Der Bau eines Spektrometers und noch mehr ...

Aktuelles aus der Sonnen-AG der Olbers-Gesellschaft e.V. Bremen

Ulrich v. Kusserow

Seit vielen Jahren treffen sich die Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft Sonne unseres Vereins einmal monatlich, um Neues über unseren Heimatstern zu erfahren, um sich auszutauschen, um gemeinsame Projekte zu planen. Diskussionen über die mit modernen Großteleskopen oder von Amateuren aufgenommenen faszinierenden Bilder und Videosequenzen von Sonnenfleckengruppen, Protuberanzen und solaren Eruptionen sind immer ein Schwerpunktthema dieser Gruppenabende. Oft werden dabei auch Ergebnisse von Simulationsrechnungen vorgestellt, die den Ablauf faszinierender Sonnenphänomene eindrucksvoll erklären helfen. Zum Ende des Jahres beginnen wir regelmäßig mit der Besprechung des Themenkatalogs und der Gestaltung des gemeinsamen Planetariumsvortrag der Sonnen-AG, der stets im April des darauf folgenden Jahres stattfindet.

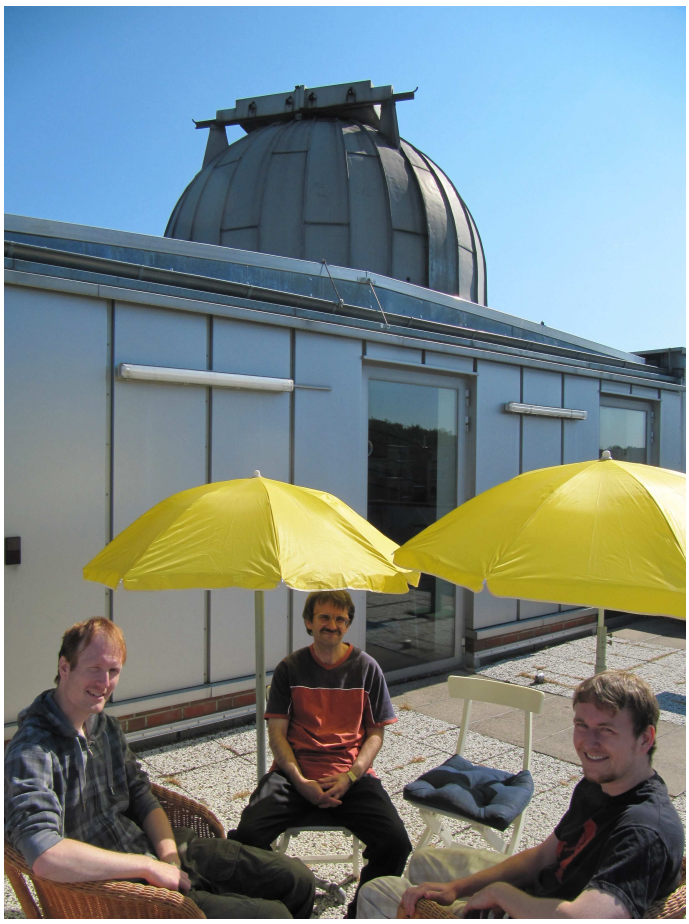
Möglichst viele Mitglieder unserer Arbeitsgemeinschaft werden das nächste Mal am 17. April 2013um 19.30 Uhr die Besucher des Olbers-Planetariums über „Die Sonnenflecken und ihre Geschichte“ informieren und hoffentlich auch begeistern. Unsere Arbeitsgemeinschaft bietet darüber hinaus aber auch einen Rahmen, in dem die mit dem Thema Sonne gekoppelten Aktivitäten einzelner Vereinsmitglieder oder unseres Vereins besprochen und koordiniert werden können. Gemeinsam haben wir beispielsweise die Durchführung der VdS-Tagung Sonne im Frühjahr 2012 geplant und dann auch erfolgreich durchgeführt (s. Beiträge in ON237 und ON238). Mitglieder unserer Arbeitsgemeinschaft betreuen immer wieder Sonderveranstaltungen, bei denen die Beobachtung der Sonne und die Erklärung der auf ihr zu beobachtenden Phänomene im Mittelpunkt stehen.

