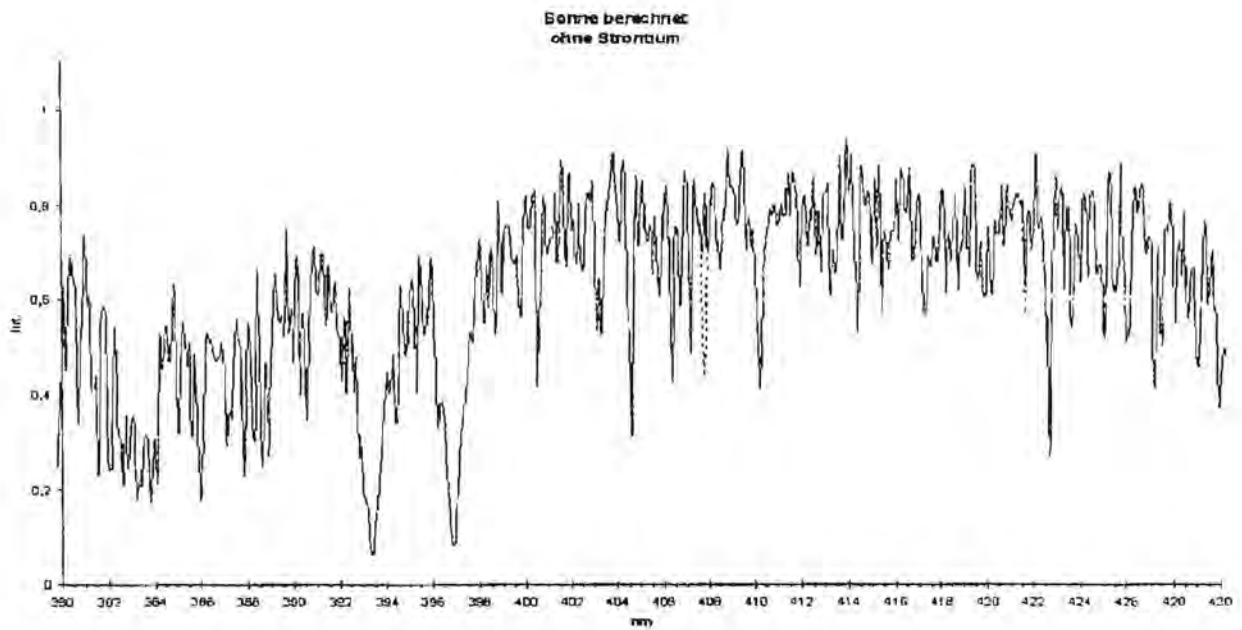
Sonne berechnet  
 ohne Calcium



**Abb. 5:** Berechnetes Sternspektrum mit (—) und ohne (.....) Calcium

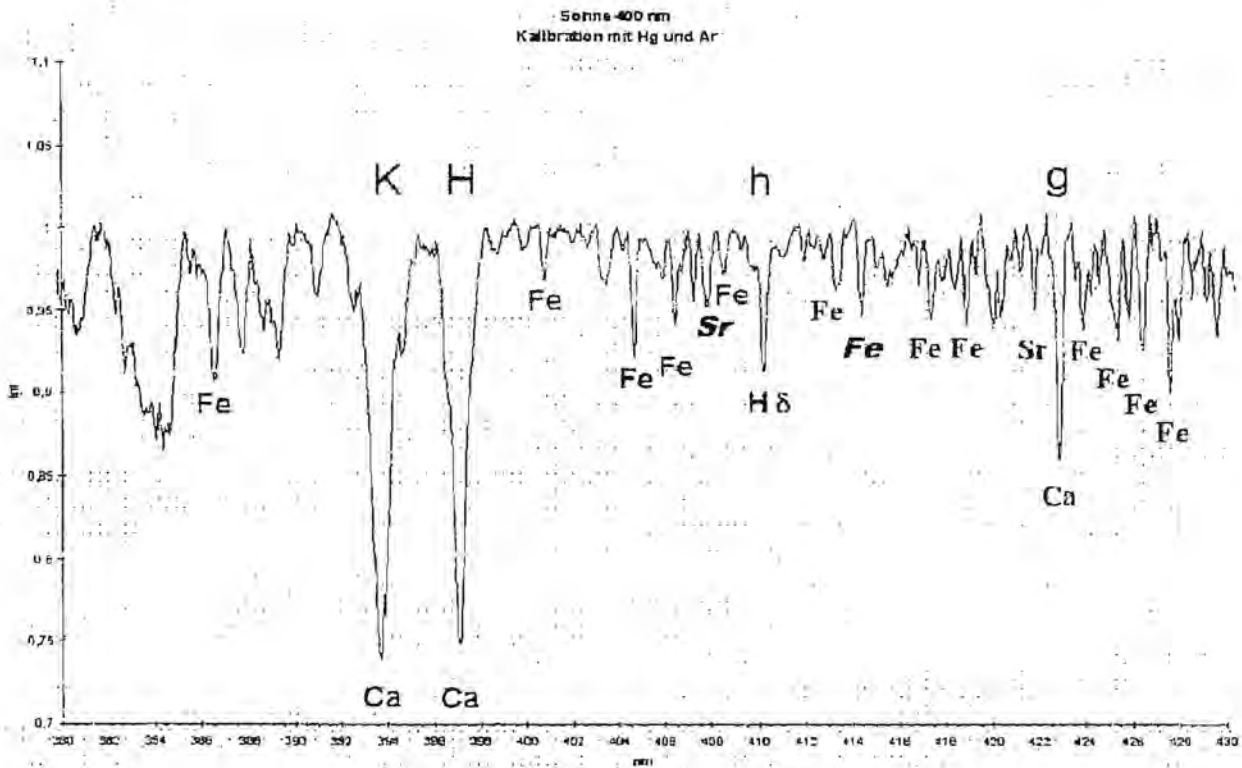


**Abb.6:** Berechnetes Sternspektrum mit (durchgezogene Linie) und ohne (gestrichelte Linie) Eisen



**Abb.7:** Berechnetes Sternspektrum mit (durchgezogene Linie) und ohne (gestrichelte Linie) Strontium

Das Ergebnis der Auswertung der Rechenoperationen auch für weitere Elemente ist in Abb. 8 dargestellt. Oberhalb des Spektrum sind zusätzlich die Fraunhoferschen Kurzbezeichnungen mit angegeben.



**Abb. 8:** Linienzugeordnetes Sonnenspektrum

Die Linien *Sr* (407,7 nm) und *Fe* (414,4 nm) sind hervorgehoben wegen ihrer besonderen Bedeutung als Klassifikationskriterium.

So dient die das Linienstärkenverhältnis von *Sr* 407,7 / *Fe* 406,3 und *Sr* 407,7 / *Ca* 422,7 als Kriterium zur Einordnung der Sterne in die Leuchtkraftklassen I - V des Yerkes-Systems.

Das Linienstärkenverhältnis von *Fe* 414,4 / *Hδ* 410,2 dagegen ist ein wichtiges Kriterium zur Festlegung der Harvard-Unterklasser innerhalb des Sterntyps G, zu dem auch die Sonne gehört.

#### 4. Bewertung

In nachstehender Tabelle sind für einige Linien die ermittelten Wellenlängen denen der Literatur gegenübergestellt.

Die schlechtere Übereinstimmung bis ca. 400 nm könnte auf fehlende Kalibrationslinien in diesem Bereich zurückgeführt werden.

Die weitere gute Übereinstimmung der ermittelten Linienpositionen mit denen der Literatur

zeigt die Möglichkeit, die auch unter Amateurbedingungen erreicht werden können.

Verbesserungsmöglichkeiten bestehen in der Optimierung des optischen Designs, in der Verwendung noch geringerer Spaltbreite und in der Verwendung feinkörnigeren Filmmaterials.

beobachtet	Literatur	
nm	nm	
384,3	386,1	Fe
