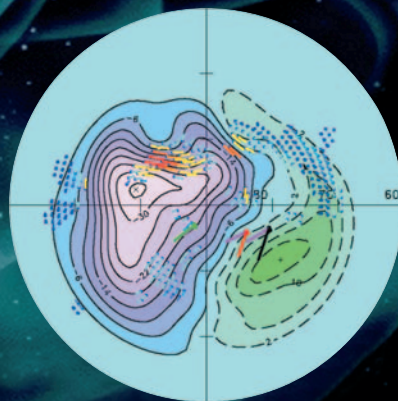
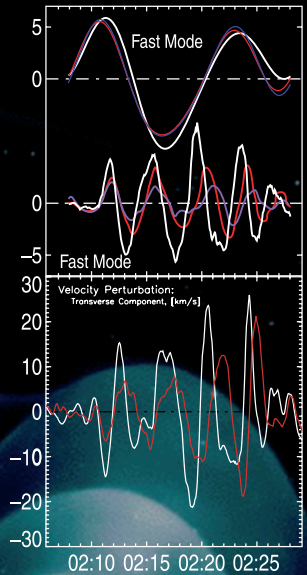
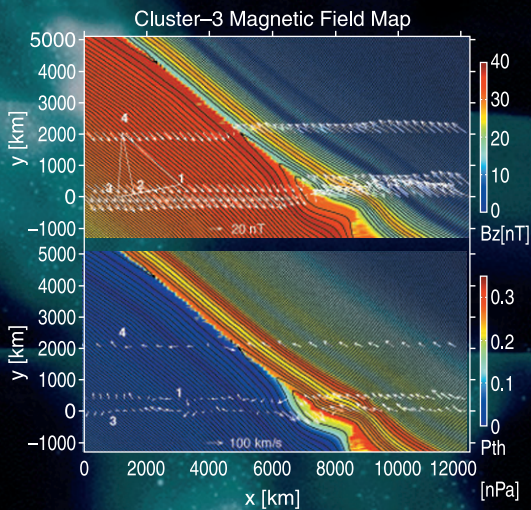


MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR EXTRATERRESTRISCHE PHYSIK



Jahresbericht
Annual Report

2003



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

Titelbild:

Für die Magnetosphärenphysik ist die *Cluster* Mission der vorläufige Höhepunkt dieses Forschungsgebiets. Erstmals werden 4 Satelliten im "Formationsflug" im erdnahen Weltraum eingesetzt, um dadurch räumliche Strukturen von zeitlichen Veränderungen unterscheiden zu können. Die Abbildung zeigt eine künstlerische Darstellung der vier identischen Cluster Satelliten und der Magnetosphäre der Erde. Die 3 Inserts zeigen (von links oben nach rechts unten): (1) zwei-dimensionale Karte der Magnetopause, abgeleitet aus den Messungen der Magnetfeld- und Plasma-Experimente auf Cluster. Mit Hilfe dieser Rekonstruktionstechnik lassen sich die Struktur der Magnetopause und dynamische Prozesse wie Rekonnexion untersuchen. (2) Wellenphänomene in der polaren Magnetosphäre. Die Analyse der gemessenen Magnetfeldfluktuationen zeigt die Überlagerung einer kompressiven Welle (oben) mit einer Alfvén Welle (Mitte). Die Geschwindigkeitsfluktuationen (unten) zeigen eine Phasenverschiebung von 90° zum Magnetfeld, ein klares Indiz für eine stehende Welle. (3) Projektion der EDI Driftmessungen von drei Cluster Satelliten in die nördliche polare Ionosphäre, überlagert mit der elektrischen Potentialverteilung, gemessen mit SuperDARN. Der Vergleich von EDI-Driftmessungen in der Magnetosphäre mit Beobachtungen von SuperDARN Radarmessungen in der polaren Ionosphäre ist wichtig für ein besseres Verständnis der Kopplung zwischen Magnetosphäre und Ionosphäre (s.a. Kapitel 2.1.1).

Cover image:

With *CLUSTER* we are at the advent of a new age of multispacecraft missions in magnetospheric physics. For the first time, four spacecraft flying in "formation" are used to enable us to separate spatial structures from temporal variations. The cover shows an artist's view of the formation of the four Cluster spacecraft with the magnetosphere of the Earth. The 3 inserts show (from top left to bottom right): (1) two-dimensional magnetic field maps of the magnetopause, derived from magnetic field and plasma measurements onboard the Cluster spacecraft. With this reconstruction technique the structure of the magnetopause and dynamical processes like reconnection can be investigated. (2) Wave phenomena in the polar magnetosphere. The analysis of magnetic field fluctuations reveals the superposition of a fast mode compressive wave (top panel) with an Alfvén wave (middle panel). The velocity fluctuations (bottom panel) show a phase shift of about 90° , a clear indication for a standing wave. (3) EDI drift measurements of three Cluster satellites, mapped into the northern polar ionosphere, superposed with the electric potential distribution of SuperDARN. The comparison between in-situ magnetospheric observations with Cluster and observations of the SuperDARN radar network in the polar ionosphere is important for a better understanding of the magnetosphere – ionosphere coupling processes (s.a. chapter 2.1.1.).



JAHRESBERICHT 2003 / ANNUAL REPORT 2003

MPE REPORT 286

Max-Planck-Institut
für extraterrestrische Physik

Impressum

Inhaltliche Verantwortung: G.E. Morfill
Redaktion und Layout: W. Collmar, R. Lange
Druck: MPE-Druckerei (R. Hauner)

Textbeiträge und Bildmaterial: B. Aschenbach, R. Bender, H. Böhringer, T. Boller, D. Breitschwerdt, U. Briel, W. Brinkmann, W. Bunk, V. Burwitz, W. Collmar, A. Contursi, R. Davies, K. Dennerl, R. Diehl, F. Eisenhauer, M. Förster, M. Freyberg, R. Genzel, J. Greiner, G. Hasinger, B. Klecker, M. Lehnert, I. Lehmann, D. Lutz, C. Maraston, G.E. Morfill, T. Müller, T. Ott, G. Paschmann, W. Pietsch, D. Porquet, P. Predehl, M. Rubin-Zuzic, R. Saglia, V. Schönfelder, M. Scholer, P. Schuecker, A. Strong, L. Strüder, L. Tacconi, M. Tecza, M. Thoma, D. Thomas, H. Thomas, R. Treumann, J. Trümper und andere

Sonstige Unterstützung: M. Abele, E. Chmielewski, R. Mayr-Ihbe, B. Mory, C. Post, R. Sigl, H. Steinle, J. Zanker-Smith

1. Auflage Mai 2004 (1200)

INHALTSVERZEICHNIS / TABLE OF CONTENTS

	Seite/Page
Vorwort / Preface	5
1 Aufgaben und Arbeitsweise des Instituts / Research Areas and Institute Structure	7
2 Wissenschaftliche Ergebnisse / Scientific Results	11
2.1 Physik des Sonnensystems / Solar System Physics	11
2.2 Sternzyklen und das interstellare Medium / Stellar Evolution and the Interstellar Medium	24
2.3 Galaxien und AGN / Galaxies and AGN	39
2.4 Großräumige Struktur und Kosmologie / Large-Scale Structure and Cosmology	63
2.5 Komplexe Plasmen / Complex Plasmas	83
3 Experimentelle Entwicklung und Projekte / Experimental Development and Projects	97
3.1 Physik des erdnahen Weltraums / Space Physics of the Near-Earth Environment	97
3.2 IR/Submillimeter Astronomie / IR/Submillimeter Astronomy	101
3.3 Röntgenastronomie / X-Ray Astronomy	109
3.4 Gamma-Astronomie / Gamma-Ray Astronomy	117
3.5 Komplexe Plasmen / Complex Plasmas	121
3.6 Optische und Interpretative Astronomie / Optical and Interpretative Astronomy	127
3.7 Technologietransfer / Know-how Transfer	130
3.8 Zentrale Bereiche / General Services	138
4 Veröffentlichungen, Lehrveranstaltungen / Publications, Teaching	142
4.1 Referierte Veröffentlichungen / Refereed Publications	142
4.2 Referierte Proceedings / Refereed Proceedings	154
4.3 Nicht-referierte Veröffentlichungen / Non-refereed Publications	156
4.4 Bücher / Books	166
4.5 Poster / Posters	166
4.6 Vorträge / Talks	168
4.7 Habilitationen	179
4.8 Dissertationen	179
4.9 Diplomarbeiten	179
4.10 Lehrveranstaltungen / Teaching	180
4.11 Seminare und Workshops / Seminars and Workshops	181
4.12 Öffentlichkeitsarbeit / Public Relations Work	181
5 Personal, Projekte, Kollaborationen / Personnel, Projects, Collaborations	182
5.1 Personal / Personnel	182
5.2 Wissenschaftliche Kollaborationen / Scientific Collaborations	189
5.3 Multinationale Zusammenarbeit / Multinational Collaborations	192
5.4 Zusammenarbeit mit Firmen / Industrial Collaborations	195
5.5 Aktivitäten im Wissenstransfer / Activities in Transfer of Know-how	196
5.6 Statistik / Statistics	197

VORWORT / PREFACE

Der vorliegende Jahresbericht des Max-Planck-Instituts für extraterrestrische Physik (MPE) gibt eine Übersicht über die laufenden Forschungsprojekte des Instituts, über die im Jahr 2003 geleistete Arbeit und über unsere Pläne für die Zukunft.

Das MPE arbeitet seit seiner Gründung im Jahre 1963 an vorderster Front in der Weltraumforschung. Unser Ziel ist es, wesentliche Beiträge zur Erforschung des Kosmos und zur physikalischen Grundlagenforschung zu erbringen. Dabei haben sich die Forschungsschwerpunkte in den letzten 40 Jahren stark verschoben, von der Ionosphärenphysik, Magnetosphärenphysik, Kosmischen Strahlung bis zur Astronomie und den komplexen (kolloidalen) Plasmen. Das MPE hat immer einen „integrierten“ Forschungsansatz verfolgt, vom Experiment bis zur Theorie. Das erfordert die Entwicklung und den Einsatz leistungsfähiger Teleskope und Meßgeräte, die Anwendung modernster Computertechnologie bei der Datenverarbeitung, die Gewinnung neuer Erkenntnisse durch die Interpretation der gewonnenen Daten und durch beobachtungsnahe theoretische Arbeiten.

Ein weiterer Aspekt unserer Arbeit ist der Technologie- und Wissenstransfer in andere Bereiche der Grundlagenforschung und in industrielle Anwendungen. Unsere Erfolge in der Vergangenheit sind die Grundlage für Planungen, die sich weit in die Zukunft erstrecken.

Besondere Ereignisse des Jahres 2003 waren – in chronologischer Reihenfolge:

- Inbetriebnahme des Infrarotinstrumentes „SPIFFI“ am ESO-VLT Observatorium im Februar 2003.
- Lieferung des ersten Primärspiegels des „Large Binocular Telescope“ (LBT), an dem die MPG einen 25%igen Anteil hält, im Sommer 2003.
- Feier zum 40. Gründungsjahr des MPE und gleichzeitig zum 80. Geburtstag seines Gründers Professor Reimar Lüst im Juli.
- Auswahl von „KMOS“ (Multi-Integral-Feld-Spectrograph) für das VLT im September 2003.
- Auswahl des „Dark Universe Observer“ (DUO) für eine Phase-A Studie durch die NASA im November 2003.
- Erweiterung der INTEGRAL-Missionsdauer bis 2007 durch die ESA im November 2003.
- Durchführung von jetzt insgesamt 10 Experimenten auf der Internationalen Raumstation mit dem PKE-Nefedov Instrument (komplexe Plasmen), das letzte im Dezember 2003.

This annual report of the Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) provides information about the current research projects of the institute, its activities in 2003 and about our plans for the future.

The MPE has been involved in front-line space research since its foundation in 1963. Our goal is to make significant contributions to the exploration of the universe and to basic research in physics. Our main research areas have seen significant shifts in the last 40 years, from ionospheric physics, magnetospheric physics, cosmic ray research to astronomy and complex (colloidal) plasma research. In carrying out our research we have always followed an “integrated” strategy comprising all the steps from experiment to theory. This involves the development and use of efficient telescopes and instruments, the application of modern computer technology for the data processing and of course the search for new insights and the gain of new knowledge by interpretation of the data and associated theoretical work.

Another aspect of our work is the transfer of technology and know-how into other areas of fundamental research and into industrial applications. Our past successes are the basis for plans that extend far into the future.

Milestones for the year 2003 were – in chronological order:

- First operation of the infrared instrument “SPIFFI” at the ESO-VLT Observatory in February 2003.
- Delivery of the first primary mirror of the “Large Binocular Telescope” (LBT) in summer 2003. The MPG has a 25% stake in this project.
- Celebration of the 40th anniversary of MPE, together with the 80th birthday of its founder Professor Reimar Lüst in July.
- Selection of “KMOS” (a multi-integral-field spectrograph) for the VLT in September 2003.
- Selection of the “Dark Universe Observer” (DUO) for phase-A study by NASA in November 2003.
- Extension of the INTEGRAL-mission until 2007 by ESA in November 2003.
- A total of 10 experiments have now been carried out onboard the International Space Station with the PKE-Nefedov instrument (complex plasmas), the last one in December 2003.

Wir danken allen Kolleginnen und Kollegen, allen Freunden und den uns verbundenen Firmen und Organisationen für die gute Zusammenarbeit und die fortwährende Unterstützung. We thank all colleagues, friends, our industry partners, organisations and sponsors for the excellent cooperation and continuous support.

Professor Gregor Morfill
Geschäftsführender Direktor / Managing Director

1 AUFGABEN UND ARBEITSWEISE DES INSTITUTS / RESEARCH AREAS AND INSTITUTE STRUCTURE

Das Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) befasst sich mit Themen der Astrophysik und Plasmaphysik, die sich fünf großen Bereichen zuordnen lassen:

- Physik des Sonnensystems
- Lebenszyklen der Sterne und Interstellares Medium
- Galaxien und Galaxienkerne
- Großräumige Strukturen und Kosmologie
- Physik komplexer Plasmen.

Methodisch lassen sich die Forschungsaktivitäten des MPE in mehrere Bereiche einteilen. Der erste Bereich beschäftigt sich mit Teilchen und elektromagnetischen Feldern, sowie ihren Wechselwirkungen im erdnahen Raum, d.h. in der Ionosphäre, Magnetosphäre und im Sonnenwind. Dabei werden diagnostische „in-situ“-Messungen durchgeführt. In den astrophysikalischen Forschungsbereichen wird die Strahlung entfernter Objekte mit Teleskopen in den Millimeter/Sub-millimeter-, Infrarot-, Optischen-, Röntgen- und Gamma-spektralbereichen gemessen. Der hierbei überdeckte Teil des elektromagnetischen Spektrums umfasst mehr als zwölf Dekaden. Die untersuchten Objekte reichen von Kometen bis zu den fernsten Quasaren, von den winzigen Neutronensternen bis zu Galaxienhaufen, den größten Formationen im Kosmos. Viele unserer Experimente müssen notwendigerweise oberhalb der dichten, absorbierenden Erdatmosphäre mit Raketen, Satelliten und Raumsonden durchgeführt werden. In zunehmendem Maße setzen wir aber vor allem im Infrarotbereich auch Instrumente an erdgebundenen oder flugzeuggetragenen Teleskopen ein. Ergänzt werden unsere Untersuchungen durch Experimente im Labor.

Die Theoriegruppe und die Interpretative Astronomiegruppe des Instituts beteiligen sich gruppen-übergreifend an der Interpretation der Beobachtungen und Messungen. Die direkte Wechselwirkung von Beobachtern, Experimentatoren und Theoretikern im Hause verstärkt die Zusammenarbeit und führt oft im direkten Wechselspiel von Hypothesen und neuen Beobachtungen zu einer frühen Erkennung vielversprechender neuer Forschungsrichtungen.

Für die jüngste Forschungsrichtung „Komplexe Plasmen“, die im Institut im Anschluss an die Entdeckung neuer Plasmazustände (Plasmakristall) als Laboraktivität entstanden ist, sind Experimente in der Schwerelosigkeit von wachsender Bedeutung. Das erste naturwissenschaftliche Experiment auf der Internationalen Raumstation (ISS), das Plasma-Kristall-Experiment (PKE) unseres Instituts, wurde in Kooperation mit dem russischen Akademieinstitut „IHED“ in 2001 in Betrieb genommen. Diese Aktivitäten werden im gemeinsam mit dem Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) gegründeten „Centre for Interdiscipli-

Research at the Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) addresses topics of astrophysics and plasma physics, which can be divided into five key areas:

- Physics of the Solar System
- Life cycle of stars and interstellar medium
- Galaxies and galactic nuclei
- Large-scale structure and cosmology
- Physics of complex plasmas.

From a technological point of view, research at the MPE can be divided into a number of key areas. The first area concerns particles and electromagnetic fields, in particular their mutual interactions in near-Earth space, that is in the ionosphere, magnetosphere and the solar wind, by means of in-situ measurements. The astrophysical research focuses on millimetre/sub millimetre-, infrared-, optical-, X-ray-, and gamma-ray measurements of the radiation from distant objects in the Universe. These wavelength bands span more than twelve decades of the electromagnetic spectrum. The astrophysical objects studied by us range from comets to the most distant quasars, from the tiny neutron stars to clusters of galaxies as the largest physical formations in the Universe. Many of our experiments require telescopes and detectors launched into space by rockets, satellites, and space probes in order to “escape” from the atmospheric absorption which prevents such measurements from the ground. However, increasingly, we also use ground-based or aircraft-borne telescopes, primarily in the infrared wavelength regime. Our investigations are complemented by laboratory experiments.

The theoretical group and the interpretative Astronomy group of the institute conduct analytical, numerical and observation-related interpretational research. These groups address topics that cover all experimental research areas. The direct interaction of theoreticians, observers and experimenters provides an important synergetic boost for our research. The mutual interaction also stimulates new directions of research.

The youngest field of research “Complex Plasmas” is being developed at the MPE as a new laboratory activity, following the discovery of “plasma crystals”. For some of these activities microgravity is very important. The first natural science experiment on the International Space Station (ISS) is the Plasma-Kristall-Experiment (PKE), which was installed and started operating in 2001. It is a cooperation project with the Russian academy-institute IHED. These activities are conducted within the “Centre of Interdisciplinary Plasma Science”, a joint initiative between the MPE and the Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP).

nary Plasma Science“ durchgeführt.

Struktur und Ausstattung des Instituts dienen dem Ziel, mit im Hause entwickelten Instrumenten experimentelle Astrophysik und Plasmaphysik an vorderster Front zu betreiben. Deshalb werden Detektoren, Spektrometer und Kameras, aber auch Teleskope, komplett integrierte Nutzlasten (wie im Fall von ROSAT, dem Plasma-Kristall-Experiment und in Zukunft z.B. ROSITA, PACS und Herschel) oder gar ganze Satelliten (AMPTE-IRM und EQUATOR-S) gebaut. Aus diesem Grunde sind unsere Ingenieurs- und Werkstattbereiche und ihre enge Ankopplung an die wissenschaftlichen Aktivitäten von besonderer Bedeutung. Das Institut ist zu einer naturgemäß sehr datenintensiven Forschungsstätte geworden. Ein gruppenübergreifender Datenverarbeitungsausschuss führt die Computerhardware- und Software-Koordination durch.

Weitere technologisch bedeutende Bereiche des Instituts sind eine große Röntgentestanlage (PANTER) in Neuried bei München und das zusammen mit dem Max-Planck-Institut für Physik betriebene Halbleiterlabor auf dem Siemensforschungsgelände in München-Neuperlach.

Die wissenschaftliche Arbeit findet in vier großen Arbeitsbereichen statt, die von je einem der Direktoren betreut werden: (1) Optische und Interpretative Astronomie, (2) Infrarot- und Submillimeter/Millimeter-Astronomie, (3) Röntgen- und Gamma-Astronomie und (4) Theorie und komplexe Plasmen. Eine kleine Gruppe beschäftigt sich mit der in-situ Weltraum-Plasmaphysik. Innerhalb dieser Bereiche leiten Wissenschaftler weitgehend eigenverantwortlich die Planung und Durchführung der etwa vierzig einzelnen Experimente und wissenschaftlichen Projekte. Dementsprechend ist der Institutshaushalt auch auf diese Projekt-Gruppen und auf die zentralen Service-Bereiche aufgeteilt. Die Verwaltung und Haustechnik des MPE betreuen neben unserem Institut auch das benachbarte Max-Planck-Institut für Astrophysik.

Wissenstransfer der Forschungsergebnisse findet im wesentlichen in zwei Bereichen statt: aus der Theorie, dem Bereich „Analyse komplexer Systeme“, geht er in anwendungsnahe Forschungsgebiete der Medizin, der Ingenieurwissenschaften und in den Pharmabereich. Aus dem Halbleiterlabor stammen Röntgendetektoren, die in anderen Forschungsinstituten und der Industrie Anwendung finden.

