

Mitteilungsblatt der  
Fachgruppe

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

der Vereinigung der  
Sternfreunde e.V.

---

Rundbrief Nr. 14 ( 1997 )

---

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

## Inhaltsverzeichnis

		Seite
E. Pollmann	Die Spektroskopie der deutschen Amateurastronomen und ihre Fachgruppe in der VdS	1
E. Pollmann	Spektroskopische Veränderlichen-Beobachtung durch Intensitätsmessungen an der Wasserstoff-Emissionslinie $H\alpha$ bei Be-Sternen	4
M. Kretlow, M. Jung	Arbeitsgruppe Kometenspektroskopie an der Sternwarte der Universität Siegen erzieht Spektrum des Kometen C/1996 Q1 Tabur	14
A. Reinhard	Der Sternwartenführer: Ausgabe 1996	15
J. Draeger	Drei interessante WWW-Seiten für Spektroskopiker	15
	Literaturverzeichnis der FG SPEKTROSKOPIE	16
	Spektroskopie-Tagung 1998 (Ankündigung)	19

## Die Spektroskopie der deutschen Amateurastronomen und ihre Fachgruppe bei der VdS

(E. Pollmann, Leverkusen)

Spektroskopie - das ist auch heute noch ein Begriff, dem die überwiegende Mehrheit, zumindest die der bundesdeutschen Amateurastronomen, keine besonderen Sympathien entgegenbringen will. Das mag verstehen wer will. Ich habe auch heute noch gelegentlich meine Schwierigkeiten, diese ablehnende Geisteshaltung nachzuvollziehen.

Nichts gegen unbeschwerte Freizeitgestaltung oder Beschäftigung mit ausschließlich schöngestigen Dingen, die oftmals stark verknüpft sind mit ausgesprochen ästhetischen Aspekten. So wie es uns beispielsweise die vielen traumhaften Deep-Sky-Fotos aus dem Bereich der Astrofotografie gelegentlich in SuW vor Augen führen.

Doch 'mal ehrlich: was oder wo wäre die heutige astronomische Forschung, hätte es seinerzeit nicht die Herren Bunsen, Kirchhoff oder Josef von Fraunhofer gegeben. Sicher, mag der eine oder andere sagen, dann hätte es andere Pioniere der Spektralanalyse gegeben. Nun, mag sein. Eine derartige Retrospektive mutet zuweilen ein wenig abstrakt an. Tatsache jedenfalls ist, daß diese physikalische Analytik einen Weg, oftmals gar die einzige Möglichkeit überhaupt darstellt, über den Materiezustand ferner Welten, Sterne, Planeten, Meteoriten u.s.w. Informationen zu erhalten. Die Fachastronomie beweist dies unentwegt in vielen Beispielen aktueller und zukunftsorientierter Forschungsunternehmungen.

Doch der Amateur wendet sich ab. Spektroskopie - nein danke. Wie schon erwähnt: das verstehe wer will. Kaum ein anderer Veranstalter astronomischer Amateurtagungen wie Peter Riepe in Bochum, trägt der stiefmütterlichen Geisteshaltung, die der Spektroskopie heute in Amateurkreisen entgegengebracht wird, so sehr Rechnung. Seit Jahren schon ist es sehr zur Freude der Spektroskopiker natürlich, sein besonderes Anliegen, seine Bochumer Herbsttagung mit mindestens einem Amateurreferat zu diesem Thema

auszustatten. Recht so. Gleichwohl treten immer wieder Stimmen auf den Plan, die da lauten: muß das sein?

So kam es wie es kommen sollte. In abendlicher gemütlicher und geselliger Runde nach der BoHeTa 1992, unterbreitete ich ihm, Peter Riepe, damals noch Vorstandsmitglied der VdS, das Angebot der Gründung der Fachgruppe "Spektroskopie". Meine Verwirrung war nahe zu vollkommen. Niemals hatte ich auch nur im Traum daran gedacht, daß dieser Schritt mit soviel Resonanz und Wohlwollen im Kreise des VdS-Vorstandes aufgenommen würde. Dieser erste Schritt war getan. Nun mußte mehr geschehen als nur den Gründungsakt zu vollziehen. Zugegebenermaßen fehlte mir natürlich anfangs jegliche Erfahrung, hinsichtlich dessen, was denn nun so die eigentliche Substanz eines Fachgruppenwesens ausmacht.

Erfreulicherweise erweiterte sich der Fachgruppenkreis nach Bekanntgabe der Gründung doch sehr schnell. Mehr und mehr fanden sich interessierte Amateurspektroskopiker zur Mithilfe bzw. zur Mitarbeit bereit. Beim ersten Gründungstreffen 1993, wieder in Bochum, wurden bereits einige grundsätzliche Weichen der zukünftigen Zielsetzung gestellt: Die Zusammenarbeit mit anderen Fachgruppen der VdS - heute ein wesentliches Anliegen des VdS-Vorstandes.

Bereits im Jahr darauf, also 1994, veranstaltete die FG "SONNE" gemeinsam mit der FG "SPEKTROSKOPIE" eine erste Gemeinschaftstagung in Heilbronn. Peter Völker war hier nicht ganz unwesentlich am Zustandekommen dieser Tagung beteiligt. Wie überhaupt er auch noch einige Zeit später mit vielen interessanten Anregungen zur ständigen Weiterentwicklung der FG beigetragen hat. Ihm sei an dieser Stelle herzlichst gedankt.

Im Zuge weiter wachsenden Selbstvertrauens in die Eigenständigkeit, wurde der FG-Kreis größer und aktiver. Der Wunsch nach einem eigenen Mitteilungsblatt trat in den Vordergrund. Was war zu tun? Wohlwissend um die Bedeutung eines solchen wichtigen Kommunikationselementes, war doch eher Skepsis als die

totale Überzeugung dominant. Nun, nach anfänglichem Zögern entschlossen wir uns doch dazu, ein Mitteilungsblatt herauszugeben. Nicht um den astronomischen Blätterwald unnötigerweise aufzubauen, sondern vielmehr die gerade in Gang gekommene Kommunikation zwischen den einzelnen Fachgruppenmitgliedern zu unterstützen bzw. zu fördern. Inzwischen ist dieses Mitteilungsblatt erfreulicherweise auch außerhalb der FG einigermaßen bekannt geworden, was letztendlich dem Stellenwert der Spektroskopie in der Amateurszene doch eher entgegenkommt.

Die individuell akzentuierten Aktivitäten der spektroskopisch Interessierten entwickelten eine Eigendynamik. Unsere Spektroskopikertagungen trugen wesentlich dazu bei, persönliche Kontakte zu knüpfen und darüber hinaus bestehende zu vertiefen. Kassel 1995 war ein solcher Meilenstein. Hier konnte in exzellenten Institutsräumen der Universität ein wirklich erstklassiges Treffen der Spektroskopiker-Gemeinde veranstaltet werden, dem kaum einer der bis zu diesem Zeitpunkt angehörenden FG-Mitglieder fernblieb. Die auf diesem Treffen dominierenden Workshops waren wohl das belebteste Element mit nachhaltiger Wirkung. Auch heute noch ist zu erfahren, daß in Kassel '95 ein wesentlicher Durchbruch erzielt worden ist.

Insofern nimmt es nicht Wunder, daß heute von nahezu programmatischen Aktivitäten des FG-Kreises gesprochen werden darf. Die interessantesten Projekte, an denen derzeit zum Teil in individueller, aber auch in Gemeinschaftsform gearbeitet wird, wären:

- Fotografische Beobachtung an Emissionsliniensternen und planetarischen Nebeln
- Spektralklassifikation später Spektraltypen
- Allgemeine Spektralklassifikation
- Entwicklung und Test's von Spektrenauswerteprogrammen
- Informelle Unterstützung zu spektr. Filmen, Datenblätter, Sensibilisierung
- Bau verschiedener Spektrographentypen (Gruppen und Einzelpersonen)
- Äquivalentbreitenbestimmungen an veränderlichen Be-Sternen (CCD-

## Spektroskopie)

Erfreulicherweise ist es der Fachgruppe mit einigen der vorgenannten Projekte gelungen, ein gewisses Interesse innerhalb der "Veränderlichen Fachastronomie" zu wecken. Die sehr ergiebigen Kontakte beispielsweise zur Landessternwarte Heidelberg oder auch zum Astronomischen Institut der Universität Bochum, stellen hier wichtige Triebfedern mit ungeheurem Motivationsschub dar. Vielfältige Diskussionen zu den verschiedensten Beobachtungsergebnissen haben sehr zur allgemeinen Horizonterweiterung der gesamten Fachgruppe beigetragen. Darum wird es auch zukünftig bedeutsam sein, in seriöser Weise diese fruchtbringenden Verbindungen behutsam zu pflegen.

