



Peter Stoffer,
**Spektroskopie als Bereicherung der
amateurastronomischen Tätigkeit, Teil 1**

Artikel erschienen im
Journal für Astronomie Nr. 17,
Vereinszeitschrift der [Vereinigung der Sternfreunde e.V. \(VdS\)](#).

Bereitgestellt durch die [VdS-Fachgruppe Spektroskopie](#).

Referenz:
P. Stoffer, VdS-Journal Nr. 17 (2005) 111ff

Spektroskopie als Bereicherung der amateurastronomischen Tätigkeit

von Peter Stoffer

– Teil 1 –

Als Gymnasiast ist man in der Schweiz verpflichtet, im Jahr vor der Maturitätsprüfung eine so genannte Maturaarbeit zu schreiben. Da ich mich sehr für Astronomie interessiere, wollte ich die Maturaarbeit über ein astronomisches Thema schreiben, das eigene Beobachtungen und die Auswertung selbst gewonnener Daten beinhaltet. Im Fakultativunterricht Astronomie konnten wir einmal die Emissionslinienspektren verschiedener Gase betrachten. Fasziniert von den Möglichkeiten der Spektroskopie beschloss ich, meine Maturaarbeit der Astrospektroskopie zu widmen. (Der Einfachheit halber verzichte ich auf die Unterscheidung zwischen den Begriffen „Spektroskopie“ und „Spektrografie“.)

Trotz ihrer Wichtigkeit in der Wissenschaft erfreut sich die Spektroskopie in der Amateurastronomie keiner grossen Beliebtheit. Dem vergleichsweise hohen Aufwand, den die Spektroskopie erfordert, und dem Fehlen eines ästhetischen Resultats in der Art normaler Astrofotos ist das Desinteresse der Amateure an diesem Zweig der Astronomie möglicherweise zuzuschreiben. Doch gerade die Spektroskopie bietet eine einzigartige Möglichkeit, das Wissen über physikalische Vorgänge im Universum zu vertiefen und die Hintergründe des eigenen Hobbys besser kennen zu lernen.

In zwei Teilen präsentiere ich Ergebnisse meiner Maturaarbeit. Teil 1 behandelt meine Beobachtungstechnik und die Aufnahmen heller Sterne, in Teil 2 werde ich spezielle Objekte, den Veränderlichen δ Cep, Wolf-Rayet-Sterne und Planetarische Nebel, vorstellen, die ich untersuchen konnte.

Beobachtungstechnik

Instrumentarium

Ich besitze seit einiger Zeit ein 114/900-mm-Newtonteleskop, montiert auf einer GP-DX-Montierung mit elektrischer Nachführung. Um nun selbst Spektroskopie zu betreiben, musste ich ein geeignetes Spektroskop finden. Das Blazegitter-Spektroskop von Baader Planetarium GmbH schien eine finanziell vertretbare Lösung zu sein, mit der sicher Resultate



Abb. 1:
Das Teleskop mit Spektroskop und der Autor im Beobachtungseinsatz.

erzielt werden konnten.

Das Spektroskop, basierend auf einem Blazegitter mit 207 Linien pro Millimeter und insgesamt etwa 5.400 Furchen, besitzt ein theoretisches spektrales Auflösungsvermögen von ca. 0,1 nm. Die Besonderheit des Blazegitters liegt darin, dass der Hauptteil des Lichtes in eines der beiden Bilder erster Ordnung fließt.

Nun fehlte nur noch eine geeignete Kamera. Die Verwendung einer analogen Spiegelreflexkamera erwies sich als nicht praktikabel: Die große Zeitspanne zwischen dem Fotografieren des Spektrums, dem Erhalt des entwickelten Films und einer neuen Gelegenheit, Aufnahmen anzufertigen, machte ein schnelles Reagieren auf Probleme unmöglich. Außerdem stellen Astrofotos ein automatisches Entwicklungslabor oft vor unlösbare Probleme. Daher entschied ich mich für eine Nikon D70, eine digitale Spiegelreflexkamera, die dank abnehmbarem Objektiv und Langzeitbelichtung für die Astrofotografie geeignet ist. Mein Instrumentarium ist in Abbildung 1 dargestellt.

Optischer Aufbau

In der bei allen Aufnahmen verwendeten spaltlosen Anordnung wird das Spektroskop vor der Brennebene in den konvergenten Strahlengang geführt. In der Brennebene des Teleskops liegt der CCD-Chip der Kamera (Abb. 2).