Die Realisierung der Mehrzahl der Projekte ist nicht ohne eine enge Wechselwirkung mit der Industrie durchführbar. Unsere Erfolge beim Bau von Experimenten zeugen von der effektiven Zusammenarbeit mit leistungsstarken Firmen, im allgemeinen aus der Raumfahrt- bzw. Elektronikindustrie. Die anspruchsvollen technologischen Anforderungen unserer Experimente führen oftmals auch zum Technologietransfer in die Industrie. Zusätzlich zur Grundfinanzierung durch die Max-Planck-Gesellschaft wird unsere Arbeit in erheblichem Maße getragen von der Projektfinanzierung staatlicher Organe, wie dem Bundesministeri-

The evolution of organisational structures within our institute has always been “science driven”, with the goal of carrying out state-of-the-art experimental astrophysics and plasma physics research with advanced, in-house developed instrumentation. This includes detectors, spectrometers, and cameras, as well as telescopes and complete payloads (e.g. for ROSAT, the Plasma-Kristall-Experiment and in future ROSITA, PACS and Herschel) or even entire satellites (AMPTE-IRM and EQUATOR-S). For this purpose our technical and engineering branches play a key role, working in close liaison with individual research groups. Over the years, the institute's emphasis has naturally shifted towards research based on analysis of large amounts of primary data. For coordination of computer hardware and software activities a data-analysis committee has been established with representatives from all branches.

Other key facilities of the institute are the X-ray test facility (PANTER) located in Neuried near München and a semiconductor laboratory as a collaborative enterprise between MPE and the Max-Planck-Institut für Physik in München on the Siemens campus in München-Neuperlach.

The scientific activities are organised into four major research fields, each of which is supervised by one of the directors: (1) Optical and Interpretative Astronomy, (2) infrared- and sub-millimetre/millimetre astronomy, (3) X-ray and gamma-ray astronomy, and (4) theory and complex plasmas. A small group carries out research in space plasma physics. Within these fields, different scientists supervise individual experiments and research projects. Currently there are about forty independent project teams. Accordingly, the institute's budget is divided amongst these project teams, as well as the service groups, leading to a significant independence of action and a broad sharing of financial and management responsibility. An administration and technical services team supports our institute as well as the neighbouring Max-Planck-Institut für Astrophysik.

Know-how transfer from our research into applications is particularly important in two research areas at MPE. The theory division transfers know-how in the area of “analysis of complex systems” into applications in medicine, engineering and pharmacology. The semiconductor laboratory produces X-ray detectors that are applied in other research institutes and in industry.

The implementation of most experimental projects cannot be envisaged without close cooperation with industry. Our success record in experimental astrophysics and space research demonstrates the efficiency of such cooperations, primarily with space industry and electronics companies. The challenging technological requirements of our experiments also often lead to technology transfer to industry. In addition to the institutional support by the Max-Planck-Gesellschaft, our research is supported by government institutions such as the Federal Ministry for Education and Research (BMBF) and DLR, international organi-

um für Bildung und Forschung (BMBF), dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), der ESA, ESO und der Europäischen Gemeinschaft, sowie teilweise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), der Humboldt Gesellschaft und der Dr. Johannes Heidenhain-Stiftung.

Da unsere Experimente gewöhnlich mit sehr hohem technischem und finanziellem Aufwand verbunden sind, können sie meistens nur in enger Zusammenarbeit mit Forschungsinstituten und Universitäten des In- und Auslandes in gemeinsamen Projekten realisiert werden. Hier muss die intensive und konstruktive Wechselwirkung mit ESA und NASA, aber auch den entsprechenden Institutionen anderer Länder erwähnt werden, insbesondere Russland im Zusammenhang mit unseren Forschungen auf der Internationalen Raumstation.

Neben der Forschung nimmt unser Institut auch universitäre Ausbildungsaufgaben wahr. MPE-Wissenschaftler sind als Hochschullehrer an mehreren Universitäten tätig und betreuen zahlreiche Diplom- und Doktorarbeiten, hauptsächlich aus beiden Münchner Universitäten. Darüber hinaus veranstalten wir spezielle Seminare und Symposien zu unseren und angrenzenden Forschungsgebieten, häufig in Zusammenarbeit mit Universitätsinstituten. Von der „International Max-Planck Research School on Astrophysics“ an der Ludwig-Maximilians-Universität München, erwarten wir eine weitere Intensivierung der Doktorandenausbildung im Raum Garching/München. Der Anfang seit dem Jahre 2001 ist jedenfalls sehr vielversprechend verlaufen.

sations such as ESA and ESO as well as the European Community, with additional financial contributions from the German Science Foundation (DFG), the Humboldt Society and the Dr. Johannes Heidenhain-Foundation.

Since our experiments quite commonly demand major technical and financial resources, they are very often carried out as cooperative projects together with research institutes and universities within and outside of Germany. In this context we have to mention the close interaction and communication with ESA and NASA, as well as the corresponding organizations of other countries, in particular Russia, in the context of our research activities on the International Space Station.

Apart from scientific research, our institute is actively engaged in university education: MPE researchers teach at several universities and supervise student research (Diploma, Ph.D.), mainly at both Munich universities. In addition, seminars, workshops and conferences are held by the institute in our own and adjacent research fields, often in cooperation with the universities. With the commencement of the “International Max-Planck Research School on Astrophysics” at the Ludwig-Maximilians-Universität München, we expect to further build up the doctoral programs in the Garching/München area. Certainly the beginning since 2001 is very promising.

2 WISSENSCHAFTLICHE ERGEBNISSE / SCIENTIFIC RESULTS

2.1 PHYSIK DES SONNENSYSTEMS / SOLAR SYSTEM PHYSICS

Das Sonnensystem umfasst Sonne, Planeten, deren Atmosphären und Plasmaumgebungen, die kleinen Körper, z.B. Kometen, interstellaren Staub, interstellare Teilchen von außerhalb der Heliosphäre und die kosmische Strahlung. Am MPE werden vor allem plasmaphysikalische Phänomene bearbeitet, und zwar in der Erdmagnetosphäre und ihren Grenzschichten, sowie im interplanetaren Raum und bei Kometen.

Für die Magnetosphärenphysik ist die *CLUSTER* Mission der vorläufige Höhepunkt dieses Forschungsgebiets. Im Berichtsjahr standen Untersuchungen zur Magnetopause, zur Konvektion in der polaren Magnetosphäre, zur Kopplung zwischen Magnetosphäre und Ionosphäre, zur zeitlichen und räumlichen Struktur des Ausflusses von O^+ -Ionen aus der polaren Ionosphäre im Vordergrund. Neue Erkenntnisse zur Polarlichtphysik ergaben sich aus der Untersuchung beschleunigter Elektronen und Ionen mit dem *FAST* Satelliten. Kosmische Strahlung und energetische Ionen im Sonnenwind werden mit unseren Instrumenten auf *SOHO* und *ACE* gemessen. Auf diesem Gebiet haben wir, insbesondere bei der Analyse der Ladungszustände supra-thermischer Ionen, die in impulsiven solaren Ereignissen, also in Zusammenhang mit solaren Flares beschleunigt werden, interessante Ergebnisse gewonnen.

Diese in-situ Messungen werden durch theoretische Untersuchungen und numerische Simulationen ergänzt. Hierzu gehören: Untersuchungen zur Rekonnexion, zu quasi-senkrechten stoßfreien Stoßwellen und zur spektralen Analyse von Plasma Turbulenz.

Neben der Plasmaphysik gibt es noch erste Messungen von Saturn im Lichte der Röntgenstrahlung mit *Chandra*, neue Ergebnisse einer Beobachtungsreihe von Asteroiden mit dem *Infrared Space Observatory ISO*, und erste infrarot Beobachtungen von Neptun mit VLT.

The solar system is comprised of the Sun, the planets, their atmospheres and plasma environs, the small bodies, e.g. comets, down to dust particles, interstellar matter intruding from outside, and the cosmic radiation. At MPE we mainly investigate the plasma physical phenomena in the solar atmosphere, in the Earth's magnetosphere and its' boundaries, and in interplanetary space.

With *CLUSTER* we are at the advent of a new age of multispacecraft missions in magnetospheric physics. This year we studied in particular the magnetopause, convection in the polar magnetosphere, magnetosphere – ionosphere coupling, and temporal and spatial variation of the outflow of O^+ in the polar ionosphere. New insights into the physics of the aurora were obtained from the analysis of accelerated electrons and ions with the *FAST* satellite. With our experiments onboard *SOHO* and *ACE* we measure cosmic rays and energetic ions in the solar wind. We obtained interesting results on the ionic charge composition of suprathermal ions accelerated in impulsive solar events.

These in-situ measurements are complemented by theoretical investigations and numerical simulations. These include numerical simulation of reconnection, of quasi-perpendicular shocks and of the spectral analysis of plasma turbulence.

Outside of plasma physics we report new results on X-ray measurements from Saturn obtained with *Chandra*, new results from a survey of observations of asteroids with the *Infrared Space Observatory ISO*, and first results of infrared observations of Neptun with VLT.

2.1.1 Erdmagnetosphäre / Earth's Magnetosphere

Rekonstruktion zweidimensionaler Strukturen der Magnetopause aus Cluster-Beobachtungen / Reconstruction of two-dimensional magnetopause structure from Cluster observations

Eine Voraussetzung für die Bestimmung der Dicke und Struktur der Magnetopause ist die Kenntnis ihrer Orientierung und Bewegung. Dies ist eine schwierige Aufgabe, da sich Position und Orientierung der Magnetopause aufgrund der Variationen im Sonnenwind ständig ändern. Vor Cluster gab es eine Reihe von Methoden, die alle auf der Anwendung von physikalischen Erhaltungssätzen auf die Messungen von Einzelsatelliten beruhen. Mit Cluster kann man nun aus

A pre-requisite for determining the magnetopause thickness and structure is the knowledge of its orientation and motion. This is difficult to obtain because in response to the varying solar wind conditions the magnetospheric boundaries are always in motion and change their orientation constantly. Before Cluster, there were a variety of techniques based on the application of some physical laws to the measurements from single-spacecraft. With Cluster, one now can use

den Durchgangszeiten der vier Satelliten die Orientierung und Geschwindigkeit direkt bestimmen.

the timing of the crossings by the four spacecraft to infer the orientation and motion directly.

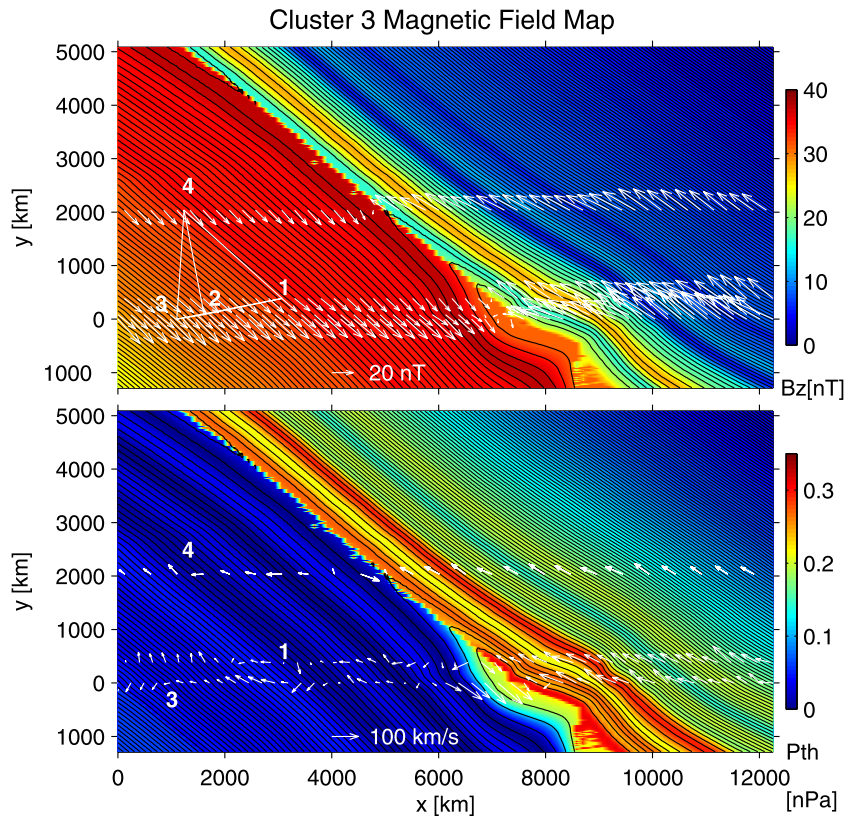


Abb. 2-1: Magnetfeldkarte für eine Magnetopausen durchquerung von Cluster am 5. Juli 2001. Der obere Teil zeigt die Magnetfeldlinien (schwarz), wie sie sich aus der Analyse der Messungen des Magnetfeldes und des Plasmadrucks aus den Cluster 3-Daten ergeben. Die weißen Pfeile stellen die mit allen vier Satelliten entlang ihrer Bahn gemessenen Magnetfeldvektoren dar. Die Übereinstimmung der Messungen mit C1, C2 und C4 mit der aus den Cluster 3-Messungen gewonnenen Karte bestätigt die Gültigkeit der Methode. Die Hintergrundfarbe zeigt die Stärke der Magnetfeldkomponente senkrecht zur Karte, unter Verwendung des Farbbalkens rechts. Die Farbänderung weist auf die unterschiedlichen Feldrichtungen hin. Der untere Teil des Bildes zeigt dieselbe Magnetfeldkarte. Die weißen Pfeile zeigen nun aber die gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten des Plasmas. Die Hintergrundfarbe verdeutlicht hier die Unterschiede im Plasmadruck z.B. an beiden Seiten der Magnetopause.

Fig. 2-1: Magnetic field maps for a magnetopause crossing by the Cluster satellites on 5 July 2001. The top part shows the magnetic field lines (black) inferred from the components of the magnetic field and plasma pressure by Cluster 3 alone. Superimposed are white arrows that represent the actual magnetic field vectors measured by all four Cluster spacecraft along their trajectories. The agreement of the measurements by C1, C2, and C4 with the map constructed from the C3 measurements confirms the validity of the method. The background color indicates the strength of the magnetic field component directed out of the plane of the map, using the color bar on the right. The change in color indicates that the magnetic field direction changes across the magnetopause. The bottom part of the figure shows the same magnetic field map but at this time the white arrows represent the measured plasma flow velocities, as seen in the deHoffm-Teer frame. The background color now represents the change in plasma pressure across the magnetopause.

Selbst mit vier Satelliten bekommt man zunächst nur vier jeweils eindimensionale Schnitte durch die Magnetopause. Aber mit einigen Annahmen über die zugrundeliegende Physik, nämlich dass sie näherungsweise als magnetostatisch beschreibbar ist, kann man eine zweidimensionale Karte der Magnetopause aus den Magnetfeld- und Plasamessungen konstruieren. Mit Cluster hat man die einzigartige Möglichkeit, die aus den Daten eines der Satelliten gewonnene Karte mit den Messungen der anderen drei zu vergleichen. Abb. 2-1 zeigt oben die aus der Analyse der C3-Daten gewonnene Karte für einen bestimmten Magne-

Even with four spacecraft, one only gets four one-dimensional cuts through the boundaries. But with some assumptions on the underlying physics, namely that it can be described as magnetostatic, one can actually infer a two-dimensional map of the magnetopause from the magnetic field and plasma measurements obtained in each such cut. With Cluster, one has the unique opportunity to check these results by comparing the prediction based on measurements from one of the spacecraft, with the observations of the other three. The top of Fig 2-1 shows the magnetic field map obtained from analysis of C3 data obtained during a

topausendurchgang. In der Ausbuchtung rechts unten erkennt man Magnetfeldlinien, die die Magnetopause durchstoßen. Dies bedeutet, dass lokal eine Rekonnektion zwischen dem terrestrischen und dem interplanetaren Magnetfeld stattgefunden hat, und Sonnenwindplasma in die Magnetosphäre eindringen kann. Dies wird im unteren Teil von Abb. 2-1 verdeutlicht. Das Plasma strömt entlang des nach außen offenen Magnetfeldkanals in die Magnetosphäre ein, genau wie bei magnetischer Rekonnektion erwartet.

Konvektion in der polaren Magnetosphäre / Convection in the Polar Magnetosphere

Die Sonne emittiert kontinuierlich einen „Wind“ geladener Teilchen, hauptsächlich Elektronen und Protonen. Für diesen Sonnenwind stellt das Erdmagnetfeld ein Hindernis dar. Wenn das interplanetare Magnetfeld (IMF), das vom Sonnenwind mitgeführt wird, eine südwärts gerichtete Komponente hat, kann es an der tagseitigen Magnetopause zu dessen Verschmelzung des IMF mit dem Erdmagnetfeld kommen (Rekonnektion). Als Folge dessen werden die verbundenen Feldlinien des Erdmagnetfeldes vom Sonnenwind über die Pole der Erde hinweg in Richtung des Magnetschweifes gezogen. Wegen seiner hohen Leitfähigkeit ist das Plasma im Inneren der Magnetosphäre an das Magnetfeld gekoppelt und gezwungen, die Konvektionsbewegung mitzumachen.

Mit dem Elektronen-Drift Instrument (EDI) auf den vier CLUSTER-Satelliten lässt sich die Konvektionsgeschwindigkeit über den Polkappen im Vergleich zu den herkömmlichen Methoden, deren Genauigkeit unter der typischerweise geringen Plasmadichte in diesem Bereich leidet, besonders gut messen. Es wurden 20 Überquerungen der Polkappen statistisch untersucht.

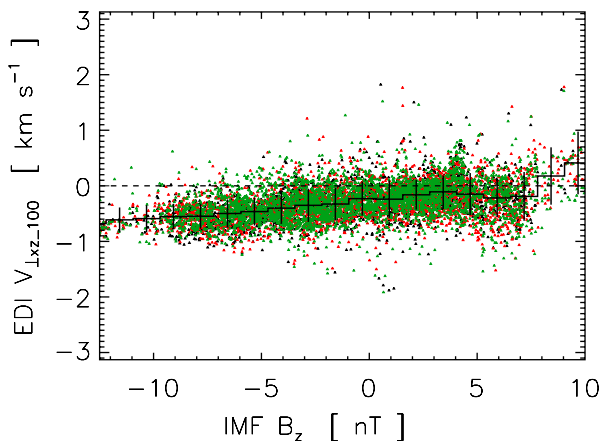


Abbildung 2-2 zeigt 10-Minuten Mittel der Komponente der Konvektionsgeschwindigkeit in der (X,Z)-Ebene, deren Vorzeichen die Richtung der Konvektion – sonnenwärts (+) oder schweifwärts (-) – als Funktion der z-Komponente des interplanetaren Magnetfeldes (IMF B_z) angibt. Um die Höhenabhängigkeit zu eliminieren, wurden die Konvektionsgeschwindigkeiten auf eine einheitliche ionosphärische Höhe von etwa 100 km normiert. Wie erwartet ist die Konvektion in Schweifrichtung umso stärker, je negativer IMF B_z ist. Auch bei positivem IMF B_z findet man eine im Durchschnitt schweifwärts gerichtete

particular pass through the magnetopause (for details see the figure caption). In the bulge on the lower right magnetic field lines are crossing the magnetopause, implying that the process known as magnetic reconnection has occurred, and solar wind plasma can cross the magnetopause and enter the magnetosphere. This is illustrated by the bottom half of the figure. Note that the plasma is flowing across the magnetopause in the open-field channel near the X-point, as expected for reconnection.

The sun continuously emits the "solar wind", a stream of charged particles consisting mainly of electrons and protons. For this solar wind the earth's magnetic field constitutes an obstacle. If the interplanetary magnetic field (IMF) that is carried by the solar wind has a southward component, merging of the earth's magnetic field lines with the IMF can take place (reconnection). As a consequence field lines of the earth's magnetic field are carried over the poles towards the magnetotail by the solar wind. Due its high electrical conductivity the plasma inside the magnetosphere is coupled to the magnetic field, and thus forced to follow the convective motion.

The Electron-Drift Instrument (EDI) onboard the four CLUSTER spacecraft allows to measure the convection velocity over the polar caps more accurately than conventional methods the accuracy of which suffers from the typically small plasma density in this area. A statistical study of 20 polar cap passes has been conducted.

Abb. 2-2: 10-Minuten Mittelwerte der mit EDI über den Polkappen gemessenen normierten Konvektionsgeschwindigkeiten als Funktion der z-Komponente des interplanetaren Magnetfeldes. Daten der Satelliten 1,2,3 sind farblich unterschieden. Mittelwerte (über 1.5 nT Intervalle) und zugehörige Standardabweichungen sind schwarz darübergeplottet.

Fig. 2-2: 10-minute averages of the normalized convection velocities, measured by EDI over the polar cap, as a function of the z-component of the interplanetary magnetic field. Data from spacecraft 1,2,3 are distinguished by color. Averages over 1.5 nT intervals and associated standard deviations are shown in black.