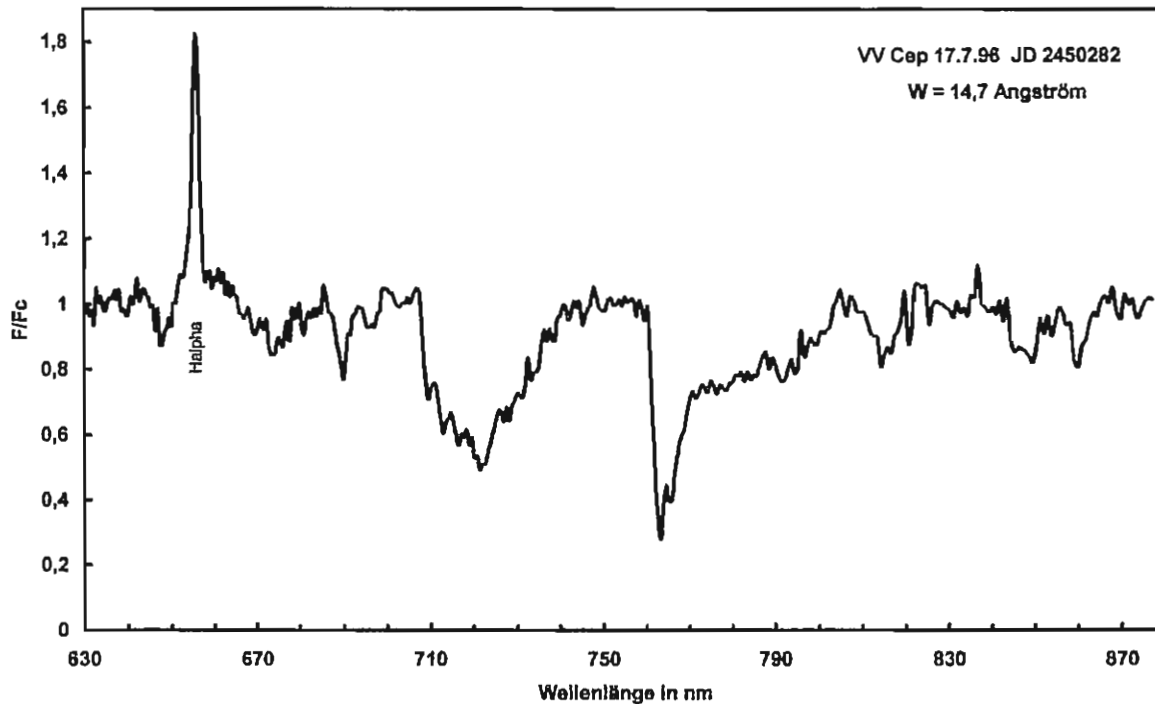
Die Gemeinschaftstagung der FG SPEKTROSKOPIE und der FG BAV (Bundesdeutsche Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne) im September 1996 in Nürnberg wurde als nächstes besonderes Ereignis im Kreise unserer FG gesehen. Wie bereits angedeutet, ist die enge Zusammenarbeit mit anderen Fachgruppen der VdS ein wesentliches Anliegen der FG SPEKTROSKOPIE. Was den Bereich veränderlicher Sterne betrifft, so sind hier Helligkeitsmessungen und Spektroskopie ohnehin durch die gemeinsame Physik der Sternatmosphären eng miteinander verknüpft. Dies lehrt uns die Fachastronomie, seit das Sternenlicht in Helligkeit gemessen und spektral analysiert wird kann.

Um so erfreulicher ist denn auch die Zusammenarbeit - d.h. gemeinschaftliche Beobachtung - am, sich alle 20 Jahre wiederholenden Bedeckungsereignis des Sternsystems VV Cep. Ein aktuelles astronomisches Ereignis ersten Ranges, bei dem sehr wohl Amateure der lichtelektrischen wie auch der spektroskopischen Zunft in einer sinnvollen Ergänzung ihre Beobachtungsdaten der Fachastronomie anbieten können, und die dort auch mit Interesse aufgenommen werden (siehe hierzu den Aufsatz von Dr. U. Bastian in SuW 12/96).

Spektroskopisch (für den Amateur) besonders interessant ist die Beobachtung mit CCD-Kameras im Spektralbereich der H $\alpha$ -Emissionslinie. Der Spektralbereich im

übrigen, in dem die gängigen CCD-Chips sehr hohe Empfindlichkeiten besitzen. Durch Ausmessen der Äquivalentbreite der Emissionslinie läßt sich sehr schön

verfolgen, wie eine kühle Komponente mit etwa 1900 Sonnenradien ihren „kleinen“ heißen Begleiter mit 500 Sonnenradien wieder einmal bedeckt.



Die vorstehende Abbildung ist die Scannung eines CCD-Spektrums des Sterns VV Cep, aufgenommen mit einem Prismenspektrographen (Typ Maksutov; Prisma: 30° Flint F2) vom Unterzeichner. Sie vermittelt hier nur exemplarisch einen Eindruck, was bei dem derzeit stattfindenden Bedeckungsereignis dieses Sternsystems u.a. vom Amateurspektroskopiker geleistet werden kann. Messungen der Äquivalentbreite der  $H\alpha$ -Emissionslinie des Wasserstoffs ist hierbei das angestrebte Ziel. Mit spektroskopischen Beiträgen dieser Art findet derzeit eine enge Zusammenarbeit bzw. Gemeinschaftsbeobachtung mit der

BAV-Sektion Halb- und Unregelmäßige Veränderliche statt.

Darüber hinaus ist angedacht, ganz im Sinne der interdisziplinären FG-Aktivitäten, im Jahr 1998 wieder eine Gemeinschaftstagung mit einer der FG der VdS zu bestreiten. Inwieweit diesbezüglich die FG SONNE mit uns das 1999 anstehende Ereignis der totalen Sonnenfinsternis aufgreift, die vielfältigen Möglichkeiten spektroskopischer Beobachtung zu nutzen, wird noch zu besprechen sein.

## **Spektroskopische Veränderlichen Beobachtung durch Intensitätsmessungen an der Wasserstoff-Emissionslinie $H\alpha$ bei Be-Sternen**

(E. Pollmann, Leverkusen)

Seit den ersten spektroskopischen Versuchen der 30iger Jahre, die beobachteten Erscheinungen physikalisch zu deuten, haben Emissionsliniensterne vom Typ Be auf alle spektroskopisch arbeitenden Astronomen eine große Faszination ausgeübt. Die astronomische Literatur ist voll von Artikeln, die sich mit den Spektrenvariationen verschiedener Be-Sterne beschäftigen.

Typisch für das Erscheinungsbild der Be-Sterne sind die Wasserstoff-Emissionslinien, deren Stärke mit den höheren Gliedern der Balmersequenz abnimmt.  $H\alpha$  zeigt dabei stets mit Abstand die stärkste Emission.

Obwohl zeitlich begrenzte periodische Schwankungen bei vielen Sternen beobachtet wurden, so ist das Langzeitverhalten doch meist irregulär. Typische Beispiele für dieses Verhalten sind die Sterne  $\gamma$  Cas,  $\zeta$  Tau,  $\phi$  Per und P Cyg, um nur einige wenige zu nennen.

Welch ungebrochenes Interesse seitens der Fachastronomie auch heute noch den Emissionsliniensternen entgegengebracht wird, beweisen die Aufsätze in SuW 11/96 und 12/96 von Prof. Dachs. Einleitend ist dort zu lesen: Seit über hundert Jahren sind helle Sterne dieser Klasse bekannt. Aber trotz intensiver Bemühungen haben sie das Geheimnis ihrer Natur bis heute nicht vollständig preisgegeben.

Nicht nur der Fachastronomie, auch den Amateuren stellt diese Sternklasse ausgesprochen faszinierende Objekte bereit. Die klassische Form der amateurastronomischen Veränderlichenbeobachtung hat unbestritten in vielen Bereichen der astronomischen Forschung wertvolle Beiträge einbringen können.

