

Zürich

Institut für Astronomie

ETH Zentrum, CH-8092 Zürich
Tel. +41-1-6323813, Telefax: +41-1-6321205
E-Mail: <username>@astro.phys.ethz.ch

1 Personal und Ausstattung

1.1 Personalstand

Direktoren und Professoren:

Prof. Dr. A. O. Benz [-24223], Prof. Dr. M. Carollo [-33725], Prof. Dr. S. Lilly [-33828], Prof. Dr. J. O. Stenflo [-23804] (Vorsteher).

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dr. K. Arzner [-23814], Dr. S. Berdyugina [-23632], Dr. K. R. Briggs [-27987], Dr. V. Debattista [-32824], Dr. Th. Dumm, Dr. A. Gandorfer, Dr. M. Güdel [-27129], Dr. P. Messmer, Dr. P. Norberg [-32854], Prof. Dr. H. Nussbaumer [-23631], Dr. C. Porciani [-32849], Dr. H. R. Schild, Dr. H. M. Schmid [-27386], Dr. K. W. Smith, Dr. K. Vy Tran [-33280], Dr. R. Walder [-24217].

Doktoranden:

Dipl.-Phys. M. Audard, Dipl.-Phys. A. Feller, Dipl.-Phys. M. Fivian, Dipl.-Phys. D. Fluri, Dipl.-Phys. D. Gisler, Dipl.-Phys. P. Grigis, Dipl.-Phys. M. Haberleiter, Dipl.-Phys. P. Harjunpää, Dipl.-Phys. R. Holzreuter, Dipl.-Phys. J. Klement, Dipl.-Phys. R. Knaack, Dipl.-Phys. S. Motamen, Dipl.-Phys. G. Paesold, Dipl.-Phys. P. Saint-Hilaire, Dipl.-Phys. M. Schmid, Dipl.-Phys. T. Wenzler.

Sekretariat und Verwaltung:

B. Codoni [-23813], C. Aurelio [-32553].

Technisches Personal:

Dr. H. P. Povel [-24222], Dipl.-El. Ing. P. Steiner (Systemprogrammierer) [-24213], F. Aebersold (Werkstattleiter) [-23807], Dipl. Ing. C. Monstein [-24224], Ing. HTL M. Arnold [-20729], Ing. HTL S. Hagenbuch [-24222], Ing. HTL H. Meyer [-24217].

2 Gäste

M. Bianda (Locarno), G. Burbidge (San Diego), M. Burbidge (San Diego), A. Csillaghy (Berkeley), B. Dennis (Goddard), E. Feigelson (Penn State Univ.), T. de Graauw (Groningen), H. Hudson (Berkeley), C. Kramer (Köln), R. P. Lin (Berkeley), J.-U. Ness (Hamburg), S. L. Skinner (Boulder), S. K. Solanki (Katlenburg-Lindau).

3 Wissenschaftliche Arbeiten

3.1 Physik der Sonne

Das „zweite Sonnenspektrum“ im UV

Die systematische Registrierung der spektralen Signaturen der Streupolarisation am Sonnenrand wurde fortgeführt. Die UV-empfindliche Version des ZIMPOL-II-Polarimeters wurde dazu am 1.5-m-McMath-Pierce-Teleskop (NSO, Kitt Peak) im März und September 2002 eingesetzt. Die optische Anpassung des ZIMPOL-UV-Systems an den high-resolution-Spektrographen erfolgte mit Hilfe einer hierzu am Institut für Astronomie entwickelten Transferoptik für den ultravioletten Spektralbereich. Bis heute konnte der spektrale Bereich von 3295 Å bis 3910 Å mit bisher unerreichter spektraler Auflösung und höchster polarimetrischer Genauigkeit untersucht werden. Die zuvor am Istituto Ricerche Solari Locarno aufgenommenen Daten zwischen 3900 Å und 4625 Å wurden graphisch aufbereitet und als Buch im Verlag der Fachbereiche publiziert (A. Gandorfer und J.O. Stenflo).

Theorie zur Deutung des zweiten Sonnenspektrums

Zur theoretischen Deutung der Streupolarisationseffekte des „zweiten Sonnenspektrums“ sind verschiedene Werkzeuge entwickelt worden, mit deren Hilfe diverse Phänomene des zweiten Sonnenspektrums erfolgreich modelliert und untersucht wurden. Wir haben die bestehenden Modelle um eine selbstkonsistente Behandlung des Strahlungstransportproblems und die Effekte von Stößen und Magnetfeldern erweitert, um realistische Simulationen der beobachteten Profilformen anfertigen zu können. Dabei zeigt sich, dass die exotischen Phänomene wie optisches Pumpen nicht stark genug ausgeprägt sind, um die beobachteten Streupolarisationen zu erklären. Dies wird bestätigt durch Simulation ganzer Modellatome wie Ca I und Ca II. Ausserdem haben wir die Na I D₁- und D₂-Linien modelliert, welche zu den auffälligsten Strukturen des „zweiten Sonnenspektrums“ gehören. Wir haben gezeigt, dass die Na I D₂-Linie hauptsächlich durch Strahlungstransport-Effekte erklärt werden kann. Hauptverantwortlich für die beobachtete Struktur ist die konsistente Behandlung der Frequenzänderung eines Photons durch den Dopplereffekt und durch elastische Stöße während eines Streuprozesses. Berechnungen der Ca I 4227-Å-Linie, welche wie Na I D₂ einen Dreifach-Peak im Spektrum der linearen Polarisation besitzt, unterstützen diese Interpretation. Der zentrale Peak der D₁-Linie kann jedoch im Rahmen der aktuellen Theorie auch weiterhin nicht zufriedenstellend modelliert werden (D.M. Fluri, R. Holzreuter, J. Klement und J.O. Stenflo).

Des Weiteren wurden theoretische Konzepte ausgearbeitet, die eine Erweiterung der bisher bestehenden Modelle erlauben, so dass auch Effekte des optischen Pumpens berücksichtigt werden können. Diese Konzepte wurden erfolgreich angewandt, um das zweite Sonnenspektrum genauer zu untersuchen (J. Klement und J.O. Stenflo).

Evolution des globalen Magnetfeldes

Die Untersuchung der zeitlichen Variationen des globalen Sonnenmagnetfeldes mittels Kugelfunktionen wurde abgeschlossen. Insgesamt wurden drei mehrjährige Datensätze verwendet, um die sphärischen Koeffizienten des radialen Sonnenmagnetfeldes zu berechnen. Besondere Aufmerksamkeit wurde den verschiedenen Methoden der Zeitreihenanalyse gewidmet, im Speziellen der Waveletanalyse und der sogenannten Multitaperanalyse. Die zuerst genannte erlaubt es, die Evolution der angeregten Magnetfeldmoden innerhalb des Beobachtungszeitraumes zu verfolgen, die zweite ermöglicht Aussagen über die statistische Signifikanz der detektierten Moden. Der Vergleich der Resultate der drei unabhängigen Datensätze versetzte uns in die Lage, einerseits qualitative, im Gegensatz zu früheren Jahren aber auch eingehende quantitative Aussagen machen zu können. Neben dem die ungeraden Moden dominierenden zweiundzwanzigjährigen Zyklus wurden kurzlebigere Fluktuationen gefunden, so z. B. mit Perioden von 6.5–7 Jahren, 4 Jahren, 2.5 Jahren und 2 Jahren, um nur die wichtigsten zu nennen. Allerdings spielen numerische Effekte bei dieser Art von Analyse eine ungeliebte aber wichtige Rolle, so dass es sich bei einigen der gefundenen

Perioden höchstwahrscheinlich um numerische Artefakte und nicht um real auf der Sonne existierende Schwingungen handelt.

Motiviert durch die Studien der solaren Magnetfelder wurde im Rahmen einer Diplomarbeit ein neuer Datensatz hochaufgelöster synoptischer Karten hergestellt, zusammengesetzt aus täglichen Magnetogrammen des Kitt Peak-Observatoriums, aufgenommen im Zeitraum 1974–2001. Dieser neue Datensatz ist, was die Auflösung anbetrifft, einzigartig und stellt eine deutliche Verbesserung existierender synoptischer Karten dar, zumindest was die kleinskaligen Magnetfeldstrukturen anbetrifft (R. Knaack, J.O. Stenflo, Karin Allemann).

Modellierung solarer Helligkeitsschwankungen

Für den Zeitraum des Sonnenaktivitätsminimums- und maximums (1996–2001) wurden erste Modellrechnungen der totalen solaren Helligkeitsschwankung mit Hilfe eines 5-Komponenten-Modelles, welches zwischen Sonnenflecken (Umbra und Penumbra), Sonnenfackeln, Netzwerk und ruhiger Sonne unterscheidet, durchgeführt. Die Resultate stimmen sehr gut mit den VIRGO-Messungen (Variability of solar IRradiance and Gravity Oscillations) überein. Die dazugehörigen planparallelen Atmosphärenmodelle (Fackel- und Netzwerk-Modell) wurden anhand von Beobachtungsdaten bestimmt. Neben den Daten der spektralen Variation des Fackelkontrastes ($\mu = 0.18-0.33$) vom San Fernando Observatory, gemessen mit dem ELP-Photometer (extrem limb photometer), wurden auch die μ -Variationen des Fackelkontrastes, gemessen bei der Ni-Wellenlänge (676.8 nm), verwendet. Die zuletzt genannten Daten wurden aus MDI/SOHO-Magnetogrammen und nicht normierten Level-1.5-Kontinuums-Intensitätsbildern bezüglich der Wellenlänge bei 676.8 nm für Fackeln und schwache magnetische Strukturen (Netzwerk) erstellt. Eine genauere Analyse zeigte jedoch, dass die erste Version der μ -Variationen des Fackelkontrastes verbessert werden konnte. Dabei wurden anstelle der nicht normierten Level-1.5-MDI/SOHO-Kontinuums-Intensitätsbilder die normierten Level-2-Bilder verwendet (T. Wenzler, D.M. Fluri, in Zusammenarbeit mit S.K. Solanki und N.A. Krivova, Katlenburg-Lindau, und A. Ortiz, Barcelona).