386,6	387,8	Fe
387,8	388,6	Fe
393,7	393,4	Ca
397,1	396,9	Ca
400,8	400,6	Fe
404,6	404,6	Fe
406,4	406,4	Fe
407,2	407,2	Fe
407,7	407,8	<i>Sr</i>
410,2	410,2	<i>Hδ</i>
414,4	414,4	<i>Fe</i>
422,8	422,7	Ca

## Die neue Mitteilungsschrift der VdS

(v. Ernst Pollmann, Leverkusen)

Inzwischen wird es sicher kein Geheimnis mehr sein: die VdS plant die Herausgabe einer eigenen Mitteilungsschrift. Die Herausgeber und Redakteure von INTERSTELLARUM werden aus beruflichen Gründen ihre äußerst erfolgreiche Zeitschrift für Amateurastronomen einstellen und sich stattdessen ganz und gar des neuen VdS-Organs annehmen, an dessen Zustandekommen sie auch maßgeblich beteiligt sind.

In unterschiedlichen Verantwortungsformen wird das neue Mitteilungsblatt der VdS ganz wesentlich von Beiträgen aus den VdS-Fachgruppen (bis auf einige wenige Ausnahmen) gespeist. So natürlich auch von der FG SPEKTROSKOPIE, die halbjährlich mit einem Rubrikananteil von 5 Seiten von insgesamt 90-100 Seiten vertreten sein wird.

In groben Zügen wird das neue VdS-Organ mit folgender Struktur ausgestattet sein:

Editorial & Inhalt; Glossenartiges Streulicht zur Situation der Amateurastronomie/Astronomen; Beobachterforum und aktuelles aus der Forschung; Aufsätze und Artikel aus der Amateurastronomie: Objekte der Saison; Magazin: Tagungsberichte, Rezensionen, Nachrichten.

Die Rubrik für die FG SPEKTROSKOPIE trägt bezeichnenderweise den Titel: SPEKTROSKOPIE und behandelt dabei vorwiegend auf ca. 4 Seiten Artikel und Auswertungsberichte. Damit sind gemeint: Vorstellung von Projektarbeiten wie beispielsweise der Bau von Instrumenten, Präsentationen von Beobachtungsergebnissen, Objektbesprechungen sowie Projektausblicke. In einer 1 seitigen Infobox werden kurzgefaßte Tagungsberichte, Tagungsplanungen und sonstige Informationen erscheinen.