Hierzu zählen die visuelle, die fotografische wie auch die photoelektrische Helligkeitsverfolgung der verschiedensten Veränderlichkeitstypen.

Die heutige, oft gar computergestützte Beobachtung wie Auswertung im Bereich der Amateurastronomie dringt in Bereiche vor, die vor einigen Jahren noch ausschließlich der professionellen Astronomie vorbehalten waren. Diese erfreuliche Entwicklung ist nicht zuletzt auf die segensreiche Erfindung bzw. Entwicklung der CCD-Sensoren zurückzuführen.

Insofern nimmt es nicht Wunder, daß zunehmend auch die klassische photoelektrische Helligkeitsmessung durch die Anwendung der CCD-Sensoren verdrängt wird, wenngleich von einigen Beobachtern zu recht auf die besondere Problematik der individuellen spektroskopischen Empfindlichkeitsfunktion des CCD-Chip's hingewiesen wird.

Die besonders hohe relative Empfindlichkeit im Spektralbereich um 650 nm eignet sich dagegen vorzüglich zur Beobachtung von Veränderlichen, die gerade in diesem Bereich ausgesprochen faszinierende spektrale Erscheinungsformen bereitstellen. Intensitätsvariationen der Spektrallinie  $H\alpha$  an Be-Sternen sind hier die Stichworte. Sorgfalt vorausgesetzt, eröffnet sich hier ein Betätigungsfeld, in dem Ergebnisse erarbeitet und der Fachastronomie angeboten werden können, die dort auch auf Interesse stoßen.

In Ergänzung an die bereits genannten Sterne wäre noch eine Vielzahl weiterer Objekte aufzuführen, von denen hier nur die bekanntesten genannt seien:

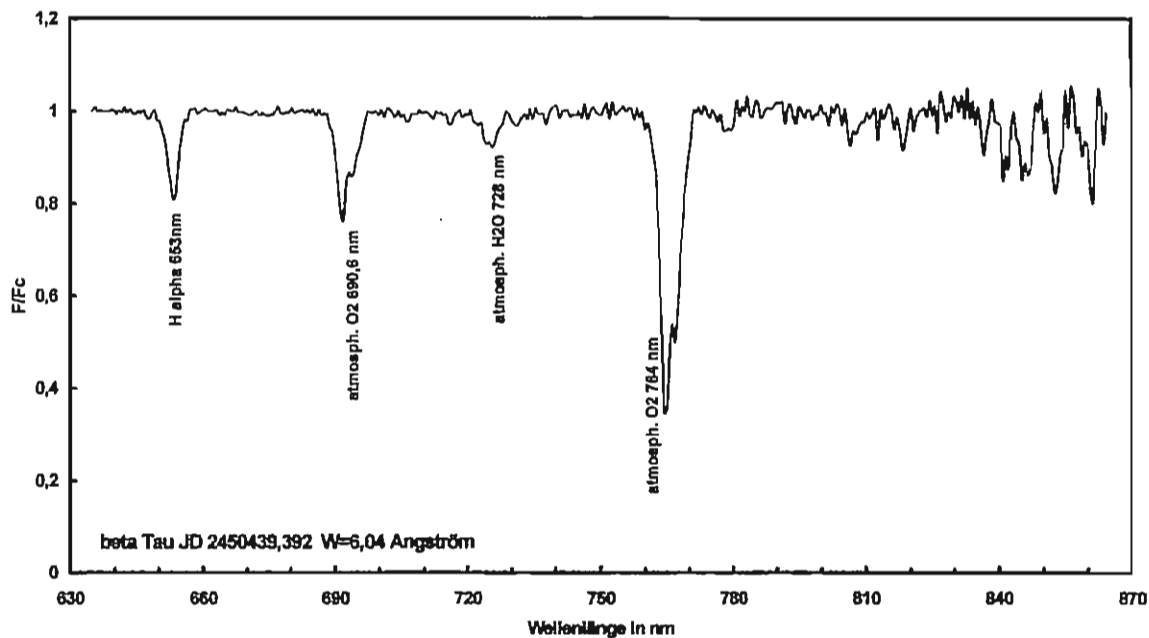
$\beta$  Lyr,  $\sigma$  And,  $\kappa$  Dra, BU Tau (Plejone),  $\eta$  Tau, 120 Tau,  $\beta$  CMi,  $\beta$  Pisc, EW Lac und nicht zu vergessen VV Cep, auf den Dr. U. Bastian in SuW 12/96 in einem schönen Aufsatz aufmerksam gemacht hat.

Der Spektrograph, mit dem die hier vorgestellten Ergebnisse erarbeitet wurden, ist eine Konfiguration aus einem Maksutov-Spiegelteleskop ( $f=1000\text{mm}$ , Öffnung= $100\text{mm}$ ) der sogenannte Russentonne und einem Objektivrundprisma gleicher Öffnung bzw. Kantenlänge mit  $30^\circ$  brechendem Winkel aus Flintglas F2.

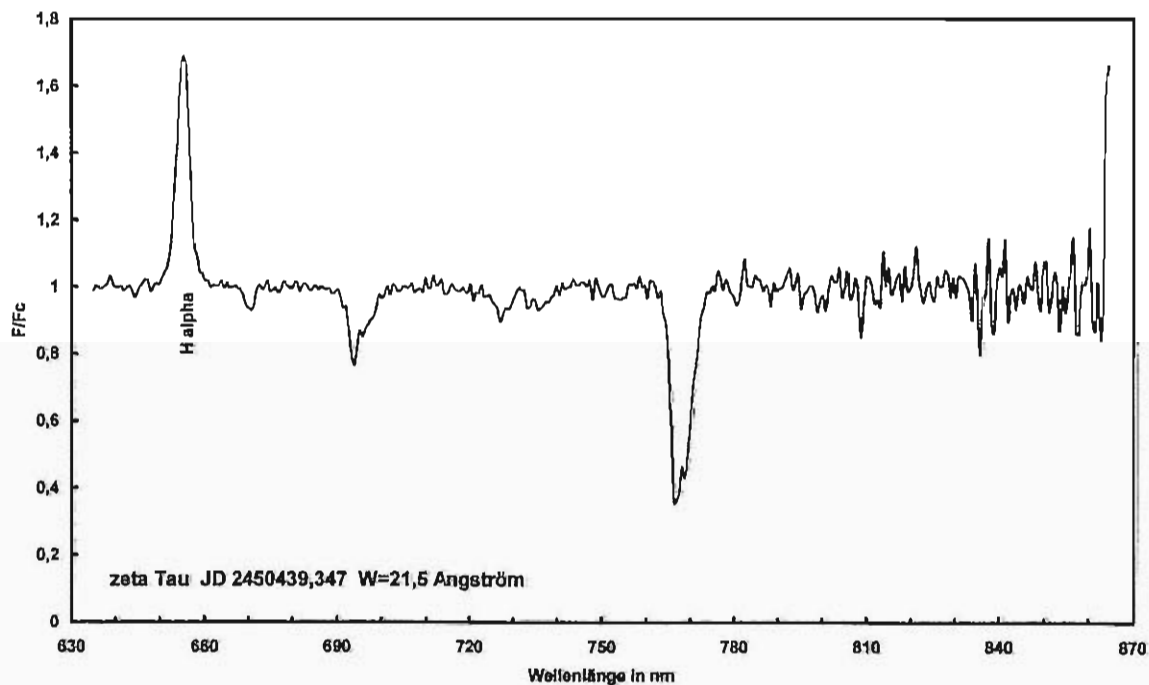
Die mittlere Lineardispersion dieses Instrumentes hat bei  $H\alpha$  den Wert von 6,0 Angström/Pixel. Angeschlossen war daran eine OES-CCD-Kamera (Typ LcCCD

14SC) ausgestattet mit dem Chip FT800P von Philips mit 386x290 Pixel und einer Bildaufnahme­fläche von 6,4x4,8 mm. Die

spektrale Auflösung des Spektrographen  $\lambda/\Delta\lambda$  beträgt bei H $\alpha$   $\approx$  2000.