Demodulation von RHESSI Lichtkurven

Der Reuven Ramaty High Energy Spectroscopic Imager (RHESSI) wurde im Februar 2002 in eine 600 km hohe Umlaufbahn gebracht, von wo aus er solare Eruptionen in harten Röntgen- und Gammastrahlen beobachtet. Das Gerät verfügt über spektrale und örtliche Auflösung, wobei die letztgenannte im „Rotational Modulation Principle“ erzielt wird: die eintreffenden Photonen werden durch Gitter moduliert, welche fest auf der rotierenden Raumsonde montiert sind (Spinperiode = 4 s). Für lokalisierte Quellen führt dies zu periodischen Abschattungen, welche die Bildinformation enthalten. Wenn man nun nicht an Bildern, sondern an Zeitprofilen auf Zeitskalen < 4 s interessiert ist, müssen die Daten zuerst demoduliert werden. Dies ist insbesondere für den Vergleich mit örtlich unaufgelösten Radiobeobachtungen durch PHOENIX erforderlich, welche den Inhalt einer laufenden Studie bildet. Es wurden (und werden) daher verschiedene Demodulationsverfahren entwickelt. Das erste und ausgereifteste nimmt an, dass die wahre Quellverteilung über Zeitskalen von Minuten die Form $B(x, t) = b_0(x) + r(t)B_1(x)$ hat, wobei $B_0(x)$ und $B_1(x)$ unbekannt (und nicht interessierende) Helligkeitsverteilungen sind und $r(t)$ aufgrund der Messdaten geschätzt wird. Das Problem wird in erster Linie durch die Annahme regularisiert, dass $r(t)$ glatt sein soll. Ein zweites Verfahren versucht, die wahre totale Helligkeitsverteilung $\int_0^\tau B(x, t) dt$, $\tau \ll 4$ s, zu bestimmen, wie sie in Abwesenheit der RHESSI-Gitter gemessen würde. Dazu wird eine gewichtete Summe der beobachteten Zählraten gebildet, bei dem die Gewichte die Modulation am vermuteten Quellort kurzfristig weginterferieren („local flatfielding“). Dies gelingt umso besser, je höher die Zählraten sind, weil dann größere Schwankungen der Gewichte in Kauf genommen werden können. Der dritte Ansatz schliesslich geht von einer windowed Fourier oder Wavelet Transform aus und unterdrückt die Modulationsanteile im Spektrogramm im Sinne eines verallgemeinerten Wiener-Filters. Der Vergleich der verschiedenen Verfahren erlaubt eine heuristische Bewertung ihrer Re-

sultate (K. Arzner, PSI, in Zusammenarbeit mit G. Hurford und S. Krucker, Berkeley, A. Csillaghy, Brugg, A. Benz, ETH).

Energie-Budget von Flares

Das neue Röntgenteleskop RHESSI bringt sowohl in spektraler, wie auch räumlicher Auflösung Verbesserungen um Zehnerpotenzen. RHESSI kann unter anderem eingesetzt werden, um die thermische und nicht-thermischen Energiekomponenten von Sonneneruptionen (Flares) viel genauer als bisher zu bestimmen. Wir haben eines der ersten Flares, das RHESSI beobachtete, benutzt, um die primäre Aufteilung der Energie im Flare zu messen und die weiteren Umwandlungen zu verfolgen. Das kleine, kompakte Ereignis wurde auch mit dem TRACE-Satelliten beobachtet, der das kühlere Plasma ($< 2 \cdot 10^6$ K) erfasst. Die kombinierten Beobachtungen der beiden Satelliten zeigen, dass der grösste Teil der freigesetzten Energie primär nicht in Koronaheizung und Bewegung übergeht, wie es magnetohydrodynamische Modelle vorhersagten, sondern in die Beschleunigung von energetischen Elektronen. Diese Teilchen mit Energien von wenigen zehn keV folgen den Feldlinien und verlieren ihre Energie in den tieferen Schichten, vor allem in der dichten Chromosphäre. Die entsprechende Bremsstrahlung ist in nicht-thermischer Röntgenstrahlung mit RHESSI beobachtbar. Das chromosphärische Plasma wird geheizt, die Bremsstrahlung verschiebt sich zu kleineren Photonenergien und emittiert ein thermisches Spektrum entsprechend einer Temperatur von rund $20 \cdot 10^6$ K. Die Energie dieses Plasmas ist weniger als die Hälfte der ursprünglichen kinetischen Energie der Elektronen. Bei der Umwandlung geht offensichtlich Energie verloren an das kühlere, nicht beobachtete Plasma der Chromosphäre und Übergangsschicht. Die zweite, etwa dreimal kleinere primäre Energieform ist Massenauswurf, den wir als Rekonnektionsjet interpretieren. Ebenfalls beobachtet wurde direkte Koronaheizung. Ihre Energie ist noch geringer, kann aber nur ungenau aus den TRACE-Daten bestimmt werden (P. Saint-Hilaire und A.O. Benz).

Koronaheizung

Die direkte Heizung der Korona mit sehr vielen kleinen Flares wird seit langem postuliert (Nanoflare-Hypothese). Sie erhält durch die Beobachtung der Energieverteilung in Flares eine neue Form, worin die meiste freigesetzte Energie nicht als Heizung, sondern als Beschleunigung erscheint. Die Energieaufteilung, wie sie nun in Flares beobachtet wurde, legt nahe, dass die beobachteten Mikroevents (auch Nanoflares genannt) in der koronalen Röntgen- und EUV-Strahlung nicht mit der primären Energiefreisetzung gleichzusetzen sind, welche als wesentlich grösser geschätzt werden muss. Entsprechend mehr wird die Bewegungsenergie des Rekonnektionsjets und die direkte Koronaheizung durch Nanoflares. Weil die Bewegungsenergie zu einem grossen Teil in Form von nicht-linearen Wellen erscheint, wird die Korona in einem grossen Umkreis geheizt. In Modellrechnungen haben wir das beobachtete Verhältnis der Energieaufteilung auf Nanoflares angewandt. Das Ergebnis zeigt, dass die Nanoflares im heute beobachtbaren Energiebereich etwa die Hälfte der benötigten Energie beitragen (A.O. Benz, in Zusammenarbeit mit S. Krucker, SSL/Berkeley).

Nicht-thermische Komponente in Mikroflares

Unsere RHESSI-Beobachtungen der Sonne bei tiefen Energien zeigen kleine Flares selbst zu Zeiten von relativ geringer Aktivität. Die Zahl der kleinen Events wird sogar grösser bei kleinem Hintergrund, da sie sonst nicht aus dem Rauschen herausragen. Wir haben bis zu 10 Mikroflares pro Stunde festgestellt mit Energien zwischen 10^{26} und 10^{28} erg. Die Röntgenstrahlung stammt in allen untersuchten Fällen aus aktiven Gebieten. Die gute Auflösung von RHESSI gestattet es, verschiedene spektrale Komponenten zu trennen. Wir konnten zeigen, dass im Bereich ab 10 keV in 45% der Fälle eine zur thermischen Komponente zusätzliche Komponente erscheint. Einige der Mikroflares sind zu schwach, um bei 10 keV noch beobachtbar zu emittieren. In weniger als 23% der stärkeren Ereignisse, davon einige am Rand, ist diese Komponente nicht vorhanden. Die hochenergetische Komponente dauert weniger lang, hat ihr Maximum früher als die thermische Komponen-

te und kann mit einer Potenzverteilung modelliert werden. In diesen Eigenschaften ist sie der nicht-thermischen Komponente in Flares ähnlich. Ausser in der Grösse unterscheiden sich Mikroflares nicht von den regulären Flares. Die Entwicklung von Temperatur und Emissionsmass der thermischen Komponente deuten darauf hin, dass die Energie durch Wärmeleitung verloren geht (A.O. Benz und P. Grigis).

Harte Röntgen- und kohärente Radiostrahlung in Flares

Die meisten in der Literatur vorgeschlagenen Beschleunigungsprozesse produzieren Elektronenverteilungen, die instabil gegen wachsende Wellen sind. Viele dieser Wellen sind fähig, an Radiowellen zu koppeln und diese abzustrahlen. Während der impulsiven Phase von Flares emittiert die Sonne breitbandige, pulsierende Kontinua, deren Ursache nicht bekannt ist. Wir haben aus den spektralen Messungen mit dem Phoenix-2-Radiospektrometer Kontinuumsereignisse ausgesucht, die von starker Röntgenstrahlung begleitet waren, und sie mit Daten von Nançay, Yohkoh und Trace ergänzt. In den einigen Beispielen können wir zeigen, dass es sich dabei um eruptive Flares handelt, die sich später zu koronalen Massenauswürfen (CME) entwickeln. Die Kontinuumsmission ist schwach während der Hauptphase der harten Röntgenmission und verstärkt sich nach dem CME. Die Quellen der Röntgen- und Radioemission decken sich nicht. Damit wird fraglich, ob die beiden Strahlungen durch Elektronen aus dem gleichen Beschleunigungsvorgang hervor gerufen werden (P. Saint-Hilaire und A.O. Benz).

Nicht-resonante Diffusion im Geschwindigkeitsraum

Wenn Elektronen beschleunigt werden, resultiert meistens eine Geschwindigkeitsverteilung, welche entlang des Magnetfelds heisser ist als senkrecht dazu. Wir haben früher gezeigt, dass solche Verteilungen instabil werden gegen wachsende Wellen bei der Gyrofrequenz der Ionen (Elektronen Firehose Instabilität). Im Gegensatz zu den Ionen sind die Elektronen mit diesen Wellen nicht in Resonanz, obwohl sie die Energie dazu liefern. Es wird zwar erwartet, dass die Instabilität ihre Ursache eliminiert und die Elektronenverteilung isotropisiert wird, aber dies kann auf zwei Arten geschehen: Entweder verlieren die Elektronen Energie und diffundieren nur radial im Geschwindigkeitsraum oder sie werden im Anstellwinkel gestreut. Eine Weiterentwicklung unserer Testteilchen-Simulationsprogramme hat gezeigt, dass die zweite Art dominiert. Die Elektronen verlieren nicht nur Energie, sondern werden auch gestreut und erfüllen damit die Bedingung zur weiteren Beschleunigung. Damit ist eine weitere Lücke im heute bevorzugten Modell der Transit-Time Beschleunigung geschlossen (G. Paesold und A.O. Benz).