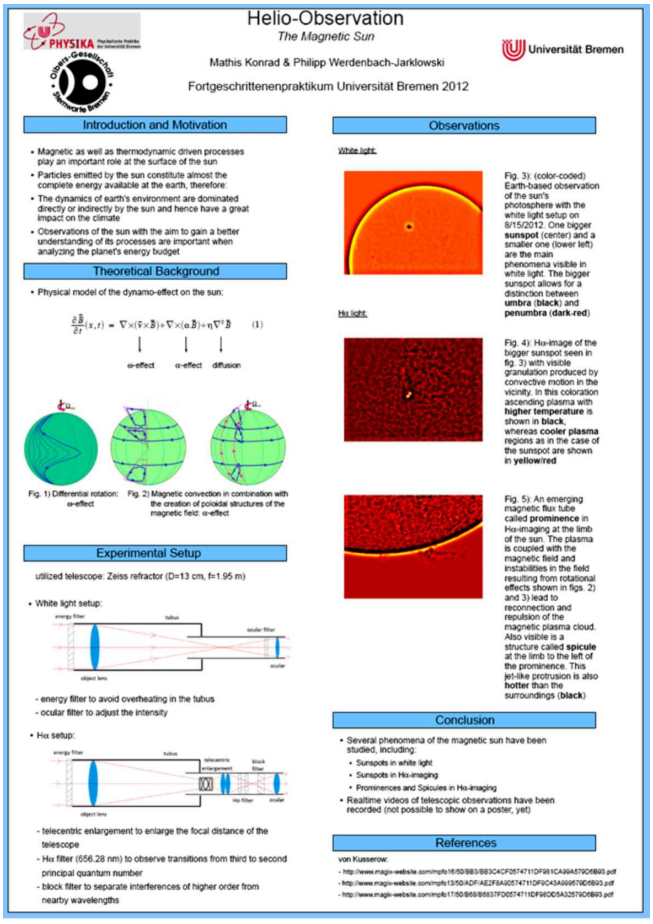
Bilder von der Einweihungsfeier für das DLR-School-Lab Bremen: das DLR-Gebäude in der Nähe des Fallturms (links oben); Bremer Persönlichkeiten und die durch beratende Unterstützung durch Mitglieder der Olbers-Gesellschaft erworbenen Sonnenteleskope der DLR (rechts oben); Frank Jansen von der DLR und „seine“ Weltraumwetter-CDs; Dirk Stiefs, der Leiter des Bremer School_Labs beim Interview. © U. v. Kusserow

Dazu gehört unter anderem auch die Schüler-Sommer-Akademie, bei der physikalisch besonders interessierte Gruppen von in der Regel sehr begeisterten Schülern an einem Vormittag unsere Sternwarte besuchen. Am 31. Oktober dieses Jahres wird uns der Praktikumsleiter der Universität Bremen wieder etliche Schüler zum Herbstpraktikum vorbeischicken. Auch wenn das Wetter an diesem Tag vielleicht nicht zur direkten Sonnenbeobachtung einlädt, gibt es dann doch so viel Spannendes über die Sonne zu berichten und anhand von gespeicherten Realaufnahmen und Ergebnissen von Simulationsrechnungen zu veranschaulichen. Auch die Besichtigung unserer Sternwarte und ein kurzer Abstecher in das Planetarium sind ja doch eine Reise wert!

Mitarbeiter des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Bremen sind in den letzten beiden Jahren häufiger zu unseren AG-Sitzungen gekommen, um unsere Erfahrungen zur Sonnenbeobachtung und über den Einsatz von Sonnenteleskopen zur Gestaltung eines ihrer DLR-School-Lab-Experimente zum Thema Weltraumwetter zu verwerten (s. im Internet unter http://www.dlr.de /schoollab/desktopdefault.aspx/tabid-7605/12866_read-32405/).

Seit vielen Jahren betreuen wir (hauptverantwortlich Ulrich v. KUSSEROW und Uwe GROßKOPF) bei uns in der Walter-Stein-Sternwarte den physikalischen Praktikumsversuch „Beobachtung der magnetischen Sonne (Helio-Observation)“ der Universität Bremen. Sechs bis acht Studenten-Gruppen im Jahr werden von uns jeweils an mehreren Tagen über die auf der Sonne ablaufenden physikalischen Prozesse informiert. Die in der Regel fortgeschrittenen Studenten lernen den Umgang mit den Sonnenteleskopen, mit Filtern und Kameras. Unter Anleitung erstellen sie Aufnahmen und Videosequenzen unterschiedlicher Sonnenphänomene. Ihre Ergebnisse müssen sie in Gesprächen, Protokollniederschriften oder durch die Erstellung von Postern in deutscher oder englischer Sprache dokumentieren. Ihre Leistungen werden von uns bewertet. In allen Praktikumsversuchen der Universität Bremen (außer bei uns in der Sternwarte) führen die Studenten Messungen durch, die sie anschließend auswerten und im Rahmen der bestehenden Theorien über die zu beobachtenden Zusammenhänge interpretieren sollen.