**Bild 1a:** A-Stern zur Stabilitätsbeurteilung des Spektrographen



**Bild 1b:** Emissionslinienstern  $\zeta$  Tau

Der gesamte erfaßte Spektralbereich erstreckt sich von etwa 870 nm bis 630 nm (Bild 1a/b). Die starken tellurischen Absorptionsbanden des Wasserdampf und des Sauerstoff sind hier willkommene Hilfsbanden zur Bestimmung der spektralen Dispersion in den Einzelaufnahmen. Die Intensitätsachsen sind angegeben als Verhältnis des Strahlungsflusses Linie/Kontinuum (normiert). Die Integrationsweite zur Bestimmung der Äquivalentbreite  $W$ , in der Linienstärken üblicherweise angegeben werden, betrug  $\pm 6$  nm bezogen auf die Linienmitte ( $H\alpha = 656,3$ nm).

Die Berechnung der Äquivalentbreite wurde standardmäßig durchgeführt nach

$$W_{\lambda} = \int_{\text{Linie}} \left( 1 - I(\lambda)/I_c(\lambda) \right) \times d\lambda$$

mit  $I_c(\lambda)$  der Kontinuumintensität bei der Wellenlänge  $\lambda$  und  $I(\lambda)$  der Intensität im Spektrum bzw. in der Linie bei der gleichen Wellenlänge  $\lambda$ . Das heißt also, daß bei der Linienintegration die Intensität immer auf die lokale Kontinuumintensität bezogen wird. Im allgemeinen ist die Kontinuumintensität nicht konstant, sondern vielmehr eine Funktion der Wellenlänge und muß daher vorher (interaktiv) bestimmt werden. Eine lineare Funktion ist für kleinere Wellenlängenabschnitte meist ausreichend. Für eine Kontinuumanpassung des ganzen Spektrums sind jedoch Polynom- oder Splinefunktionen vorzuziehen.

Nach diesem Muster sind nun von einigen der genannten Sterne die Äquivalentbreiten der  $H\alpha$ -Emission im Sinne der Überwachung ihres Zeitverhaltens beobachtet worden. Die Ermittlung der Äquivalentbreite  $W$  mit Amateurinstrumenten gelingt im allgemeinen nur mit einer Meßgenauigkeit von etwa 5%, obwohl in einigen Meßreihen (siehe  $\zeta$  Tau) die Fehlerabschätzung zu Werten bei ca. 3% bzw. 1,7% Standardabweichung führte.

Bei der Beobachtung kurzzeitiger, relativ geringer Änderungen der  $H\alpha$ -Emission ist die Bewertung der Spektrographenstabilität. Hier lautet die Empfehlung: Aufnahme des Spektrums eines stabilen A-Sternes als Referenzstern.

Außerdem trägt das Spektrenreduktionsprogramm zur Kontinuumnormierung der Aufnahmen maßgeblich zur Messunsicherheit bei. Das hier verwendete Reduktionsprogramm, entwickelt von einem Astronomen der Appalachian State University, Virginia, erlaubt eine sehr fein aufgelöste Abstufung bei der Definition des Pseudokontinuums, auf die ja letztendlich die Äquivalentbreite einer Spektrallinie normiert wird.

Nicht übersehen werden darf in diesem Zusammenhang die spektrale Dispersion in den Einzelaufnahmen. Da die Brechungsindizes des Objektivprismas für die verschiedenen Wellenlängen vom thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Glases (Flint F2) abhängig sind, ist das Dispersionsverhalten in jeder Aufnahme gesondert zu ermitteln.

Jedenfalls mit einem mittleren Fehler von 1,7% kann man durchaus zufrieden sein. Wenn dann noch beobachtete Intensitätsveränderungen der  $H\alpha$ -Emission des Sterns selber über dieser Größenordnung liegen, ist dies um so erfreulicher.

Nun zu Beobachtungsergebnissen:

### $\beta$ Lyrae

Dieses System besteht aus einem Sekundärobjekt, einem B-Stern mit einer dicken Gasscheibe, der mit einer Periode von 12,9 Tagen eine sogenannte Primärkomponente, einem B6-Stern, umkreist bzw. bedeckt, wobei beide Sterne wiederum einen gemeinsamen Massenschwerpunkt umkreisen und die Primärkomponente ihr sogenanntes Roche-Volumen ausfüllt.

Ausgiebige Beobachtungsaktivitäten in den Jahren 1995/96 führten u. a. zu Beobachtungsergebnissen an diesem Doppelsystem, die in der Form primär zunächst nicht beabsichtigt waren.

Es war eher die allgemeine Neugier darauf, wie sich hinsichtlich des Emissionsverhaltens der  $H\alpha$ -Linie dieses Doppelsystempaar darstellt. Es ergab sich, daß im Laufe der Zeit 39 CCD-Spektren zusammengetragen werden konnten. Der relativ große Zeitaufwand bei der Auswertung eines Einzelspektrums führte dazu, daß



nur mit zunehmender Anzahl ausgewerteter Spektren und mit der graphischen Darstellung des Zeitverhaltens der H $\alpha$ -Emission, bemerkenswerte Intensitätsvariationen zu Tage traten. Es zeigte sich, daß die Emissionsstärke mit sehr großer Ähnlichkeit zum Bedeckungslichtwechsel dieses Sternsystems variiert.

Das Spektrum des Sterns  $\beta$  Lyr ist in Richtung der horizontalen Bildpunkte des CCD-Chip dispergiert. Die natürliche Breite des unverbreiterten Spektralfadens liegt je nach Belichtungszeit zwischen 4 und 5 Pixelzeilen in horizontaler Bildrichtung.

Diese Pixelzeilen mit spektraler Information werden in der Regel bei der Bestimmung der Äquivalentbreite in Dispersion, also horizontal, gescannt, aufaddiert und vom Untergrundrauschen (Dunkelstrom, Ausleserauschen) durch Subtraktion befreit.

Neben dem Spektrum des Sterns  $\beta$  Lyr befindet sich in einem vertikalen Abstand von etwa 100 Pixelzeilen das Spektrum eines zweiten Sterns mit den Koordinaten:  $\alpha=18^h 49^m$  und  $\delta=33^\circ 42'$  mit der Helligkeit  $V=6,8^{\text{mag}}$  des Spektraltyps A.

Das Bildverarbeitungsprogramm bietet die Möglichkeit der Bilddrehung z.B. um  $90^\circ$ . Wendet man diese Möglichkeit auf das aufgenommene CCD-Bild an, so sind die beiden Spektren in ihrer Dispersionsrichtung vertikal ausgerichtet.

In dieser Ausrichtung wird nun die gesamte Bildhöhe Zeile für Zeile horizontal gescannt und daraus das Intensitätsmittel gebildet. Auf diese Weise erhält man eine gemittelte Querscannung der beiden Spektren über den aufgenommenen Spektralabschnitt (ca. 760-650nm), wie sie in Bild 2 zu sehen ist.

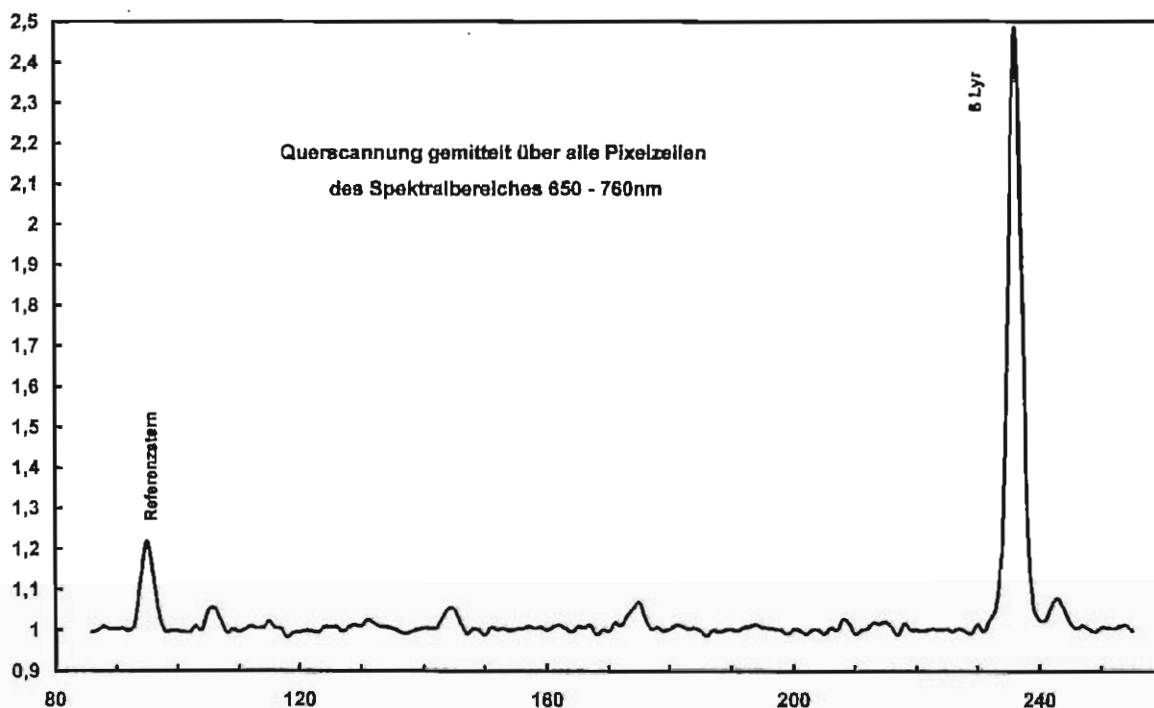


Bild 2: Querscannung (Erläuterung im Text)