Die Betreuung unserer Rubrik geschieht ausschließlich eigenverantwortlich zunächst allein durch meine Person als Fachredakteur, wobei es unbedingt wünschenswert wäre, diese Eigenverantwortlichkeit mit einem geeigneten redaktionellen Stellvertreter/Mitarbeiter zu teilen. Sollte sich also jemand aus unserem FG-Kreis ermutigt fühlen, hier mitwirken zu wollen, so möge er sich bitte an mich wenden.

Für Autoren aus den FG sind als Redaktionsschluß 4 Monate, und für den Fachredakteur 3 Monate vor Erscheinen festgelegt worden. Derzeit geht die Planung davon aus, daß die erste Ausgabe vor der VdS-Mitgliederversammlung im Herbst 1999 erscheinen kann.

Die Herausgabe unseres eigenen Mitteilungsblattes SPEKTRUM wird von dem neuen VdS-Blatt nicht berührt. SPEKTRUM wird nach wie vor als wichtiges FG-internes Kommunikationsorgan halbjährlich in gewohnter Weise erscheinen. Gleichwohl sei an dieser Stelle bemerkt, daß seitens der Fachredaktion (E. Pollmann) beabsichtigt ist, das bisher in SPEKTRUM veröffentlichte Material an Aufsätzen bzw. Fachbeiträgen im neuen VdS-Mitteilungsblatt erneut zu verwenden. Dies hätte den Vorteil eines erheblich größeren Verbreitungseffektes - von bisher 60 Exemplaren in der FG SPEKTROSKOPIE, auf mehr als 3500 Exemplare in der gesamten Amateurszene der Bundesrepublik. Welch besseren Dienst könnten die entsprechenden Autoren den sonst noch über die FG SPEKTROSKOPIE hinaus spektroskopisch Interessierten erweisen?

Sollten aus dem bisherigen Kreis der FG Autoren Bedenken gegen diese Absicht bestehen, so bitte ich die jeweiligen Autoren mit mir in Kontakt zu treten.

## Spektroskopisch interessante WWW-Seiten

(v. Joachim Draeger, Teisendorf/Ufering)

1. Es gibt eine neue Spektroskopie-Newsgruppe: sci.techniques.spectroscopy
2. Über die Adresse: <http://www.erols.com/njastro/fass/> erreicht man das „Forum for Amateur Astrospectroscopy“
3. Wer will, kann in den DEJANEWS das Archiv der Newsgruppe sci.astro.amateur mit dem Stichwort spectro\* durchsuchen. Ich fand bemerkenswert, daß dort u.a. von der Benutzung einer Musik-CD als dispersives Element berichtet wurde. Angeblich können damit sogar Fraunhoferlinien gesehen werden.

## Sektion SPEKTROSKOPIE bei der BAV

(v. Ernst Pollmann, Leverkusen)

Im Rahmen der letzten BAV-Tagung in Hildesheim (BAV=Bundesdeutsche Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne) ist erfreulicherweise eine Sektion "SPEKTROSKOPIE" ins Leben gerufen worden, zu deren Leitung ich auserkoren wurde. Mit meinem Einverständnis, zumahl ich seit langem auf die Öffnung der BAV für diesen Bereich hingearbeitet habe.

Nun kommt es darauf an, diese neue Sektion mit Leben zu erfüllen. Ein erster Schritt wäre die Erarbeitung einer Beobachtungsliste. Es sollten darin für Amateure spektroskopisch beobachtbare Veränderlichenobjekte aufgeführt werden, die zweierlei Ansprüchen gerecht werden:

1. Helle, leicht auffindbare Einstiegsobjekte, die photometrisch wie spektroskopisch den nutzbringenden Beobachtungsdualismus beider Disziplinen deutlich machen.
2. Aus fachastronomischer Sicht interessante Objekte mit gleicher Zielsetzung.
3. Initiierung von Gemeinschaftsprojekten/objekten zwischen Photometrikern und Spektroskopikern (mein erster Versuch in dieser Richtung mit VV Cep schlug fehl).

Ein in wesentlicher Aspekt wird dabei für beide Zünfte der erforderliche beobachterische Zeitaufwand bzw. die Beobachtungshäufigkeit sein, die notwendig ist, um zu schlüssigen Resultaten zu gelangen.

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen bitte ich nun alle Interessierten, mich bei der Ausstattung dieser ersten Sektionsaufgabe zu unterstützen. Es grenzt nahezu an ein Wunder, daß die BAV die Sinnhaftigkeit dieses Dualismus erkannt hat und mit der Installation der Sektion "SPEKTROSKOPIE" dem Rechnung trägt.

Umsomehr kommt es darauf an, hier die Kompetenz unserer FG einzubringen. Ich weis, daß unter uns einige Spezialisten weilen, die sicher dazu Konstruktives beitragen könnten. Und um deren Mithilfe bitte ich ganz besonders.

## Be it resolved

(v. Dr. Ilja Hiller, Troisdorf)

Forschungsorientierte Amateure haben immer einen Vorteil gegenüber Berufsastronomen: sie haben genügend Zeit für Langzeitprogramme (z.B. dauernd denselben Stern beobachten), oder auch für Programme mit hohem Risiko zum Mißerfolg (z.B. Monddurchgänge). Professionelle Ambitionen hinsichtlich derartiger Aufgaben sind dagegen eher zurückhaltend.