Praktikumsversuch zur „Beobachtung der magnetischen Sonne“: zwei Studenten mit Uwe Großkopf bei der vorbereitenden Besprechung auf dem Balkon der Walter-Stein-Sternwarte (links); ein fertiggestellte „englisches“ Poster der Studenten mit Ergebnissen ihrer Arbeit (rechts). © U. v. Kusserow, M. Konrad & Ph. Werdenbach-Jarglowski

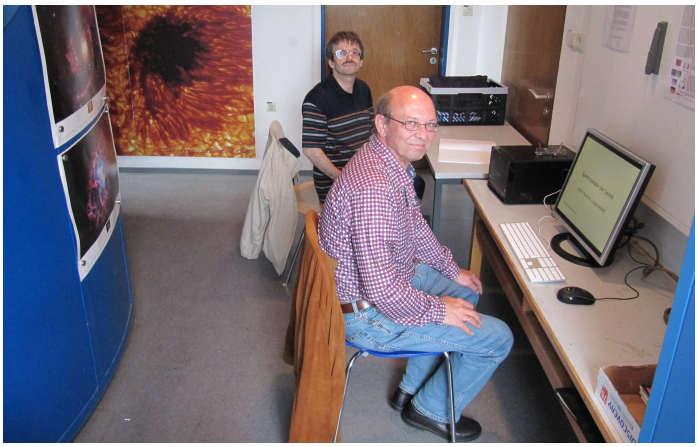
Der besonders beliebte Praktikumsversuch zur Beobachtung der magnetischen Sonne unterscheidet sich dabei sehr von diesen Versuchen. Er findet zum einen außerhalb der Universität in einer alten, gemütlichen Sternwarte statt. Statt um Festkörperphysik geht es um einen am Himmel leuchtenden, besonders nahen Stern, ohne den wir auf der Erde nicht leben könnten. Bei diesem Praktikumsversuch erfahren die Studenten etwas über die besonderen Eigenschaften der Plasma-Materie, die fast überall im Universum anzutreffen ist. Sie beschäftigen sich mit dynamisch agierenden Magnetfeldern, die zu den besonders radikalen Elementen im Kosmos gehören, die bei solaren Eruptionen, in Supernova-Explosionen oder der Beschleunigung der kosmischen Partikelstrahlung eine so wichtige Rolle spielen. Sie lernen den Umgang mit einem für sie „richtig großen“ Teleskop. Es macht ihnen Spaß, die Kuppel oder die Teleskopbühne zu drehen, den „Shutter“ zu öffnen, das Teleskop auf die Flecken oder Protuberanzen auszurichten, die Magnetfeldstrukturen der aktiven Sonne zu beobachten und aufzunehmen. Es gefällt den Studenten offensichtlich, wenn sie sich ohne Prüfungsstress in freundlicher Atmosphäre (Getränke und Kekse stehen bereit) informieren und mit den Betreuern austauschen können, wenn sie etwas über die vielfältigen Einflussfaktoren der Sonne auch auf unser Leben auf der Erde erfahren können. Aus Sicht der Verantwortlichen an der Universität Bremen vielleicht ein kleines Manko: „Da wird doch nichts gemessen? Ist das eigentlich wissenschaftlich genug für einen Versuch im Rahmen des Fortgeschrittenen-Praktikums?“