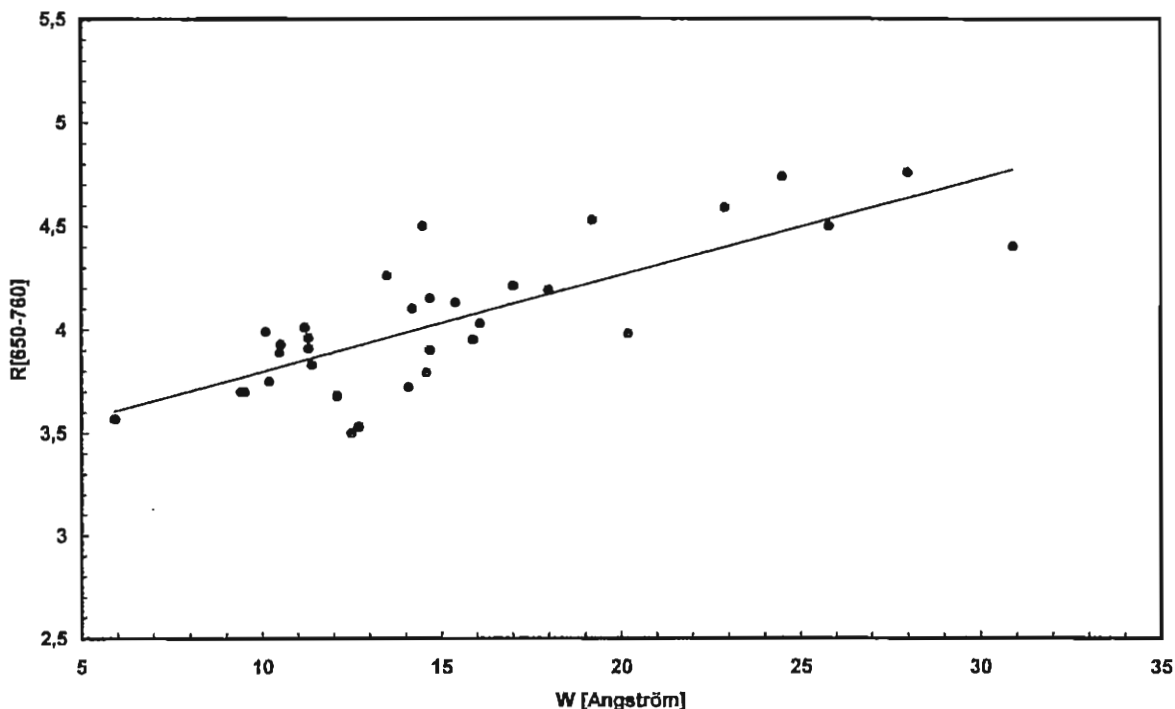
In der Querscannung werden nun die Intensitätspike beider Sterne integriert und ihre Helligkeitsdifferenzen in Größenklassen nach  $\Delta m = -2,5 \times \log (I_1/I_2)$  berechnet.

$I_1$  = Integral  $\beta$  Lyr  
 $I_2$  = Integral des Vergleichsterns

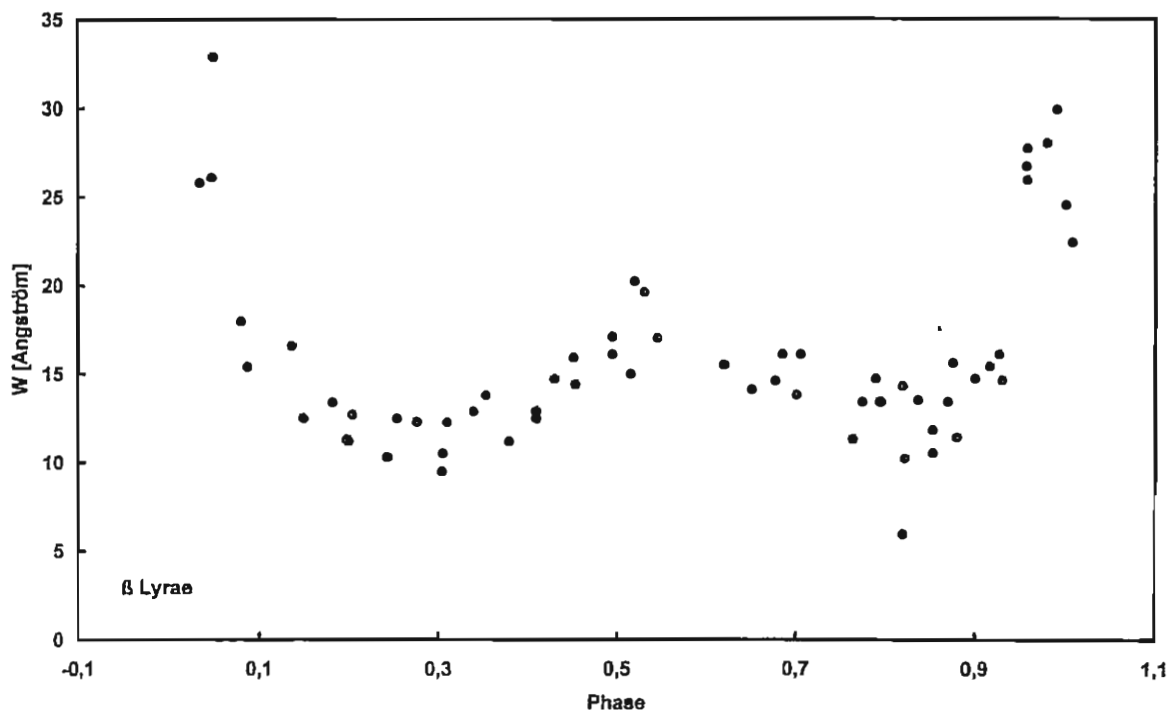
Mit dem  $\Delta m$  und dem  $V$  des Vergleichssterne kann so eine Helligkeit ( $R_{650-760}$ ) im Wellenlängenintervall 650-760nm für  $\beta$  Lyr bestimmt werden. Trägt man diese über die Äquivalentbreite  $W$  auf (Bild:3a), zeigt sich, daß beide offenbar miteinander korreliert sind. Dieser Befund forderte dazu auf,  $W$  im Rhythmus des Lichtwechsels,

also phasenabhängig darzustellen (Bild: 3b).

$R_{(650-760)}$  und  $W$  scheinen beide den gleichen Phasenbezug zu haben und dem für  $\beta$  Lyr typischen Lichtwechsel zu folgen. Bei gleichem Phasenbezug verhalten sich  $R_{(650-760)}$  und  $W$  umgekehrt proportional zueinander.



**Bild 3a:** Kontinuumintensität ( $\lambda$  650-760nm) korreliert mit der  $H\alpha$ -Emission



**Bild 3b:** Phasenabhängigkeit der  $H\alpha$ -Emission

Bei der hier definierten Helligkeit  $R(650-760)$  muß bedacht werden, daß dies keine reine Kontinuums-helligkeit ist. Darin enthalten sind die Emissionsbeiträge von  $H\alpha$  und einer in deren Nähe sich befindenden Helium-Emission. Aber gerade diese Tatsache bedeutet, daß der größte Anteil des Lichtwechsels unabhängig von diesen Emissionen vonstatten geht.

Trotz aller Streuungen - eine Einzelmessung eines Abends gelingt nur mit einer Meßsicherheit von ca. 5% - deutet sich darin doch ein gut erkennbarer Phasenbezug an, der dem typischen Lichtwechsel dieses Sternsystems stark nahekommt.