Lokalisierung und Identifizierung von Radioquellen

Mit dem RHESSI-Satelliten ist es sehr einfach, Röntgen- und Gammastrahlenquellen zu lokalisieren. Um diese hochenergetische Strahlung mit gleichzeitiger Radiostrahlung in einen Zusammenhang zu bringen, muss der Ort der Radioquellen auf der Sonne bestimmt werden. Die verschiedenen Typen von Radiostrahlungen erfordern, dass die Radiobursts spektral identifiziert werden. Im Laufe des Sommers wurde ein intensives Beobachtungsprogramm durchgeführt, an dem das Radiospektrometer Phoenix-2 der ETH und die Interferometer in Nançay (Meterwellen, Frankreich), das VLA (Dezimeterwellen, New Mexico) und Owens Valley (Dezimeter- und Zentimeterwellen, Kalifornien) mitwirkten. Einige gute Ereignisse sind in Bearbeitung (P. Grigis, A.O. Benz und G. Paesold, in Zusammenarbeit mit Ortsansässigen in Frankreich und USA).

3.2 Physik der Sterne

Auswertung HST STIS Beobachtungen des Symbiotischen Sterns RW Hya

Um die zirkumstellare Materie in RW Hya weiter studieren zu können, wurden die im Jahre 2001 durchgeführten HST-STIS-Beobachtungen weiter ausgewertet. Die hochaufgelösten Spektren zeigen neben den bekannten starken Nebellinien zwischen 1150 Å und 1450 Å zahlreiche schwache Emissionslinien. Die Identifikation und Analyse dieser schwachen Emissionslinien ist im Gange (T. Dumm, H. Schild).

Radio-Imaging von Vorhauptreihensternen

Mit dem Very Large Baseline Array (VLBA) wurde das T Tau-System im Radiowellenlängenbereich untersucht. Es handelt sich um drei Sterne, alle drei wahrscheinlich Übergangsobjekte von Protosternen zu normalen T Tau-Sternen. Die eine der beiden südlichen Komponenten, T Tau Sb, wurde mit einer Auflösung von ca. 1 Millibogensekunde detektiert. Die Quelle ist marginal aufgelöst, was auf Quellenradius von ca. 10 Sonnendurchmessern deutet. Diese Quellgrösse entspricht ungefähr dem Abstand vom Stern zum inneren Rand der Akkretionsscheibe. Überraschenderweise wurden stark variable Radiokomponenten mit 100 % zirkulärer Polarisation gefunden. Solche Emissionen stammen höchstwahrscheinlich von einem Zyklotron-Maserprozess, was aber auf ungewöhnlich starke Magnetfelder von 1.5–3 Kilogauss in der Magnetosphäre hinweist. Dies ist der erste Nachweis derart starker Magnetfelder in der äusseren Atmosphäre eines Protosterns oder eines T Tau-Sterns (K. Smith, A.O. Benz und M. Güdel, in Zusammenarbeit mit J. Conway und M. Pestalozzi, Onsala/Göteborg).

Element-Zusammensetzung stellarer Koronen

Unser erstmaliger Nachweis einer Häufigkeitsanomalie in den Koronen magnetisch aktiver Sterne wurde durch neue, systematische Untersuchungen mit dem XMM-Newton-Observatorium vertieft. Es zeigt sich, dass Elemente mit einem tiefen ersten Ionisationspotential in koronalen Plasmen magnetisch aktiver Sterne unterhäufig sind verglichen mit Elementen mit hohem Ionisationspotential („inverser FIP-Effekt“). Dieser Trend rührt nicht von einer Anomalie in der Photosphäre her, da auch Sterne mit bekannter (nämlich solarer) Zusammensetzung untersucht wurden. Beim Übergang zu inaktiven Sternen kehrt der Effekt um, und man findet den in der Sonnenkorona und im Sonnenwind bekannten FIP-Effekt (Elemente mit tiefem ersten Ionisationspotential sind angereichert). Erste Erklärungsversuche bringen den inversen FIP-Effekt mit der Präsenz von hochenergetischen Teilchen in den geschlossenen Magnetfeldern aktiver Sterne in Zusammenhang. Die Separierung der beiden Elementgruppen erfolgt in der Chromosphäre. Ähnliche Untersuchungen schliessen auch Daten vom Chandra-Röntgenobservatorium mit ein (M. Audard und M. Güdel, PSI, in Zusammenarbeit mit R. Mewe und A. Raassen, Utrecht).

Eclipse mapping von stellaren Koronen

Die Lichtkurvenanalyse von bedeckenden Doppelsternsystemen im Röntgenbereich liefert einmalige Information über die Ausdehnung und Struktur der stellaren Magnetfelder, der darin gefangenen heissen Plasmen, und der Verteilung magnetisch aktiver Gebiete auf der Sternoberfläche. Mit XMM-Newton wurde das System α Coronae Borealis untersucht, in dem ein junger, sonnenähnlicher Stern mit einer hohen Röntgenleuchtkraft alle 17 Tage von einem röntgendunklen A-Stern während einiger Stunden vollständig bedeckt wird. Die Lichtkurve zeichnet im Abdeckungsvorgang die Struktur und Lage von röntgenaktiven Gebieten auf. Verschiedene Inversionstechniken wurden entwickelt, so eine backprojection+CLEAN-Methode, eine Maximum-Entropy-Methode und eine Maximum-Likelihood-Methode, welche durch sukzessive Korrekturen in einem Modell die Lichtkurve an die Beobachtung anpasst. Die rekonstruierten Karten zeigen eine stark inhomogene Verteilung der röntgenhellen Zonen in „aktiven Gebieten“. Durch Abschätzung der dritten Dimension der hellen Gebiete konnte eine Verteilung des Plasmas in Elektronendichte rekonstruiert werden. Es zeigt sich, dass sich das meiste koronale Plasma im Bereich $5\text{--}10 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$ befindet, allerdings ein signifikanter Anteil auf Dichten bis zu $3 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ zu finden ist. Damit zeigt sich, dass erhöhte Dichten für die Erzeugung hoher Röntgenleuchtkräfte in magnetisch aktiven Sternen wichtig sind. Als mögliche Erklärung dient eine höhere Rate von chromosphärischer Evaporation in dichteren Magnetfeldern, die miteinander wechselwirken (M. Güdel, K. Arzner, und M. Audard, PSI, in Zusammenarbeit mit R. Mewe, Utrecht).

Energiefreisetzung auf aktiven Sternen

Mit dem XMM-Newton-Röntgenobservatorium wurden mehrere extrem aktive Sternsysteme vor allem im Hinblick auf flares untersucht. Koordinierte Beobachtungen im Radiobereich (VLA) und im optischen U-Band (aufgenommen mit dem optischen Monitor auf XMM-Newton) standen zur Verfügung. Während die Röntgenemission das aufgeheizte und in die Korona transportierte Plasma charakterisiert, geben Radio- und optische Signale Hinweise auf beschleunigte Elektronen, welche normalerweise am Anfang der Flares auftreten und möglicherweise für den Energietransport von der Korona in die Chromosphäre und die Plasmaheizung verantwortlich sind. Die zeitliche Verschiebung der letztgenannten Emissionen zeigen sich in mehreren Beispielen in einem sogenannten „Neupert-Effekt“, der eine starke Unterstützung für das Modell der chromosphärischen Evaporation gibt. In einem Fall konnte gezeigt werden, dass die Energie, die in der nichtthermischen Verteilung der beschleunigten Elektronen steckt, für die Aufheizung alles beobachteten heißen Plasmas genügen könnte. In diesem Fall handelt es sich um ein Dopplesternsystem eines Typs, in dem sehr ausgedehnte Magnetosphären nachgewiesen wurden. Auch konnte zum ersten Mal der spektroskopische Nachweis für starke Dichtevariationen in stellaren Flares erbracht werden, indem Linientriplets von He-artigen Ionen untersucht wurden. Die Dichten variieren über kurze Zeiträume um einen Faktor 20 und erlauben es, Volumen, Masse, und Energieinhalt des thermischen Plasmas abzuschätzen. Weiter konnte erstmals gezeigt werden, dass die gleichen Prozesse auch während quasi-statischen Zeitabschnitten am Werk sind, da die Empfindlichkeit von XMM-Newton diese Episoden in eine Reihe kleiner Flares auflösen kann, die sowohl im optischen wie im Röntgenbereich detektiert werden konnten (M. Güdel und M. Audard, PSI, K. Smith, PSI+ETH, in Zusammenarbeit mit A. Beasley, Caltech, R. Mewe, Utrecht, und E. Behar, New York).

Stochastische Flares auf magnetisch aktiven Sternen

Die Heizung von Koronen magnetisch aktiver Sterne auf 10–100 Millionen Grad stellt eines der fundamentalen Probleme in der Stellarastrophysik dar. Die gegenüber der Sonne erhöhte magnetische Aktivität wird begleitet durch stark erhöhte Röntgenleuchtkräfte und viel heißere Plasmen als im Fall der Sonne. Es liegt auf der Hand, die Magnetfelder selbst für eine Erklärung der Heizung heranzuziehen. Koronale Instabilitäten von Magnetfeldern setzen die gespeicherte Energie in Flares frei, welche unter Umständen als statistisches Ensemble genügend Energie freisetzen könnten, um die gesamte beobachtete Röntgenemission aktiver Sterne zu erklären. Dabei muss vor allem die Verteilung der sehr häufigen Flares kleiner Energie untersucht werden. Zu diesem Zweck wurden sehr lange Zeitreihen (bis zu mehreren Wochen) von aktiven Sternen im extremen Ultraviolett-Bereich und im Röntgenbereich erhalten. Die Lichtkurven wurden mit neuartigen statistischen Methoden auf die Flare-Energieverteilung hin untersucht. Die gefundenen Verteilungen sind steil genug, dass eine Extrapolation zu etwas moderateren Flares genügt, um alle beobachtete Energie durch das Ensemble von Flares zu deuten. Da Flares kontinuierliche Heizungs- und Kühlungsprozesse darstellen, wird auch die zeitgemittelte Emissionsmassverteilung der Korona durch die Statistik bestimmt. Eine analytische Untersuchung zeigt, dass die Verteilung durch die Steilheit der Energieverteilung und die Heizrate während der Abklingphase bestimmt wird. Die aus der Beobachtung rekonstruierte Emissionsmassverteilung stimmt mit der mittels der Flare-Energieverteilung vorhergesagten gut überein. Diese Untersuchung liefert weitere Hinweise dafür, dass häufige chromosphärische Evaporation wichtig ist zur Erzeugung starker Röntgenleuchtkräfte in aktiven Sternen (M. Güdel und M. Audard, PSI, in Zusammenarbeit mit V. Kashyap und J. Drake, Cambridge/USA und E. Guinan, Villanova, USA).