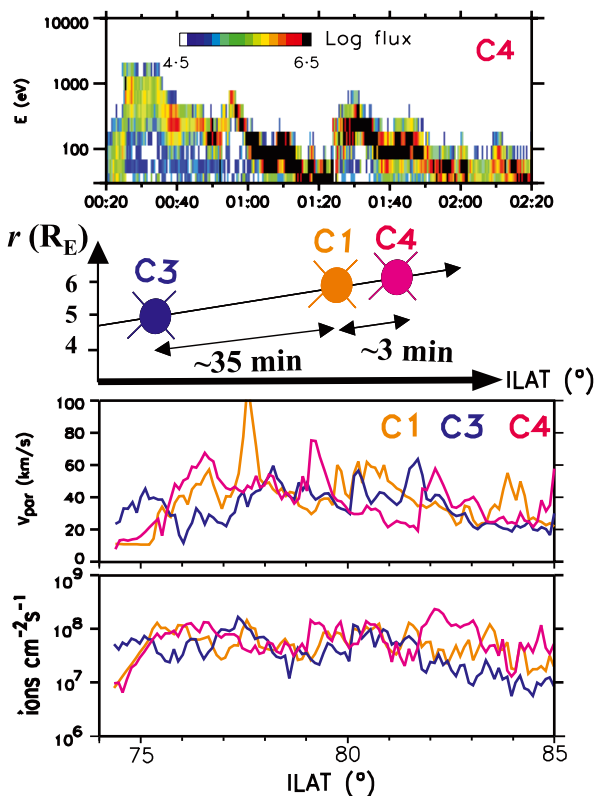
Figure 2-2 shows 10-minute averages of the component of the convection velocity in the (X,Z)-plane the sign of which indicates the sense of the convection (sunward (+) or tailward (-)), as a function of the z-component of the interplanetary magnetic field (IMF B_z). To eliminate the height dependence the convection velocities have been normalized to a common ionospheric height of 100 km. As expected the tailward convection is the higher the more negative IMF B_z is. Even for positive IMF B_z one finds - on average - tailward convection. However, more cases of sunward convection are observed here. The reason for this lies

Konvektionsbewegung, jedoch treten hier verstärkt auch Fälle sonnenwärts gerichteter Konvektion auf. Die Ursache dafür liegt in den komplizierten Konvektionsmustern, die bei Rekonnexion schweifwärts der Cusp für nordwärts gerichtetes IMF ($B_z > 0$) auftreten.

Während obige Analyse auf Messungen individueller Satelliten beruht, erlaubt CLUSTER zusätzlich eine Korrelationsanalyse zwischen den Konvektionsgeschwindigkeiten, die auf verschiedenen Satelliten gemessen werden, und damit eine Untersuchung der auftretenden Skalenlängen. Die Messungen zeigen, dass die Korrelation der Konvektionsgeschwindigkeiten mit größer werdendem Abstand der Satelliten stark abfällt.

Räumliche/Zeitliche Kohärenz der O⁺ Ionen Entweichflüsse / Spatial/Temporal Coherence of O⁺-Ion Outflows

Von früheren Missionen ist bekannt, dass die Ionosphäre der Erde ebenso wie der Sonnenwind als Quelle magnetosphärischen Plasmas in Frage kommt. Aus der Ionosphäre kommen vor allem aus H⁺ und O⁺ Ionen, wobei die stärksten Flüsse aus der tagseitigen Cusp kommen. Die Multi-Satelliten Messungen von Cluster erlauben es nun erstmals, die räumliche und zeitliche Kohärenz der tagseitigen Flüsse aus der Ionosphäre zu bestimmen (Abb. 2-3).



in the complicated convection patterns that result from reconnection poleward of the magnetic cusp for northward IMF ($IMF B_z > 0$).

While above analysis is based on measurements of individual spacecraft, CLUSTER in addition allows a correlation analysis between the convection velocities measured by the different spacecraft, and thus an investigation of the occurring scale lengths. The measurements show that the correlation of the convection velocities fall off strongly with increasing distance of the spacecraft.

It is well known from earlier missions that the Earth's ionosphere competes with the solar wind to supply plasma into the magnetosphere. The outflow composition is mainly O⁺-and H⁺-ions, with the largest fluxes originating from the dayside cusp. Data from the Cluster multi-satellite system allow for the first time to access the spatial and temporal coherence of dayside outflows (Fig. 2-3).

Abb. 2-3: Beispiel für die Beobachtung von O⁺ Flüssen aus der Ionosphäre durch drei Satelliten der Cluster Mission entlang ihrer polwärts gerichteten Orbits in die Polkappe hohe Breiten hinein. Die Panels zeigen von oben nach unten: (1) das Energie-Zeit Spektrogramm von O⁺ Ionen, das von CIS/CODIF an Bord von C4 gemessen wurde; (2) eine Darstellung der Satellitenkonfiguration entlang ihrer polaren Orbits; (3) aufwärts gerichtete mittlere Geschwindigkeit und (4) integrierter Fluss der O⁺ Ionen für die Cluster Satelliten C4 (rosa), C1 (orange) und C3 (blau).

Fig. 2-3: Example of an O⁺ outflow event observed on 3 of the Cluster satellites, when moving poleward in the high-latitude polar cap. From top to bottom; (1) time-energy spectra of O⁺-ions measured by CIS/CODIF aboard the Cluster satellite C4; (2) drawing of the satellite configuration along its polar orbit; (3) invariant latitude series of O⁺ upward mean velocity and (4) integrated flux from C4 (pink), C1 (orange) and C3 (blue) Cluster satellites.

Der O⁺ Fluss, nachgewiesen im Energie-Zeit Diagramm, resultiert aus einem mehrstufigen Prozess. Ionosphärische Aufheizung führt zu einer größeren Skalenhöhe der O⁺ Ionen, so dass Welle-Teilchen Wechselwirkungen in den oberen Schichten und innerhalb eines schmalen Breitenbereichs sie so beschleunigen, dass sie die Schwerkraft überwinden. Die Ionen bewegen sich dann entsprechend der Mirror-Kraft aufwärts und driften zugleich infolge der magnetosphärischen Konvektion seitwärts in Länge und

The O⁺-outflow, detected in the time-energy spectra is the result of multi stage processes. First, ionospheric processes raise the scale height of O⁺-ions so that wave/particle interactions higher up in thin latitudinal regions lead to ion escape from gravity. Then, ions move up via the mirror force and drift in latitude due to the magnetospheric convection. This latter stage leads ions from a narrow source to spread out at Cluster altitudes.

Breite. Letzteres führt dazu, dass die Ionen sich aus einer eng begrenzten Quellregion in der Magnetosphäre ausbreiten.

Um zu untersuchen, ob die O^+ Prozesse räumlicher oder zeitlicher Natur sind, muss man sie innerhalb einer magnetischen Flussröhre vergleichen. Die in der Abb. 2-3 als Funktion der invarianten Breite (ILAT) aufgetragenen aufwärts gerichteten O^+ Geschwindigkeiten und Flüsse zeigen signifikante Variationen zwischen den Satelliten. Damit wird erstmals direkt nachgewiesen, dass die O^+ Flüsse zeitlichen Variationen unterliegen. Es unterstreicht die Bedeutung nicht-stationärer Prozesse für die Entstehung der Entweichflüsse.

To investigate whether O^+ -features are spatial or temporal, one can compare them on the same field line. Plots of O^+ upward velocity and flux as a function of invariant latitude (ILAT) show significant variations at the same ILAT between satellites (Fig. 2-3). This is the first direct evidence of O^+ -variations being temporal, demonstrating the importance of non-steady processes in the development of the outflow.

Magnetosphären-Ionosphären Kopplung / Magnetosphere-Ionosphere Coupling

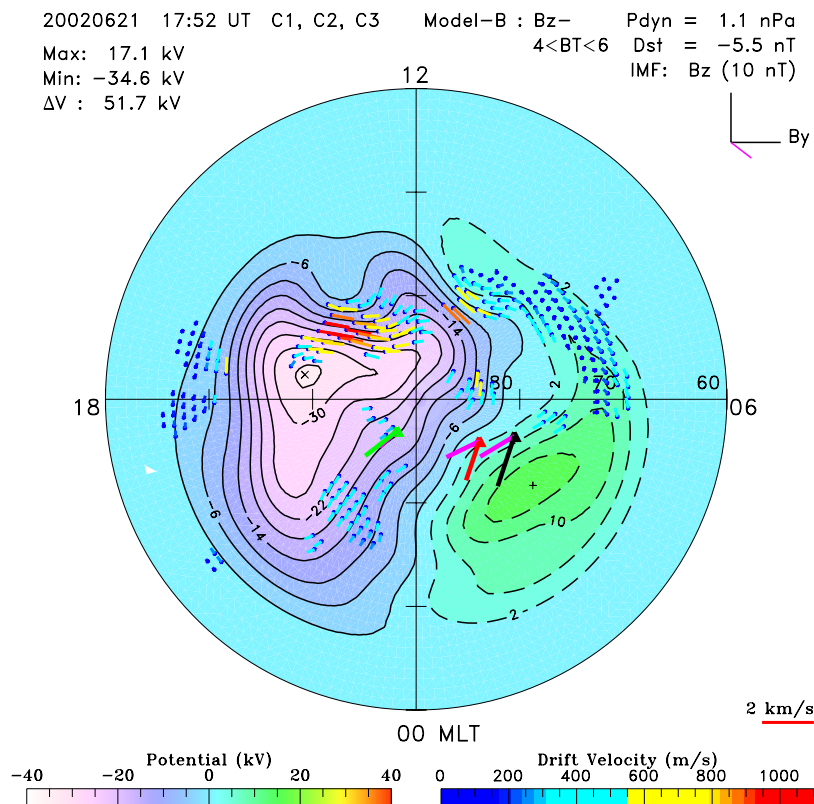


Abb. 2-4: Projektion der EDI Driftmessungen der drei Cluster-Satelliten C1 (schwarzes Dreieck mit Vektorpfeil), C2 (rot) und C3 (grün) in die nördliche polare Ionosphäre, die bereits die von SuperDARN beobachtete elektrische Potentialverteilung zum gleichen Zeitpunkt, einem 2-min-Intervall am 21. Juni 2002, 17:52 UT, enthält. Die Isothermen der Potentialverteilung ist farbkodiert (in der Skala) ebenso wie die Vektorpfeile der SuperDARN Messungen (rechts unten) an den Orten der beobachteten Rückstreuung-Echos, deren Länge der extrapolierten Driftgeschwindigkeit entspricht. Zusätzlich zu den EDI-Messungen sind für den direkten Vergleich der Driftmessungen an den Fußpunkten der Cluster-Satelliten die um den Faktor 3 vergrößerten Vektorpfeile von SuperDARN (magenta) dargestellt. Die Sonnenwindbedingungen zum gegebenen Zeitpunkt (zeitlich verschoben) sind in der oberen rechten Ecke angegeben.

Fig. 2-4: EDI drift measurements of the three Cluster satellites C1 (black triangle with vector arrow), C2 (red), and C3 (green) mapped into the northern polar cap ionosphere which contains the electric potential distribution of SuperDARN observations for the same 2-min time interval on 21 June 2002, 17:52 UT. The potential pattern (isotherms) is color-coded with the scale on the bottom left while the locations of SuperDARN backscatter echoes for drift measurements are color-coded (right bottom) and scaled by the vector length. For easier comparison, the drift vectors at the Cluster's foot points are drawn additionally in magenta and enlarged by a factor of 3. Solar wind conditions (time-aggged) are indicated in the upper right corner.

Der Vergleich von EDI Driftmessungen in der Magnetosphäre mit Beobachtungen des SuperDARN Radarnetzes in der polaren Ionosphäre (Abb. 2-4) dient

The comparison between in situ magnetospheric EDI drift measurements and observations of the SuperDARN radar network in the polar ionosphere

dazu, die Magnetosphären-Ionosphären-Kopplung besser zu verstehen. Hier werden gleichzeitige Messungen von drei Satelliten für ein Zeitintervall dargestellt, zu dem die Cluster Satelliten maximale Abstände aufwiesen (ca. 20000 km). Der Vergleich zeigt eine gute Übereinstimmung für ungestörte Bedingungen (stetige Sonnenwind- und IMF-Bedingungen) insbesondere dort, wo Rückstreuechos in unmittelbarer Nähe zum Fußpunkt gemessen wurden (Cluster 3 im vorliegenden Fall). Die mäßigen Abweichungen in Richtung und Amplitude für die anderen beiden Satelliten verweisen darauf, dass an Stellen geringerer SuperDARN Messpunktdichte das statistische Modell zum Tragen kommt.

(Fig. 2-4) is very useful for a better understanding of the magnetosphere-ionosphere-coupling processes. Here we present comparisons with simultaneous measurements of three satellites for a time interval with very large separation distances (about 20000 km). The comparison shows a good agreement for geomagnetically quiet conditions (i.e. non-variable solar wind and IMF conditions) and, in particular, for those locations of the foot points where nearby radar backscatter signals were recorded (Cluster 3 in this interval). The moderate deviations in drift direction and amplitude for the other two satellite's foot points are due to the low coverage of observational points in that polar cap region and the prevalence of a statistical model used for the extrapolation of the potential pattern.

Überqueren einer auroralen Beschleunigungsschicht / Crossing an auroral Acceleration Layer

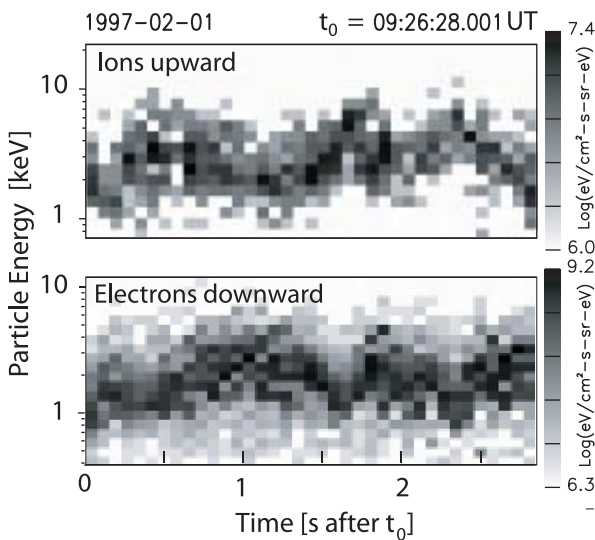


Abb. 2-5: Antikorrelation der Ionen- und Elektronenenergieflüsse bei periodischen Durchquerungen einer auroralen Beschleunigungsschicht. Die Elektronen- und Ionenenergien oszillieren in Antiphase. In der Hochenergiephase der Ionen befindet sich der Satellit oberhalb, in der der Elektronen unterhalb der Schicht.

Fig. 2-5: Anticorrelation of ion and electron energy flux during a crossing of an auroral acceleration layer. The electron and ion energies oscillate in anti-phase. In the high ion-energy phase the spacecraft is above during the high electron-energy phase the spacecraft is below the layer.

Während Störungen der Erdmagnetosphäre wirkt das Polarlichtgebiet zwischen 1000-4000 km Höhe wie ein elektrostatischer Beschleuniger für geladene Teilchen entlang dem Magnetfeld. Elektronen und Ionen werden dabei in entgegengesetzte Richtungen beschleunigt. In aktiven Polarlichtern ist die Beschleunigung von Elektronen abwärts, von Ionen aufwärts, ein eindeutiges Indiz für die Anwesenheit von elektrischen

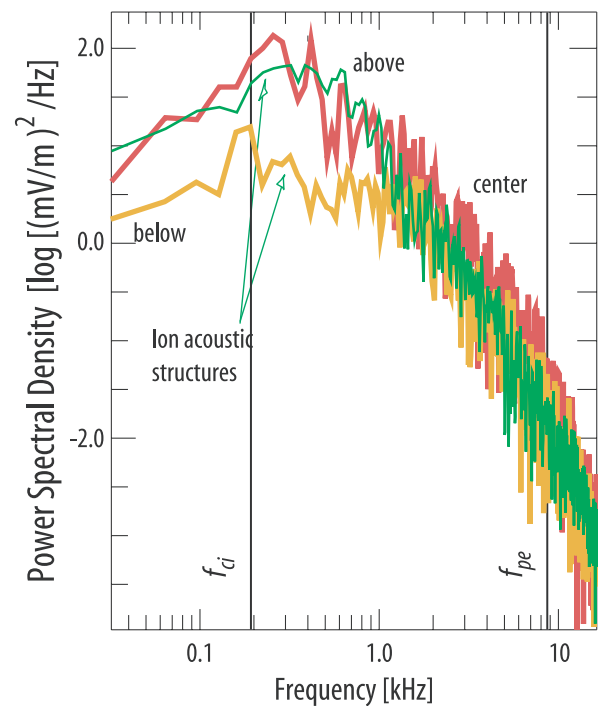


Abb. 2-6: Elektrische Energiespektren von Plasma-Wellen haben höchste Intensitäten im Zentrum der Schicht. Bei niedrigen Frequenzen zeigen sie Signaturen von Ionenschallwellen. Zu hohen Frequenzen hin fallen sie mit einem Potenzgesetz ab.

Fig. 2-6: Electric wave spectra with high spectral intensities in the acceleration layer show the power law decay towards high frequency and signatures of ion-acoustic areas.

The topside low-density auroral region between 1000-4000 km altitude during auroral and magnetospheric disturbances is a violent accelerator of electrons and ions. Measuring the spectral signatures of both particle components, one finds that electrons and ions are accelerated into opposite directions. In active aurorae electrons gain downward energy while ions are accelerated upward a strong indication for the presence of

schen Feldern parallel zum Magnetfeld.

Die Beschleunigung erfolgt in stationären horizontalen Schichten von 10-20 km vertikaler Dicke. Zu beiden Seiten sind die Elektronen- und Ionenenergieflüsse antikorreliert (Abb. 2-5). Wellenspektren ober-, inner- und unterhalb der Schicht (Abb. 2-6) zeigen erhöhte Turbulenzintensität in der Schicht an. Solche mikroskopische Beschleuniger sind ein Paradigma für die gewaltige und prompte Beschleunigung von geladenen Teilchen in astrophysikalischen Objekten.

electric fields along the magnetic field.

The acceleration takes place in nearly stationary, narrow horizontal layers extended in altitude about 10-20 km. Electron and ion fluxes on either side of the layers are strictly anti-correlated by the same amount in energy (Fig. 2-5). Wave spectra obtained above, inside and below the layer (Fig. 2-6) indicate high turbulence inside the layer. Such microscopic accelerators seem to be a paradigm for violent prompt acceleration in astrophysical objects.

Untersuchung der Elektrodynamik von Polarlichtbögen mit dem FAST Satelliten / Auroral Arc Electrodynamics with FAST Satellite Data

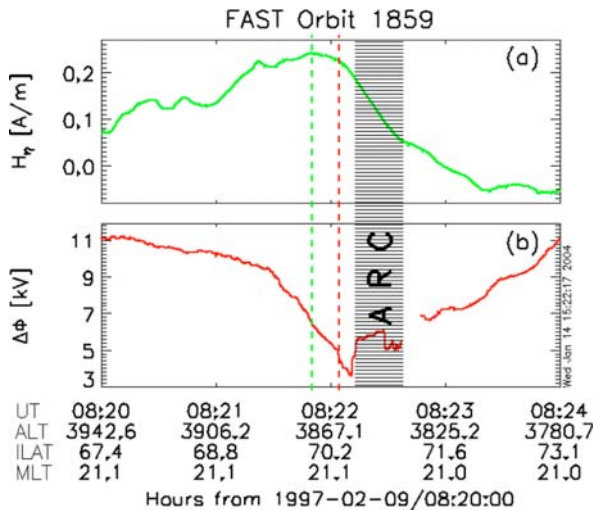


Abb. 2-7: FAST Daten von 9. Februar, 1997. Projektion der Magnetfeldstörung zu Ionosphäre (a), und elektrisches Potential entlang der Satellitenbahn (b). Die Grenze zwischen den abwärts und aufwärts Strömen, der Umkehrpunkt des elektrischen Feldes und der Polarlichtbogen sind angezeigt.

Fig. 2-7: FAST data from February 9, 1997. Perturbation magnetic field mapped to ionosphere (a), and electric potential along the satellite track (b). The boundary between the downward and upward currents, the turning point of the electric field, and the auroral arc are indicated.

Die Elektronen, die in die Atmosphäre eindringen und die Polarlichtbögen verursachen, sind Teil eines Stromkreises, der normalerweise wie ein „U“ aussieht: der aufwärts Strom im Arm über dem Bogen wird in der Ionosphäre an der Unterseite des „U“ und dann aus der Ionosphäre heraus im zweiten Arm fortgesetzt. Abb. 2-7 zeigt FAST Daten, die einem breiten und stabilen Winterabendbogen entsprechen. Dies ist ein untypischer Fall, in dem die abwärts und aufwärts Ströme in der Ionosphäre entkoppelt sind. Die Magnetfelddaten (oben) zeigen abwärts Strom (positive Steigung) südlich vom Bogen und aufwärts Strom (negative Steigung) über dem Bogen; gleichzeitig nimmt das elektrische Potential (unten) südlich vom Bogen mit der Breite ab und über dem Bogen zu. Dies zeigt eine Umkehr des elektrischen Feldes von nordwärts nach südwärts an. Weil der Umkehrpunkt sehr nah an der Grenze zwischen den abwärts und aufwärts gerichteten Strömen ist, wird der größte Teil des abwärts Stromes nach Osten umgeleitet, während der aufwärts Strom vom ionosphärischen, nach Westen gerichteten Strom, gespeist wird.