In Arbeiten von BATTEN und SAHADE [1] überraschte die Feststellung, daß die absolute Intensität der  $H\alpha$ -Emission vermutlich konstant bleibt und die Phasenabhängigkeit von  $W$  wohl lediglich ein Resultat der starken Intensitätsänderungen im Kontinuum (hier der Bereich 650-760nm) der Primärkomponente durch den Bedekungsvorgang zu sein scheint.

Darüber hinaus ist bei V. BAHYL [2] die Rede von Phasenabhängigkeitsrechnungen von BUERGER (1969, 1972) und HUTCHINGS (1973) und Kurvenmaxima bei Phase 0,25 und 0,75, wogegen BAHYL Maxima bei Phase 0,0 bzw. 1,0 und 0,5 fand (so auch in den vorliegenden Messungen).

## P Cygni

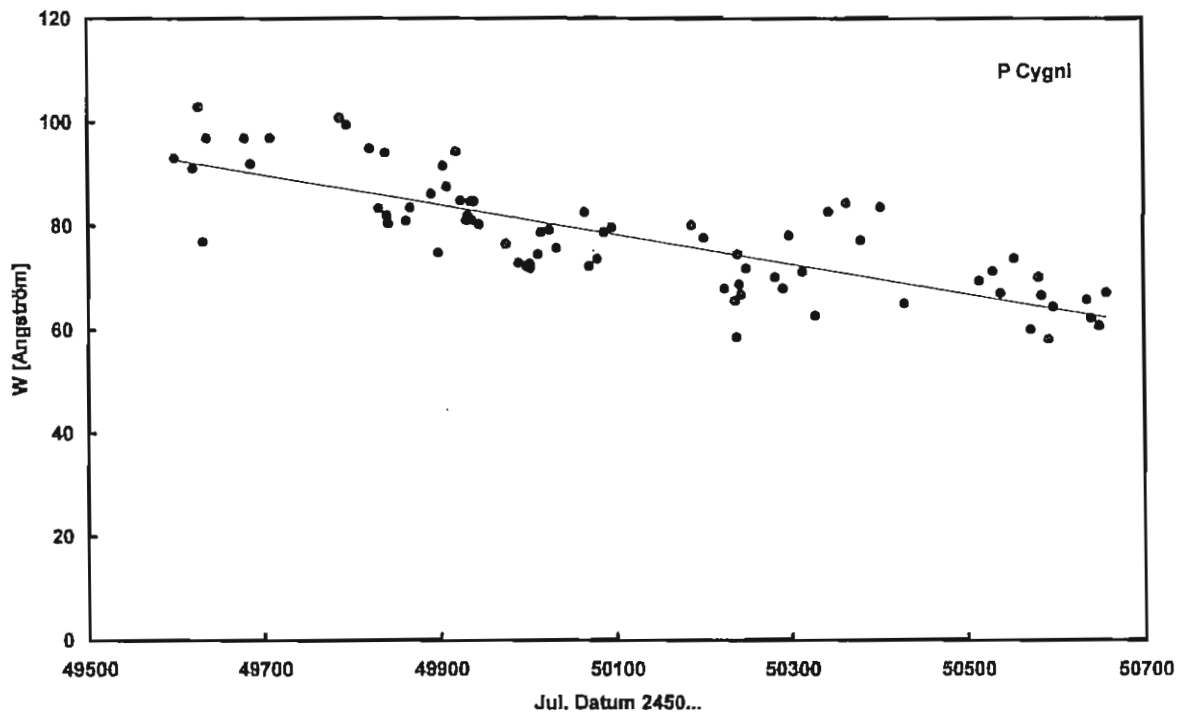
P Cygni gehört zu der Klasse der absolut hellsten Überriesen, den sog. LBV's, den Leuchtkräftigen Blauen Veränderlichen. Die Klasse dieser Veränderlichen zeigt einen weiten Bereich von Helligkeitsschwankungen, von einigen 0,01mag in Stunden bis hin zu langsamen Änderungen der Größenordnung 1mag in Jahren bis Jahrzehnten.

Ihre Spektren sind reich an Emissionslinien, die vielfach auf der kurzwelligen Seite verschobene Absorptionskomponenten aufweisen, welche auf die Existenz einer expandierenden Sternhülle und auf abströmende Materie zurückzuführen sind. Die Geschwindigkeiten der abströmenden Materie erreichen einige 100 km/sec verbunden mit einem Massenverlust der Größenordnung  $10^{-5}$  Sonnenmassen/Jahr. Man geht heute davon aus, daß die Beschleunigung des Sternwindes durch den hohen Strahlungsdruck der heißen Sterne erfolgen dürfte.

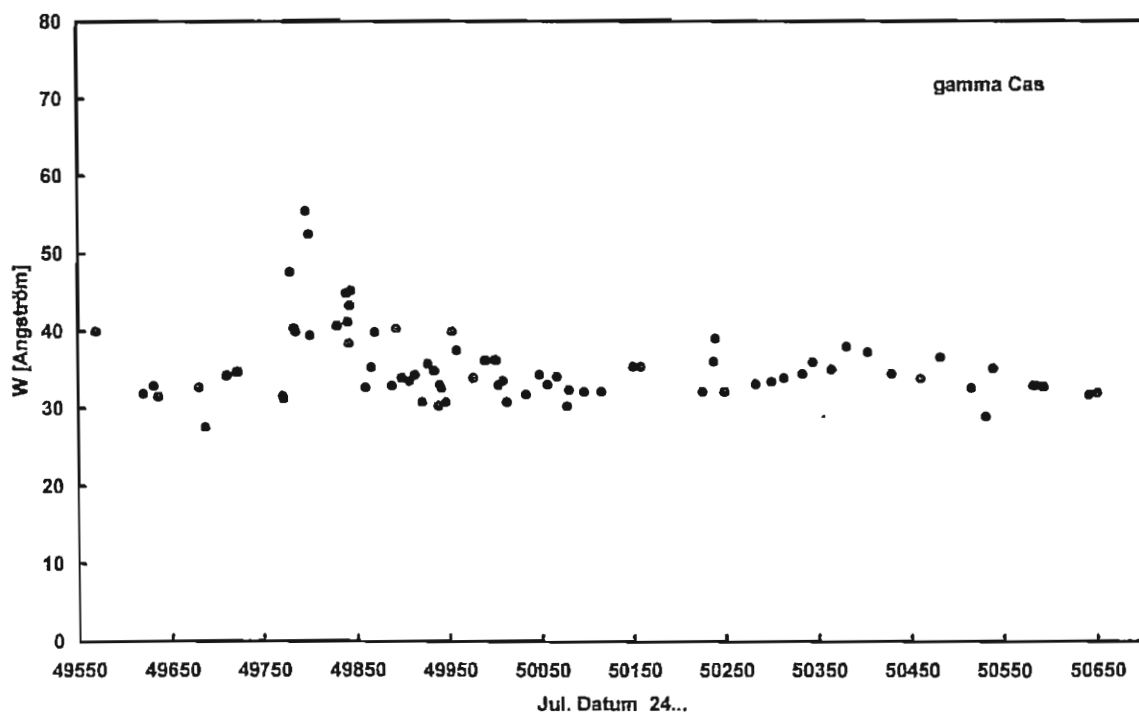
Die große Stärke der Emissionslinien bedeutet, daß diese in den ausgedehnten Bereichen, außerhalb des Sterns, in denen Temperaturen von  $10^5$  bis  $10^6$  K anzutreffen sind, entstehen. Ausgedehntes stark verdünntes Sternhüllengas strahlt ein reines typisches Emissionslinienspektrum aus, das sich gut vom Kontinuum des Sterns selbst und den Absorptionslinien der Photosphäre abhebt.

Das Intensitätsprofil solcher Linien liefert Aufschlüsse über Größe, Dichtestruktur und Bewegungszustand der Hülle. Die höheren Linien oberhalb  $H\gamma$  sind optisch dünn und entstehen in den tieferen sternnahen Schichten, wogegen die optisch dickeren ersten Balmerlinien  $H\alpha$  und  $H\beta$  in den höheren äußeren Schichten der Sternatmosphäre entstehen. Sie sind somit ausgezeichnete Indikatoren für die dynamischen Verhältnisse in diesen Atmosphärenbereichen des Sterns.  $H\alpha$  zeigt stets mit Abstand die stärkste Emission.