Röntgenstrahlung von heißen Sternen

Das XMM-Newton-Röntgenobservatorium wurde verwendet, um zwei Wolf-Rayet-Sterne zu untersuchen, der eine ein Einzelstern, der andere eine Komponente in einem Binärsystem. Die Röntgenemission im Binärsystem stammt vermutlich überwiegend vom Schock der kollidierenden Winde. Allerdings wurde eine extrem heiße Komponente (ca. 40 MK)

gemessen, die nicht im Einklang steht mit Schockmodellen. Der Wind des Wolf-Rayet-Sterns könnte direkt auf einen Begleitstern fallen. Die Röntgenemission des Einzelsystems ist allerdings überraschend ähnlich, sowohl in Temperatur wie in der Leuchtkraft. Eine Vermutung geht dahin, dass der vermeintliche Einzelstern einen unsichtbaren Begleiter besitzt. Modelle von Schocks in den Winden von Einzelsternen können die beobachteten Temperaturen und Leuchtkräfte bei weitem nicht erklären. Diese Beobachtungen ergänzen eine spezielle Untersuchung des γ^2 Vel-Systems mit Chandra; dieses gilt als Prototyp für Systeme mit kollidierenden Winden (S. Skinner und M. Güdel, PSI, in Zusammenarbeit mit S. Zhekov, Boulder, und W. Schmutz, Davos).

3.3 Extragalaktische Astronomie

Suche nach Galaxien mit sehr hoher Rotverschiebung

Um Galaxien mit sehr hoher Rotverschiebung zu entdecken, werden mit dem VLT neue Suchstrategien für Emissionslinien-Galaxien entwickelt. Die neue Strategie ist darauf optimiert, höchst mögliche Empfindlichkeit für ein grosses Gebiet zu erreichen und verwendet dazu einen Multiobject-Spektrographen mit mehreren parallelen Spalten, kombiniert mit einem Filter zur Begrenzung der Bandbreite. Erste Testdaten im Spektralfenster am 9200 Å mit dem 3.6-m-CFHT aufgenommen wurden bereits analysiert. Viele Emissionslinien-Galaxien wurden entdeckt und UBVRIZ-Mehrfarbenaufnahmen mit langer Integration wurden gebraucht zur Identifikation der Rotverschiebung der Objekte: $H\alpha$ bei $z = 0.4$, [O III] 4959, 5007 und $H\beta$ bei $z = 0.85$, oder [O II] 3727 bei $z = 1.5$. Mindestens ein Objekt wurde gefunden, das mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Ly α -Galaxie bei $z = 6.4$ ist, womit sie zu den Galaxien mit den höchsten bekannten Rotverschiebungen zählt (S. Lilly und K. Vy Tran, in Zusammenarbeit mit M. Brodwin, Toronto, und D. Crampton, HIA, Canada).

Metallgehalt von Galaxien mit $0.5 < z < 1.0$

Die Analyse der Spektren von beinahe 100 Galaxien aus den CFRS-Daten mit $0.5 < z < 1.0$, eine „look-back“-Zeit von etwa der Hälfte des Alters des Universums, wurde abgeschlossen. Die Spektren decken etwa 0.5–1.0 μm ab und erlauben die Messung der hellen Emissionslinien von [O II] 3727, [O III] 4959, 5007 und $H\beta$ in diesem Rotverschiebungsbereich. Sie wurden verwendet, um einen Metallgehaltsindikator für das Emissionsliniengebiet in einer wohldefinierten Stichprobe von 65 Galaxien zu ermitteln. Trotz der beträchtlichen „look-back“-Zeit sind die meisten der erhaltenen Metallhäufigkeiten der solaren immer noch sehr nahe. Die durchschnittliche Änderung der Metallhäufigkeit beträgt dabei verglichen mit ähnlichen heutigen Galaxien 20% oder weniger. Dennoch scheinen einige Galaxien bedeutend tiefere Metallgehalte zu haben, was vielleicht auf eine wesentlich frühere Phase ihres Entwicklungswegs hindeutet. Die Farben dieser Galaxien legen nahe, dass sie im Durchschnitt jünger sind, haben einen kürzlich geschehenen „star-burst“ erlebt, oder weniger Rötung aufweisen als der Rest der Stichprobe. Um $H\alpha$ und [N II] 6583 zu beobachten, wird das Spektroskopieprojekt auf den nahen infraroten Bereich ausgeweitet. Dazu werden das VLT und das Keckteleskop verwendet. Diese Linien erlauben die Bestimmung der Rötung und die Beseitigung der Metallgehaltsentartung in R_{23} und werden eine präzisere Messung der Metallhäufigkeit und detailliertere Untersuchungen zu den Gründen für die Streuung der Metallgehaltswerte ermöglichen (S. Lilly und M. Carollo, in Zusammenarbeit mit A. Stockton, Hawaii).

Ultra-leuchtkräftige Infrarotgalaxien (ULIRGs) mit hoher Rotverschiebung

Es wurden weitere Untersuchungen der extrem leuchtkräftigen, stark verdeckten Galaxien mit hoher Rotverschiebung, die in tiefen Durchmusterungen im Sub-mm-Bereich entdeckt wurden, unternommen. Die Suche nach Identifikationen von Sub-mm-Quellen im Bereich optischer und naher infraroten Wellenlängen, hatte nur beschränkten Erfolg – 50% der Stichprobe von 50 Quellen konnten nicht identifiziert werden. Dennoch kann man, ausgehend von den Eigenschaften der identifizierten Galaxien, die in der Regel sehr rot sind (z. B. $(V - K) \sim 8$), bei einer geschätzten $z \sim 2-3$, annehmen, dass es sich bei den restlichen unidentifizierten Quellen um ähnliche Objekte mit nur leicht höherer Rotverschiebung

handeln könnte (S. Lilly, in Zusammenarbeit mit T.M.A. Webb, Toronto/Leiden, und S. Eales, W.K. Gear, Cardiff).

Superschwere Schwarze Löcher

Neue spektroskopische Daten des Hubble Space Telescope (HST) haben gezeigt, dass im nahegelegenen Universum Scheibengalaxien mittleren Typs im Zentrum superschwere Schwarze Löcher beherbergen, die in Bezug auf ihre Masse mit den Schwarzen Löchern vergleichbar sind, die aufgrund der für elliptische Galaxien gültigen Skalierungsgesetze erwartet werden (M. Carollo, in Zusammenarbeit mit A. Marconi, A. Capetti, Arcetri, D.J. Axon, Manchester, J. Binney, Oxford, et al.).

Die Kernregionen nahegelegener Scheibengalaxien

Eine ausführliche optische und nahe infrarote Beobachtungskampagne mit dem HST für naheliegenden Galaxien wurde ebenfalls fertiggestellt. Dieses Projekt entdeckte ausgeprägte Kerngebiete auf einer Skala von ein paar Parsec in den Zentren der meisten Scheibengalaxien. In vielen Galaxien konnte eine deutliche physikalische Verbindung zwischen den stellaren Eigenschaften dieser Kerne und den sie beherbergenden Scheiben festgestellt werden. Die Resultate dieser Kampagne führten zu einer ausgedehnten Nachfolgekampagne mit der neuen Advanced Camera for Surveys (ACS) an Bord des HST, die im Moment läuft (M. Carollo, in Zusammenarbeit mit M. Stiavelli, STScI, und P.T. de Zeeuw, Leiden).

Langfristige Evolutionsmechanismen bei der Bildung von Anschwellungen von Galaxien

Ein neues Projekt wurde begonnen, das die Bildung von Anschwellungen (bulges) anhand von langfristigen Prozessen in der Scheibe, getrieben von einem Stab der Galaxie, untersuchen soll. Ein effizienter Gittercode für N -Körper-Simulationen wurde festgelegt und man liess hochauflösende Simulationen laufen um festzustellen, welche physikalischen Bedingungen für die Scheibe und die dunklen Halos erfüllt sein müssen, damit die Firehouse-Instabilität, welche auf die Stäbe wirkt, zur Zerstörung eines Stabs und zur Entstehung einer Anschwellung führen kann. Eine weitere Studie folgt einem anderen Ansatz. Sie untersucht die interne Struktur von Scheiben, die in kosmologisch-motivierte Halos von dunkler Materie eingebettet sind. Die ersten Schritte zur Erzeugung ruhiger Anfangsbedingungen für solche Simulationen wurden bereits vollzogen (M. Carollo und V. Debattista, in Zusammenarbeit mit L. Mayer and B. Moore, Uni Zurich).

Grossskalige Strukturen im Universum

Ein neuer Algorithmus für Gruppen-Identifikation, zur Verwendung für die N -Körper-Simulation und den grossen Datenbestand 2dFGRS, der die Positionen und Rotverschiebungen von 250 000 Galaxien enthält, wurde entwickelt. Es werden auch Algorithmen zum Studium von Satellitengalaxien rund um helle und isolierte Primärgalaxien entwickelt, um die Existenz von ausgedehnten Halos dunkler Materie einzuschränken (P. Norberg, in Zusammenarbeit mit der internationalen 2dFGRS-Gruppe). Zwei immer noch laufende Projekte zur Untersuchung der Clustereigenschaften einer neuen Gruppe von Lyman-Break-Galaxien (C. Porciani, in Zusammenarbeit mit N. Bouche, J.D. Lowenthal, Univ. of Mass., und M. Giavalisco, STScI), und zur Klärung der Frage, ob Clusterstudien zur Eingrenzung der Natur der dunklen Energie dienlich sind, wurden gestartet (C. Porciani, in Zusammenarbeit mit D. Munshi, Cambridge, und Y. Wang, Univ. of Oklahoma).