The electrons that strike the atmosphere and cause the auroral arcs are part of a current circuit which typically looks like an “U”: the upward current in the arm above the arc is continued in the ionosphere at the bottom of the “U” and then out of the ionosphere in the second arm. Fig. 2-7 shows FAST data corresponding to a wide and stable winter evening arc, an atypical event where the downward and upward currents are decoupled in the ionosphere. The magnetic field data (top) shows downward current (positive slope) south of the arc and upward current (negative slope) above the arc; at the same time the electric potential (bottom) decreases with latitude south of the arc and increases above the arc, which implies a turn of the electric field from northward to southward. Because the turning point is very close to the boundary between the downward and upward currents, most of the downward current is diverted eastward, parallel to the arc, while the upward current is fed by the ionospheric westward current, that flows along the arc.

Rekonnexion / Reconnection

Rekonnexion, d.h. Verknüpfung von antiparallelem Magnetfeld in eine neue Konfiguration, ist ein wichtiger Prozess in der Magnetosphäre, in der Atmosphäre der Sonne, und in anderen astrophysikalischen Umgebungen. Dieser Prozess ist nur möglich, falls das Plasma nicht ideal elektrisch leitend ist. Im stoßfreien Plasma kann die Idealität durch kollektive Prozesse

Magnetic reconnection, i.e., the topological change of anti-parallel magnetic field into a newly connected reconfiguration is an important process in the magnetosphere, in the solar corona, and in other astrophysical settings. This process is only possible if the plasma is non-ideal, i.e. there exists for instance a resistivity due to collisions or an anomalous resistivity due to collec-

verletzt werden, dies führt zu einer sogenannten anomalen Resistivität. Andere Prozesse, die die Idealität in einem kleinen räumlichen Bereich auf der Skala der Elektronen-Inertiallänge verletzen, sind die Trägheit der Elektronen und die Asymmetrie des Elektromagnetischen Druckensors im Gebiet der Rekonnexionslinie. Diese Prozesse wurden mit Hilfe von sogenannten Teilchensimulationen untersucht. Hierbei wird das Plasma durch eine große Anzahl von Ionen und Elektronen dargestellt, deren Bahnen im elektrischen und magnetischen Feld selbstkonsistent verfolgt werden. Ausgehend von dünnen Stromschichten mit antiparallelem Feld, d.h. Stromschichten mit Dicken von der Größenordnung des Ionengyrationsradius, ergibt sich Folgendes: Am Rand der Stromschicht entsteht auf Grund des Dichtegradienten eine Untere Hybrid-Instabilität (Lower Hybrid Drift Instability – LHDI). Abb. 2-8 zeigt die Elektronendichte und das elektrische Feld in der Ebene senkrecht zum antiparallelen Magnetfeld zu drei verschiedenen Zeiten. Das induktive elektrische Feld der LHD Welle beschleunigt die Elektronen im Zentrum der Stromschicht in Stromrichtung (hier die z-Richtung), was gleichbedeutend mit einer erhöhten Stromstärke und einer Verdünnung der Stromschicht ist. Dies führt zu schnell einsetzender stoßfreier Rekonnexion. Abb. 2-9 zeigt von oben nach unten den Elektronenstrom, die Elektronendichte, und die Elektronengeschwindigkeit in einem Schnitt durch die Stromschicht. Die gestrichelten Kurven stellen die Anfangswerte dar; die durchgezogenen Linien sind die Profile kurz vor Einsetzen der Rekonnexion. Elektronenbeschleunigung durch die LHD Instabilität ist ein wichtiger Prozess für das schnelle Einsetzen von Rekonnexion in dünnen Stromschichten.

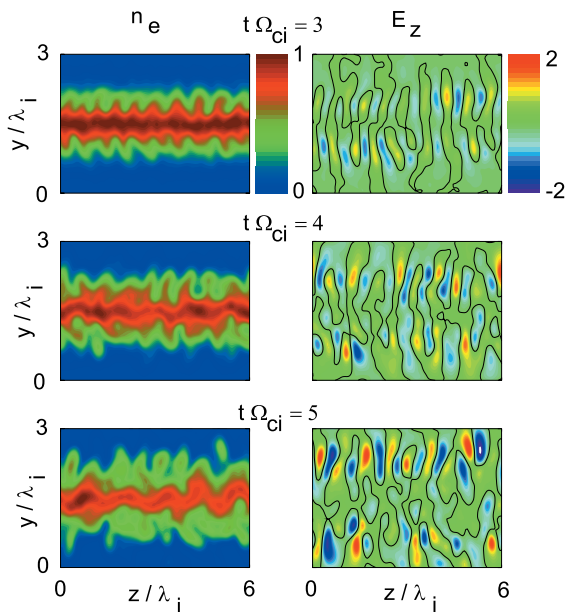


Abb. 2-8: Elektronendichte (links) und elektrisches Feld (rechts) zu drei verschiedenen Zeiten.

Fig. 2-8: Electron density (left) and electric field (right) at three different times.

Other processes in collisionless plasmas. Other processes, which violate the ideality on the electron scale in a collisionless plasma are electron inertia and non-diagonal terms of the electron pressure tensor near a reconnection (or X) line. Such collisionless reconnection has been investigated by so-called Particle-in-cell (PIC) simulations, where the orbits of individual electrons and ions are followed and the fields are determined self-consistently. In anti-parallel current sheets of a thickness of the ion gyroradius the lower hybrid drift (LHD) instability arises in the region of the largest density gradient at the edges of the current sheet. Fig. 2-8 shows the electron density and the electric field in the plane perpendicular to the anti-parallel magnetic field at three different times. The inductive field of the LHD wave accelerates the electrons in the current sheet center in the current (x) direction. This increase of the current density and the corresponding thinning of the current sheet results in rapid onset of collisionless reconnection. Fig. 2-9 shows from top to bottom cuts of the electron current, of the electron density, and of the x-component of the electron velocity through the current sheet. Also shown are the initial values of the corresponding quantities by dashed lines. Electron acceleration due to the LHD instability is an important process for the rapid onset of collisionless reconnection.

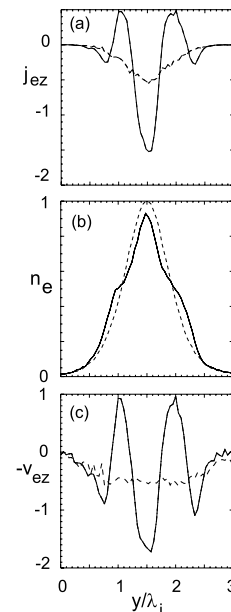
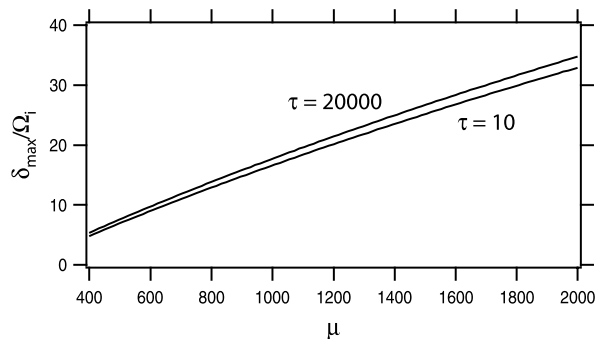


Abb. 2-9: von oben nach unten: Elektronenstrom, Elektronendichte und Elektronengeschwindigkeit durch die Stromschicht.

Fig. 2-9: from top to bottom: Electron current, electron density and electron velocity through the current sheet.

Simulation von quasi-senkrechten Stoßwellen / Simulation of Quasi-perpendicular shocks

An quasi-senkrechten Stoßwellen, bei denen das Magnetfeld fast senkrecht zur Normalenrichtung steht, wird ein Teil der Ionen des anströmenden Plasmas reflektiert, und es entsteht im Magnetfeld ein sogenannter Fuß. Verlangt man, dass kein elektrischer Strom in Normalenrichtung vorliegt, so müssen auf Grund der Reflektion der Ionen die Elektronen abgebremst werden. Die daraus resultierende Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Ionen und Elektronen des anströmenden Mediums kann zu einer Zwei-Strom-Instabilität führen. Diese Instabilität wurde zunächst in der linearen Näherung für ein kaltes Plasma untersucht, und es zeigt sich, dass die Wachstumsrate so hoch ist, dass die Instabilität im Fuß der Stoßwellen wichtig wird. Es wurde dann der Einfluss der Landau-Dämpfung in einem warmen Plasma auf die Anwachsrate der Instabilität untersucht. Abb. 2-10 zeigt die Abhängigkeit der Anwachsrate (in Einheiten der Ionengyrofrequenz) vom gewählten Massenverhältnis zwischen Ionen und Elektronen für zwei verschiedene Werte von τ (dem Quadrat der Elektronen-Plasma-Frequenz zur Gyrofrequenz). Es zeigt sich, dass die Anwachsrate mit dem Massenverhältnis stark ansteigt. Bei realistischem Massenverhältnis ist die Anwachszeit der Instabilität kleiner als die Gyrationzeit der Ionen im Fall einer Stoßwelle. Simulationen von stoßfreien Stoßwellen müssen deshalb mit dem realen Massenverhältnis durchgeführt werden, da sonst u.U. die Zwei-Strom-Instabilität künstlich unterdrückt wird.



Quasi-perpendicular shocks, i.e., shocks where the upstream magnetic field is almost perpendicular to the shock normal, specularly reflect part of the incident plasma. This leads to a so-called foot in the magnetic field profile. Requesting that there is no net electrical current flowing in the shock normal direction leads then to the result that the electrons are decelerated. The relative velocity difference between the incoming electrons and the incoming ions can lead to the so-called modified two-stream instability. This instability has been investigated for the parameter regime in the foot of the bow shock by solving the linear dispersion relation and it turns out that the instability has growth times of the order of the ion gyrotime so that it will be important in the foot region. Fig. 2-10 shows the mass dependence of the growth rate of the modified two-stream instability (in units of the ion gyrofrequency) for two different values of τ (square of the ratio of the electron plasma frequency to electron gyro frequency). As can be seen, the growth rate increases considerably with increasing mass ratio. In the past most PIC simulations of quasi-perpendicular shocks have been performed with artificially low ion to electron mass ratios of about 50 to 100. Shock simulations have to be performed with the realistic mass ratio since otherwise the modified two-stream instability is artificially suppressed.

Abb. 2-10: Anwachsrate der Zwei-Strom Instabilität als Funktion des Ionen zu Elektronen Massenverhältnisses.

Fig. 2-10: Growth rate of the two-stream instability as a function of the ion to electron mass ratio.

Anwendung moderner Spektralanalyse auf die Plasmaturbulenz / Application of Modern Spectral Analysis to Plasma Turbulence

Spektralanalyse (bezüglich Frequenz und Wellenzahl) kann sehr wertvolle Information über die Erzeugungsmechanismen der Plasmaturbulenz liefern. Traditionelle statistische Abschätzungen, zum Beispiel Periodogramme, sind aber durch Durchsickern von Spektralinformation in benachbarte Frequenzkanäle und durch große statistische Schwankungen erheblich eingeschränkt. Sie sind daher für gewöhnlich nicht brauchbar für eine verlässliche Bestimmung der Frequenzen und Amplituden von Spektrallinien, die zu Wellenmoden (Instabilitäten) gehören können. Auch eine Abtrennung dieser Linien vom Hintergrundrauschen ist dann kaum möglich.

Wir haben gezeigt, dass moderne Methoden der Spektralanalyse, welche hauptsächlich im Zusammen-

Spectral analysis (in frequency and wave number space) can provide very valuable information about the generation mechanisms of plasma turbulence. Traditional estimates, such as periodograms, however, suffer from significant spectral leakage into neighbouring frequency bins and from large statistical fluctuations. They are thus usually inadequate for reliably determining frequencies and amplitudes of spectral lines, which may correspond to wave modes, and for separating them from the noise background.

We have demonstrated that modern spectral analysis methods, which were mostly developed in the geo-

hang mit der Geophysik entwickelt wurden, aber auch schon Anwendungen auf andere Gebiete, z. B. die Neurologie, gefunden haben, erfolgreich erweitert und dann auf die Analyse von Plasmaturbulenz angewendet werden können. Die Maximum Entropy Methode (MEM) liefert scharfe Spektrallinien sogar für sehr kurze Signale und ist daher besonders geeignet, wenn die Beobachtungszeit eingeschränkt ist, zum Beispiel durch die Nichtstationarität während der anfänglichen Wachstumsphase von Instabilitäten. Wenn längere Beobachtungszeiten möglich sind, liefert die Multi Taper Methode (MTM) ausgezeichnete und sehr verlässliche Resultate. MTM erlaubt insbesondere die Bestimmung von Spektrallinien, die mit einem statistischen Test (F Test) für den Verlässlichkeitsgrad verbunden werden kann. MEM und MTM können auch kombiniert werden, derart dass MEM für ein „pre-whitening“ des Spektrums benützt wird, was dann eine noch verlässlichere Analyse über ein im Amplitudenbereich stark reduziertes Zwischenspektrum ermöglicht. Wir haben diese Methoden auf Teilchensimulationen verschiedener Mikroinstabilitäten angewandt, bei welchen das elektrische Potential für einen relevanten Wellenzahlbereich abgespeichert und dann für die nachträgliche Analyse benützt wurde.

physics context, but with applications already in other fields, such as neurology, can be successfully extended and adopted for the analysis of plasma turbulence. The Maximum Entropy Method (MEM) yields sharp spectra, even for short signals, and thus is especially suitable when the sampling time is limited, e.g. by the dynamics of the system in the initial instability phase. When longer sampling times are possible, the Multiple Taper Method (MTM) yields excellent and very reliable results. MTM allows, in particular, the detection of spectral lines, accompanied by a statistical test (F test) for the confidence level. MEM and MTM can also be combined, such that MEM is used for "pre-whitening" of the spectrum and the remaining analysis can thus be carried out more reliably for an intermediate spectrum of reduced amplitude range. We have applied these methods to particle simulations of various micro instabilities in which the electric field potential is saved for relevant wave numbers and then used for post processing.

[BOUHRAM, DUM, FÖRSTER, GEORGESCU, HAALAND, KLECKER, MARGHITU, PASCHMANN, PUHL-QUINN, SCHOLER, TREUMANN, VAITH]

2.1.2 Sonne und Heliosphäre / Sun and Heliosphere

Die Feinstruktur solarer Radioemission / Solar Coronal Radio Emission Fine Structure

Die spektrale Feinstruktur von solaren Radioemissionen enthält Information über die Dynamik des Plasmas in solaren aktiven Regionen. Unter diesen Emissionen sind die im Gefolge von Solaren Flares auftretenden von besonderem diagnostischem Wert. Magnetische Flussröhren enthalten große Mengen von heißen eingefangenen Elektronen, die elektromagnetische Wellen und Strahlung anregen, unter anderem Z-Moden unterhalb doch dicht an der oberen Hybridfrequenz. Diese können die Korona der Sonne nicht verlassen. An denjenigen Stellen jedoch, wo die obere Hybridfrequenz mit einer Harmonischen der Elektronenzyklotronfrequenz zusammenfällt, werden diese Wellen sehr intensiv und können in lokalen Dichtefluktuations eingefangen und in Strahlung umgewandelt werden. Der Empfang spaltet das Wellenspektrum in Pseudoharmonische und erzeugt eine schmalbandige Strahlung, wo die Linien wie eine Ballettgruppe im Spektrum gemeinsam variieren. Solare Typ IV Radioemissionen (Abb. 2-11) zeigen dieses Verhalten. Ihre Spektren sind als "Zebras" bekannt. Da Z-Moden in der gesamten Flussröhre erzeugt werden, deuten Zebras auf die Existenz von Schichten mit Dichtefluktuations hin. Die neue Theorie erklärt die Existenz von Zebras als lokale Emissionen (Abb. 2-12), deren Zentralfrequenz in der Nähe der lokalen Elektronenzyklotronfrequenz liegt. Die Anzahl der Harmonischen gibt die mittlere Amplitude der Dichtefluktuations an. Diese bewegt sich im Prozentbereich.

The spectral fine structure of solar radio bursts contains information about the dynamics of the plasma in solar active regions. Among these fine structures those in the aftermath of solar flares are of particular interest. Magnetic loops contain large amounts of hot-trapped particles which may excite electromagnetic waves and radiation, among them z-mode waves below and close to the upper-hybrid frequency which cannot escape from the solar corona. However, at places where the upper hybrid frequency equals a low harmonic of the electron cyclotron frequency, these waves are particularly intense and may become trapped in local density enhancements. Trapping implies that the wave spectrum splits into pseudo-harmonics giving rise to a structured narrow-band line spectrum which varies in tandem as shown in Fig. 2-11 in the solar type IV radio spectrum and known under the name of "zebra emissions". The radiation is generated when these intense trapped waves couple and transform into escaping radiation. Since z-mode waves are generated all over the loop the appearance of zebras indicates the existence of layers of structured density fluctuations. The new theory explains quite well the existence of zebras as a local emission (Fig. 2-12) of which the central frequency is near the local electron cyclotron frequency. The number of observed harmonics determines the average amplitude of the density fluctuations, which are at the percent level.

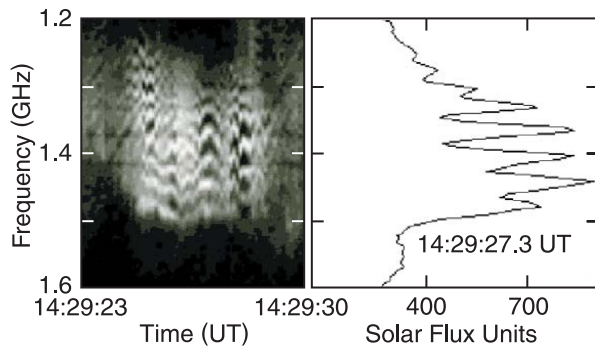


Abb. 2-11: Beispiel einer Zebra-Emission in einem solaren Typ IV Radioburst. Links: das beobachtete Spektrum. Rechts: Intensität der Emissionslinien als Funktion der Frequenz.

Fig. 2-11: An example of zebra emissions in a solar type IV radio burst. Left: the observed spectrum. Right: the intensity of the emission lines as function of frequency.

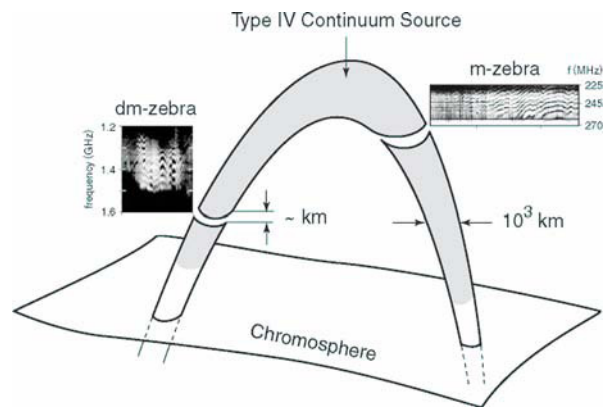


Abb. 2-12: Schematische Darstellung zweier Regionen mit Zebraemissionen in einer solaren aktiven Flussröhre im Typ IV mit der Lage von metrischen und dezimetrischen Zebraquellen.

Fig. 2-12: A schematic of two regions of zebra emission in a type IV active solar loop showing regions of decimetric and metric zebra sources.

Die Ionenladungszusammensetzung in Impulsiven Solaren Ereignissen / The Ionic Charge Composition in Impulsive Solar Energetic Particle Events

Solare energetische Teilchenereignisse werden gewöhnlich in 2 Klassen eingeteilt, die als „Impulsive“ und „Graduelle“ Ereignisse bezeichnet werden. Graduelle Ereignisse sind mit koronalen Massenauswürfen (CMEs) korreliert, während Impulsive Ereignisse mit solaren Flares korreliert sind. Unsere ersten Ladungsmessungen mit ISEE-3 vor nunmehr 20 Jahren zeigten bereits, dass einer der charakteristischen Unterschiede dieser beiden Typen von Ereignissen die mittleren Ionenladungen sind. Während in graduellen Ereignissen die mittlere Ladung von Ionen im Bereich O – Fe mit der des solaren Windes übereinstimmt (z.B. ~10 für Fe), ist die Ladung energetischer Ionen im Energiebereich ~0.5-1.0 MeV/Nukleon signifikant höher (z.B. ~20 für Fe).

Solar energetic particle (SEP) events are thought to have two basic classes, usually referred to as “impulsive” and “gradual”. Gradual events are related to CMEs (Coronal Mass Ejections) and interplanetary shocks, whereas impulsive events are related to flares. Our first direct charge state measurements for SEPs with ISEE-3 about 20 years ago showed that one of the characteristic differences between these 2 types of events are the ionic charge states of heavy ions. Whereas in gradual events the mean ionic charge of elements in the range O – Fe is mostly compatible with solar wind (sw) charge states, the heavy ion charge states in impulsive events at ~0.5-1.0 MeV/nuc had been found to be significantly larger (e.g. ~20 for Fe).