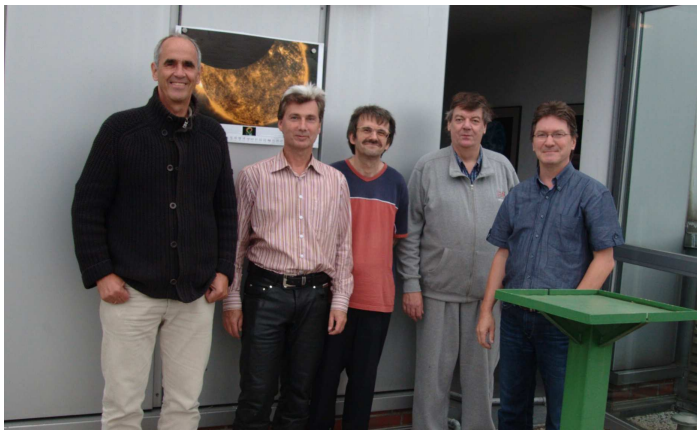
Die Astronomie beschäftigt sich mit den Erscheinungsformen der auf Planeten wie dem Mars, auf Sternen wie der Sonne, in Galaxien wie der Milchstraße oder im fernen Universum zu beobachtenden vielfältigen Phänomenen. Die Astrophysik versucht demgegenüber insbesondere die physikalischen Hintergründe zu verstehen, die zur Ausbildung der Strukturen und Entwicklungen dieser Phänomene führen. Neben der Analyse kosmischer Partikelstrahlung können dabei verlässliche Begründungszusammenhänge nur durch Auswertung der von den allzu fernen Himmelsobjekten ausgesandten elektromagnetischen Strahlung rekonstruiert werden. Mit keinem Raumschiff wird man bekanntlich je den nächsten Stern besuchen und dort vor Ort Messungen durchführen können. Zum Glück erkannten aber Robert Wilhelm BUNSEN (man denke an den nach ihm benannten Bunsenbrenner) und Gustav Robert KIRCHHOFF um 1860, dass die spektrale Zerlegung des Lichts (mit Hilfe eines Prismas oder Spektralgitters) in seine Farbanteile eine wirkungsvolle Methode zur Analyse unterschiedlichster Gase sein könnte.

„Stellt einerseits die Spektralanalyse (...) ein Mittel von bewunderungswürdiger Einfachheit dar, die kleinsten Spuren gewisser Elemente in irdischen Körpern zu entdecken, so eröffnet sie andererseits der chemischen Forschung ein bisher völlig verschlossenes Gebiet, das weit über die Grenzen der Erde, ja selbst unseres Sonnensystems, hinausreicht. Da es (...) ausreicht, das glühende Gas um dessen Analyse es sich handelt, zu sehen, so liegt der Gedanke nahe, dass dieselbe [Analyse] auch anwendbar sei auf die Atmosphäre der Sonne und die helleren Fixsterne.” [Robert BUNSEN, Gustav KIRCHHOFF, Chemische Analyse durch Spektralbeobachtungen, Abhandlung über Emission und Absorption, Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Band 72, Verlag Harri Deutsch, ISBN 3-8171-3072-4]

Bereits 1814 hatte Joseph von FRAUNHOFER die nach ihm benannten dunklen Linien im Spektrum der Sonne entdeckt, die durch Absorption bestimmter Wellenlängen charakteristischer chemischer Elemente im kontinuierlichen Sonnenspektrum entstehen. Mit Hilfe solcher Absorptionslinien können die Wissenschaftler heute die chemische Zusammensetzung, die Materiedichte sowie die Temperatur- und Druckverhältnisse beispielsweise in einer Sternatmosphäre ermitteln. Die Stärke der Verschiebung solcher Linien auf Grund des so genannten Doppler-Effekts lässt dabei auf die Geschwindigkeit der beobachteten Plasma-Materie schließen. Die Stärke der Aufspaltung geeigneter Spektrallinien auf Grund des so genannten Zeeman-Effekts ermöglicht sogar die Bestimmung magnetischer Flussdichten im betrachteten Medium. Die Spektralanalyse, die Vermessung von Spektren durch Spektrometrie und anschließende Interpretation der Ergebnisse mit Hilfe unterschiedlicher Theorien, ist in der Astrophysik heute wohl die wichtigste Methoden zur Erforschung der Vorgänge im fernen Universum.

Mit einem Spektroskop lässt sich ein Sonnenspektrum erzeugen. Ein Spektrometer ermöglicht ergänzend die für fundiertere Analysen notwendige Vermessung eines solchen Spektrums. Könnte die Sonnen-AG ein solches Gerät nicht auch sinnvoll einsetzen? Wären die Kosten für den Kauf oder Selbstbau eines Spektrometers für unseren Verein aber überhaupt erschwinglich? Ließe sich die Rotationsgeschwindigkeit der Sonne schon mit einem relativ preisgünstigen Gerät etwa im Rahmen des Praktikumsversuchs zur Helio-Observation durch Studenten vermessen? Könnte uns damit sogar der Nachweis magnetischer Felder in den Sonnenflecken anhand der Aufspaltung von Spektrallinien auf Grund des Zeeman-Effekts gelingen? Dies würde ja die von Universitätsmitarbeitern geäußerten Bedenken an der Wissenschaftlichkeit des von uns durchgeführten Praktikumsversuchs entkräften.