Technologisch erreichen Amateure heute durchaus den Standard der Professionellen Astronomie. Damit ist nicht gesagt, daß heute das Ende des Universums erreichen, doch sie haben Chancen, die auf einigen Gebieten verglichen mit der Berufsastronomie nicht unbedingt im Unendlichen liegen.

Sechs Fähigkeiten machen den Amateur vergleichbar mit dem professionellen Astronomen:

1. Photonenmessung mit größeren Teleskopen und der CCD-Technik
2. Zeitauflösung mit CCD heller Objekte
3. Positionsmessung, CCD + Software
4. Wachsende Fähigkeiten bei Software
5. On-Line Spektralanalyse
6. Räumliche Auflösung

Der letzte Punkt soll besonders deutlich gemacht werden:

In den 80-90iger Jahren waren wir über die damalige Auflösung, die Don Parke mit seinen Teleskopen erreichte, überrascht. Im Rahmen einer Diskussion über Avangarde-Amateurastronomie verglich ich Bilder von ihm mit Aufnahmen vom HST. Don verlor, obgleich man schon ein gutes Auge benötigte, um den Unterschied zu erkennen. Ein gutes Teleskop bei gutem Seeing, Bildverarbeitung, und vor allem Geduld sind Don's Trumpfkarten.

Und nun gibt es neue Mitspieler: SBIG hat ein adaptives Optik-System eingeführt, um die Auflösung noch weiter zu verbessern und es scheint in der Tat ein optomechanischer Quantensprung nach vorn zu sein. Wir werden sehen.

Mich erstaunt immer wieder, mit welcher Genialität trotz gewöhnlicher Ausstattung Amateure außergewöhnliche Resultate erreichen. Ron Dantowitz vom Boston Museum of Sci-



ence ist neueste bekanntgewordene Amateur in diesem Zusammenhang. Seine Spezialität sind diffraktionsbegrenzte Abbildungen mit Video (siehe sein Bericht ab Seite 48 Sky&Telekop, 8/98).

Das besondere dieses Berichtes ist, daß seine dort beschriebene billig ist, und eben mal am Nachmittag überall zu kaufen ist. Er baut einfach alles zusammen und nutzt das Gekaufte optimal aus. Dies ist der Weg, in einer Amateurgemeinschaft solches zur Anwendung zu bringen. Die wenigsten haben die ausreichende Zeit, eigene Ausrüstungen selbst zu bauen oder neue Techniken einzuführen. Dies ist eben auch der Grund für die Kommerzialisierung.

In vielen Bereichen haben die Amateure mit den professionellen Astronomen gleichgezogen. Doch ich glaube, es ist dies erst die Spitze eines wirklich großen Eisberges.

Autor: Leif J. Robinson; Editor in Chief, S&T;  
Übersetzung aus S&T 8/98

### Nachfolge für Karl-Heinz Uhlmann

(v. Ernst Pollmann, Leverkusen)

Der Verlust durch den Tod unseres so sehr geschätzten Fachgruppenberaters Karl-Heinz Uhlmann schmerzt. Nicht nur in der Sternwarte Heppenheim, wie mir unlängst Peter Geffert schrieb. Auch in unserer FG ist seit seinem Fortgang bereits einige male die Frage gestellt worden: ja und nun? An wen soll ich mich denn jetzt mit meinem Problem wenden?

Die momentane Ratlosigkeit im Bezug auf diese Frage sollte im Kreis der FG mit diesen Zeilen einmal deutlich gemacht werden. Die Tatsache, daß Herr Uhlmann in so manchen Fällen ein echter praktischer Ratgeber war beweist, daß seine Funktion in kompetenter Weise von Nöten war. Damit ist verbundene die Frage nach einer würdigen Nachfolge. Zwar hat sich in letzter Zeit das Frage/Antwortspiel in unserer Mailingliste als sehr fruchtbar erwiesen. Dennoch meine ich, daß der Bereich des Baues individueller Spektrographen sowie die damit verbundenen Fragen der Mechanik und optischer Bauteile, mit noch mehr Herz betreut werden müßte.

In diesem Sinne sei an die gesamte FG der Appell gerichtet, daß sich mögliche Berufene ein Herz fassen sollten, um ihr fachkompetentes Wissen bzw. Können in den Dienst der FG zu stellen. Es wäre schön, wenn dadurch die Beraterlücke im Impressum des nächsten Fachgruppenrundbrief SPEKTRUM ausgefüllt würde.

### Reduktion von Sternspektren

(von Dr. Jean-Marie Will, Bonn)