Das frühe Universum

Es wurden Anstrengungen unternommen, einen Code zum Verfolgen von Strahlungstransfer in kosmologischen Hydro-Simulationen zu entwickeln. Die ersten Schritte zur Entwicklung eines Quasi-Monte-Carlo-Schemas, das in der Lage ist, die Ausbreitung der Ionisierungsfront zu verfolgen, wurden bereits unternommen (C. Porciani, in Zusammenarbeit mit P. Madau, Santa Cruz). Zum Abschätzen des Beitrags von Röntgenstrahlenemission von stark rotverschobenen Galaxien an den ionisierenden Hintergrund und ihrer Rolle bei der Reionisierung von Wasserstoff und Helium wurden Berechnungen ausgeführt (C.

Porciani, in Zusammenarbeit mit Ostriker, Cambridge). Eine Studie zur Verwendung der Schrödinger-Gleichung bei der Beschreibung der Schwerkraft-Instabilität und Strukturbildung wurde in Gang gesetzt (C. Porciani, in Zusammenarbeit mit S. Matarrese, Padova, und Moyahee, Nice). Ein Projekt zur Einschränkung der Sternbildungsrate im Universum durch Verwendung von Gravitationslinsen, die auf Gammastrahlungs-Bursts wirken, wird entwickelt (C. Porciani, in Zusammenarbeit mit E. Ramirez-Ruiz, Cambridge).

Galaxien in fernen, reichen Galaxienhaufen

Analysen der Eigenschaften von Galaxien in fernen, reichen Galaxienhaufen mit einer mittleren Rotverschiebung von $0.3 < z < 0.8$, die auf Beobachtungen des Hubble-Weltraumteleskops und des Keckteleskops beruhen, werden zur Publikation vorbereitet. Die gegenwärtige Arbeit konzentriert sich auf die sich entwickelnde Population von Post-Starburst-Galaxien in diesen Haufen (K.-V. Tran, in Zusammenarbeit mit M. Franx, Leiden, und G.D. Illingworth, Lick Observatory).

Extragalaktische Wolf-Rayet Sterne

Die Auswertung unserer VLT-Beobachtungen von Wolf-Rayet-Sternen in der Spiralgalaxie NGC 300 ist beendet worden. Es wurden 69 neue Wolf-Rayet-Sterne gefunden, und die galaktische Verteilung dieser massereichen Sterne konnte studiert werden. Neue VLT-Beobachtungen der metallreichen Galaxie M83 haben tausende von weiteren Wolf-Rayet-Sternen zu Tage gefördert. M83 ist die – bis jetzt – an Wolf-Rayet-Sternen reichste Galaxie (H. Schild, in Zusammenarbeit mit W. Schmutz, PMOD und P. Crowther, University College London).

Spektropolarimetrie von Aktiven Galaxienkernen

Eine spektropolarimetrische Untersuchung der hellen Seyfert 1-Galaxie ESO 323-G077 wurde abgeschlossen. Basierend auf früheren spektropolarimetrischen Messungen mit dem VLT entdeckten wir bei diesem Objekt eine hohe lineare Polarisation, die kontinuierlich von 2% bei 8000 Å bis auf über 7% bei 3600 Å ansteigt. Die breiten Emissionslinien zeigen einen ähnlichen Polarisationsgrad, während die schmalen Emissionslinien unpolarisiert sind. Der Positionswinkel der Polarisation liegt bei 84° und ist konstant übers ganze Spektrum. Interessanterweise liegt dieser Winkel senkrecht zur Orientierung einer ausgedehnten [O III]-Emissionslinien-Region in dieser Galaxie. Im Rahmen des Standardmodells für Kerne von Seyfert-Galaxien können diese Eigenschaften erklärt werden, unter der Annahme, dass die Sichtlinie nahe am postulierten zirkumnuklearen Staub-Torus vorbeiführt. Dabei wird direktes, d. h. unpolarisiertes, Licht vom Kern absorbiert und durch Lichtstreuung an Staubteilchen inner- und oberhalb dem Torus eine hohe Polarisation erzeugt. Der erwartete Streuwinkel ist in diesem Modell senkrecht zur Torusachse, oder senkrecht zur Richtung in die die Strahlung aus dem Kern hauptsächlich entweichen kann. Diese Entweichrichtung wird in ESO 323-G077 durch die [O III]-Emission deutlich angezeigt. Damit unterstützen diese Beobachtungen stark das Standardmodell und klären insbesondere den Zusammenhang zwischen der Geometrie des erzeugten Strahlungsfeldes und der Streupolarisation.

Im August konnten wir weitere spektropolarimetrische Beobachtungen von Aktiven Galaxien mit dem VLT durchführen. Diesmal beobachteten wir Quasi-Stellare Objekte mit breiten Absorptionslinien, die durch sehr schnell ausströmendes Gas erzeugt werden. Bei diesen Objekten findet man oft eine hohe Streupolarisation in den Absorptionslinien, weil dort das direkte (unpolarisierte) Licht des Kerns absorbiert wird, nicht aber das gestreute (polarisierte) Licht aus der umgebenden Streuregion. Mit unseren VLT-Beobachtungen, die auch diesmal optimal verliefen, wollen wir nun die Eigenschaften der absorbierenden Gasströmungen sowie der Streuregion untersuchen (U. Burch und H.M. Schmid, in Zusammenarbeit mit I. Appenzeller, Heidelberg).

Das Zwicky-Prize-Fellowship-Programm

Dieses Jahr wurden die ersten beiden Zwicky Prize Fellowships in Astrophysik von der ETH vergeben. Diese prestigeträchtigen Auszeichnungen werden an junge promovierte heraus-

ragende Forscher verliehen, um ihnen damit unabhängige Forschung in Astrophysik an der ETH zu ermöglichen. Die beiden ersten Auszeichnungen gingen an Dr. Cristiano Porciani (Cambridge University) und Dr. Peder Norberg (Durham University).

Norbergs Forschungen beruht auf der Analyse der 250 000 Galaxien in der 2dF Galaxy Redshift Survey, eine der beiden Hauptstudien zur Rotverschiebung bei Galaxien, die zur Zeit durchgeführt werden. Er interessiert sich insbesondere für die Analyse von grossskaligen Strukturen im Universum, die sowohl im reellen Raum als auch im Fourier-Raum analysiert werden.

Porcians Forschung ist theoretisch und umfasst eine Reihe von Themen im Zusammenhang mit der Bildung von Galaxien und grossskaligen Strukturen im frühen Universum und die damit verbundene Reionisierung des Universums.

3.4 Astronomische Instrumentierung

James Webb Space Telescope

Während des letzten Jahres wurde S. Lilly als Interdisciplinary Scientist am NASA James Webb Space Telescope (JWST), dem Nachfolger des Hubble-Weltraumteleskops, ausgewählt. JWST soll 2010 gestartet werden. Die sechs interdisziplinären Wissenschaftler werden die endgültige Ausgestaltung im Hinblick auf die wissenschaftliche Nutzung des JWST leiten und werden nach dem Start unter den ersten Benutzern der Anlage sein. S. Lilly ist zudem ein Mitglied des Instrument Definition Team für das NIRCAM-Instrument für das JWST (PI: M.J. Rieke, University of Arizona).

MUSE-Konsortium

S. Lilly und M. Carollo sind Mitglieder des MUSE-Konsortiums (PI: R. Bacon, CNRS Lyon), das dieses Jahr ausgewählt wurde, eine Phase-A-Studie zu einem ehrgeizigen Konzept für ein „integral field spectrograph“ der zweiten Generation für das VLT durchzuführen. Das Instrument soll bei der Durchführung hochempfindlicher Suchen nach Emissionslinien von sehr lichtschwachen Galaxien mit hoher Rotverschiebung und ebenso zum Studium der Dynamik naheliegender Galaxien eingesetzt werden. Der Beitrag der ETH zu der Phase-A-Studie wird im Bereich der Systementwicklung sowie in der Definition der wissenschaftlichen Zielsetzung für das Instrument bestehen.

Instrumentierung für optische Polarimetrie

ZIMPOL-II

Zwei der drei ZIMPOL-II-Systeme werden intensiv für wissenschaftliche Messungen am IRSOL, Kitt Peak und Sac Peak genutzt. Während der Beobachtungen wird normalerweise keine technische Unterstützung benötigt, ausser bei seltenen Hard- und Software-Problemen. Zwischen den Beobachtungsrunden ist ein geringer Aufwand für Wartungsarbeiten und Software-Verbesserungen bzw. Ergänzungen nötig (H.P. Povel).

Nicht-solare ZIMPOL-Version

Um die technischen Parameter eines auf dem ZIMPOL-Prinzip beruhenden, für Nachtbeobachtungen geeigneten Polarimeters zu definieren, wurde eine ZIMPOL-II-CCD-Kamera mit den folgenden Modifikationen gebaut: tiefere Betriebstemperatur, grössere digitale Auflösung, langsamere vertikale Transfervgeschwindigkeit, niedrigere Auslesefrequenz. Diese Modifikationen sind durch das ursprüngliche ZIMPOL-II-Konzept begrenzt und deshalb nicht optimal an die Erfordernisse der neuen Anwendung anpassbar. Das Datenerfassungssystem und die Systemsoftware blieben weitgehend unverändert. Das modifizierte System wird gegenwärtig an der Semper-Sternwarte in Zürich und am McMath-Pierce facility auf dem Kitt Peak getestet.

Basierend auf unseren Erfahrungen mit ZIMPOL-II und dessen modifizierter Version haben wir mit dem Entwurf eines neuen Polarimeters begonnen. Während dieser Phase haben wir realisiert, dass der neue Entwurf sowohl die Anforderungen der solaren als auch der nicht-

solaren Anwendungen abdecken kann, ohne dass der Aufwand für den Entwurf wesentlich grösser würde. Dieses Konzept ist wichtig, wenn ZIMPOL-II noch über mehrere Jahre eingesetzt werden soll und das Risiko von Ausfällen zunimmt, während gewisse Ersatzteile nicht mehr verfügbar sind. Zusätzlich wird die zukünftige Anpassung der Software an neue Umgebungen und Anforderungen schwieriger. Ausserdem ist es bereits nicht mehr möglich ein ZIMPOL-II-System nachzubauen, da einige Schlüsselkomponenten nicht mehr verfügbar sind. Das neuen Konzept ermöglicht es uns einerseits, unser ursprüngliches Ziel, die Entwicklung einer nicht-solaren ZIMPOL-Version, zu verfolgen, andererseits sichert es die zuverlässige Weiterführung der solaren Präzisionspolarimetrie in den nächsten Jahren mit verbesserten und falls erforderlich zusätzlichen Instrumenten.