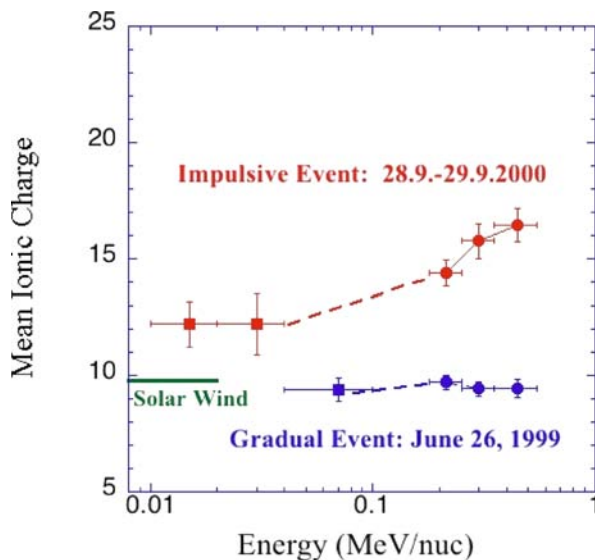


Abb. 2-13: Mittlere Ionenladung von Fe als Funktion für 2 verschiedene Typen von Ereignissen: in dem impulsiven Ereignis vom 28.-29. September 2000 wird ein starker Anstieg der mittleren Ladung mit Energie ($\Delta Q \sim 5$) beobachtet. Dies kann durch zusätzliche Ionisierung während der Beschleunigung in der unteren Korona erklärt werden. Die mittlere Fe Ladung im graduellen Ereignis vom 26. Juni 1999 ist dagegen ähnlich der Fe Ladung im solaren Wind und zeigt keinen Anstieg mit Energie, konsistent mit einer Beschleunigung im interplanetaren Raum.

Fig. 2-13: Mean ionic charge of Fe as a function of energy for 2 different types of events: In the impulsive event of September 28-29, 2000, a large increase of the mean ionic charge with energy ($\Delta Q \sim 5$) is observed. This can be attributed to additional charge stripping low in the corona. The Gradual event of June 26, 1999 is shown for comparison: The mean ionic charge of Fe is independent of energy and similar to SW Fe charge states, consistent with acceleration in interplanetary space.

Durch die Kombination der Messungen unserer Experimente auf SOHO und ACE sind wir nun in der Lage, den Energiebereich zu niedrigeren Energien von $\sim 0.01\text{-}0.55$ MeV/Nukleon auszudehnen. Abb. 2-13 zeigt zwei typische Fälle: während im Graduellen Ereignis eine mittlere Ladung von Fe ~ 10 beobachtet wird, unabhängig von der Energie, zeigt das Impulsive Ereignis einen starken Anstieg der mittleren Ionenladung von Fe ($\Delta Q \sim 5$). Dieser starke Anstieg der Ionenladung bei Energien > 0.1 MeV/Nukleon ist konsistent mit Modellen zur Beschleunigung der Ionen im Flare-Gebiet nahe an der Sonne, in dem die Dichte hoch genug ist, um eine zusätzliche Ionisierung zu verursachen. Eine genaue Bestimmung der Ionenladung bei niedrigen Energien (< 0.1 MeV/Nukleon) ermöglicht uns daher, die Plasmaparameter in der Beschleunigungsregion (Dichte, Temperatur) zu ermitteln.

Combining measurements of the experiments STOF onboard SOHO and SEPICA onboard ACE we are now able to extend the energy range to $\sim 0.01\text{-}0.55$ MeV/nuc. Fig. 2-13 shows the mean ionic charge of Fe for an impulsive event and for a gradual event. Whereas the gradual event exhibits a mean ionic charge of Fe of ~ 10 , independent of energy, the impulsive event shows a large increase with energy ($\Delta Q \sim 5$). This substantial increase at energies > 0.1 MeV/nuc is consistent with the prediction of models that combine acceleration in a high-density plasma environment with stripping during the acceleration. Thus, a combination of the ionic charge measurements in this low-energy range with model calculations can be used to infer the plasma conditions at the acceleration site.

[KLECKER, TREUMANN]

2.1.3 Planeten, Kometen und Asteroiden / Planets, Comets and Asteroids

Röntgenstrahlung vom Saturn / X-rays from Saturn

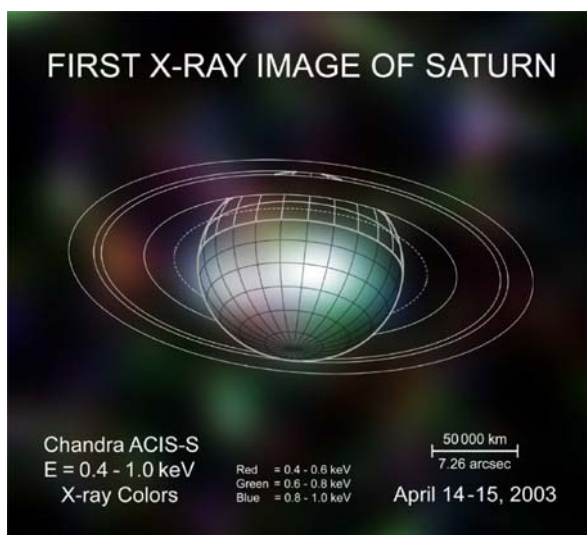


Abb. 2-14: Das erste Röntgenbild von Saturn, aufgenommen am 14.-15. April 2003 mit Chandra. Die Information über die Energie der Röntgenphotonen wurde in Farben umgesetzt. Zur besseren Orientierung ist die Position von Saturn und seiner Ringe während der Beobachtung eingezeichnet. Die Röntgenphotonen kommen fast ausschließlich von der uns zugewandten Südhalbkugel des Planeten. Dort, wo die Ringe vor dem Planeten liegen, wurden keine Röntgenphotonen registriert. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Saturnringe zum einen Röntgenstrahlung effektiv absorbieren und zum anderen nur sehr wenig solare Röntgenstrahlung zurückstreuen.

Fig. 2-14: The first X-ray image of Saturn, obtained on April 14-15, 2003, with Chandra. The information about the energy of the X-ray photons was transformed into colours. A drawing of Saturn and its rings at the time of the observation was overlaid for clarity. The X-ray photons come almost exclusively from the southern hemisphere, which is tilted towards us. No X-ray photons were detected from the regions which are covered by the rings. This is an indication that the rings of Saturn are optically thick to X-rays and have a low X-ray albedo.

In diesem Jahr ist zum ersten Mal der eindeutige Nachweis gelungen, dass Saturn eine, wenn auch sehr schwache, Röntgenquelle ist. Während der rund 18-stündigen Beobachtung registrierte der ACIS-S Detektor auf Chandra 106 Photonen von Saturn, also im Mittel nur eines alle 10 Minuten (Abb. 2-14).

Trotz der geringen Photonenzahl ist es nicht leicht, ein einfaches spektrales Modell zu finden, das die gemessene Energieverteilung beschreibt. Das einzige passende Einkomponentenmodell, ein 0.18 keV Schwarzkörperspektrum, ist physikalisch nicht plausibel. Ein akzeptabler und physikalisch motivierter Fit gelingt mit einem 0.39 keV thermischen Spektrum, dem eine Sauerstoff-Fluoreszenzlinie überlagert ist. Ein Viertel

This year X-rays from Saturn were unambiguously detected for the first time. Saturn was revealed to be a very faint X-ray source: during 18 hours of observing time, Chandra ACIS-S detected 106 photons from Saturn. This corresponds to an average of only one photon every 10 minutes (Fig. 2-14).

Despite the low number of photons, it is not an easy task to find a simple spectral model which reproduces the measured energy distribution. The only acceptable single component model, a 0.18 keV blackbody, is physically not plausible. A 0.39 keV thermal spectrum, with an oxygen fluorescence emission line superimposed, however, provides an acceptable and physically motivated fit. The oxygen line accounts for one quarter

der im Energiebereich 0.3-2.0 keV abgestrahlten Energie kommt von der Sauerstofflinie, was für solare Röntgenstrahlung spricht, die in den oberen Schichten der Saturnatmosphäre gestreut wird. Bei der Streuung handelt es sich um eine Überlagerung von elastischer Streuung, vor allem an Wasserstoff, und Fluoreszenzstreuung, vorwiegend an Sauerstoff. Die Intensität der Sauerstoff-Fluoreszenzlinie ist mit der beim Mars beobachteten vergleichbar, wenn man die unterschiedliche Größe beider Planeten und ihren unterschiedlichen Abstand von der Sonne und Erde berücksichtigt.

Die von Saturn ausgesandte Röntgenstrahlung ist jedoch stärker als man aufgrund von Streuung solarer Röntgenstrahlung erwarten würde. Dies spricht für die Existenz eines zusätzlichen Emissionsmechanismus. Die Röntgenstrahlung von Saturn weist Gemeinsamkeiten mit der äquatornahen Röntgenstrahlung von Jupiter auf. Bei Jupiter ist jedoch in der Nähe der magnetischen Pole die Röntgenintensität deutlich erhöht, während sie bei Saturn zum Südpol hin abnimmt.

Mit dieser Beobachtung konnte jetzt von allen Planeten von Venus bis Saturn Röntgenstrahlung erfolgreich nachgewiesen werden, wobei das MPE an mehr als der Hälfte der Erstentdeckungen beteiligt war.

Beobachtungen von Neptun mit VLT / Observations of Neptune with VLT

Beobachtungen der Neptunatmosphäre mit dem ISAAC Instrument der ESO am VLT UT1 (ANTU) zeigten einen signifikanten Anstieg des reflektierten Sonnenlichts im Wellenlängenbereich des L-Bandes (3.5-4.1 Mikron) im Vergleich zu Messungen aus dem Jahr 1997. Der räumlich aufgelöste Fluss kommt aus einer gürtelähnlichen Region in der Südhemisphäre. Das Licht wird bei einem Atmosphärendruck von ca. 100 mbar durch verschiedene Wolkenlagen reflektiert. In der Neptunatmosphäre entspricht dies dem Druck- und Temperaturniveau bei dem CH₄ kondensiert. Durch die UV Strahlung der Sonne finden in höheren Atmosphärenlagen Photolysereaktionen statt, welche CH₄ in andere Kohlenwasserstoffe umwandeln und eine Quelle für stratosphärischen Dunst darstellen. Neptun befindet sich in seinem 165 Jahre dauernden Umlauf um die Sonne kurz vor der Südsonnenwende, die zum ersten Mal mit moderner Instrumentierung und geeigneter räumlicher Auflösung beobachtet werden kann. Der erhöhte Fluss wird direkt mit der angestiegenen Sonneneinstrahlung in Zusammenhang gebracht, jedoch fehlt bis heute ein schlüssiges Modell für dieses Phänomen.

of the energy emitted in the 0.3 - 2.0 keV band. This suggests that the X-rays from Saturn are due to solar X-rays, scattered in its upper atmosphere, by a superposition of elastic scattering, mainly on hydrogen, and fluorescent scattering, mainly on oxygen. The intensity of the oxygen fluorescence line is comparable to that observed from Mars, if the different size of both planets and their different distance from Sun and Earth are taken into account.

The X-ray intensity of Saturn, however, exceeds the intensity which is expected for scattering of solar X-rays, suggesting the presence of an additional emission mechanism. There are similarities between the X-ray emission of Saturn and the equatorial X-ray emission of Jupiter. However, while the X-ray intensity of Jupiter increases towards the magnetic poles, it decreases towards Saturn's south pole.

With this observation, all planets from Venus to Saturn have now been revealed to be X-ray sources, with MPE being involved in more than half of the original discoveries.

Observations of the atmosphere of Neptune with ESO's ISAAC instrument on VLT UT1 (ANTU) revealed a significant increase of the reflected sunlight in the wavelength range of the L-band (3.5-4.1 micron) as compared to measurements in 1997. The excellent spatial resolution of the measurements showed, that the major contribution of the flux originates from a belt like region in the southern hemisphere. A similar belt was seen also in the north, however a lot fainter. According to the modelling of the spectra, the light must have been reflected by different cloud layers. The major part of the reflection occurs at atmospheric pressures of about 100 mbar. In Neptune's atmosphere this corresponds to the pressure and temperature level at which CH₄ condenses. Solar UV radiation causes photolytical processes in the upper atmospheric layers, which can convert CH₄ into other hydrocarbons and forms a source of stratospheric hazes. A contribution of the reflections at the corresponding pressure level confirmed this hypothesis in comparison of the model with the data. Within the 165-year orbit around the sun, Neptune is close before its southern summer solstice, which can be observed for the first time with modern instruments and adequate spatial resolution. The elevated flux is thought to be directly related to the increased solar radiation, however a conclusive model for this phenomenon is still not available.

[DENNERL, FEUCHTGRUBER, MÜLLER]

2.2 STERNENTWICKLUNG UND DAS INTERSTELLARE MEDIUM / STELLAR EVOLUTION AND THE INTERSTELLAR MEDIUM

Sterne und ihre interstellare Umgebung können wir am Besten in unserer Galaxie studieren. Mit Messungen an Sternhaufen, interstellaren Wolken, und diffuser Radioaktivität untersuchen wir, wie sich Sterne bilden, und wie sie das interstellare Medium formen. Unser großräumiges Bild der interstellaren Materie testen wir anhand der kosmischen Strahlung. In späten Sternentwicklungs-Phasen ereignen sich gewaltige Ereignisse wie Novae und Supernovae, und führen zu kompakten Reststernen, den weißen Zwergen, Neutronensternen, und schwarzen Löchern. Charakteristische Strahlung wird durch Akkretion von Materie auf diese Reststerne oder durch Konversion deren Rotationsenergie hervorgerufen, und enthüllt uns so die Eigenschaften dieser exotischen Sterne.

Unser Institut ist beteiligt an Durchmusterungen von Sternbildungsregionen bei infraroten und sub-mm Wellenlängen, und in Suchprogrammen nach Planeten und jungen Sternen an Großteleskopen der 8-10m-Klasse. Aus Periodizitäten in der Emission von Novae und von Quellen mit niederenergetisch-betontem Röntgen-Spektrum schließen wir, dass Kernfusion auf der Oberfläche akkretierender weißer Zwerge instabil verläuft. Aus Rotations-Energieverlusten in einzelstehenden Neutronensternen können wir auf die Zustandsgleichung dieser exotischen Materie schließen; in den Magnetosphären solcher Neutronensterne (Pulsare) können Teilchen auf hohe Energien beschleunigt werden, sie erlauben uns eine Untersuchung dieser Regionen. Die vielfach gemessenen mysteriösen Ausbrüche von Gamma-Strahlung (Gamma-Bursts) zeugen vermutlich direkt von der Entstehung eines schwarzen Lochs. Das Nachglühen solcher Ausbrüche konnten wir erstmals mit hoher zeitlicher Auflösung und in polarisierter Strahlung beobachten. Damit wurde erstmals direkt ein Bezug zwischen Gammastrahlen-Ausbrüchen und Kernkollaps-Supernovae hergestellt, u.a. durch Nachweis des Übergangs von der Strahlungs-Charakteristik beschleunigter Teilchen zu linien-dominiertes Emission wie wir sie von Supernovae kennen. Diffuse Radioaktivität aus der inneren Galaxie sieht INTEGRAL mit hoher spektraler Auflösung. Eine Analyse der Dopplerverschiebung radioaktiv erzeugter Gammalinien erlaubt uns, die Gas-Kinematik von Regionen mit zahlreichen jungen Sternen und Supernova-Ereignissen sowie die physikalischen Bedingungen der Annihilation von Positronen im interstellaren Medium zu untersuchen. Für das interstellare Medium wurden am Institut erstmals 3-dimensionale dynamische Modelle in guter räumlicher Auflösung erstellt. Daraus erkennen wir, dass rasche Phasenübergänge üblich sind und das gängige parametrische Phasen-Modell wohl zu einfach ist, um die beobachteten Strömungen und Filamentstrukturen realistisch darzustellen.

Individual stars and their interstellar environment can be studied best in our Galaxy. Observing stellar clusters, clouds, and diffuse radioactivities, we investigate star formation activity and its interstellar-medium feedback. Cosmic-ray properties allow to verify the consistency of our understanding of the interstellar medium at large-scales. Late and final stages of stellar evolution lead to violent processes like novae and supernovae and remnant stars such as white dwarfs, neutron stars, and black holes. Characteristic radiation emerges from accretion processes or rotational-energy conversion, and reveals the properties of these exotic stars.

Our institute is involved in surveys of star-forming regions in infrared and submillimeter radiation, and in searches for young stars and planets using adaptive-optics spectra from 8-10m class telescopes. In studies of supersoft sources and of novae, periodicities have been identified, which indicate that nuclear burning is rather unstable on the surfaces of white dwarfs which accrete matter from their companion stars. Rotational-energy loss in isolated neutron stars has been investigated in terms of the equation-of-state of this exotic neutron-star matter; particle-acceleration characteristics relate to details of the magnetosphere around such strongly magnetized stars. Gamma-ray bursts are probably related to the formation of stellar-mass black holes; we have observed the initial afterglow emission at high time resolution and with polarization. This is among the first direct proofs of a connection between gamma-ray bursters and core-collapse supernovae, through tracking the transitions in spectral properties from jet-produced synchrotron emission to line-dominated emission as characteristic for a supernova. INTEGRAL has measured diffuse emission from radioactivity in the inner Galaxy at high spectral resolution, which will allow Doppler analysis to investigate the kinematics and positron annihilation conditions in these regions of enhanced massive-star and supernova activity. Models of the interstellar medium have been constructed at the institute for the first time in 3-dimensional resolution of turbulent-energy injections over time; these demonstrate that violent phase transitions of the ISM are common, and conventional parametric models may be too simplified for a realistic interpretation of observed flows and filamentary structure evolution.

2.2.1. Junge Sterne und Stellare Objekte / Young Stars and Stellar Objects

Eines der großen ungelösten Probleme der Sternentstehung ist die Massenverteilung der Sterne bei ihrer Entstehung und der Zusammenhang mit den physikalischen Zuständen in den jeweiligen Sternentstehungsgebieten. Mit der NAOS/CONICA Kamera (mit adaptiver Optik) am VLT haben wir die Massenverteilung bis unterhalb der Wasserstoffbrennen-Massengrenze in den massereichsten Sternentstehungsgebieten unserer Galaxis gemessen: NGC 3603, W51 und dem Quintuplet-Cluster. Jedes dieser Gebiete ist ~ 100 -mal leuchtkräftiger als das Orion Sternentstehungsgebiet.

Wir untersuchten ferner die im fernen Infraroten hellsten IRAS-Quellen in der äußeren Galaxis mit dem IRAM, dem Heinrich-Hertz und dem James-Clerk-Maxwell-Teleskop. Wir fanden, dass es sich typischerweise um Mehrfachquellen handelte, jedoch stimmten die IRAS-Positionen häufig nicht mit den Molekülwolkenkernen überein, so dass Quellenidentifikationen vorläufig gewesen sein könnten (Abb. 2-15). Massen und Dichten der Wolkenkerne liegen zwischen $200\text{-}5000 M_{\odot}$ und $10^5\text{-}10^8 \text{ cm}^{-3}$.

Abb. 2-15: Beispiel für ein Sternentstehungsgebiet: mm-Karte (Konturen) mit einem 2MASS Falschfarbenbild (J-, H-, K-Band) als Hintergrund, IRAS-Quellen (gelbe Rauten mit Fehlerellipse), MIR-Quellen (MSX, blaue Kreuze) und Radioquellen (NVSS, grüne Dreiecke)

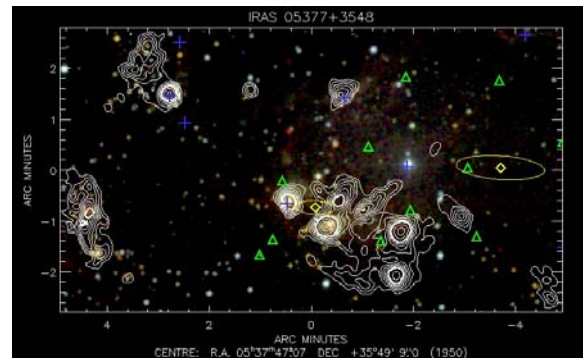
Fig. 2-15: Starforming region example: millimetre map (contours), with a 2MASS "true colour" image (J-, H-, K-band) as background, IRAS sources (yellow diamonds, with error ellipse), MIR-sources (MSX, blue crosses) and radio sources (NVSS, green triangle).

Aus Spektren von Flare-Sternen konnten wir über die Li-Absorptionslinie (6708 \AA) deren Alter abschätzen und dieses mit der Emission von $H\alpha$ -, Mg Ib- und Ca-Linien vergleichen. Wir fanden, dass mit Altern zwischen 100 Myr und der Alter-Null-Hauptreihe diese Sterne tatsächlich nah und sicherlich Vorhauptreihensterne sind. Wir entdeckten den nächsten Vorhauptreihenstern zur Sonne, HIP108405A, mit einem Alter von ~ 10 Millionen Jahren in einer Entfernung von 16.1 pc. Damit ist er jünger als der bisherige Rekordhalter GJ 182 (20 ± 10 Millionen Jahre, 27 pc). Eine Spektralanalyse erlaubte die Bestimmung der Schwerkbeschleunigung an der Oberfläche, der chemischen Zusammensetzung und der Temperatur des neu identifizierten nahen Sternes.