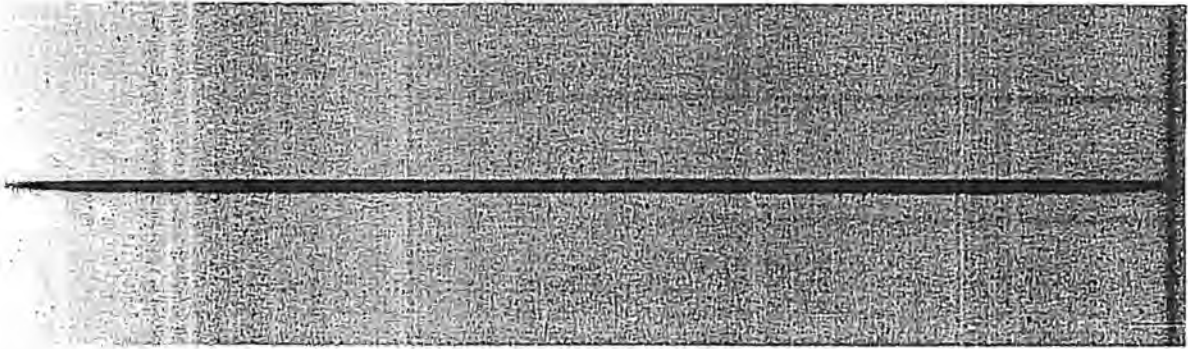
Das prinzipielle Problem bei der Bearbeitung und Auswertung von Sternspektren – im Astronomenjargon als Datenreduktion bezeichnet – ist, daß jeder Detektor (ob CCD, Film oder Photoplatte) und jeder Spektrograph (Gitter, Prisma, Multiobjekt-Feldspektrograph usw.) seine eigenen Charakteristiken besitzt, die im Verlauf der Datenreduktion berücksichtigt bzw. korrigiert werden müssen. Das beste Beispiel dafür ist die Nichtlinearität der Schwärzungskurven von Film und Photoplatte.

Ich möchte im Folgenden anhand einiger Beispiele beschreiben, wie die Reduktion spektroskopischer Daten prinzipiell abläuft. Für den jeweiligen individuellen Einzelfall kann es jedoch sein, daß noch zusätzliche Eigenschaften des verwendeten Spektrographen zu korrigieren wären.

#### **1. Erzeugung des digitalen Rohbildes**

Wird ein fotografisches Rohspektrum vom Film gescannt, so sollte nicht nur ein eindimensionales Bild (=Linie entlang des Spektrums) gescannt werden, sondern auch ein größerer Bereich daneben, um auf diese Weise ein zweidimensionales Bild bzw. mehrere eindimensionale Linien zu erzeugen.

Ich gehe im Folgenden davon aus, daß das Sternspektrum entlang der x-Achse des gescannten Bildes liegt. D.h. die x-Achse ist die Wellenlängenachse, und die y-Achse läuft entlang des Spektrographenspaltes über den Nachthimmel. Für den Fall, daß kein Spalt-Spektrograph verwendet und direkt der gesamten Himmel auf dem Prisma abgebildet wurde, sollte zur Subtraktion des Nachthimmels vom Spektrum prinzipiell genau so vorgegangen werden wie hier beschrieben.



**Abb.1:** Rohspektrum des Sterns PG0909+164. Der überdeckte Wellenlängenbereich reicht von 367,6 (links) bis 553,0 nm (rechts).

Weiterhin gehe ich davon aus, daß das Spektrum bereits wellenlängengeeicht ist. Die entsprechende Prozedur hängt nun sehr von den Eigenschaften des Spektrographen und den Möglichkeiten zur Gewinnung von Vergleichsspektren zur Wellenlängeneichung ab. Daher habe ich diese Prozeduren hier nicht beschrieben und steige gleich dort ein, wo die Zuordnung von Bildelement entlang der Wellenlängengachse und Wellenlänge bereits geschehen ist.

Als Beispiel zeigt Abb. 1 eine CCD-Aufnahme von einem Sternspektrum die ich bei ESO auf La Silla gemacht habe. Die Wellenlängengachse ( $x$ -Achse) läuft von 3676 Angström (links) bis 5530 Angström (rechts). Das Spektrum des Sterns ist die dunkle Linie in der Mitte. In dieser Darstellung sind darauf keine stellaren Linien zu erkennen. Vielmehr habe ich versucht, die Strukturen neben dem Spektrum deutlich werden zu lassen. Die hellen und dunklen Streifen dort sind Absorptions- und Emissionslinien im Licht des Nachthimmels.

## 2. Modellierung des Nachthimmels

Die Linien des Nachthimmels verlaufen nicht nur im Bereich neben dem Sternspektrum, sondern auch über dieses hinweg. Ohne Korrektur würden somit dort Linien vortäuscht werden, die gar nicht vom Stern herrühren. Dieses wird nochmals in Abb. 2 deutlich. An dem Schnitt über den Himmelshintergrund sieht man deutlich, daß die Intensität nicht bei Null liegt und daß es sowohl Absorptionslinien (z.B. bei 3950 Angström) als auch Emissionslinien (z.B. bei 5500 Angström) gibt.

Die Information über das Spektrum des Nachthimmels benötigt man einerseits, um Nachthimmelsspektren aus dem Sternspektrum zu entfernen und andererseits, um den Nullpunkt der Intensitätsskala festzulegen. Dazu paßt man an jede Spalte senkrecht zu dem Sternspektrum eine Funktion geeigneten Grades an (i.A. ein Polynom 2ter oder 3ter Ordnung, wenn der Himmel sehr flach ist, kann man auch mit einer Geraden auskommen). Dabei läßt man aber die Datenpunkte auf und in unmittelbarer Nähe des Sternspektrums für den Fit aus. Auf diese Weise modelliert man den Verlauf der Himmelshelligkeit bei jeder Wellenlänge, und erhält somit ein zweidimensionales Bild des Himmelsspektrums. Dieses wird dann vom Rohbild **subtrahiert**. Danach sollte die Zählrate ober- und unterhalb des Sternspektrums um Null schwanken.