Ein Prototyp der Elektronik einer neuen demodulierenden CCD-Kamera wurde aufgebaut und wird gegenwärtig getestet. Die wichtigsten Änderungen im Vergleich zur vorherigen Kamera umfassen: embedded Micro-Controller (DIL/Net-PC mit 100 MHz-StrongArm-Prozessor), Ethernet-Anbindung, monolithisches 16-Bit-Analog-Frontend. Die Bilddaten und die Steuerinformationen von und zu den einzelnen Hardware-Modulen werden über ein Ethernet-Netzwerk übermittelt. Damit kommt ein weitverbreiteter Standard zur Anwendung, im Gegensatz zu den Eigenentwicklungen, die bei ZIMPOL-II eingesetzt wurden (H.P. Povel).

Polarisationsmodulatoren

Um das Problem von Ladungsfallen bei der Demodulation zu vermindern, benutzen wir gegenwärtig schaltbare ferro-elektrische Kristalle (FLC) als Polarisationsmodulatoren, die bei 1 kHz betrieben werden. Diese Komponenten haben einige Nachteile: (1) sie sind jeweils nur für eine bestimmte Wellenlänge geeignet, (2) der Schaltwinkel hängt von der Temperatur ab, und (3) sie haben eine unzureichende optische Qualität. Das heisst, dass ein FLC nur in einem eng begrenzten Wellenlängenbereich betrieben werden kann, und dass seine Betriebstemperatur auf wenige zehntel Grad stabilisiert werden muss.

Wegen dieser Nachteile evaluieren wir Pockels-Zellen als Alternative. Diese haben gegenüber FLCs einige Vorteile: abstimmbare über einen breiten Wellenlängenbereich, gute optische Qualität, schnelle Rechteck-Modulation, Kompensation von Temperatur-Drifts durch Änderung der Treiberspannung. Die Treiberspannung und damit die optische Verzögerung muss im zeitlichen Mittel Null sein. Um alle vier Stokes-Parameter gleichzeitig bestimmen zu können, werden zwei Pockels-Zellen benötigt. Mit einem speziellen Modulations-Schema, das von D. Elmore (Boulder) vorgeschlagen wurde, ist ein gleichspannungsfreier Betrieb beider Zellen möglich (H.P. Povel, D. Gisler, A. Gandorfer).

Achromatischer FLC-Modulator

Für viele Polarisationsmessungen in der Nachtastronomie ist ein achromatischer Polarisationsmodulator unumgänglich. Bis heute ist kein schnell schaltbarer achromatischer Polarisationsmodulator, wie er für ZIMPOL-II benötigt wird, bekannt. Im Labor wurde darum ein Versuch unternommen, einen achromatischen Modulator aus drei identischen nicht-achromatischen ferroelektrischen Flüssigkristall-Modulatoren (FLC) zu bauen. Es wurde das Design von Pancharatnam verwendet, das oft zum Bau von fixen achromatischen Verzögerungspalten gebraucht wird. Die Funktionsweise dieses Konzepts konnte im Labor erfolgreich nachgewiesen und das Verhalten des achromatischen FLC-Modulators durch Modelle erklärt werden (A. Feller, D. Gisler, A. Gandorfer).

Vektorpolarimetrie von Planeten

Im Rahmen unserer Sonnenbeobachtungen mit ZIMPOL auf Kitt Peak im März 2002 wurden zusätzlich einer Reihe von Testbeobachtungen in der Nacht gemacht. Ziel dieser Versuche war erweiterte Erfahrungen und Anwendungsmöglichkeiten von ZIMPOL-II in der Nachtastronomie zu finden. Mit grosser Genauigkeit konnte eine Reihe von Polarisationsbildern der Planeten Jupiter und Saturn aufgenommen werden.

Es wurden die lineare Polarisierung in den Wellenlängenbereichen 450, 550, 600 und 730 nm gemessen. Die Polarisierung auf der Planetenscheibe ist sehr klein, da der Streuwinkel wie bei allen äusseren Planeten nahe bei 180° ist. Beide Planeten zeigen an den Polen eine starke Zunahme der Polarisierung. Diese kann durch Mehrfachstreuung in der Planetenatmosphäre erklärt werden (D. Gisler, H.M. Schmid).

Das ESO Planet Finder Projekt

Im November 2001 machte die Europäische Südsternwarte (ESO) eine Ausschreibung für neue Beobachtungsinstrumente für das Very Large Telescope (VLT). Daraufhin haben wir uns einem internationalen Konsortium unter der Führung des Max-Planck-Instituts für Astronomie (MPIA) angeschlossen mit dem Ziel, ein Beobachtungsinstrument zur direkten Detektion von extra-solaren Planeten zu bauen. Damit sollen Photonen detektiert werden die direkt von der Oberfläche eines Planeten – entweder durch Emission oder Streuung – stammen.

Dieses sogenannte Planet Finder Instrument beinhaltet eine sehr effiziente adaptive Optik, basierend auf deformierbaren Spiegeln, zur Korrektur der Phasenfehler in der Wellenfront, d. h. der starken Verschmierung des Bildes, die durch die Turbulenz in der Erdatmosphäre hervorgerufen werden. Damit kann mit bodengebundenen Beobachtungen die nominelle räumliche Auflösung eines 8-m-Teleskops ($0.03''$ bei $1 \mu\text{m}$) für 80 % der Lichtintensität erreicht werden. Das korrigierte Bild soll dann in zwei Instrumenten analysiert werden. Beide Instrumente erlauben eine extreme Kontrastverstärkung durch eine differentielle Messung, um das schwache Signal eines Planeten im übrigbleibenden Lichthalo des Sterns zu detektieren. Dazu muss man nach Lichteigenschaften suchen in denen sich Planet und zentraler Stern unterscheiden. Für Wellenlängen oberhalb $1 \mu\text{m}$ soll nach Molekülbändern von Methan und anderen Verbindungen gesucht werden, die in den Planeten im Sonnensystem sehr stark sind. Unterhalb von $1 \mu\text{m}$ soll mit dem Zürich Imaging Polarimeter (ZIMPOL) nach der Polarisierung des reflektierten Lichts vom Planeten gesucht werden. Es ist bekannt, dass reflektiertes Licht von Jupiter, Saturn, Titan usw. durch Rayleigh Streuung polarisiert wird. ZIMPOL ist ein ideales Detektorsystem um nach schwachen Polarisationsignalen eines Planeten im Lichthalo von Sternen zu suchen.

Das MPIA-Konsortium besteht aus Mitarbeitern aus 12 Instituten aus Deutschland, Italien, der Schweiz, Holland und Portugal. Wir sind für die Studien (und eventuell später die Planung bzw. den Bau) des polarimetrischen Instruments zuständig. Die ESO unterstützt unser und ein konkurrierendes Konsortium finanziell bei der Durchführung von je einer Phase A Studie, die bis Ende 2004 abgeschlossen werden (H.M. Schmid, A. Gandorfer, D. Gisler, H.P. Povel, J.O. Stenflo, in Zusammenarbeit mit dem MPIA Planet Finder Konsortium).

Beobachtungen mit dem Radiospektrometer Phoenix-2

Das Radiospektrometer Phoenix-2 beobachtet seit dem Start des RHESSI-Satelliten im Februar 2002 ein Übersichtsspektrum von 100 MHz bis 4 GHz. Es werden sowohl totaler Fluss und Stokes V registriert mit einer Zeitauflösung von 0.1 Sekunden. Der Beobachtungsbetrieb verläuft ohne grössere Unterbrechungen. Die Leitsoftware auf dem Institutsrechner überwacht inzwischen periodisch Phoenix-2 während 24 h am Tag. Bei Parametern, welche vom Sollwert abweichen, wird automatisch eine SMS an den Stationsleiter abgesetzt. Das Pointing der Antenne wurde verbessert durch Ersatz der alten Perlonverspannungen durch Stahlseile, und der Einfluss von Feuchtigkeit und Regen auf die Messresultate konnte vermindert werden (Ch. Monstein, M. Arnold, F. Aebersold).

HESSI Experimental Data Center (HEDC)

Das Datenzentrum für Satellitendaten von RHESSI wurde zusammen mit zwei Instituten für Informatik an der ETH Zürich aufgebaut und nach dem Start am Institut für Astronomie in Betrieb genommen. Die Daten werden täglich von der Bodenstation in Berkeley per Internet übermittelt, automatisch nach Flares untersucht und archiviert. Dabei werden auch Bilder, Zeitprofile und Spektrogramme erzeugt, welche einen ersten Eindruck über

die Ereignisse geben. Diese „Quicklooks“ sind sehr hilfreich zur Auswahl von geeigneten Ereignissen für Analysen. Das Datenzentrum ist übers Internet international zugänglich auf der Adresse <http://www.hedc.ethz.ch> (P. Saint-Hilaire, A.O. Benz und M. Arnold, in Zusammenarbeit mit dem Departement für Informatik der ETH Zürich).

Hauptoptik und Mixer assemblies für HIFI auf dem Herschel-Satelliten

Der Herschel-Satellit, der vierte ESA Cornerstone, wird 2007 in den sonnabgewendeten Lagrange-Punkt der Erde gebracht, um Submillimeter und fernes Infrarot mit grosser Empfindlichkeit zu messen. Das HIFI-Instrument auf Herschel wird nach dem Heterodyne-Verfahren betrieben, das eine spektrale Auflösung von 10^{-8} erlaubt. Die vom Herschel-Teleskop aufgefangene Strahlung wird zunächst gefiltert, optisch auf die verschiedenen Kanäle fokussiert, in die Polarisationskomponenten zerlegt und erst dann auf Mikrowellenfrequenz hinunter gemischt und verstärkt. Das Institut für Astronomie leistet einen Beitrag im optischen Teil und ist für die Fabrikation der Hauptoptik und Mixer assemblies verantwortlich, die in der Industrie produziert werden. Das Qualifikationsmodell der Hauptoptik wird in den nächsten Tagen fertiggestellt, und die Flugmodelle von Hauptoptik und Mixer assemblies (Phase C/D) sollen demnächst in Auftrag gegeben werden (A.O. Benz, Ch. Monstein, M. Arnold, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Feldtheorie und Höchstfrequenz und SRON, Groningen).