Anfängliche Versuche mit Okularprojektion schlugen fehl, da die zusätzlichen Linsen im Strahlengang und die durch ein größeres Bild hervorgerufene geringe Helligkeit des Spektrums einen sehr schlechten Kontrast zur Folge hatten und so die Sichtbarkeit von Spektrallinien verhinderten.

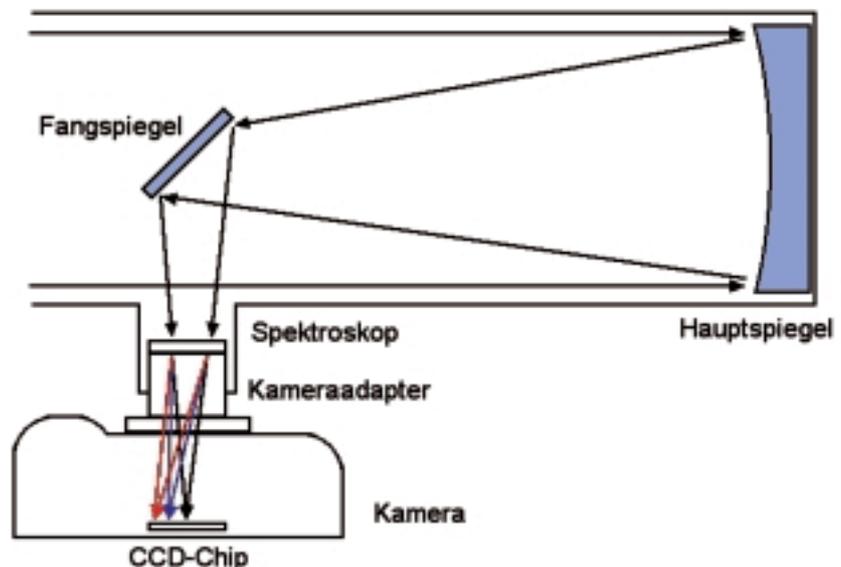


Abb. 2:
Schema des Aufbaus der Aufnahmeoptik.