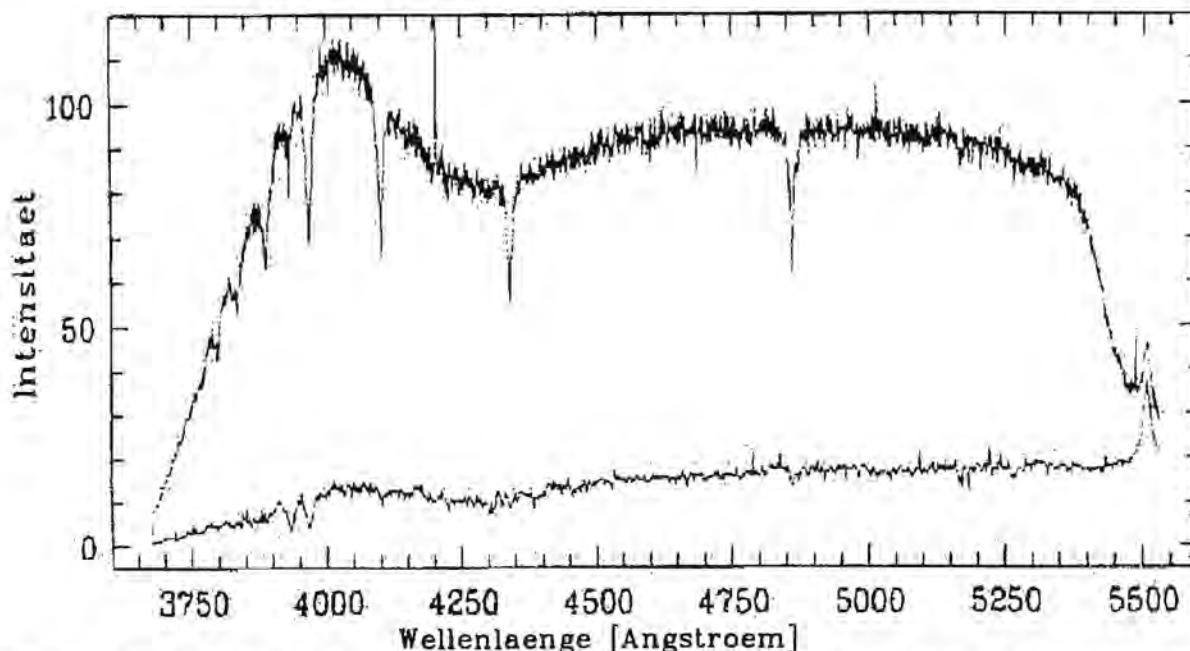
Um die Nachthimmelsspektren zu verdeutlichen, ist in Abb. 2 einfach über einige Reihen im Spektrum gemittelt. I.a. reicht es nicht, solch ein gemittelttes Spektrum des Nachthimmels einfach vom Sternspektrum abzuziehen, da die Himmelshelligkeit normalerweise entlang des Spektrographenspaltes, also in Abb. 1 von oben nach unten, variiert. Damit würde an der Stelle des Sternspektrums eine falsche Himmelshelligkeit subtrahiert. Allerdings Allerdings gewünschten Genauigkeit.

## 3. Extraktion des Sternspektrums

Um aus dem zweidimensionalen Bild nun ein eindimensionales Spektrum zu erzeugen, kann man einfach die Zeile mit der höchsten Intensität extrahieren. Etwas besser ist es, mehrere Zeilen herauszunehmen und diese, mit ihrer Intensität gewichtet, zu mitteln oder einfach aufzuaddieren. Damit unterdrückt man etwas das Rauschen im Spektrum, da Information aus einem größeren Bereich des Filmes verwendet

werden. Das setzt aber voraus, daß das Spektrum auf genügend Zeilen verteilt war, bzw. die Auflösung des Scanners genügend groß war. Das Ergebnis einer solchen Extraktion ist in Abb. 3 gezeigt.

der 1 und niedrige Intensitäten (Mitte der Linien) bei Werten zwischen 0 und 1. Geringere Werte als Null dürfen praktisch nicht vorkommen, der Himmelshintergrund lag ja schon bei



**Abb.2:** Schnitte durch das Rohspektrum Abb.1. Die obere Linie ist ein Schnitt gemittelt über die Zeilen 127 bis 135 des Bildes und liegt damit mittig auf dem Sternspektrum. Die untere Linie ist ein Schnitt gemittelt über die Zeilen 5 bis 95, sein zeigt also den Himmelshintergrund. Der helle Peak bei 420 nm ist ein sog. „Cosmic“, also der Durchgang eines Teilchens der Höhenstrahlung durch das CCD. Diese Cosmics müssen normalerweise auch noch korrigiert werden