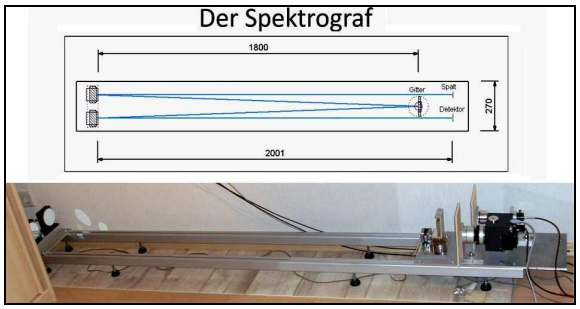
Besprechungen zum Bau des Sonnen-Spektrometers: Dieter Goretzki und Uwe Großkopf beim gemütlichen „Vorbereitungsessen“ im Theatro (links oben), bei Planungen in der Sternwarte (rechts oben), mit Ilja Rückmann und Walter Fedderwitz in der Universität (links unten); Ulrich v. Kusserow , Carsten Reese, Uwe Großkopf, Walter Fedderwitz und Holger Voigt nach einem Planungsgespräch (rechts unten). © U. v. Kusserow, S. Schönholz

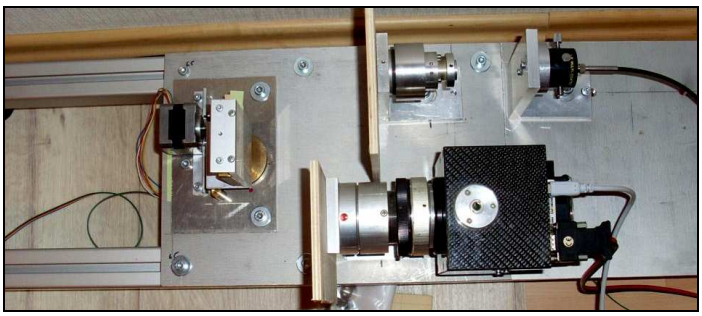
Könnten sich darüber hinaus auch die Besucher unserer Sternwarte an der Darstellung der unterschiedlichen Absorptionslinien des Sonnenspektrums erfreuen? Wäre der Einsatz eines solches Instruments auch zur Registrierung der Spektren, der Fingerabdrücke unterschiedlicher Sterne, für den Einsatz in der Nachtastronomie geeignet? Und wie teuer wäre der Selbstbau eines geeigneten Spektrometers für die Sonnenbeobachtung, wenn wir dabei die Unterstützung der Universitätswerkstatt und erfahrener Amateurastronomen erhielten?

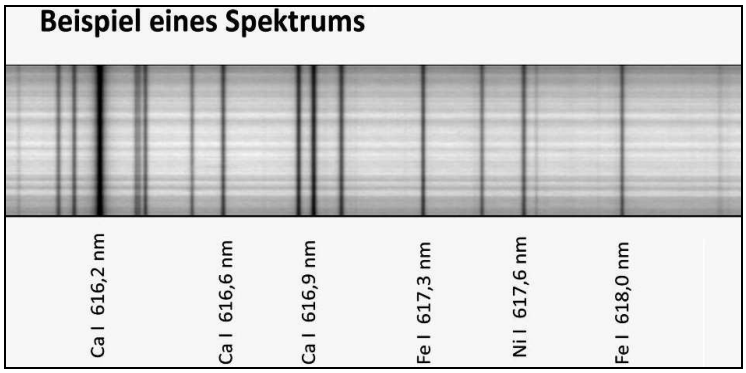
Mit solchen Fragen haben wir uns in der Arbeitsgemeinschaft Sonne im letzten Jahr ausführlicher beschäftigt. Auch auf der VdS-Tagung bei uns in Bremen war die Spektroskopie daher eines der Schwerpunktthemen. Wir haben mit Wissenschaftlern und Amateurastronomen über unseren Ideen zur Realisierung eines Spektrometers gesprochen. Und wir haben damals vor allem Dieter GORETZKI aus Langenselbold in der Nähe von Frankfurt kennen und schätzen gelernt.