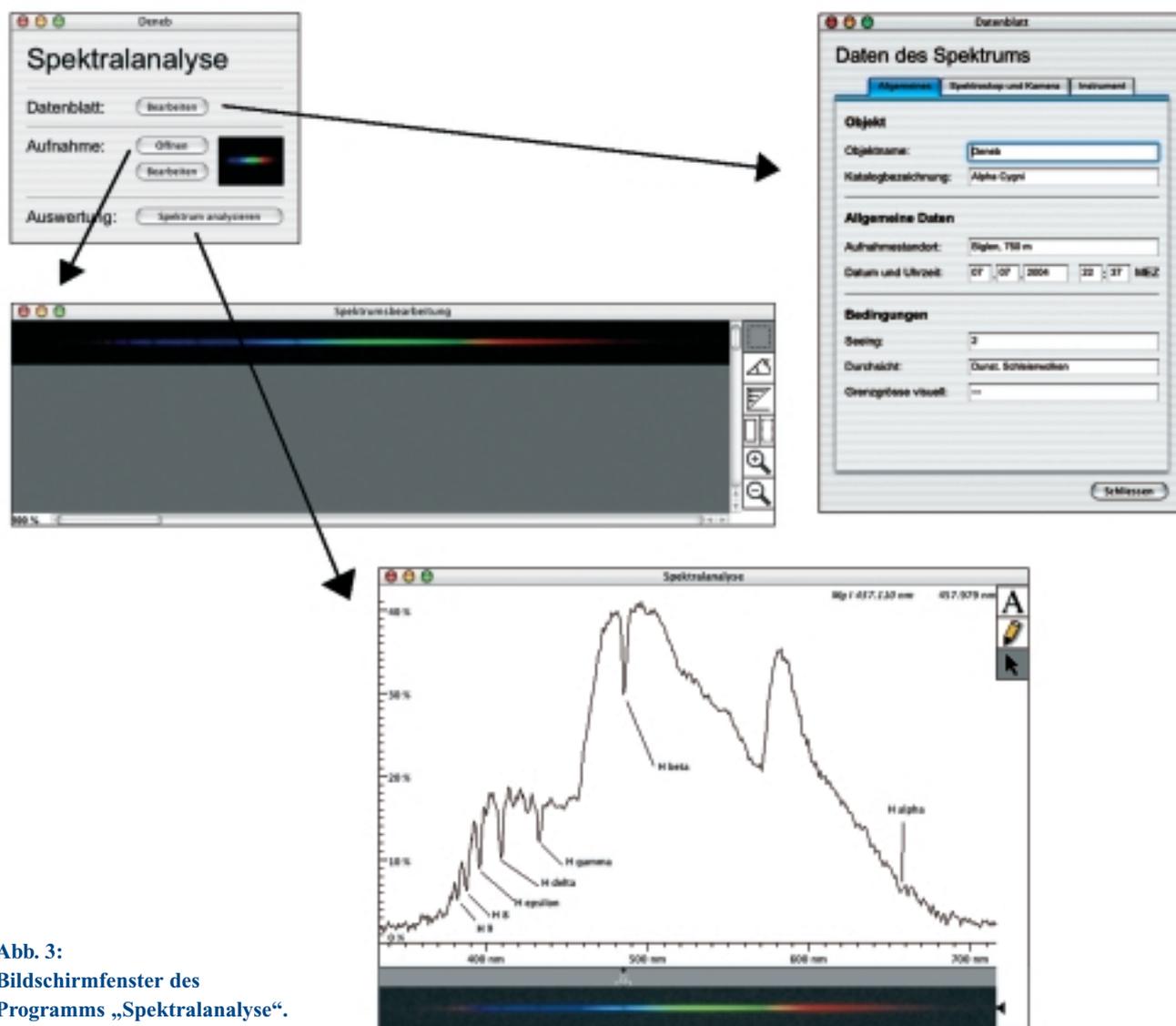


Abb. 3:
Bildschirmfenster des
Programms „Spektralanalyse“.

Auswertung der Spektren

Um ein Maximum an Informationen aus der Aufnahme herauszuholen, muss der Intensitätsverlauf des Spektrums vom Computer ausgelesen und in einer Kurve dargestellt werden. So sind auch kleine Helligkeitsschwankungen direkt ersichtlich.

Um diesen Prozess schnell und effizient an jedem aufgenommenen Bild vollziehen zu können, entwickelte ich unter Mac OS X das Programm „Spektralanalyse“ (Abb. 3). Mit dem Programm kann man die Aufnahmedaten erfassen, das Bild bearbeiten und das Spektrum schliesslich mit Hilfe der grafischen Darstellung des Helligkeitsverlaufs auswerten.

Schwachstellen

Das benutzte Aufnahmesystem weist verschiedene Schwachstellen auf:

- Das eher geringe Lichtsammelvermögen des 114/900-mm-Newtons erfordert längere Belichtungszeiten, wodurch das

Signal-Rausch-Verhältnis negativ beeinflusst wird.

- Die kleine Fokustoleranz des Newtonteleskops macht das Scharfstellen sehr schwierig.
- Wegen der spaltlosen Anordnung hängt die spektrale Auflösung stark vom Seeing ab. Der theoretische Wert von 0,1 nm wird nie erreicht. In der Praxis beträgt die Auflösung etwa 2 nm.
- Die Auflösung einzelner Spektrallinien gelingt nur bei geringer Objektausdehnung, da in der spaltlosen Anordnung das Spektrum eine Überlagerung einzelner Bilder verschiedener Wellenlängen darstellt.
- Die Abhängigkeit der Empfindlichkeit des CCD-Chips von der Wellenlänge des Lichts beeinflusst den Intensitätsverlauf des aufgenommenen Spektrums. Bei der Auswertung bestünde zwar die Möglichkeit, diesen Effekt wegzurechnen, darauf verzichtete ich aber wegen des recht hohen Aufwandes.

Im folgenden Abschnitt und weiter in Teil 2 wird gezeigt, dass trotz dieser Einschränkungen schöne und aussagekräftige Ergebnisse von verschiedenen Objekten erreicht werden können.

Helle Sterne verschiedener Spektralklassen

Im Verlauf des Sommers und Herbstes 2004 konnte ich Aufnahmen von hellen Sternen der wichtigsten Spektralklassen gewinnen. Diese Spektralklassen werden hier mit Hilfe des jeweils besten Spektrums etwas näher erläutert. Die Aufnahmedaten sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Spektren wurden mit der Einstellung 1.600 ASA belichtet. Die Graphen in Abbildung 4 sind das Resultat der Auswertung der Spektren mit dem Programm „Spektralanalyse“. In ihnen ist die scheinbare, durch die Erdatmosphäre und das verwendete Instrumentarium verfälschte, Intensität gegen die Wellenlänge aufgetragen.