Multikanal-Spektrometer ARGOS

Das Multikanal-Radiospektrometer ARGOS wurde fertiggestellt und ist seit April 2002 in Betrieb. Der Kerngedanke von ARGOS ist, hohe spektrale Auflösung durch Fast-Fourier-Transformation des zeitlichen Signalverlaufs simultan auf allen Frequenzen zu erhalten. Das Signal wird auf der Zwischenfrequenz mit 2 Nanosekundenrate abgetastet und digital Fourier-transformiert. Der eingesetzte A/D-Wandler erlaubt eine gesamte Bandbreite von 250 MHz. Das Besondere an ARGOS ist sein Aufbau aus kommerziellen Produkten, die mittels einer hausgemachten Software betrieben werden. Die Acqiris-Digitizer-Karte wird in den PC eingeschoben und mit LabView6i gesteuert. Die FFT wird auf dem PC durch das LabView-fft durchgeführt. Erst der Einsatz im Beobachtungsbetrieb in Bleien hat gezeigt, dass die FFT wesentlich länger braucht als erwartet, da der Rechner überlastet ist. Während der Rechenzeit können keine Daten gesammelt werden, so dass die geplante Empfindlichkeit nicht erreicht wird. Trotzdem kann ARGOS für Sonnenbeobachtungen zwischen 1290 und 1570 MHz eingesetzt werden und war für einige Tage auf dem Gornegrat (KOSMA), um Moleküllinien in Millimeterwellen zu messen. Diese Testmessungen zeigten, dass ARGOS weit stabiler ist als die dortigen akusto-optischen Spektrometer. Das Problem der kontinuierlichen FFT-Analyse kann nur mit einer zusätzlichen Hardware-Entwicklung gelöst werden. Mit der Firma Acqiris (Genf) ist ein Projekt in Planung, dies mittels programmierbarer Chips (FPGAs) zu realisieren (Ch. Monstein, M. Arnold, F. Aebersold).

4 Veröffentlichungen

Erschienen:

- Arzner, K.: A percolation model of collisionless runaway in two-dimensional magnetic turbulence. *J. Phys. A, Math. and General* **35** (2002), 3145–3161
- Arzner, K., Scholer, M., Treumann, R.: Percolation of charged particle orbits in two-dimensional irregular magnetic fields and its effect in the magnetospheric tail. *J. Geophys. Res.* **107** (2002), 10029–10043
- Audard, M.: Extreme ultraviolet and X-ray studies of flare heating and elemental composition of stellar coronae. PhD thesis, ETH No. 14586 (2002)
- Audard, M., Güdel, M.: Chandra and XMM-Newton X-ray spectroscopy of stars at high levels of coronal activity. In: Branduardi-Raymont, G. (ed.): High resolution X-ray spectroscopy with XMM-Newton and Chandra. (2002), http://www.mssl.ucl.ac.uk/~gbr/rgs_workshop/papers

- Audard, M., Güdel, M., Sres, A., Mewe, R., Raassen, A.J.J., Behar, E., Foley, C.R., van der Meer, R.L.J.: A study of the coronal plasma in RS CVn binary systems: HR 1099 and co. In: Favata, F., Drake, J.J. (eds.): *Stellar Coronae in the Chandra and XMM-Newton Era*. Astron. Soc. Pac. Conf. Ser. **277** (2002), 65
- Benz, A.O.: *Plasma Astrophysics – Kinetic Processes in Solar and Stellar Coronae*. Second Edition, Kluwer, 301 pages
- Benz, A.O.: Das Plasma-Universum. Orion **308** (2002), 4–6
- Benz, A.O., Krucker, S.: Energy Distribution of Microevents in the Quiet Solar Corona. *Astrophys. J.* **568** (2002), 413–421
- Benz, A.O., Saint-Hilaire, P., Vilmer, N.: Location of narrowband spikes in solar flares. *Astron. Astrophys.* **383** (2002), 678–684
- Berdyugina S.V.: Sunspot and starspot interiors as seen from molecular lines. *Astron. Nachr.* **323** (2002), 192–195
- Berdyugina S.V., Livingston W.C.: Detection of the mercapto radical SH in the solar atmosphere. *Astron. Astrophys.* **387** (2002), L6–L9
- Berdyugina S.V., Solanki S.K.: The molecular Zeeman effect and diagnostics of solar and stellar magnetic fields. I. Theoretical spectral patterns in the Zeeman regime. *Astron. Astrophys.* **385** (2002), 701–715
- Berdyugina S.V., Usoskin I.G.: Persistent active longitudes on the Sun. In: Strassmeier, K.G., Washuettl, A. (eds.): *The 1st Potsdam Thinkshop, Sunspots and Starspots*. (2002), 31–32
- Berdyugina S.V., Pelt J., Tuominen I.: Magnetic activity in the young solar analog LQ Hya. I. Active longitudes and cycles. *Astron. Astrophys.* **394** (2002), 505–515
- Berdyugina, S.V., Stenflo, J.O., Gandorfer, A.: Molecular line scattering and magnetic field effects: Resolution of an enigma. *Astron. Astrophys.* **388** (2002), 1062–1078
- Brodwin, M., Lilly, S.J., McCracken, H.J., Foucaud, S., Le Fèvre, O., Crampton, D.: The Canada-France Deep Fields Photometric Redshift Survey. *Am. Astron. Soc.* (2002), Abstract no. 20110501
- Cappellari, M., Verolme, E.K., van der Marel, R.P., Kleijn, G.A., Illingworth, G.D., Franx, M., Carollo, C.M., de Zeeuw, P.T.: The Counterrotating Core and the Black Hole Mass of IC 1459. *Astrophys. J.* **578** (2002), 787
- Carollo, C.M., Lilly, S.J., Stockton, A.: The Metallicity of $0.5 < z < 1$ Field Galaxies. In: Fusco-Femiano, R., Matteucci, F. (eds.): *Chemical Enrichment of Intracluster and Intergalactic Medium*. Astron. Soc. Pac. Conf. Ser. **253** (2002), 167
- Carollo, C.M., Stiavelli, M., Seigar, M., de Zeeuw, P.T., Dejonghe, H.: Spiral Galaxies with HST/NICMOS. I. Nuclear Morphologies, Color Maps, and Distinct Nuclei. *Astron. J.* **123** (2002), 159
- Crampton, D., Schade, D., Hammer, F., Matzkin, A., Lilly, S.J., Le Fèvre, O.: The Gravitational Lens CFRS 03.1077. *Astrophys. J.* **570** (2002), 86–91
- Folini, D., Walder, R.: Theoretical predictions for the cold part of the colliding wind interaction zone. In: Moffat, A.F.J., St-Louis, N. (eds.): *Interacting Winds from Massive Stars*. Astron. Soc. Pac. Conf. Ser. **260** (2002), 605–614
- Gandorfer, A.: *The Second Solar Spectrum: A high spectral resolution polarimetric survey of scattering polarization at the solar limb in graphical representation: Vol. II: 3910–4630 Å*. VdF Zürich, 2002. ISBN 3-7281-2844-4
- Gandorfer, A.: Observations of Weak Polarization Signals from the Sun. In: Schielicke, R.E. (ed.): *JENAM 2001: Astronomy with Large Telescopes from Ground and Space*. *Rev. Mod. Astron.* **15** (2002), 113–131

- Gisler, D., Schmid, H.M.: Imaging Polarimetry of Jupiter and Saturn with ZIMPOL. *NOAO Newsletter* **71** (2002)
- Güdel, M.: X-rays from stars (Review). *Phil. Transactions A* **360** (2002), 1935–1949
- Güdel, M.: Stellar Radio Astronomy. Probing stellar atmospheres from protostars to giants (Review). *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* **40** (2002), 217–261
- Güdel, M.: Radio evidence for high-energy processes in stellar atmospheres. Habilitation thesis, ETH Zürich (2002)
- Güdel, M.: Coronae of cool stars – Review. In: Branduardi-Raymont, G. (ed.): High resolution X-ray spectroscopy with XMM-Newton and Chandra. (2002), http://www.mssl.ucl.ac.uk/~gbr/rgs_workshop/papers
- Güdel, M.: Multiwavelength aspects of stellar coronae - Review. In: Favata, F., Drake, J.J. (eds.): *Stellar Coronae in the Chandra and XMM-Newton Era*. *Astron. Soc. Pac. Conf. Ser.* **277** (2002), 367
- Güdel, M., Audard, M., Kashyap, V.L., Drake, J.J., Guinan, E.F.: Flares and coronal heating in active stars – A statistical investigation. In: Favata, F., Drake, J.J. (eds.): *Stellar Coronae in the Chandra and XMM-Newton Era*. *Astron. Soc. Pac. Conf. Ser.* **277** (2002), 491
- Güdel, M., Audard, M., Skinner, S.L., Horvath, M.I.: X-ray evidence for flare density variations and continual chromospheric evaporation in Proxima Centauri. *Astrophys. J.* **580** (2002), L73–76
- Güdel, M., Audard, M., Smith, K.W., Behar, E., Beasley, A.J., Mewe, R.: Detection of the Neupert effect in the corona of an RS CVn binary system by XMM-Newton and the VLA. *Astrophys. J.* **577** (2002), 371–376
- Güdel, M., Audard, M., Sres, A., Wehrli, R., Behar, E., Mewe, R., Raassen, A.J.J., Magee, H.R.M.: XMM-Newton probes the solar past: Observations of solar analogs at different ages. In: Favata, F., Drake, J.J. (eds.): *Stellar Coronae in the Chandra and XMM-Newton Era*. *Astron. Soc. Pac. Conf. Ser.* **277** (2002), 497
- Guinan, E.F., Ribas, I., Harper, G.M., Güdel, M.: The evolution of the EUV Sun through time: Coronal emission of the young Sun and its consequences on early planetary atmospheres and life. *Bull. Am. Astron. Soc.* **3420** (2002), 200.5201
- Haberreiter, M., Hubeny, I., Rozanov, E., Rüedi, I., Schmutz, W., Wenzler, T.: Towards a spherical code for the evaluation of solar UV-bands that influence the chemical composition in the stratosphere. In: Wilson, A. (ed.): *SOHO-11: From Solar Minimum to Solar Maximum*. *ESA SP-508* (2002), 209–212
- Kashyap, V.L., Drake, J.J., Güdel, M., Audard, M.: Flare heating in stellar coronae. *Astrophys. J.* **580** (2002), 1118–1132
- Kashyap, V.L., Drake, J.J., Güdel, M., Audard, M.: Flares heating of stellar coronae. In: Favata, F., Drake, J.J. (eds.): *Stellar Coronae in the Chandra and XMM-Newton Era*. *Astron. Soc. Pac. Conf. Ser.* **277** (2002), 503
- Kaufer, A., Schmid, H.M., Schweickhardt, J., Tubbesing, S.: FEROS Campaigns on HD 5980 and R 81: First Results. In: Moffat, A.F.J., St-Louis, N. (eds.): *Interacting Winds from Massive Stars*. *Astron. Soc. Pac. Conf. Ser.* **260** (2002), 489–495
- Khan, J.I., Vilmer, N., Saint-Hilaire, P., Benz, A.O.: The solar coronal origin of a slowly drifting decimetric-metric pulsation structure. *Astrophys. J.* **388** (2002), 363–372
- Knaack, R., Stenflo, J.O.: Harmonic analysis of solar magnetic fields. In: Sawaya-Lacoste, H. (ed.): *Magnetic Coupling of the Solar Atmosphere*. *ESA SP-505* (2002)
- Korhonen H., Berdyugina S.V., Tuominen I.: Spots on FK Comae. In: Strassmeier, K.G., Washuettl, A. (eds.): *The 1st Potsdam Thinkshop, Sunspots and Starspots*. (2002), 65–66