Adaptive Optik an 8-10m Teleskopen (z.B. VLT oder Keck) erlauben uns Details auf einer Skala von 5 AE (ca. die Entfernung Sonne – Jupiter) innerhalb von ~ 100 pc aufzulösen. Wir setzen unsere Suche nach zirkumstellaren Scheiben und stellaren/substellaren Begleitern fort.

One of the major unsolved problems in star formation is the distribution of stellar birth masses and its relation to physical conditions in the star-forming region. With the NAOS/CONICA adaptive optics camera on the VLT, we measured the distribution of stellar masses down to and below the hydrogen-burning limit in a sample of the most massive star-forming regions in our Galaxy: NGC 3603, W51, and the Quintuplet cluster, each typically 100 times more luminous than the Orion star-forming region.

With the IRAM, Heinrich-Hertz-, and James-Clerk-Maxwell-Telescopes, we investigated the FIR-brightest IRAS sources in the outer Galaxy. We find that multiple sources are common, but IRAS sources do often not coincide with molecular cloud cores, so that source identifications may be premature (see Fig. 2-15). Masses and densities per condensation are found to be $200\text{-}5000 M_{\odot}$, and $10^5\text{-}10^8 \text{ cm}^{-3}$, respectively.



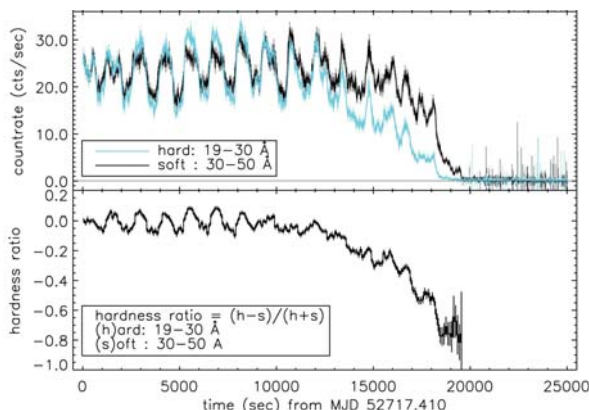
From spectra of flare stars, we could use the detection of lithium as age indicator (absorption at 6708 \AA) and compare this to emission of the $H\alpha$ -, the Mg Ib- and the Ca-lines. We find that with ages between 100 Myr and the zero-age main sequence, these stars are indeed nearby and clearly pre-main sequence. We discovered the closest pre-main sequence star to the Sun, HIP108405A, with an age of ~ 10 Myrs and at a distance of 16.1 pc, younger than the previous record holder GJ 182 (20 ± 10 Myr, 27 pc). Methods of spectral synthesis analysis allow to determine the surface gravity, the chemical composition, and the temperature, on these newly-identified young and nearby stars.

Adaptive optics on 8-10m class telescopes (e.g. VLT or Keck) allows us to resolve details on a scale of 5 AU (about the distance between Sun & Jupiter) within ~ 100 pc of the sun. We continue our search for circumstellar disks and stellar/substellar companions.

[EISENHAEUER, HARAYAMA]

2.2.2. Novae and Variable Stars / Novae und Veränderliche Sterne

Röntgenquellen mit niederenergetisch betontem Spektrum, wie von ROSAT in M31 entdeckt, sind wahrscheinliche Vorläufersterne von thermonuklearen Supernova-Explosionen. Überraschenderweise konnten wir mit Chandra nur eine dieser Quellen, Nova V4743 Sagittarii, entdecken. Möglicherweise variieren diese Quellen in ihrer Helligkeit auf der Zeitskala weniger Monate. Sollten diese Quellen vorwiegend enge Binärsysteme mit Wasserstoffschalenbrennen sein, so impliziert dies eine relativ hohe Massenübertragungsrate.



Die Lichtkurven von Nova V4743 Sagittarii zeigen starke Amplitudenvariationen mit ~ 22 min Periode mit starken und abrupten Helligkeitsänderungen (Abb. 2-16). Das Verhältnis nieder- zu hochenergetischer Strahlung ändert sich in Korrelation zu diesen Oszillationen, zum Abfall hin wird die Strahlung niederenergetischer. H- und He-artige Absorptionslinien von O, N, und C deuten auf Temperaturen im Bereich 1-2 MK und Ausstoßgeschwindigkeiten von $\sim 2400 \text{ km s}^{-1}$ hin. Emissionslinien von C VI, N VI und N VII legen nahe, dass wir im Ausbruch herausgeschleudertes, expandierendes Material aus dem CNO-Zyklus sehen.

Supersoft X-ray sources are candidate progenitors for thermonuclear supernova explosions, and had been discovered with ROSAT in M31. Surprisingly, we could detect only one of these sources, Nova V4743 Sagittarii, with Chandra. This suggests that the variability time scale of supersoft sources is a few month only. If the majority of these sources are close-binaries with shell hydrogen burning, it further implies that these sources predominantly have rather large mass transfer rates.

Abb. 2-16: V4743 Sagittarii (Nova Sgr 2002 No. 3) Lichtkurven: Nieder- und hochenergetische Röntgenstrahlung (oben), und das Verhältnis dieser (unten). Die ~ 1325 -Sekunden Periode ist augenscheinlich, ebenso der Übergang in eine Bedeckung.

Fig. 2-16: V4743 Sagittarii (Nova Sgr 2002 No. 3) light curves: Soft and hard X-rays (top), and the hardness ratio (bottom). The ~ 1325 sec periodicity is evident, as is the ingress into an eclipse.

The Nova V4743 Sagittarii light curves showed large-amplitude oscillations with a period of ~ 22 minutes, followed by a sharp decline in the total count rate (Fig. 2-16). Hardness ratio changes are correlated with these oscillations and show softening during the decline in intensity. H-like and He-like absorption lines of oxygen, nitrogen, and carbon indicate temperatures between 1 and 2 MK, and ejecta velocities of $\sim 2400 \text{ km s}^{-1}$. Emission lines of C VI, N VI, and N VII suggest that we see the expanding gas ejected during the outburst, probably originating from CNO-cycled material.

[BURWITZ]

2.2.3. Endstadien der Sternentwicklung / Final Stages of Stellar Evolution

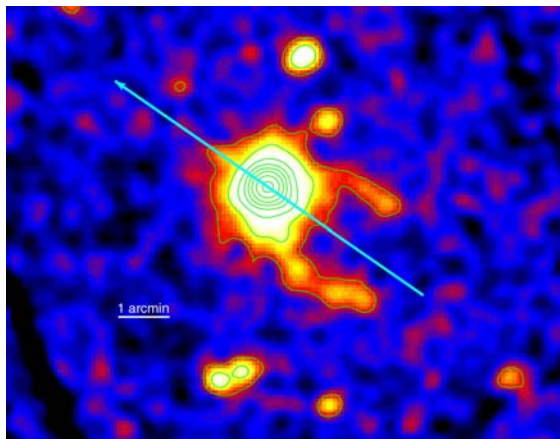
Neutronensterne / Neutron Stars

Röntgen-helle und radio-leise kompakte Objekte in Supernova-Überresten bleiben rätselhaft. Weiche, offenbar thermische Röntgenspektren und die Abwesenheit von Pulsaraktivitäten (z.B. Radio- oder Gammastrahlen-Emission, kompakte Synchrotronnebel) werden nicht von in Supernova-Explosionen geborenen Neutronensternen erwartet. Von einem dieser Objekte, 1E 1207.4-5209 im SNR PKS 1209-51/52, haben wir mit Chandra eine Spin-Periode von 424 ms entdeckt. Unsere Abschätzung der Änderung der Periode würde jedoch auf ein charakteristisches Alter des Pulsars oberhalb des SNR-Alters hinweisen. Zudem fanden wir zwei Absorptionsstrukturen bei 0.7 keV und 1.4 keV, die erste Entdeckung derartiger Linienstrukturen im Spektrum eines isolierten Neutronensternes. Diese Linien könnten durch atomare Über-

A number of X-ray bright but radio-quiet compact objects in supernova remnants remain enigmatic. Soft, apparently thermal, X-ray spectra and a lack of pulsar activities (e.g., radio and/or gamma-ray emission, compact synchrotron nebulae) are unexpected from what are believed to be neutron stars formed in supernova explosions. From one of these objects, 1E 1207.4-5209 in the SNR PKS 1209-51/52, we detected a spin period of 424 ms with Chandra. Our estimate of the period derivative, however, implies a characteristic age of the pulsar much longer than the age of the SNR. Moreover, two absorption features were found at energies of 0.7 and 1.4 keV, the first detection of such line features in the spectrum of an isolated neutron star. These lines could be explained as absorption caused either by atomic transitions in

gänge von Elementen auf der stark magnetisierten Neutronensternoberfläche oder durch Elektronenzyklotronabsorption in einem Magnetfeld von $\sim 10^{10}$ G hervorgerufen werden. Beobachtungen mit XMM-Newton bestätigen die Absorptionsstrukturen und zeigten zwei weitere Linien bei 2.1 und 2. keV. Die Zeitsignatur dieser Quelle ist ebenfalls seltsam; ihre Spinperiode variiert nicht monoton. Mögliche Interpretationen sind Zeitsprünge des Pulsars, Scheibenakkretion von verbleibendem Supernova-Material, oder ein weites Doppelsystem mit langer Periode und einem Begleitstern niedriger Masse; wir finden letzteres am plausibelsten.

Geminga, 1973 durch seine 100 MeV Gammastrahlung entdeckt, ist ein Neutronenstern mit erheblich höherem Alter als 1E 120.4-209. Seine niederenergetische Röntgenemission mit thermischen und nicht-thermischen Komponenten identifizierte ihn als rotationsgetriebenen Neutronenstern mit einer Pulsationsperiode von 23 ms. Die mit XMM-Newton entdeckte Emission dehnt sich parallel und symmetrisch zum Eigenbewegungsvektor des Pulsars aus (Abb. 2-1). Diese Röntgenstruktur um Geminga, die sich von der anderer Pulsare unterscheidet, ist als Bow-Schock modelliert worden, der sich an der Stelle bildet, an der der Rotationsenergieverlust des Pulsars und der dynamische Druck aus der Überschallbewegung im ISM gleich groß sind. Dieses Modell ergibt einen Inklinationwinkel Gemingas (bzgl. der Himmelsebene) von $<30^\circ$, eine Umgebungsdichte von $0.0 < \rho_{\text{ISM}} < 0.1$ Atome cm^{-3} , die im Einklang mit der Dichte in der Region ist, und eine Machzahl des Bow-Schocks im Bereich 14-20.



Im ROSAT "Bright Source Survey" sind sieben Quellen als Neutronensterne identifiziert, die weder mit einem Supernova-Überrest verbunden sind noch pulsierende Radio-Emission zeigen. Sie zeigen Schwarzkörper-ähnliche Spektren, die gedeutet werden als photosphärische Emission von Neutronensternen, welche entweder abkühlen oder mit geringer Rate Materie aus dem interstellaren Medium akkretieren. Auch für das hellste dieser Objekte, RX J 0708.4-3947, zeigen unsere Chandra LETGS Beobachtungen keine Absorptionsstrukturen, die von Ionenübergängen in dem beobachteten Schwarzkörper-Spektrum erwartet werden. Das super-starke Magnetfeld ($B \sim 10^{13}$ G) würde die Energieniveaus der inneren Landau-orbitale

chemical elements on the strongly magnetized neutron star surface or by electron cyclotron absorption in a magnetic field of $B \sim 10^{10}$ G. Observations with XMM-Newton confirmed the existence of the absorption features and revealed two more lines at 2.1 and 2. keV. The timing signature from this source is peculiar as well; its spin period does not vary monotonically. This could be interpreted either as a glitching pulsar, as accretion from a disk possibly formed from ejecta produced in the supernova explosion, or as a wide binary system with a long period and a low-mass companion; we find the latter most plausible.

A neutron star significantly older than 1E 120.4-209 is Geminga, discovered by its 100 MeV gamma-ray emission in 1973. Its soft X-ray emission identified it as a rotation-driven neutron star with a pulsation period of 23 ms and with thermal and non-thermal components in its X-ray spectrum. With XMM-Newton we discovered extended emission in the form of two tails, aligned and symmetric with respect to the pulsar proper motion vector (Fig. 2-1). This X-ray structure around Geminga, different from those of other pulsars, has been modelled as a bow shock formed at the interface where the pulsar energy loss from spin-down equals the dynamical pressure generated by its supersonic motion in the ISM. From this model the inclination angle of Geminga with respect to the plane of the sky must be $<30^\circ$, the total ambient medium density $0.0 < \rho_{\text{ISM}} < 0.1$ atoms cm^{-3} , consistent with the density of the region around Geminga, and the bow shock Mach number in the range 14-20.

Abb. 2-17: Röntgenaufnahme des Geminga Pulsars durch die „European Imaging Camera“ auf XMM-Newton. Zu erkennen sind zwei langgestreckte Schwänze diffuser Emission, die der Quelle entspringen. Der Pfeil markiert die Richtung der Eigenbewegung des Neutronensterns, zu dem die Schwänze parallel ausgerichtet erscheinen.

Fig. 2-17: X-ray image of the Geminga pulsar as seen with the European Imaging Camera onboard XMM-Newton. Two elongated tails of diffuse emission are seen to emerge from the source. The arrow indicates the neutron stars proper motion direction to which the tails are aligned.

In the ROSAT Bright Source Survey a total of seven sources have been identified as neutron stars which are neither connected with a supernova remnant nor show pulsed radio emission. They exhibit blackbody-like spectra which are interpreted as photospheric emission from neutron stars which are either cooling or accreting matter from the interstellar medium at a low rate. Also for the brightest of these objects - RX J 0708.4-3947 - our Chandra LETGS observations do not show any absorption features which would be expected from ionic transitions in the observed blackbody spectrum. The super-strong magnetic field ($B \sim 10^{13}$ G) would cause the energy levels of the inner Landau orbitals of heavy ions to be roughly equally-spaced in the spectral

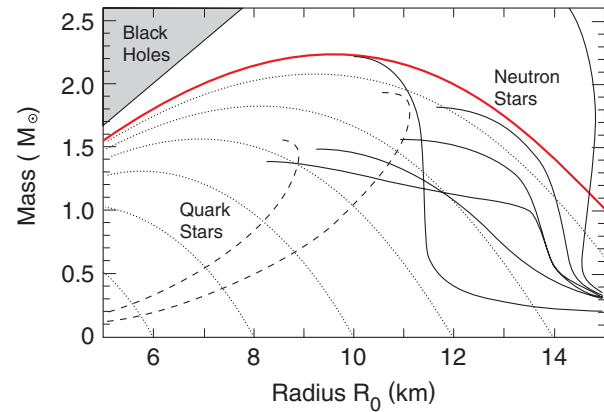
schwerer Ionen im beobachteten Spektralbereich gleichförmig auffächern und wegen Dispersion der Magnetfeldstärke über der Sternoberfläche zu einem Kontinuum ausschmieren. Aus dem Röntgen- und optischen Spektrum der Quelle und der durch optische Astrometrie gemessenen Entfernung leiten wir eine untere Grenze für die Masse-Radius Relation von RX J1856.5-3754 ab (Abb. 2-1). Die damit für diesen Neutronenstern geforderte ziemlich steife Zustandsgleichung schließt einen Quark-Stern mit Sicherheit aus.

Abb. 2-18: Die Masse-Radius Beziehungen für verschiedene Zustandsgleichungen von Kernmaterie. Die rote Kurve entspricht einem R_∞ von 16.8 km, was aus einer Anpassung von Schwarzkörperstrahlung an das optische und Röntgenspektrum von RX J1856.5-3754 abgeleitet wird, und was eine untere Grenze für die M-R Beziehung dieses Neutronensterns ist.

Fig. 2-18: The mass-radius relations for various equations of state for the nuclear matter. The red curve corresponds to a R_∞ of 16.8 km derived from a blackbody fit to the optical and X-ray spectrum of RX J1856.5-3754, a lower limit to the M-R relation of this neutron star.

Im Gegensatz zu RX J1856.5-3754 zeigt das mit XMM gemessene Röntgenspektrum von einem anderen Mitglied dieser Gruppe, RBS1223, starke Abweichungen von einem Schwarzkörperspektrum bei Energien unterhalb von 100 eV. Das Mischmodell aus einem Schwarzen Körper plus einer Absorptionslinie mit einer Äquivalentbreite von 10 eV repräsentiert jedoch das Spektrum adäquat. Wahrscheinlichste Interpretation der Absorptionsstruktur ist die einer Zyklotron-Resonanzlinie, die in dem starken Magnetfeld des Neutronensterns durch Protonen (nicht Elektronen) produziert wird. In diesem Modell führt die Zyklotronenergie von 100-300 eV zu einer Magnetfeldstärke von $2 \cdot 10^{13}$ G für einen Neutronenstern mit Masse $1.4 M_\odot$ und Radius 10 km. Kürzliche XMM-Newton Beobachtungen deuten darauf hin, dass solche breite Absorptionsstrukturen ebenfalls in den Spektren anderer Neutronensterne dieser Gruppe vorhanden sind.

range of the ETG spectrometer, effectively smeared out to a continuum by the dispersion of the magnetic field strength over the stellar surface. From the X-ray and optical spectrum of the source and the distance measured by optical astrometry, we derive a lower limit for the mass-radius relation of RX J1856.5-3754 (Fig. 2-1). This neutron star requires a rather stiff equation-of-state, a quark star can be firmly excluded.



In contrast to RX J1856.5-3754, the X-ray spectrum measured with XMM from another member of this group, RBS1223, shows strong deviations from a blackbody spectrum at energies below 100 eV. Modelling the spectrum with a compound model consisting of a blackbody plus an absorption line with an equivalent width of 10 eV, however, represents the spectrum adequately. The most likely interpretation of the absorption feature is a cyclotron resonance line, produced in the strong magnetic field of the neutron star by protons rather than electrons. In this model, the line energy of 100-300 eV yields a magnetic field strength of $2 \cdot 10^{13}$ G for a neutron star with a mass of $1.4 M_\odot$ and a radius of 10 km. Recent XMM-Newton observations suggest that such a broad absorption feature is present in the X-ray spectra of other neutron stars of this group as well.

BEKER, B. RWIT, HABER, TH. MA, TRÜMPER, AV. IN

2.2.4. Quellen von Gammastrahlen-Ausbrüchen / Gamma-Ray Burst Sources

Gammastrahlen-Ausbrüche (GRBs) wurden mit INTEGRAL bei Gamma-Energien und mit bodengebundenen Teleskopen im optischen und Nahinfraroten untersucht. Seit dem Start des ESA-Gammastrahlenbeobachtatoriums INTEGRAL im Oktober 2002 wurden sieben GRBs im Gesichtsfeld der beiden Hauptinstrumente gemessen, dem abbildenden IBIS und dem Spektrometer SPI. In allen Fällen wurde die erste Lokalisierung mit IBIS erzielt und die wissenschaftliche Gemeinschaft mit Hilfe des INTEGRAL GRB-Alarmsystems (IBAS) gemeldet, um schnelle Nachbeobachtungen zu ermöglichen. Die mit SPI ermittelten Positionen, Intensitäten und spektralen Verteilungen bestätigten die Ergebnisse von IBIS. Da

Gamma-ray bursts (GRBs) were studied in the gamma-ray range with INTEGRAL, and in the optical near-infrared region with ground-based telescopes. Since the launch of ESA's gamma-ray mission INTEGRAL in October 2002, seven GRBs were detected in the field of view of its two main instruments, the imager IBIS and the spectrometer SPI. In all cases the primary location was obtained by IBIS, and the alert was distributed to the scientific community by the INTEGRAL burst alert system (IBAS) for rapid follow-up observations. The localizations, peak fluxes, fluences, and spectral shapes obtained with SPI confirmed the IBIS results and as a side product demonstrated the good cross-calibration of these instru-

INTEGRA hauptsächlich im Bereich der galaktischen Ebene beobachtet, konnte nur bei einem der sieben GRBs ein Nachglühen beobachtet werden. Bei GRB 03022 zeigten beide Instrumente Hinweise für eine spektrale „hart zu weich“ Entwicklung.

Das Antikoinzidenzsystem (ACS) von SPI erlaubt den Nachweis von GRBs aus nahezu allen Himmelsrichtungen mit einer Zeitauflösung von 10 ms, allerdings ohne Orts- und Energieinformation. Im ersten Jahr der INTEGRAL Mission wurden so 23 mögliche GRB Ereignisse nachgewiesen, 93 davon sind mit anderen Instrumenten als GRB bestätigt. Die Verteilung der GRB-Dauern ist bimodal, mit einem Maximum bei <1 s und einem bei 10 s, ähnlich wie bereits mit BATSE beobachtet. Die ausschließlich von SPI ACS gemessenen Ereignisse zeigen allerdings häufiger Dauern zwischen 0 und 10 ms, einen Unterschied den wir noch nicht verstehen. Vielleicht sind es durch kosmische Teilchenstrahlung verursachte oder instrumentelle Effekte.