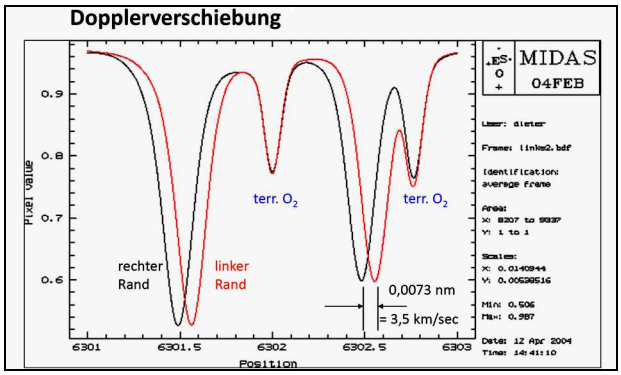
Er arbeitet in der Fachgruppe Spektroskopie der Vereinigung der Sternfreunde VdS (s. im Internet unter http://spektroskopie.fg-vds.de/) mit, hat selbst große Erfahrungen im Bau von Spektrometern zur Sonnenbeobachtung und veröffentlicht Artikel, die nicht nur dem Laien gefallen. Wir haben häufiger miteinander telefoniert, und er hat uns zwei Tage lang in Bremen besucht. In langen Gesprächen mit Uwe GROßKOPF und mir, während des gemeinsamen Mittagessens und in der Sternwarte, zusätzlich mit Professor Ilja RÜCKMANN (Leiter der Physik-Praktikums-Versuche) und unserem Vorsitzenden Walter FEDDERWITZ am nächsten Tag in den Laborräumen der Universität sowie in seinem Vortrag beim Treffen der Sonnen-AG hat er uns ausführlich über die Möglichkeiten des Baus eines Sonnen-Spektrometers für die Olbers-Gesellschaft informiert. Kaum in seinen Heimatort zurückgekehrt, schickte er uns eine Kiste mit wichtigen und teuren Utensilien zum Bau eines etwa einen Meter langen Spektrometers.

Er hat uns einen Spektrographen-Spalt mit Beleuchtung, zwei Hohlspiegel mit Halterungen, ein reflektierendes Spektralgitter mit 2604 Linien pro mm (!) und ein Kugellager für den Gittertisch, ein Lichtleiterkabel sowie Neon-Glimmlampen zur Kalibrierung geschenkt, wichtiges Datenmaterial zukommen lassen. Lieber Dieter, ganz, ganz herzlichen Dank dafür!









Das 2m Sonnen-Spektrometer von Dieter Goretzki und Ergebnisse seiner Arbeiten: Aufbau des Spektrographen mit den zwei Hohlspiegeln links in der Ecke (links oben); CCD-Kamera, Beugungsgitter- und Spalteinrichtungen des Spektrometers (rechts oben, von unten nach oben); Ausschnitt des Sonnenspektrums mit Kalzium-, Eisen- und Nickellinien (links unten); Intensitätsverteilungen durch Dopplereffekt verschobener solarer sowie unverschobener terrestrischer Absorptionslinien (rechts unten). © Dieter Goretzki

Wir haben uns entschlossen, ein leistungsfähiges Spektrometer für die Sonnenbeobachtung zu bauen. Mit Hilfe eines viele Meter langen Lichtleiterkabels werden wir die spektralen Informationen von einem gewählten Ausschnitt des mit dem Teleskop gewonnenen Sonnenbildes in den entfernt (z.B. in einem Nebenraum) aufgestellten Spektrographen leiten. Eine spezielle Apparatur wird dafür sorgen, dass das „transportierte“ Licht zu dem schmalen Spektrographen-Spalt hin gebündelt wird. Durch einen konkaven Hohlspiegel wird das nach Durchtritt durch den Spalt auseinanderlaufende, divergente Licht parallel gemacht. Erst dann erfolgt die anschließende spektrale Zerlegung des integralen Lichts in seine Farbanteile durch Reflexion am Spektralgitter. In der Brennebene eines zweiten konkaven Hohlspiegels erfolgt die erneute Bündelung der Lichtwege für die unterschiedlichen Farbanteile nebeneinander, jeweils an unterschiedlichen Stellen. Die als helle, längliche Striche identifizierbaren Abbildungen des Spalts können dann mit einer CCD-Kamera registriert und auf dem Monitor eines Computer dargestellt werden (s. Abb. 4). Mit einem Programm lässt sich danach auch die Intensitätsverteilung der einzelnen Spektrallinien für den jeweils betrachteten Spektrographen-Ausschnitt ermitteln.