Bild 4 zeigt das Zeitverhalten der  $H\alpha$ -Emission aus eigenen Messungen seit Juni 1994. Über diesen beobachteten Zeitraum kann eine mittlere Intensitätsabnahme von ca. 20-30% festgestellt werden. Untersuchungen an diesen Ergebnissen hinsichtlich periodischer Schwankungen (Periode 100-150 Tage ?) werden z.Zt. durchgeführt.



**Bild 4:** Zeitverhalten der H $\alpha$ -Emission bei P Cygni ab Juni 1994



**Bild 5:** Zeitverhalten der H $\alpha$ -Emission bei  $\gamma$  Cas seit Juni 1994

## $\gamma$ Cas

Die Interpretation der Phänomene der Be-Sterne war immer ein wichtiges Problem der Stellarphysik seit deren Entdeckung in den Anfängen der astronomischen Spektroskopie. Die Entstehung von Emissionslinien in ausgedehnten Hüllen, oder in einem am Äquator durch schnelle Rotation ausgeschleuderten Gasring sind die Ursachen für Intensitätsänderungen der Emissionslinien, Dopplerverschiebungen im Linienprofil u.v.m.

$\gamma$  Cas ist diesbezüglich ein selbständiger Fall. Der Stern durchläuft die gleichen Entwicklungsstadien wie viele andere Be-Sterne auch. Viele Jahre erscheint er ruhig, ohne irgendwelche signifikanten spektralen Veränderungen. In seiner interessantesten Entwicklungsphase hat der Stern sogar ein sehr vollständiges Hel-Emissionsspektrum gezeigt.

Die aus umfangreichen qualitativen Beobachtungen abgeleiteten Vorstellungen über die Atmosphäre besagen, daß in der Photosphäre des Sterns langsame Pulsationen aufgetreten sind. Die stärkste Ausdehnung ist mit nicht ganz dem Doppelten des Normalwertes von 10 Sonnenradien Mitte 1937 erreicht worden. Gleichzeitig änderte sich die Ausdehnung der Hülle, nur mit einer viel größeren Amplitude und mit einer geringen Verzögerung gegenüber der Photosphäre. Mit der Expansion des Sterns wuchsen die Emissionsintensitäten so stark an, wie sie bisher bei keinem anderen Be-Stern beobachtet wurden.

Wenngleich gewisse Anzeichen dafür vorliegen, daß der Stern in früheren Jahrzehnten ähnliche Ausbrüche erlebt hat, so zeigt er doch die meiste Zeit nur eine geringe Aktivität, wobei er sich im Normallicht ähnlich wie die übrigen Be-Sterne verhält.

In Bild 5 ist das Zeitverhalten aus eigenen Messungen von  $\gamma$  Cas ebenfalls seit Juni 1994 dargestellt. Darin ist zu erkennen, daß der Stern von Februar bis November 1995 eine relativ unruhige Phase durchgemacht hat wohingegen er sich gegenwärtig ausgesprochen ruhig verhält. Was

mögliche künftige stärkere Ausbrüche betrifft, so muß man hier geduldig sein und kontinuierlich diese Überwachungsarbeiten fortführen.

## $\zeta$ Tau

Aus einer wissenschaftlichen Zusammenarbeit mit der Fachastronomie wurde sehr bald die Aufforderung formuliert, in möglichst dichter Zeitfolge vor allem solche Sterne zu verfolgen, bei denen kurzzeitige Änderungen der Emissionsintensität der  $H\alpha$ -Linie zu erwarten bzw. von Interesse sind. Hierzu gehört unter anderem der Stern  $\zeta$  Tau. Ein Doppelsternsystem in der Klasse der Be-Sterne, mit einer scheinbaren Helligkeit von 3mag, der Leuchtkraftklasse III oder IVp und einem B2-Spektrum.

$\zeta$  Tau zählt zu den bekanntesten Hüllensystemen mit seinen spektroskopischen Merkmalen, welche Auskunft geben über ausgedehnte und turbulente Atmosphärenschichten, so daß bereits seit den frühen 20iger Jahren drastische Veränderungen der Intensitäten des sogenannten Hüllenspektrums bekannt wurden. Beobachtungsergebnisse über spektrale Intensitätsveränderungen innerhalb weniger Tage oder gar Stunden werden heute interpretiert als turbulente Bewegungsabläufe mit Geschwindigkeiten von mehr als 100 km/sec im Sinne abströmender oder auch zurückstürzender Gasschichten in den äußeren Atmosphärenzonen.

Während bei anderen Sternen dieser Klasse oftmals auch Intensitätsänderungen im sichtbaren Licht gemessen werden können, sind bei  $\zeta$  Tau keine eindeutigen systematischen Änderungen dieser Art zu erkennen.

Eine brillante Nacht des 21./22. Dezember 1996, forderte dazu auf, über einen Zeitraum von fast zehn Stunden,  $\zeta$  Tau ein wiederholtes Mal unter die Lupe zu nehmen. Eines der wichtigsten Kriterien bei der Beobachtung kurzzeitiger, relativ geringer Änderungen der  $H\alpha$ -Emissionsstärke ist wie bereits erwähnt, die simultane Bewertung der Stabilität des

Spektrographen während des Beobach-  
 tungszeitraumes.

Hier lautet die Empfehlung aus der  
 Fachastronomie: Aufnahme des Spek-  
 trums eines stabilen A-Sternes und ver-  
 gleichsweises Ausmessen seiner Absorp-  
 tionsstärke der  $H\alpha$ -Absorption. So ge-  
 schehen am Referenzstern  $\beta$  Tau. In be-  
 sagter Nacht konnte dessen Äquivalent-  
 breite der  $H\alpha$ -Absorption mit einer Mess-  
 genauigkeit von 1,7% ( $s=0,104$ ) bestimmt  
 werden. Messunsicherheiten sind bei dem  
 hier beschriebenen Spektrographen vor  
 allem begründet durch thermisches Aus-  
 dehnungsverhalten des Objektivprismas  
 wie auch der Spektrographenoptik.

In Bild 6 bis 8 ist die Äquivalentbreite der  
 Emission von  $\zeta$  Tau der Nacht

21./22.12.96 früheren Messungen von  
 März 96 und Dez. 95 gegenübergestellt  
 worden. Die Messungen von Dez. 96 wei-  
 sen sowohl eine Abnahme wie auch einen  
 Anstieg von  $W$  innerhalb des beobachte-  
 ten Zeitraumes auf. Die Abnahme erfolgte  
 mit einer Steigung von 0,82 Angstr./Std.,  
 der Anstieg mit 1,4 Angstr./Std. Letzterer  
 liegt bei ähnlicher Größenordnung wie bei  
 der Beobachtung im März 96. Dort viel die  
 Stabilitätsbewertung des Spektrographen  
 an  $\beta$  Tau etwas schlechter, mit nur  $\pm 3,2\%$   
 ( $s=0,22$ ), aus. Die ersten Messungen die-  
 ser Art an  $\zeta$  Tau zeigen Bild 6. Hier war die  
 Notwendigkeit des stabilen A-Sterns noch  
 nicht bekannt, so daß der beobachtete  
 Anstieg von 0,74 Angstr./Std. in seiner  
 Zuverlässigkeit nicht sicher bewertet wer-  
 den kann.