INTEGRA ist beobachtet hauptsächlich in der galaktischen Ebene, daher wurde ein GRB-Nachglühen nur für einen dieser GRBs beobachtet. Für GRB 03022 wurde durch beide Instrumente eine spektrale Entwicklung von hart zu weich beobachtet.

Das Antikoinzidenzsystem (ACS) von SPI ermöglicht die Beobachtung von GRBs aus fast allen Richtungen mit einer Zeitauflösung von 10 ms, ohne Orts- und Energieinformation. Im ersten Jahr der INTEGRAL Mission wurden so 23 mögliche GRB-Ereignisse nachgewiesen, 93 davon sind durch andere Instrumente bestätigt. Die Verteilung der GRB-Dauern ist bimodal, mit Maxima bei <1 s und 10 s, ähnlich wie bei BATSE beobachtet. Die ausschließlich von SPI ACS gemessenen Ereignisse zeigen häufiger Dauern zwischen 0 und 10 ms, einen Unterschied den wir noch nicht verstehen. Vielleicht sind es durch kosmische Teilchenstrahlung verursachte oder instrumentelle Effekte.

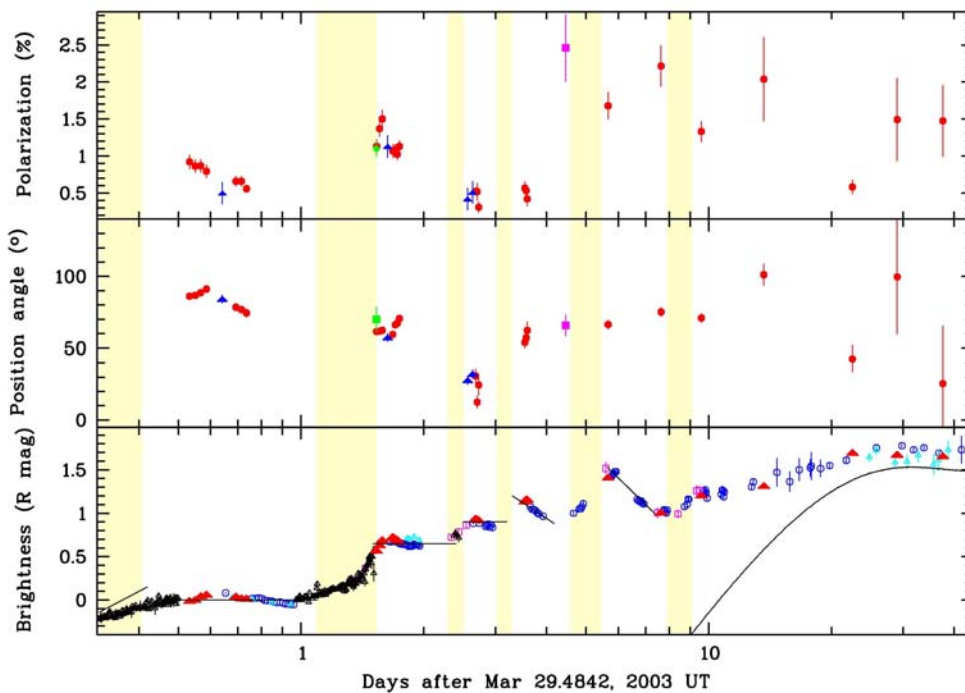


Abb. 2-19: Zeitverlauf der Polarisation (oben und Mitte) und Helligkeit im R-Band (unten; nach Subtraktion des für ungestörten Abfall erwarteten Potenzgesetzes $t^{-1.64}$) des optischen Nachleuchtens von GRB 030329 während der ersten 38 Tage. Vertikale Gelbschattierungen markieren Phasen sprunghaften Helligkeitsanstiegs. Der Beitrag einer Supernova (durchgezogene Linie unten rechts) wird erst ~ 10 Tage nach dem GRB merklich.

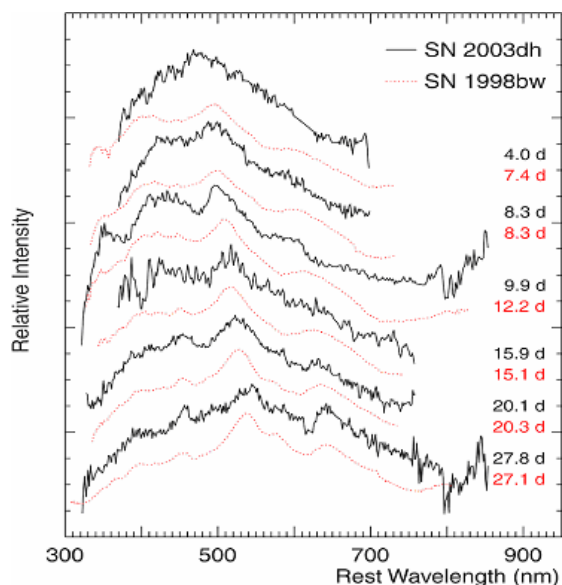
Fig. 2-19: Evolution of the polarization (top and middle) and R-band magnitude (bottom; after subtraction of the powerlaw $t^{-1.64}$ describing undisturbed decay) of the optical afterglow of GRB 030329 during the first 38 days. Vertical yellow bars mark re-brightening transitions. Contributions from an underlying supernova (solid curved line) do not become significant until ~ 10 days after the GRB.

Bodengestützte Beobachtungen des Nachglühens von GRB 030329 haben unser Verständnis von GRBs wesentlich vorangebracht, speziell die Aspekte der Abstrahlung scharf gebündelter Jets und der Zusammenhang mit Supernovae. GRB 030329 war der sonnennächste je beobachtete GRB. Sein Nachglühen war eines der hellsten und lange andauerndsten, somit eine einmalige Gelegenheit für bodengestützte Nachbeobachtungen (Abb. 2-19). Erstmals konnte der Polarisations-

From ground-based follow-up observations, the afterglow of GRB 030329 has substantially enhanced our understanding of the GRB phenomenon, in particular the non-isotropic emission into highly collimated jets, and the connection to supernovae. GRB 030329 has been the closest GRB ever, and has had one of the brightest, long-lived afterglows, allowing unprecedented ground-based studies (Fig. 2-19). For the first time a long sequence of polarization meas-

tionszustand über lange Zeit verfolgt werden. Faszinierende Variabilität in Polarisationsgrad und -winkel waren innerhalb von Stunden zu beobachten. Insgesamt sind die Messungen damit im Einklang, dass der GRB aus einem Jet mit einer Anfangspreizung von 3° kommt. Der niedrige Polarisationsgrad impliziert, dass die parallele und senkrechte Magnetfeldkomponente weniger als 10% differieren, woraus wir eine verwirbelte Magnetfeldstruktur ableiten. Diese wird vermutlich durch Turbulenzen auf der Schock-Rückseite verstärkt, so dass es sich also nicht um ein schon vor dem GRB existierendes Feld handelt.

Nach etwa 10 Tagen änderte sich das optische Nachglühen allmählich von flachem Spektralverlauf einer Synchrotronquelle zu einem stark strukturierten Spektrum (Abb. 2-20). Mit der Zeit hebt sich klar ein Spektrum heraus, wie wir es von Supernovae der energiereichsten Kategorie, den „Hypernovae“, kennen. Dies ist ähnlich der SN 1998bw, für die an gleicher Stelle (3 Bogenminuten entfernt) gleichzeitig (innerhalb 12 Stunden) ein GRB gemessen wurde. Man glaubt, dass diese Hypernovae von Explosionen sehr massereicher Sterne (2 -100-faches der Sonne) herrühren. Die Spektren, die das GRACE Konsortium mit VLT für GRB 030329 messen konnte, ergeben 10 Tage nach der Explosion eine Expansionsgeschwindigkeit von 3000 km s^{-1} (von der Si II Absorptionsstruktur). Sowohl dieser Wert als auch die hohe Gesamtenergie machen dieses Ereignis einmalig



In den letzten Jahren hat sich die Vermutung erhärtet, dass GRBs den Kollaps massereicher Sterne signalisieren. Diese Idee entstand mit der wahrscheinlichen Assoziation eines ungewöhnlichen GRB mit Supernova 1998bw. Weitere Hinweise sind das Zusammentreffen von GRB-Orten mit Sternentstehungsregionen, verdächtige supernova-ähnliche Buckel im Nachglühen einiger GRBs, und Linien-Emission im Röntgen-Nahbereich als Anzeichen frischer Zerstörungsereignisse.

Unsere neuen Messungen von GRB 030329 sind erste solide Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen GRBs und sehr energiereichen Supernovae-

rements could be performed, demonstrating fascinating variability in both the polarization degree and angle on time scales as short as hours. The global behaviour is consistent with the interpretation that the GRB is produced in a relativistic jet with an initial opening angle of 3° . Furthermore, the low level of polarization implies that the components of the magnetic field parallel and perpendicular to the shock do not differ by more than 10%, and suggests an entangled magnetic field, probably amplified by turbulence behind shocks, rather than a pre-existing field.

Finally, after about 10 days, the optical afterglow spectrum slowly changed from its flat synchrotron power law into a highly structured spectrum (Fig. 2-20). The spectra show the gradual and clear emergence of a supernova spectrum of the most energetic class (SN Ic) known, a “hypernova”. This is very similar to the case of SN 1998bw for which a GRB coincident in space with it (3 arcmin on the sky) and time (within 12 hrs) was recorded. It is generally believed that these hypernovae are caused by the explosion of a very massive star - presumably 2 -100 times more massive than the Sun. The sequence of VLT/GRACE spectra collected for GRB 030329 by the GRACE consortium allow to determine the expansion velocity (using the Si II absorption troughs) to 3000 km s^{-1} after 10 days. This and the total energy make this the most extreme member of the class of hypernovae.

Abb. 2-20: Entwicklung des Spektralverlaufs für die Hypernovae SN 2003dh, assoziiert mit GRB 030329. Zum Vergleich ist das Spektrum der Supernova SN 1998bw gezeigt, für die eine GRB Assoziation erstmals erkannt worden war.

Fig. 2-20: Evolution of spectra for hypernovae SN 2003dh, which is associated with GRB 030329. The spectral evolution for hypernova SN 1998bw is shown for comparison; this had been the first clear case of a supernova/GRB association.

During the past years circumstantial evidence has mounted that GRBs signal the collapse of massive stars. This idea was born by the probable association of the unusual GRB with the supernova SN 1998bw. More clues include the association of GRBs with regions of massive star-formation in distant galaxies, tantalizing evidence of supernova-like light-curve bumps in the optical afterglows of some GRBs, and X-ray line emission in X-ray afterglows indicating freshly synthesized elements.

These new observations of GRB 030329 provided the first solid evidence for a connection of GRBs to (some) very energetic supernovae, thus supporting the

Explosionen. Damit stützen sie das Modell einer nahezu sofortigen, asymmetrischen Im plöön des Kerns eines massiven Sterns am Ende seiner Entwicklung (das „Kollaps“-Modell). Das Fehlen von Wasserstofflinien im Spektrum bestätigt dies durch den Hinweis, dass der Stern vor der Explosion in einer Wolf-Rayet-Phase seine Wasserstoffhülle verlor.

model of a nearly instantaneous, non-symmetrical collapse of the inner region of a highly developed star (known as the “collapse” model). In fact, the lack of hydrogen lines in the spectra is consistent with model expectations that the progenitor star lost its hydrogen envelope to become a Wolf-Rayet star before exploding.

GREINER, V. KIEN IN, ICHTI, RA, SCHÖNFELDER

2.2.5 Die Galaxis und das Interstellare Medium / The Galaxy and its Interstellar Medium

Diffuse Kontinuumstrahlung bei Gamma-Energien / Diffuse Continuum Emission in Gamma-Rays

Die innere Galaktische Scheibe ist eine starke Quelle diffuser Kontinuumemission bei Röntgen- und Gamma-Energien. Während die physikalischen Prozesse von e^+e^- Annihilation klar sind, die die Positronlinie und das Positronium-Kontinuum produzieren, versteht man das übrige Kontinuum nicht, obwohl nicht-thermische Bremsstrahlung der wahrscheinliche Prozess ist. Hochauflösende Abbildungen mit Chandra haben, nach Quell-Subtraktion, die Existenz diffuser Emission bestätigt. Die damit verbundene Leuchtkraft von einigen 10^{30} erg s^{-1} ist bemerkenswert, ein Ursprung ist nicht bekannt.

The inner Galactic ridge is an intense source of diffuse continuum emission at hard X- and soft gamma-ray energies. While the physical processes (e^+e^- annihilation) producing the positron line and positronium continuum is clear, the source of the remaining continuum is not, although nonthermal Bremsstrahlung is most likely. Also high-resolution imaging with Chandra confirms remaining diffuse emission, after sources have been removed. The implied luminosity of a few 10^3 erg s^{-1} is remarkable, and no candidate source objects are known.

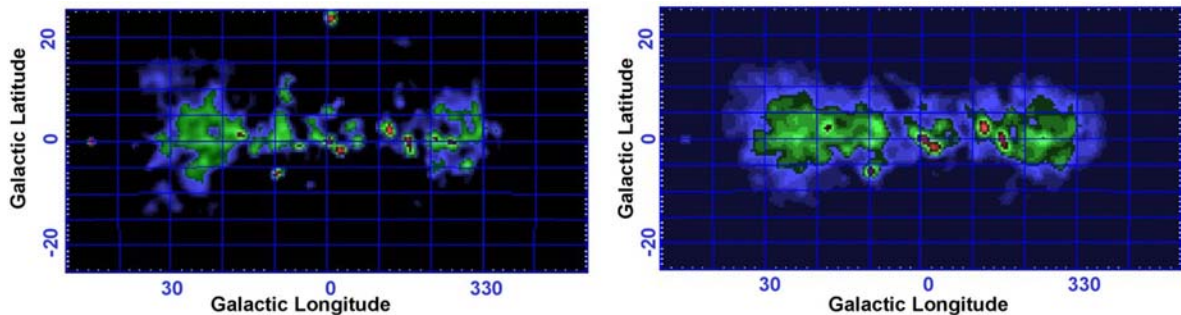


Abb. 2-21: Maximum-Entropy Abbildung der inneren Galaxis in zwei Energiebändern von SPI Daten (links: 18-40 keV, rechts: 40-100 keV). Die Karten sind aufs galaktische Zentrum zentriert und decken $\pm 50^\circ$ in galaktischen Längengraden und $\pm 25^\circ$ in galaktischen Breitengraden ab.

Fig. 2-21: Maximum entropy images of the inner Galaxy using SPI data in two energy bands (left: 18-40 keV, right: 40-100 keV). The maps are centered on the Galactic Center and cover $\pm 50^\circ$ in longitude and $\pm 25^\circ$ in latitude.

Die Gamma-Karte (Abb. 2-21) aus der ersten INTEGRAL SPI Himmelsdurchmusterung der inneren Galaxis zeigt neben vielen bekannten Röntgenquellen auch Hinweise auf diffuse Emission. Wir modellieren die unbekannte Verteilung der Emission mit anderweitigen Messgrößen der großskaligen galaktischen Struktur, nämlich einer Kombination aus, entlang der Sichtlinie integrierten, HI und CO Himmelsdurchmusterungen (die atomares bzw. molekulares Gas reflektieren), sowie Komponenten für Positronium-Emission und Hintergrund.

Das resultierende Spektrum (Abb. 2-22) zeigt näherungsweise ein Potenzgesetz, mit einem klaren Hinweis auf eine Positron-Annihilationskante bei 11 keV (die Annihilationslinie selbst ist durch breite Energiekanäle unterdrückt). Die von uns gemessene Emission ist weniger intensiv als von CGR SSE in Richtung Galaktisches Zentrum ($l = 0^\circ$) gemessen.

Das SPI im Age (Fig. 22) datierte erste INTEGRAL Survey der inneren Galaxis zeigt Indizien auf diffuse Emission und eine Anzahl von bekannten hochenergie X-ray Quellen. Da die Verteilung der Emission unbekannt ist, aber sicher mit Tracern der großskaligen galaktischen Struktur korreliert, wird das SPI Daten zu einer linearen Kombination von line-of-sicht integrierten HI und CO Surveys (welche die atomare und molekulare Gas) und Positronium Emission, zusammen mit Hintergrundkomponenten.

Das resultierende Spektrum (Fig. 2-22) hat annähernd ein Potenzgesetz. Es gibt klare Hinweise auf einen Positron-Annihilationskomponenten durch die Positronium-Kante bei 11 keV. (Beachte, dass die 11 keV Linie selbst hier unterdrückt ist aufgrund der breiten Energiebinning). Unser Spektrum ist weniger intensiv als das Ergebnis von CGR SSE in Richtung Galaktisches Zentrum ($l = 0^\circ$) um einen Faktor von 0.

Die Faktoren 0. (für Kontinuum) und 0.3 (für Positronium) sind verständlich durch den niedrigeren Beitrag der Annihilations-Emission in der von uns betrachteten größeren Region ($340^\circ < l < 20^\circ$).

Abb. 2-22: SPI/INTEGRAL Spektrum der Gammastrahlung von der inneren Galaxis, summiert über diffuse Komponente ($340^\circ < l < 20^\circ$, $|b| < 5^\circ$). Zum Vergleich ist das re-normalierte Spektrum von CGRO/OSSE um $l/b = 0/0$ gezeigt. Die einzelnen Komponenten sind: exponentiell gedämpftes Potenzgesetz (rot), hochenergetisches Kontinuums-Potenzgesetz (blau), Positronium (grün).

Fig. 2-22: Gamma-ray spectrum of the inner Galaxy from SPI/INTEGRAL, summed over diffuse components ($340^\circ < l < 20^\circ$, $|b| < 5^\circ$). For comparison, the re-normalized spectrum as derived from CGRO/OSSE around $l/b = 0/0$ is shown (solid black line). The individual components are: exponentially cut-off power law (red), high-energy continuum power law (blue), positronium (green).

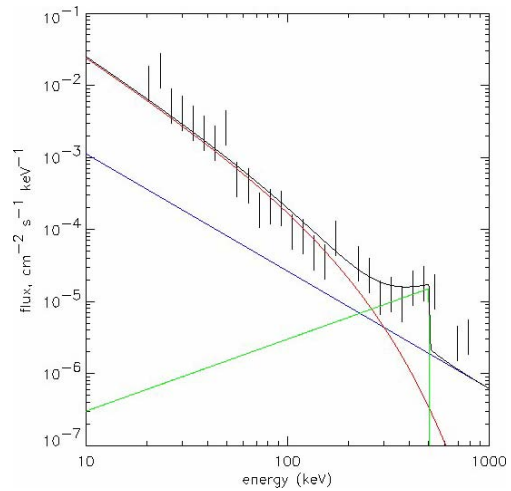
Von IBIS und SPI Daten können wir ableiten, dass ein Teil der Emission in der galaktischen Ebene von Punktquellen stammt (auch wenn nicht alle nachgewiesen sind). Aber eine echte diffuse Komponente scheint zudem vorhanden zu sein. Im Vergleich zu früheren Missionen, die nur begrenzte Regionen untersucht haben, gibt uns INTEGRAL den Vorteil einer großskaligen Abdeckung des Himmels, sowie die Fähigkeit zur räumlichen Abbildung.

Nukleosynthese in der Galaxis / Nucleosynthesis in the Galaxy

Element-Syntheseereignisse wie Supernovae, Novae, oder die Wolf-Rayet-Phasen massereicher Sterne stoßen langlebige radioaktive Isotope aus, die zu diffuser Gammastrahlung führen. Für das ^{26}Al Isotop mit 10 Jahren Halbwertszeit bedeutet dies, dass überwiegend massereiche Sterne über ihre Supernovae und Sternwinde die beobachtete Linie bei 1039 keV verursachen. Damit werden wegen der hohen Durchdringung der Gammastrahlung, aber auch, anderweitig durch interstellare Wolken, verborgene massereiche Sterne erkannt. Mit dem INTEGRAL Spektrometer SPI können wir durch Doppler-Analyse der Linienform die Bewegungen der Quellregionen innerhalb der rotierenden galaktischen Scheibe erfassen, und so den Ausstoß und die Mischung frisch erzeugter Atomkerne im interstellaren Medium untersuchen.

INTEGRAL's Spektrometer konnte im ersten Jahr der Mission die ^{26}Al Emission der inneren Galaxis (Abb. 2-23) und der Cygnus-Region messen. Das Meßsignal ist noch unzureichend für die Erstellung einer Emissionskarte. Dennoch bestätigt sich das COMPETE Ergebnis, einer entlang der galaktischen Ebene, verteilten Nukleosynthese-Aktivität mit einzelnen herausragenden Quellregionen. Eine früher aufgrund eines Ballonexperimentes berichtete starke Verbreiterung der ^{26}Al Gammalinie hat sich in unseren Messungen nicht bestätigt. Damit stimmen die, aus diesem Resultat damals gefolgerten, exotisch-großen Geschwindigkeiten des ^{26}Al von 1000 km s^{-1} über 10 Jahre, wohl nicht.