Spektralklasse B

Als Vertreter der Klasse B wird hier der Stern ϵ Cas betrachtet. Bei der Spektralklasse B ist die Balmer Serie des Wasserstoffs bereits recht deutlich. Dank der guten Qualität der Aufnahme sind alle Linien von H α bis H11 sowie Linien des neutralen Heliums (He I) auszumachen.

Sterne dieser Spektralklasse besitzen eine recht hohe Oberflächentemperatur (11.000 bis 25.000 Kelvin). Bei frühen B-Sternen könnten deshalb Linien des ionisierten Heliums beobachtet werden. Bei späteren B-Sternen reicht die Temperatur dagegen nicht mehr aus, um das Helium zu ionisieren. Im Bild des Spektrums fällt auf, dass der blaue Bereich im Vergleich zum roten Teil recht ausgeprägt ist, was mit der hohen Temperatur gemäss dem Wienschen Verschiebungsgesetz im Einklang steht.

Spektralklasse A

Viele helle Sterne gehören zu dieser Klasse, wie zum Beispiel alle drei Mitglieder des Sommerdreiecks, Vega, Deneb und Atair. Die Aufnahme zeigt das Spektrum von Deneb.

Es leuchtet sofort ein, weshalb die Sterne der Spektralklasse A auch „Wasserstoffsterne“ genannt werden. Die Balmer Serie dominiert, andere Linien konnten hingegen nicht identifiziert werden. Die Tiefe der Einbrüche im Graph zeigt die grosse Intensität der Wasserstoffabsorptionslinien. Bei keinem anderen Spektraltyp konnten so starke Linien beobachtet werden.

Spektralklassen F bis K

Die Balmer Serie ist schon bei der Klasse F deutlich schwächer geworden. Bei den späteren Typen verschwindet sie beinahe vollständig, im Spektrum von α Cas ist nur noch die H β -Linie zu erkennen. Bei der Spektralklasse F ist eine Linie bei 396,9 nm erkennbar. Es handelt sich wohl um eine Überlagerung der He-Linie und der Ca II(H)-Linie.

Bei den beiden Spektren der späteren Klassen G und K erscheint ausserdem der zweite Teil der Kalzium-Doppellinie, die Ca II(K)-Linie bei 393,4 nm. Eisen taucht im Spektrum von Capella erstmals auf, auch im Spektrum von α Cas ist eine Absorptionslinie des Eisens sichtbar.

Die Oberflächentemperatur der Sterne sinkt im Verlauf der Klassen F bis K von 7.500 Kelvin auf 3.500 Kelvin. Da Kalzium eine relativ kleine Ionisationsenergie besitzt, sind auch noch bei diesen tiefen Temperaturen Ca II-Absorptionen