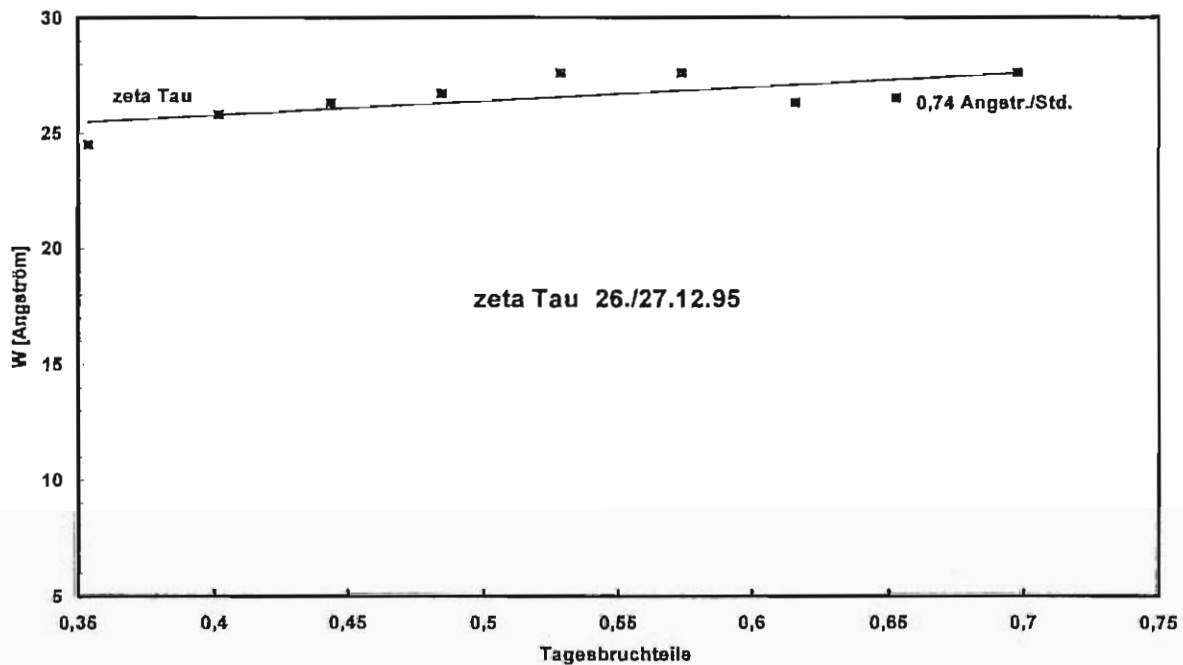


Bild 6

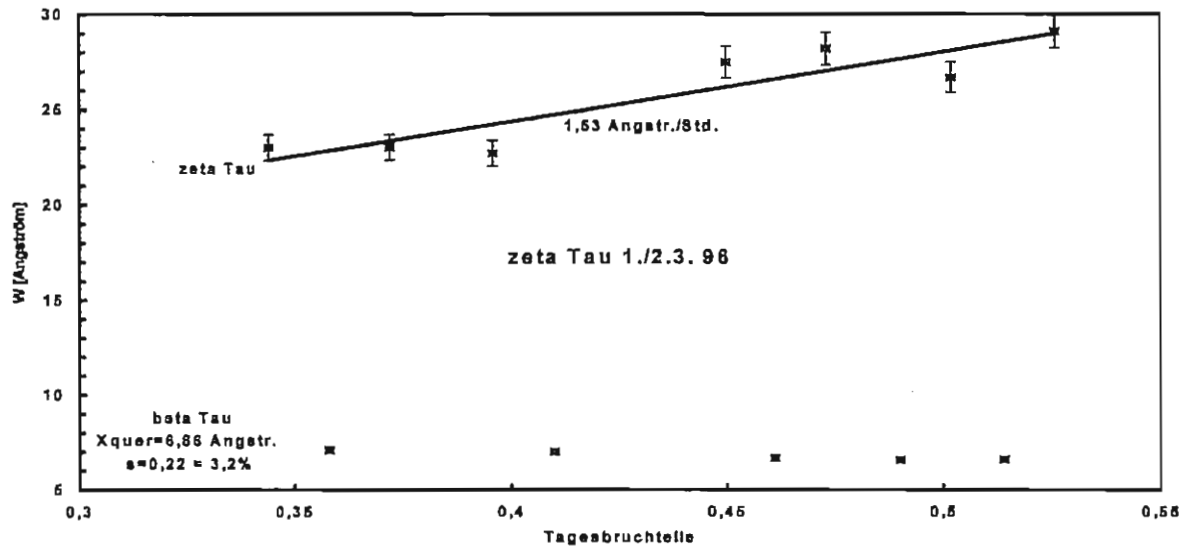


Bild 7

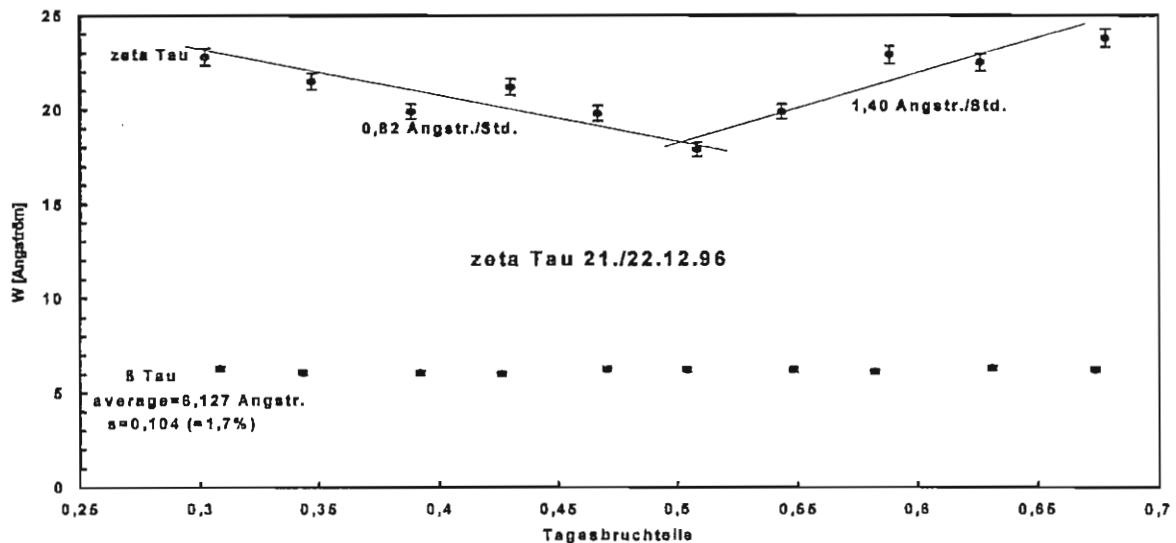


Bild 8

Größenordnungsmäßig stehen die beobachteten Veränderungen der  $H\alpha$ -Emissionsstärke von  $\zeta$  Tau in guter Übereinstimmung mit Messungen aus der Fachastronomie, was bedeutet, daß dieser Stern auch weiterhin fester Bestandteil meines Beobachtungsprogrammes sein und bleiben wird.

Literatur:

[1] A. H. Batten, J. Sahade: The Emission Profile of  $H\alpha$  in the Spectrum of  $\beta$  Lyr  
Pub. Astron. Soc. Pacific, Volume 85,  
Oct. 1973

[2] V. Bahyl: Changes in the  $\beta$  Lyrae Spectrum and the search of the secondary spectral lines; Slovak Academy of Science 26.5.1980

## Arbeitsgruppe Kometenspektroskopie an der Sternwarte Universität Siegen

(M. Kretlow, M. Jung, Siegen)

Nachfolgend abgebildetes CCD-Spektrum im optischen Bereich (ca. 450-920nm) des Kometen C/1996 Q1 (TABUR) wurde mit einem Spaltspektrographen gewonnen, der ein Geradsichtprisma nach AMICI (part. Winkeldispersion  $4^{\circ}35'$ ) als Dispersionsselement verwendet.

Der Spalt war auf die Kometenkoma zentriert, die Spaltweite am Himmel betrug  $36''$  (ca. 12000 km am Kometenort). Als Aufnahmeinstrument diente das 300/1450mm Newton-Teleskop der Sternwarte an der Uni-GH Siegen. Die CCD-Kamera arbeitet mit einem Chip vom Typ KODAK KAF-0400 (768x512 Pixel, im 2x2 Binning Mode eingesetzt).

Aufnahmedaten: 14.10.1996, 2:00:55 - 2:30:55 UT. Aufgrund des lichtverschmutzten Stadthimmels wurde noch ein gleichlang belichtetes Spektrum des Himmelshintergrundes abgezogen, um die störenden Linien des Quecksilber (Straßenbeleuchtung) zu eliminieren. Zum Zeitpunkt der Aufnahme hatte der Komet eine visuelle Helligkeit von 5,5mag und eine helio- bzw. geozentrische Distanz von  $r=0,92$  AE und  $d=0,46$  AE.

Nach der Wellenlängenkalibrierung wurde obige Graphik mit einem Zeilenscan erzeugt und die wichtigsten Emissionsbanden mit Hilfe von [1] identifiziert.

Aufnahme: Mike Kretlow u. Matthias Jung

[1] Brown, M. E. et.al. (1996):  
A high- resolution catalog of cometary emission lines Astron. Journal 112 (3), 1197-1202