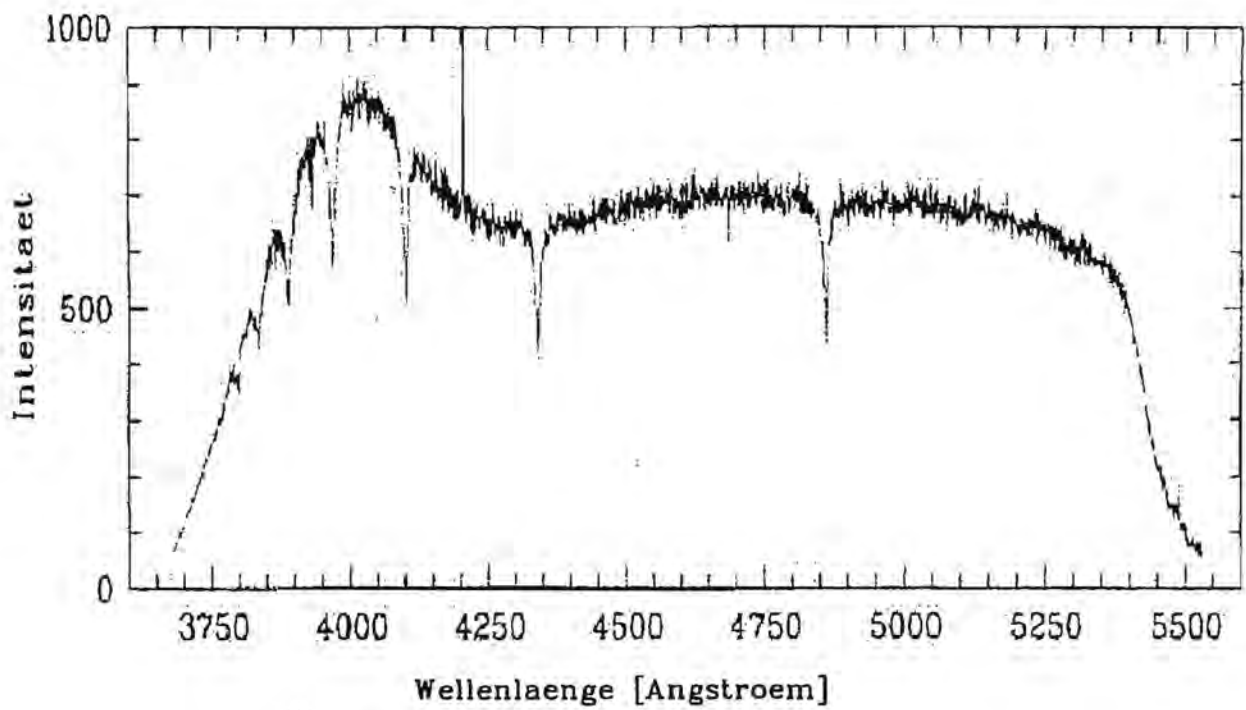
#### 4. Normierung

Wenn man nun ein eindimensionales Spektrum (d.h. pro Wellenlängelement ein Intensitätswert) erhalten hat, muß der Kontinuumsverlauf gefittet werden. Achtung: die Absorptionslinien mancher Sterne haben sehr breite Flügel, besonders die bei Sternen mit hohen Schwerebeschleunigungen (z.B. Weiße Zwerge), man darf daher nicht zu sehr in der Nähe dieser Spektrallinien den Verlauf des Kontinuums festmachen. Abb. 4 zeigt den Fit an das Kontinuum für meinen Beispielstern.

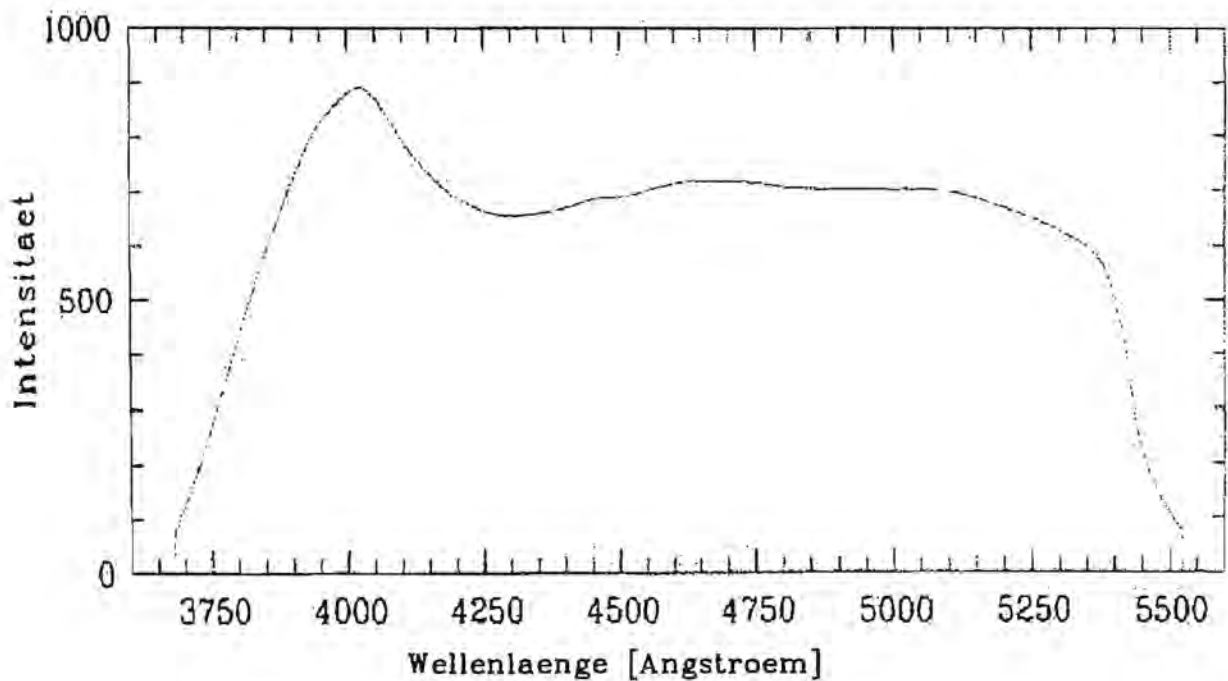
Durch diesen Kontinuumsverlauf muß dann das Spektrum **dividiert** werden. Damit landen alle hohen Intensitäten (Sternkontinuum außerhalb der Absorptionslinien) auf/in der Nähe