Für die Bestimmung der Wellenlängen ist eine Kalibrierung des Spektrographen mit Hilfe eines bekannten Vergleichsspektrums erforderlich. Eine solche Kalibrierung kann mit Hilfe einer Neon-Glimmlampe erfolgen. Die charakteristische Lage der einzelnen Spektrallinien des Neon-Gases mit den ihnen jeweils zugeordneten Wellenlängen ist dabei bekannt. Das fertiggestellte Spektrometer hat eine so große Auflösung, dass immer nur ein schmaler Bereich aus dem sichtbaren optischen Spektrum der Sonne betrachtet werden kann. Um unterschiedliche Spektralbereiche untersuchen zu können, muss der Spektralgitter-Tisch durch Einsatz eines Motors und eines Schneckengetriebes in definierter Weise gedreht werden können. Das Spektrometer wird eine Länge von etwa einem Meter haben.

Mit ihm können die Spektrallinien der unterschiedlichen Atome und Ionen in der Sonnen- und Erdatmosphäre identifiziert und hinsichtlich ihrer Wellenlänge und Intensität vermessen werden. Die für den Sonnenrand und die Sonnenmitte erstellten Spektren werden dabei charakteristische Unterschiede aufweisen, da der Beobachter dabei in jeweils unterschiedliche Tiefen der Sonnenatmosphäre blickt. Anhand solcher Messungen ließen sich die Temperatur-, Dichte- und Druckverhältnisse des Sonnengases prinzipiell ermitteln. Durch Auswertung des Abstandes der Spektren vom linken und rechten Sonnenrand auf Grund des Doppler-Effektes wird sich die Rotationsgeschwindigkeit der Sonne mit diesem Spektrometer gut bestimmen lassen. Sogar Aufweitungen magnetisch empfindlicher Spektrallinien auf Grund des Zeeman-Effekts beim Durchlauf des Spektrographen-Spalts durch einen Sonnenfleck mit starker magnetischer Flussdichte werden vielleicht beobachtet werden können.

In diesen Tagen beginnt der Zusammenbau des Spektrometers, der von Uwe GROßKOPF in Zusammenarbeit mit der Universität Bremen und anderen Mitgliedern der Olbers-Gesellschaft durchgeführt wird. Wir haben uns in der September-Sitzung der Sonnen-AG mit Walter FEDDERWITZ, unserem Sternwartenleiter Holger VOIGT und Carsten REESE, unserem anerkannten „Fachberater“ für CCD-Technik aus der Foto-AG der Olbers-Gesellschaft getroffen, um insbesondere den Kauf einer geeigneten CCD-Kamera zu besprechen. Holger VOIGT wird für uns das den Lichtweg „verdunkelnde“ Gehäuse des Spektrometers bauen. Carsten REESE hat uns den Einsatz einer gekühlten Kamera mit höher auflösendem, größerem Chip empfohlen, deren Kaufpreis mit etwa 1700 € deutlich höher liegt, als wir es ursprünglich eingeplant hatten. Wir haben uns für den Erwerb dieser für längere Belichtungszeiten vorgesehenen, Schwarz-Weiß-Bilder erzeugenden Kamera entschieden, weil wir damit einen größeren Ausschnitt aus dem Spektrum mit deutlich besserer Qualität abbilden können. Eine solche Kamera lässt sich darüber hinaus hervorragend in der Nachtastronomie einsetzen. Leider ist sie aber für die Aufnahme von Sonnenflecken, magnetischen Strukturen in solaren Protuberanzen oder Mondaufnahmen wegen der dafür notwendigen kurzen Belichtungszeiten ungeeignet. Wir planen deshalb den zusätzlichen Kauf einer nicht gekühlten Kamera bei einer Bremer Firma, die uns eine Vergünstigung von 30% zugesagt hat. Vermutlich wird der Bau des Sonnen-Spektrometers sowie der Kauf der Kameras etwas mehr als 3000 € kosten. Susanne SCHÖNHOLZ, unsere Rechnungsführerin, sowie der Vorstand haben unseren ehrgeizigen Projekten aber schon (halb-) grünes Licht gegeben.