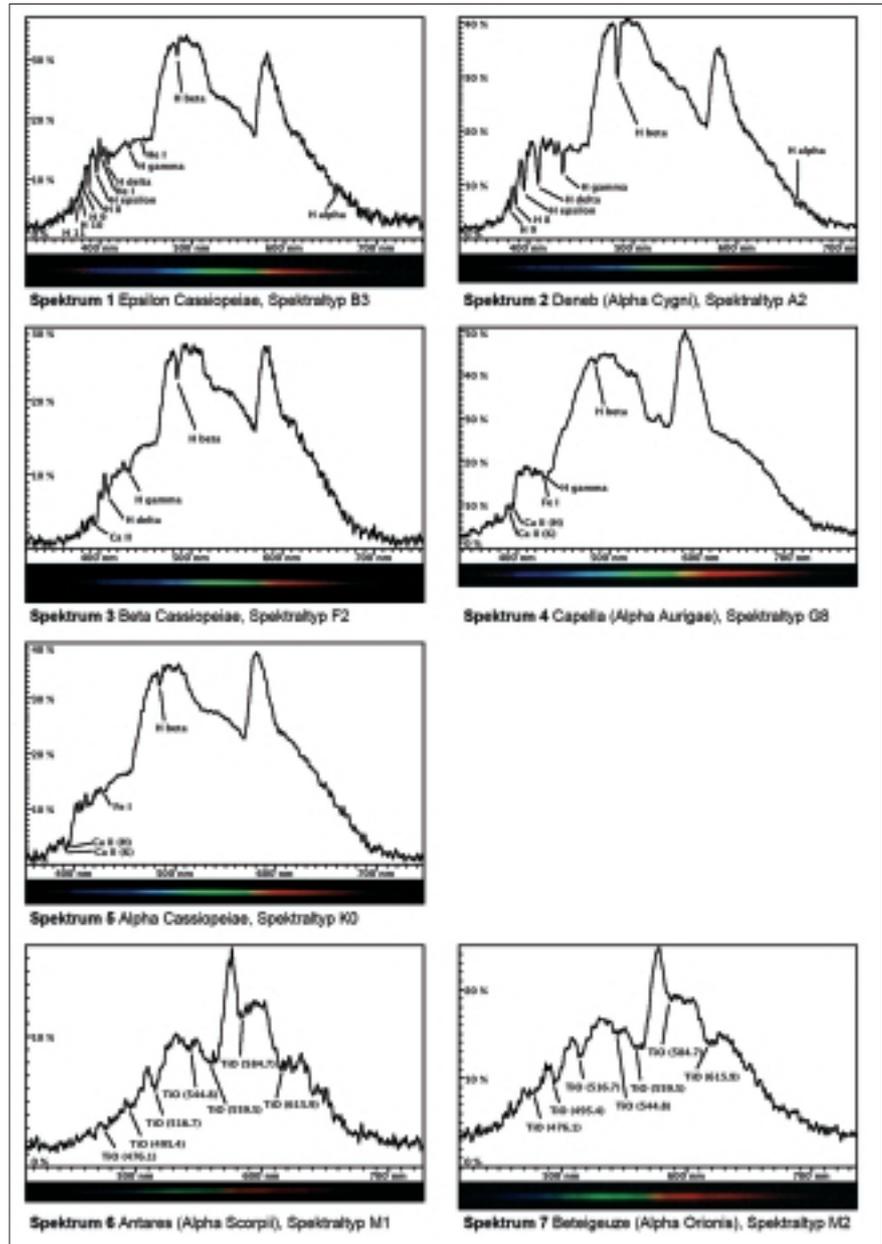


Abb. 4:

Spektren heller Sterne. Die Aufnahmedaten sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Spektren werden im Text diskutiert.

vorhanden. Bei den späten Typen reicht die Temperatur nicht aus, um andere Elemente zu ionisieren, es sind entsprechend Linien neutraler Metalle sichtbar (Fe I).

Spektralklasse M

Sterne der Spektralklasse M besitzen Oberflächentemperaturen unter 3.500 Kelvin. Ihr Strahlungsmaximum liegt gemäss dem Wienschen Verschiebungsgesetz im roten Spektralbereich.

Die zwei prominentesten Vertreter dieser Spektralklasse sind die Hauptsterne der Sternbilder Skorpion und Orion, die Sterne Antares und Beteigeuze.

Wegen der niedrigen Temperaturen können Moleküle in den Atmosphären dieser

Sterne existieren. Moleküle verursachen Absorptionen, die sich stark von den Linien von Atomen unterscheiden, sie erzeugen so genannte Banden. In den Aufnahmen von Antares und Beteigeuze sind diese Molekülbanden sehr schön zu erkennen. Sie werden allesamt von Titanoxid erzeugt. Ebenfalls sehr deutlich sichtbar ist die Ausgeprägtheit des roten Spektralbereiches verglichen mit dem blauen Anteil.

Zwischenfazit

Die Gerätekombination, die ich verwendet habe, besitzt sicher große Einschränkungen, stellt aber wohl eine der kostengünstigsten Lösungen dar. Spektroskopie zu

betreiben. Der Neueinstieg in diesen Bereich der Amateurastronomie erfordert Durchhaltewillen. Meine von Anfang an vorhandene Begeisterung für dieses Thema half mir aber, mehrfache Misserfolge zu überwinden. Mit der Zeit erkennt man immer besser, wie bisher gemachte Fehler zu verhindern sind. Mit zunehmender Erfahrung steigen die Aussichten auf

Erfolg, immer bessere Resultate bereiten Freude und erhöhen die Faszination an diesem Thema.

Die Vertiefung in die Materie der Spektroskopie führt zu einer stärkeren Verbundenheit mit dem Hobby Astronomie als Ganzes. Der betriebene Aufwand wird mit einem umfassenderen Verständnis, der Freude an den Ergebnissen und mit einer

Erweiterung des Bekanntenkreises belohnt.

Die Astrospektroskopie ist für den interessierten Amateur trotz nicht zu unterschätzendem Aufwand eine äusserst lohnenswerte Beschäftigung. Dass die Möglichkeiten vielfältiger sind, als man glaubt, wird in Teil 2 gezeigt.