- Korhonen H., Berdyugina S.V., Tuominen I., et al.: Study of FK Comae Berenices. IV. Active longitudes and the flip-flop phenomenon. *Astron. Astrophys.* **390** (2002), 179–185
- Makhmutov, V.S., Kaufmann, P., Costa, J.E.R., Lagrotta, P.R., Magun, A., Arzner, K., Bazilevskaya, G.A., Shea, M.A.: Great Solar Bursts of October 19, 22 and 23, 1989. *Adv. Space Res.* **29** (2002), 2101–2104.
- Mathew, S.K., Solanki, S.K., Lagg, A., Collados, M., Berdyugina, S.V., Frutiger, C., Krupp, N., Woch, J.: Thermal magnetic relation of a sunspot from the inversion of IR spectral data. In: Strassmeier, K.G., Washuettl, A. (eds.): *The 1st Potsdam Thinkshop, Sunspots and Starspots.* (2002), 117–118
- Messmer, P.: Temperature isotropization in solar flare plasmas due to the electron firehose instability. *Astron. Astrophys.* **382** (2002), 301–311
- Messmer, P.: *Observations and Simulations of Particle Acceleration in Solar Flares.* Shaker Verlag, ISBN 3-8265-9671-4 (2002), 135 pages
- Monstein, C., Messmer, P.: Radio-Observatorium der ETH mit WAP-Technologie. *Orion* **308** (2002), 17–18
- Nussbaumer, H.: Symbiotic stars. In: *McGraw-Hill Encyclopedia of Sci. Technol.* **18** (2002), 80
- Nussbaumer, H.: Das Schöpferische in der Entwicklung des Universums. In: Egner, H. (Hrsg.): *Das Schöpferische.* (2002), Walter Verlag
- Paesold, G.: *Energetic Particles and Plasma Instabilities in Solar Flares.* PhD thesis, ETH No. 14809 (2002), 146 pages . Paesold, G.: *IDLWhamp: A GUI to WHAMP.* E-Collection ETH **67** (2002)
- Raassen, A.J.J., Audard, M., Mewe, R., Güdel, M., van der Meer, R.L.J., Behar, E.: Emission measure modeling and abundance determination of Procyon by means of a variety of instruments onboard Chandra and XMM-Newton. In: Favata, F., Drake, J.J. (eds.): *Stellar Coronae in the Chandra and XMM-Newton Era.* *Astron. Soc. Pac. Conf. Ser.* **277** (2002), 573
- Raassen, A.J.J., Mewe, R., Audard, M., Güdel, M., Behar, E., Kaastra, J.S., van der Meer, R.L.J., Foley, C.R., Ness, J.-U.: High-resolution X-ray spectroscopy of Procyon with Chandra and XMM-Newton. *Astron. Astrophys.* **389** (2002), 228–238
- Raassen, A.J.J., Mewe, T., Cassinelli, J.P., van der Hucht, K.A., Miller, N.A., Güdel, M.: The X-ray spectrum of τ Sco. In: Branduardi-Raymont, G. (ed.): *High resolution X-ray spectroscopy with XMM-Newton and Chandra.* (2002), http://www.mssl.ucl.ac.uk/~gbr/rgs_workshop/papers
- Schmid, H.M., Schild, H.: Orbital motion in symbiotic Mira systems. *Astron. Astrophys.* **395** (2002), 117–127
- Schmid, H.M., Appenzeller, I., Stenflo, J.O., Kaufer, A.: Imaging Polarimetry and Spectropolarimetry of Bright Objects. In: Bergeron, J., Monnet, G. (eds.): *Scientific Drivers for ESO Future VLT/VLTI Instrumentation.* *ESO Astrophys. Symp.* (2002), 231–237
- Seigar, M., Carollo, C.M., Stiavelli, M., de Zeeuw, P.T., Dejonghe, H.: Spiral Galaxies with HST/NICMOS. II. Isophotal Fits and Nuclear Cusp Slopes. *Astron. J.* **123** (2002), 184
- Sion, E.M., Mikolajewska, J., Bambeck, D., Dumm, T.: An IUE and HST Archival Study of the Hot White Dwarf in the Symbiotic Variable RW Hydrae. *Astron. J.* **123** (2002), 983–987
- Skinner, S.L., Zhekov, S.A., Güdel, M., Schmutz, W.: XMM-Newton and VLA observations of the variable Wolf-Rayet star EZ CMa: Evidence for a Close Companion? *Astrophys. J.* **579** (2002), 764–773

- Skinner, S.L., Zhekov, S.A., Güdel, M., Schmutz, W.: XMM-Newton detection of hard X-ray emission in the nitrogen-type Wolf-Rayet star WR 110. *Astrophys. J.* **572** (2002), 477–486
- Stelzer, B., Burwitz, V., Audard, M., Güdel, M., Ness, J.-U., Grosso, N., Neuhäuser, R., Schmitt, J.H.M.M., Predehl, P., Aschenbach, B.: Simultaneous X-ray spectroscopy of YY Gem with Chandra and XMM-Newton. *Astron. Astrophys.* **392** (2002), 585–598
- Stelzer, B., Burwitz, V., Neuhäuser, R., Audard, M., Schmitt, J.H.M.M.: The joint XMM-Newton and Chandra view of YY Gem. In: Favata, F., Drake, J.J. (eds.): *Stellar Coronae in the Chandra and XMM-Newton Era*. *Astron. Soc. Pac. Conf. Ser.* **277** (2002), 215
- Stenflo, J.O.: Ursprung und Evolution des Universums. In: Walde, P., Luisi, P.L. (Hrsg.): *Vom Ursprung des Universums zur Evolution des Geistes*. Hochschulverlag AG (VdF), ETH Zürich (2002), 27–38
- Stenflo, J.O.: Polarized Radiation Diagnostics of Solar Magnetic Fields. In: Trujillo-Bueno, J., Moreno-Insertis, F., Sánchez, F. (eds.): *Astrophysical Spectropolarimetry*. Proc. XII Canary Islands Winter School of Astrophys., 13–24 November 2000. Cambridge Univ. Press (2002), 55–100
- Stenflo, J.O., Holzreuter, R.: Empirical view of magnetoconvection. In: Sawaya-Lacoste, H. (ed.): *Magnetic Coupling of the Solar Atmosphere*. ESA Publ. **SP-505** (2002)
- Stenflo, J.O., Gandorfer, A., Holzreuter, R., Gisler, D., Keller, C.U., Bianda, M.: Spatial mapping of the Hanle and Zeeman effects on the Sun. *Astron. Astrophys.* **389** (2002), 314–324
- Stenflo, J.O., Gandorfer, A., Keller, C.U.: Imaging polarimetry in the ultraviolet. *NOAO Newsletter* **71** (2002), 6–7
- Tubbesing, S., Kaufer, A., Stahl, O., Wolf, B., Schmid, H. M., Korn, A. J., Maintz, M., Rivinius, T., Szeifert, T., Arentoft, T., Sterken, C.: The eclipsing hypergiant R 81 (B2.5Ia-O) in the Large Magellanic Cloud. System properties from spectroscopic and photometric monitoring. *Astron. Astrophys.* **389** (2002), 931–944
- Tuominen I., Berdyugina S.V., Korpi M.: Starspot cycles from Doppler imaging and photometric time series as nonlinear dynamo. *Astron. Nachr.* **323** (2002), 367–370
- Walder, R., Folini, D.: Theoretical consideration of colliding clumped winds. In: Moffat, A.F.J., St-Louis, N. (eds.): *Interacting Winds from Massive Stars*. *Astron. Soc. Pac. Conf. Ser.* **260** (2002), 489–495
- Wenzler, T., Solanki, S.K., Fluri, D.M., Frutiger, C., Fligge, M., Ortiz, A.: Modelling solar irradiance variations: Separate models for the network and active region faculae. In: Wilson, A. (ed.): *SOHO-11: From Solar Minimum to Solar Maximum*. ESA **SP-508** (2002), 231–234

Jan Olof Stenflo