Null. Das Ergebnis für den Beispielstern zeigt Abb.5. Allerdings muß ich zugeben, daß das ein schlechter Fit war, das Kontinuum liegt durchweg etwas niedriger als 1.

Soweit ein Schnelldurchgang durch die Datenreduktion wie sie normalerweise abläuft. Das ganze ist sehr an CCD-Daten orientiert, aber leider habe ich bisher keine photographischen Daten ausgewertet. Daher habe ich auch die Linearisierung der Daten nicht behandelt. Hierzu müssen ja schon beim Beobachten Vorkehrungen getroffen werden, d.h. z.B. Belichtung eines Graukeils auf den Rand des Films oder auf eine gesonderte Aufnahme. Allerdings denke ich, daß das Prinzip der Linearisierung klar sein dürfte. Aus der tatsächlichen Schwärzung und der bekannten Lichtintensität an dieser Stelle muß eine Schwärzungskurve für den Film abgeleitet werden. Mit dieser läßt sich dann die gemessene Schwärzung in Intensität zurückrechnen. Wenn man allerdings dafür sorgt, um in dem Bereich der Schwärzungskurve des Filmes zu arbeiten, der sowieso bereits linear ist, kann auf die Linearisierung verzichtet werden.



**Abb. 3:** Extrahiertes Spektrum von PG09 +161. Dadurch, daß die extrahierten Linien aufaddiert wurden, ist die Zählrate höher als in Abb.2. Man beachte das Verschwinden der Himmelslinie 550nm durch die Subtraktion des Spektrum des Nachhimmels.



**Abb. 4:** Fit des Verlaufes des Kontinuums an das Spektrum aus Abb. 3

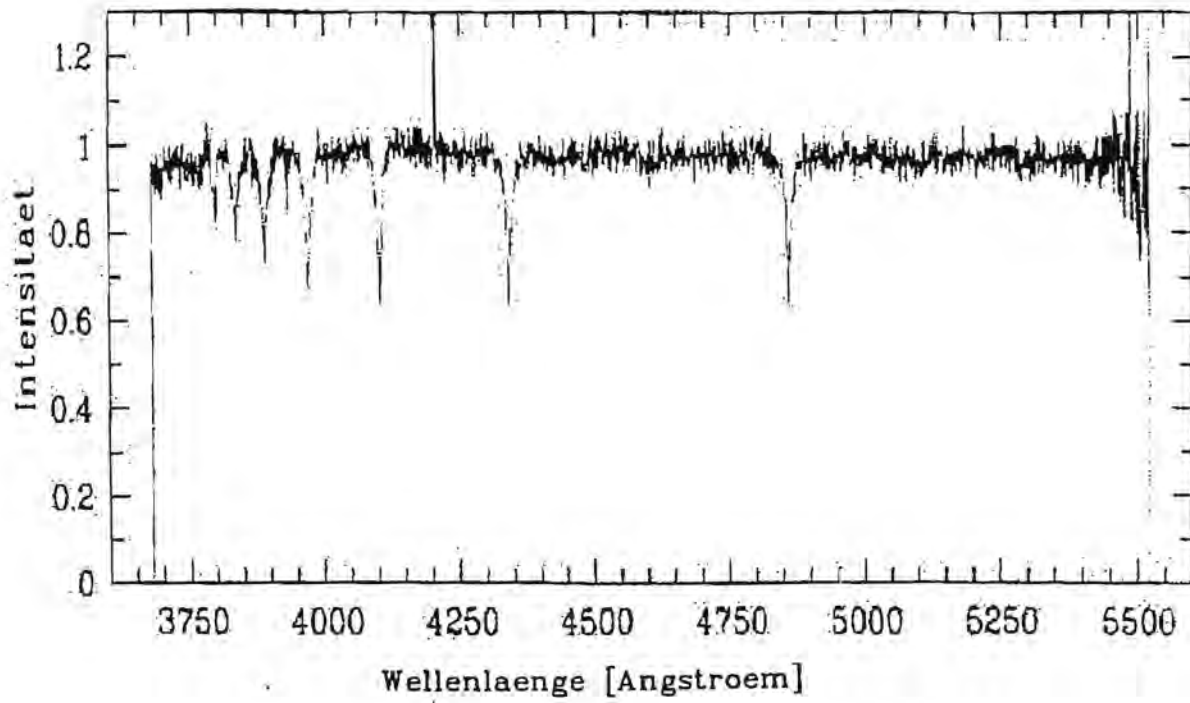


Abb. 5: Fertig normiertes Spektrum von PG0909+164