Wegen seiner hohen Auflösung ist der jetzt gebaute Spektrograph leider nicht in der Nachtastronomie einsetzbar. Für die Spektroskopie der im Vergleich zur Sonne so lichtschwachen Objekte am Sternenhimmel würde sich dann aber der Kauf eines weiteren, weniger stark auflösenden Spektrographen empfehlen. Damit ließen sich die funkelnden Sterne am Firmament nicht nur hinsichtlich ihre Lichtstärke und Farbe, sondern auch auf Grund ihrer deutlich unterschiedlichen Spektren charakterisieren. Mit diesen neuen Instrumenten ausgerüstet, würde sich der Besuch unserer Sternwarte für interessierte Sternfreunde in Zukunft sicherlich noch mehr lohnen. Auch die Mitarbeiter der anderen Arbeitsgemeinschaften für Astrophysik, Planeten, Astrofotographie und Teleskope könnten sich freuen. Wie wünschenswert wäre es, wenn die Sonnenbeobachter und die Nachtastronomen unseres Vereins durch gemeinsame Nutzung der neu erstandenen Geräte in Zukunft enger zusammenarbeiten, ihre Freude an der Beobachtung der Vorgänge im fernen Universum teilen würden.

Liebe Vereinsmitglieder, liebe Freunde der Bremer Olbers-Gesellschaft,

wir würden uns sehr freuen, wenn auch Sie einmal eine **Sitzung** (nicht nur) **unserer Arbeitsgemeinschaft** Sonne **besuchen** würden. Genießen Sie die bewegten und bewegenden Bilder von den faszinierenden Phänomenen auf unserer Sonne. Versuchen auch Sie die auf unserem Heimatstern ablaufenden, unser Leben auf der Erde beeinflussenden komplexen solaren Prozesse ein wenig zu verstehen. Durch anschauliche Erklärungen würden wir Ihnen gerne dabei helfen. Begleiten sie dabei den Fortgang des jetzt beginnenden Baus und späteren Einsatzes unseres Sonnen-Spektrometers am Teleskop. Hätten Sie nicht auch Lust, die „magnetisch anziehenden“ dynamischen Vorgänge einmal selbst durch unsere Sonnenteleskope zu beobachten?

Die Olbers-Gesellschaft investiert eine Menge Geld in den Ausbau unseres „Teleskop-Parks“. Wir möchte die Beobachtungsmöglichkeiten in der Walter-Stein-Sternwarte in der Hochschule in Zukunft, für jung und alt, (auch technisch) sehr viel attraktiver gestalten. Deshalb bauen wir jetzt einen Spektrographen, kaufen wir leistungsfähige CCD-Kameras auch für den Einsatz in der Nachtastronomie. Hätten Sie dann nicht auch einmal Lust, neben der direkten Beobachtung des **Mond**es und der **Planeten** durch das Teleskop, mit einer CCD-Kamera erstellte aktuelle Aufnahmen von entfernteren Himmelsobjekten wie dem **Orionnebel** oder der **Andromeda-Galaxie** auf dem Bildschirm in der Sternwarte zu **betrachten**?

Wir würden uns sehr freuen, wenn Sie unsere Vereinsarbeit aus Freude und Interesse passiv oder aktiv (genießen und) unterstützen würden. Wenn Sie noch kein **Vereinsmitglied** sind, warum wollen Sie es nicht bald einmal **werden**? Sie können dann alle **Planetariumsvorträge** (es sind 27 in dieser Vortragssaison) und sieben **Hauptvorträge** von eingeladenen Wissenschaftlern aus dem gesamten Bundesgebiet **umsonst besuchen**. Viermal im Jahr erhalten sie die **Olbers-Nachrichten**, unsere Vereinszeitschrift, **zugeschickt**. Natürlich würden wir uns auch sehr darüber freuen, wenn Sie die Möglichkeit hätten, den weiteren attraktiven Ausbau der Bremer Sternwarte auch finanziell durch **Übersendung einer Spende** zu fördern. In einer unruhigen Zeit kann der Blick in die Sternenwelt, vom Planetarium oder von der Sternwarte aus, für viele vielleicht doch etwas Ruhe, Entspannung und Freude bringen. Wir freuen uns auf Ihren Besuch.