VEGA Aktivitäten

von Susanne M. Hoffmann

Seit Beginn des Kalenderjahres 2005 A. D. hat die Planung des ASL'05 konkretere Gestalt angenommen. Es wird vom 30. Juli bis 13. August in der JH Klingenthal stattfinden.

Auf unserer Homepage www.vega-astro.de/sommerlager/ gibt es immer aktuelle Infos zum Programm. Auch dieses Jahr wird die Jugendgruppe wieder auf dem ITV vertreten sein, wo u. a. unsere Spiegel-schleifer ihre Arbeit fortsetzen wollen. Wenn Sie unsere Jugendarbeit unterstützen möchten, freuen wir uns natürlich jederzeit über Spenden – gerne auch direkt auf das

Konto der VEGA: Konto-Nr. 542 576 100, BLZ 100 100 10 (Postbank Berlin).

Natürlich beschränkt sich das astronomische Engagement der Jugendlichen nicht ausschließlich auf diese Treffen. Jeder hat auch individuelle Methoden und Möglichkeiten, übers Jahr diesem Hobby zu frönen. Eine Schülerin, die Zuge eines Austauschprogramms für ein halbes Jahr in Neuseeland weilte, erlebt natürlich sehr vieles. Hier hat Ines Rechenberger einen astronomischen Erlebnisbericht zusammengestellt.

Aufgrund mehrerer Artikel zur Konstruk-

tion von Experimentalraketen in vergangenen Ausgaben des VdS-Journals erhalten wir oft Anfragen, wie dies mit Kindern nachgemacht werden könne. Daher möchten wir hier ausnahmsweise nicht die Attraktion oder die Wissenschaft, sondern die umfangreichen Vorsichtsmaßnahmen und Vorbereitungen dieser Unternehmungen beleuchten: Nur ein sicherer Start ist ein erfolgreicher Start. Wir hoffen natürlich, dass dies die Leser nicht vor weiteren Anfragen zurückschreckt! Unsere kompetenten „Raketenpioniere“ geben gerne ihre Erfahrungen weiter.

VEGA-Treffen an der BoHeTa

von Willem van Kerkhof

Am Samstag, 20.11.2004 fand die alljährlich wiederkehrende Bochumer Herbsttagung der Amateurastronomen statt. Bereits zum dritten Male nutzte die VEGA e.V. diese Gelegenheit für ein kleines Jugendtreffen am Rande. Im Gegensatz zu den Jahren zuvor fand diesmal am Freitagabend kein Planetariums- oder Sternwartenbesuch auf dem Programm, da die Ankunftszeiten der Teilnehmer recht weit über den ganzen Abend verstreut lagen. Die Zeit bis zur vollständigen Versammlung verbrachten die bereits konglomerierten Astro-Jugendlichen deshalb mit einer Translation über den Bochumer Weihnachtsmarkt und der Absorption von teils koffeinhaltigen Heißgetränken in einem Italienischen Café. Anschließend begab sich die Truppe in eine Pizzeria in der Bochumer Innenstadt, wo nach reichlicher Überlegung zur Tischumstellung einige Stunden mit dem Verspeisen von Pizza und reger Diskussion über Themen, die von Ideen zum nächsten Astrocamp bis hin zum Identitätsbegriff von Elementar-

Abb. 1:
Am VEGA-Stand gab's Infomaterial und Bildern zum Astronomischen Sommerlager (und schöne Tassen). :-))



teilchen reichten, zugebracht wurden. Da die Teilnehmerzahl gerade noch keine Zimmerbuchung in einer Herberge verlangte, verteilten sich die von außerhalb kommenden auf die in Bochum und Umgebung ansässigen Teilnehmer, deren es doch auffallend viele gibt. Zu Hause angekommen wurde der restliche Abend aber nicht sinnvollerweise mit Schlafen verbracht, sondern weiterhin noch bis in die Morgenstunden mit regem Gedankenaustausch.

Am Samstagmorgen hieß es dann: Aufbruch zur Ruhr-Uni, wo überraschenderweise noch wesentlich mehr ehemalige ASL-Teilnehmer anzutreffen waren. Während der Pausen zwischen den BoHeTa-Vorträgen akkretierte so der in der Zwischenzeit hergerichtete VEGA-Stand recht viele ASLianer. Zu den aufgezeigten Bildern zu vergangenen Camps entstand dann rasch eine angenehme Erinnerungstimmung. Von einigen alten Bekannten