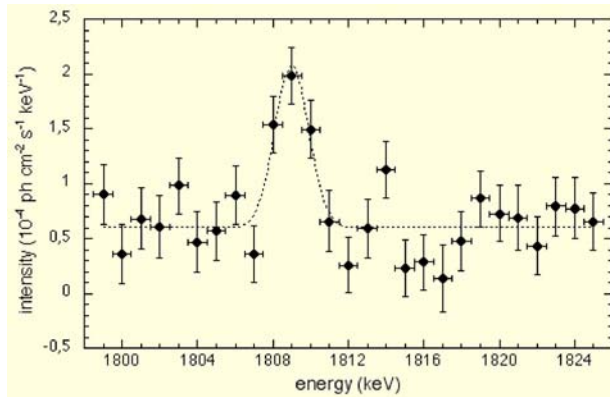
for the continuum and 0.3 for positronium components. This is understandable because over our entire Galactic plane region ($340^\circ < l < 20^\circ$), the annihilation contribution is lower on average.



From IBIS and SPI data, we estimate that a non-negligible fraction of the ridge emission can be attributed to point sources, detected or undetected, but a genuinely diffuse component still appears to be required. The large-scale coverage of the sky, combined with imaging, is an advantage of INTEGRAL over previous missions, which studied restricted regions only.

Diffuse emission in gamma-ray lines arises from long-lived radioactivity, ejected by nucleosynthesis events such as supernovae, novae, or the Wolf-Rayet phases of massive stars. In the case of the isotope ^{26}Al with its decay time of 10 y, observed 1039 keV gamma-rays reflect mostly supernovae and massive-star wind phases, and hence measures the massive-star content of otherwise often occulted stellar clusters with penetrating gamma-rays. Additionally, with the spectrometer SPI on INTEGRAL, line shape diagnostics become feasible for the study of Doppler motions of source regions within the rotating disk of the Galaxy, and of nucleosynthesis ejecta kinematics from explosive release up to mixing with the ambient interstellar medium.

INTEGRAL's spectrometer has been able to measure ^{26}Al emission from the inner Galaxy (Fig. 2-23) and Cygnus region in its first mission year. Although not yet of sufficient quality for imaging, these signals basically confirm the COMPETE result of nucleosynthesis being distributed along the plane of the Galaxy in prominent source regions. The line from the inner Galaxy had been reported from an earlier balloon measurement with a similar detector to be broad, equivalent to huge average velocities of 1000 km s^{-1} over 10 years. Our INTEGRAL result reveals that this puzzling line broadening probably does not exist.



Ab. 2-23: INTEGRAL Messergebnis der Gamma-Linie vom Zerfall radioaktiven ^{26}Al im Innenbereich der Galaxie. Im Widerspruch zu einem früheren Ballonexperiment finden wir, dass die Linie nicht dynamisch oder thermisch verbreitert ist.

Fig. 2-23: INTEGRAL measurement of the gamma-ray line from decay of radioactive ^{26}Al in the inner Galaxy. The line appears narrow, contradicting the result of an earlier balloon experiment.

Erst wenn der (durch lokale Radioaktivität infolge des Bombardements mit kosmischer Strahlung) im Instrument erzeugte Hintergrund gut genug verstanden sein wird, können wir Linienform-Details aus unserer Messung bestimmen. Die Kinematik der zerfallenden ^{26}Al Kerne führt zu deutlichen Dopplerverschiebungen der Linienenergie; wir haben dies in Simulationen berechnet (Abb. 2-24). In diesen Rechnungen nutzen wir aktuelle Rotationsmodelle für die Galaxie, und plausible Parameter für die ^{26}Al -Quellen (Menge, Ausstoßgeschwindigkeit) und den Mischvorgang mit dem interstellaren Medium. Die physikalische Linienbreite ergibt sich daraus zu ~ 0.2 keV, während die Dopplerverschiebung durch galaktische Rotation östlich und westlich jeweils ~ 0.2 keV beträgt. Da die ^{26}Al Gammaemission vergleichsweise stark ist, sollte das Kernprogramm der INTEGRAL Mission für eine derartige Messung ausreichen, so dass wir dann Quellen entlang des Sehstrahls separieren können.

Antimaterie in der Galaxis / Antimatter in the Galaxy

Mit INTEGRAL wurde die charakteristische γ -Emission der Annihilation von Positronen aus dem Innenbereich der Galaxis vermessen. Aus SPI Daten ergibt sich die Gammalinie deutlich verbreitert; daraus lassen sich die physikalischen Kenngrößen (ρ, T) der Annihilationsregion bestimmen. Im Übrigen erscheint deren räumliche Verteilung unerwartet: Von den dort bekannten $\text{H}\beta$ -Quellen würde man erkennbare Einzelquellen erwarten; Positronenquellen im kugelförmigen Innenbereich der Galaxie würden eine $\sim 1^\circ$ ausgehende Emission erzeugen, während Positronenquellen innerhalb der galaktischen Scheibe diese erkennbar

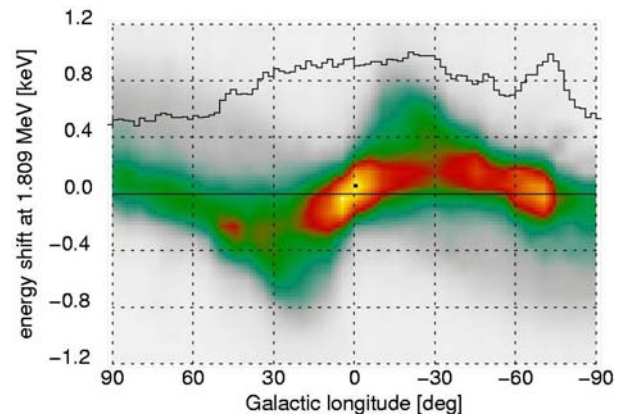


Abb. 2-24: Erwartete Variation der ^{26}Al Gammalinien-Form im Innenbereich der Galaxie ($l=0\pm 30^\circ$). Dopplerverschiebungen durch galaktische Rotation dominieren über Verbreiterungseffekte aus interstellarer Turbulenz oder Injektions-Kinematik. Das Histogramm skizziert die Gasmasse entlang des Sehstrahls, wie sie dieser Simulation zugrunde liegt.

Fig. 2-24: Simulated ^{26}Al gamma-ray line shape variations in the inner Galaxy ($l=0\pm 30^\circ$). Doppler shifts from Galactic rotation dominate over line broadenings from turbulence and ejection kinematics. The histogram indicates the cumulative gas mass along the line-of-sight, as used in this model.

nce instrumental background (caused by local radioactivity in the instrument from cosmic-ray bombardements) is sufficiently well understood, the shape of the ^{26}Al line can be investigated in more detail: Doppler motions of decaying ^{26}Al nuclei will lead to significant photon energy shifts. We have simulated variations of this velocity signature over the region of the inner Galaxy (Fig. 2-24). For this model, we employed recent rotation models for the Galactic disk, and plausible assumptions about the mass and ejection velocities of ^{26}Al from its sources and its evolution towards mixing with the interstellar medium. The intrinsic width of the measured line, from dynamics of the source environment, should be ~ 0.2 keV, while regions east and west of the center of the Galaxy will be Doppler-shifted in energies by ~ 0.2 keV. With the relatively-bright emission from ^{26}Al , INTEGRAL's core program should allow to test the above parameters of such models, also locating emission along the line of sight.

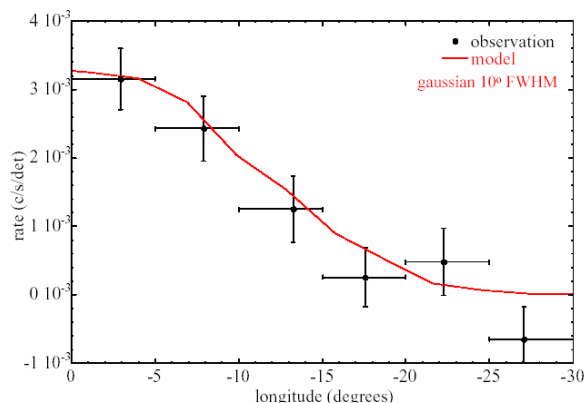
INTEGRAL has measured emission attributed to the annihilation of positrons (the antimatter-equivalent to electrons) from the inner Galaxy region. With SPI, the annihilation line is found to be significantly broadened; this will have to be interpreted in terms of the physical conditions of the annihilation target regions. Furthermore, annihilation emission has a rather unexpected spatial profile: Inner-Galaxy jet sources would result in rather point-like emission peaks; if positron sources of the Galactic bulge were to dominate, centrally-peaked $\sim 1^\circ$ extended emission would be expected; if, on the other hand, sources in the disk of

machen sollten, mit einer im entralbereich gleichförmigen Emission wie in radioaktivem ^{26}Al gesehen. INTEGRAL findet eine zum entrum symmetrische Emissionsregion mit deutlicher Ausdehnung im Bereich $\pm 1^\circ$ (2σ Grenzwerte), wie von einer zentralen kugelförmigen Positronenquelle erwartet (Abb. 2-2). Mit INTEGRAL wird diese Annihilations-Emission erstmals entlang der galaktischen Ebene kartographiert werden.

Ab. 2-25: Die Ausdehnung der Emission von Positronen-Annihilation im Zentralbereich der Galaxie, dargestellt als Zählratenänderung entlang galaktischer Längengrade. Die durchgezogene Linie zeigt die für eine symmetrisch um das Zentrum ausgedehnte (10° gaussförmig) Emissionsregion erwartete Variation.

Fig. 2-25: The extent of inner-Galaxy annihilation emission, plotted as count rate variation over Galactic longitude. The solid line represents count rate variations expected from a GC-centered Gaussian-shaped emission region with a width of 10 degrees.

the Galaxy would dominate positron production, the emission profile should be rather flat in this region, as observed e.g. for ^{26}Al emission. INTEGRAL finds 11 keV emission to be centered on the GC, declining smoothly in longitude with a significant extent ($\pm 1^\circ$, 2σ limits), a profile as expected from bulge-dominated emission (Fig. 2-2). INTEGRAL will make the first map of this emission along the plane of the Galaxy.



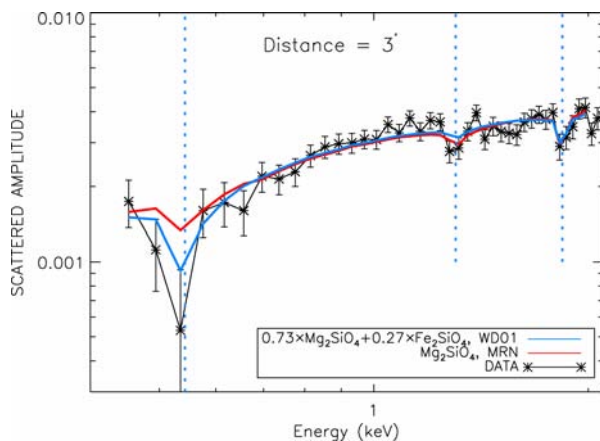
Streuprozesse an interstellarem Staub / Scattering of Radiation on Interstellar Dust

Interstellarer Staub kann Röntgenstrahlung sowohl absorbieren als auch streuen. Wir haben beide Effekte anhand der Daten des MXRB Cyg X-2 studiert. Die Staubsäulendichte zu dieser Quelle ist wegen ihrer galaktischen Breite (11°) relativ gering. Dies bedingt einen relativ schwachen Streuhalo, aber auch geringe Absorption, vor allem im weichen Teil des Spektrums.

Interstellar Dust is able to absorb and scatter the X-ray radiation from bright background sources. We were able to study both effects in the low mass X-ray binary Cyg X-2. The dust column density towards this source is relatively low (latitude $b = -11^\circ$), which implies a rather faint scattering halo and a small amount of absorption towards the soft part of the spectrum.

Abb. 2-26: Spektrum des Streuhalos um Cyg X-2 bei einer radialen Entfernung von 3 arcmin. Die Quelle selbst ist herausgerechnet, so dass das Spektrum den Streu-Querschnitt des Staubmaterials wiedergibt, z.B. Olivine, also Verbindungen aus Eisen, Magnesium, Silizium und Sauerstoff. Die vertikalen Linien zeigen die Streukanten von O, Mg und Si.

Fig. 2-26: Spectrum of the halo around Cyg X-2 at a radial distance of 3 arcmin, corrected for the spectrum of the central source. It reflects the scattering cross section of the intervening dust material, e.g. olivine which are compounds of iron, magnesium, silicon and oxygen. The vertical lines denote scattering features of oxygen, magnesium and silicon.



Das XMM EPIC-pn Spektrum des Streuhalos ist, nach sorgfältiger Subtraktion instrumenteller Effekte und des Spektrums von Cyg X-2 selbst, dominiert durch die gestreute Strahlung (Abb. 2-2). Zum ersten Mal konnten damit Streukanten von Sauerstoff, Magnesium und Silizium in Röntgendaten nachgewiesen werden. Dies ist konsistent mit einer Mischung von „Olivinen“, also Verbindungen der Art $\text{Fe}_{x-1}\text{Mg}_x\text{Si}_4$ und Graphit. Die differentiellen Streuquerschnitte wurden mit Hilfe der vollständigen Mie-Theorie und verschiedenen Korngrößen-Modellen gerechnet. Da nur Staub streuen kann, gibt uns dieses Spektrum Aufschluss über die chemische Zusammensetzung des Staubs, während das Spektrum der absorbierten Strahlung uns über Staub und Gas entlang der Sichtlinie informiert.

The XMM EPIC-pn spectrum of the scattering halo, after careful subtraction of instrumental effects and the spectral features and continuum of Cyg X-2 itself, is dominated by the dust scattered emission (Fig. 2-2). We made the unprecedented detection of the scattering features of oxygen, magnesium and silicon and found our data consistent with scattering by a mixture of olivines (compounds of the kind $\text{Fe}_{x-1}\text{Mg}_x\text{Si}_4$) and graphite. The differential scattering cross sections were computed using the full Mie theory, with different dust size distribution models. The spectrum of the scattered radiation tells us about dust (only solid particles can scatter), while the spectrum of the absorbed radiation gives information on the total material along the line of sight: gas plus dust.

Das XMM-RGS mit seiner hohen Energieauflösung löst den Wald von Resonanzlinien um die Sauerstoff-Absorptionskante im Spektrum von Cyg X-2 auf. Neuere abmessungen und Rechnungen von Absorptionsquerschnitten zeigen, dass die Absorptionsstrukturen konsistent mit Übergängen von I (1s-2p, 23.1 Å, 1s-3p, 22.9 Å), II (1s-2p, 23.3 Å), III (1s-2p, nicht vollständig aufgelöst zwischen 23.0-23.1 Å) sind. Das Vorhandensein ionisierter Elemente ist plausibel im lokalen ISM. Dies erklärt auch die, aus Messung der K-Kante bei 0.43 keV allein resultierende, erhöhte Häufigkeit von Sauerstoff.

The XMM-RGS high energy resolution resolves the forest of ISM resonant lines around the oxygen edge in the observed spectrum of Cyg X-2. In light of updated laboratory calculations of the absorption cross section, the observed absorption features are consistent with resonant transition of I (1s-2p, 23.1 Å, 1s-3p, 22.9 Å), II (1s-2p, 23.3 Å), III (1s-2p, not fully resolved between 23.0-23.1 Å). The presence of ionized species is plausible in the local ISM. This interpretation also accounts for the otherwise apparent underabundance of oxygen, as measured from the prominent absorption K-edge at 0.43 keV.

Die Lokale Blase / The Local Bubble

Das Sonnensystem ist von einem fast materieleeren Bereich umgeben, der „lokalen Blase“, einer Quelle weicher Röntgenstrahlung. Der physikalische Zustand des heißen und dünnen, für diese Röntgenemission verantwortlichen Plasmas ist noch nicht verstanden. Ein Beispiel stimmt die von stellaren Absorptionslinienuntersuchungen abgeleitete Ausdehnung dieser Blase nicht überein mit der, die man aus Röntgen-Durchmusterungen bestimmt hat. Aus theoretischer Sicht ist das Plasma-Gleichgewicht eine offene Frage (Modelle mit Stoßionisationsgleichgewicht (CIE) gegenüber Modellen mit Nichtgleichgewichts-Ionisation).

The solar system is surrounded by a cavity almost devoid of neutral matter, the local Bubble, which is seen as a diffuse soft X-ray source. The physical state of the hot and tenuous local plasma responsible for this X-ray emission is still not understood, e.g. extents of the cavity as derived from stellar absorption line studies do not match the ones from X-ray surveys. From a theoretical point of view, the plasma equilibrium is an issue, Collisional Ionization Equilibrium (CIE) versus Non-Equilibrium Ionization (NEI) models.

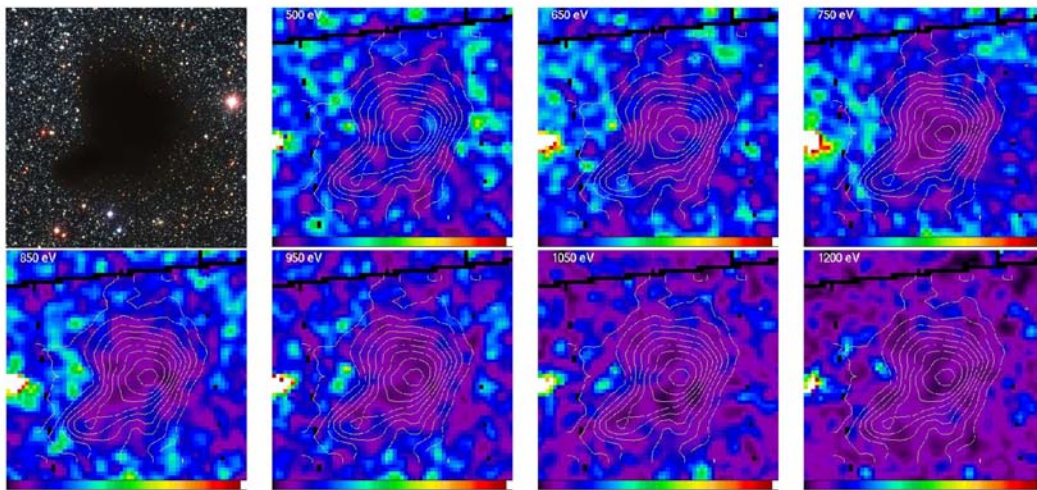


Abb. 2-27: Der Schatten von Barnard 68: Optische (links oben) und Röntgenbilder bei verschiedenen Energien (mit Absorptionskonturlinien).

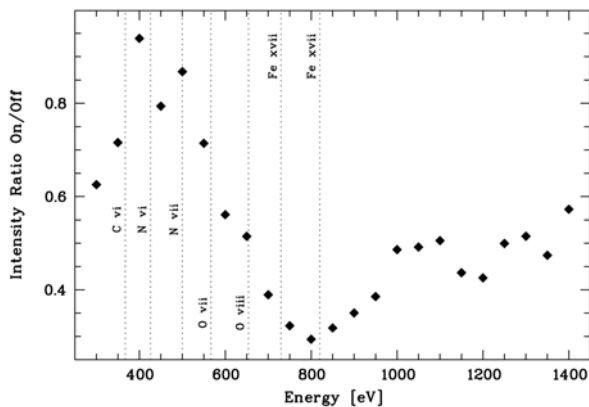
Fig. 2-27: The shadow of Barnard 68: Optical (upper left) and X-ray images at different energies (with absorption contour levels).

Man kann die Röntgenshatten von Molekülwolken benutzen, um Vordergrundanteil und diffuse Hintergrundstrahlung zu trennen (siehe Jahresbericht 2002). Die ϕ -Molekülwolke ist ein geeignetes nahes Objekt, aber auch Bok-Globulen wie Barnard mit noch größerer absorbierender Säulendichte, aber kleinerer Ausdehnung wurden genutzt. Hohe Säulendichten schwächen diffuse weiche (< 0.9 keV) Röntgenstrahlung ab und erlauben uns, durch Vergleich der Richtungen auf bzw. neben die Wolke Vordergrund- und Hintergrundemission zu trennen. Weiche Röntgenstrahlen stammen bevorzugt aus dem Vordergrund und können zur Charakterisierung des Plasma-

X-rays shadows, cast by molecular clouds, are used to disentangle the local contribution from the diffuse soft X-ray emission (see Annual Report 2002). The ϕ -Molecular Cloud is a good and nearby target, but also Bok globules like Barnard with an even higher absorbing column density but smaller size have been chosen. High column densities permit us to study the diffuse soft X-ray emission produced in the foreground (on-cloud directions) and the one produced in the background of the cloud (off-cloud directions), as the soft X-ray photons produced in the background (below 0.9 keV) are attenuated. Soft X-rays thus will mainly originate in the foreground, and can be analy-

ustands benutzt wurde n.

Für ein akzeptables Datenmodell waren lokale Plasmakomponente (die lokale Blase), Plasma der Loop I Superblase, weiter entferntes galaktisches Plasma, sowie eine extragalaktische Komponente (dargestellt als Potenzgesetz mit Index -1.4) notwendig, wobei Stoßionisationsgleichgewicht für die heißen Plasmakomponenten angenommen wurde. VII Emissionslinien waren in den Spektren beider Klassen („on-cloud“ „off-cloud“) zu finden. Das Verschwinden der VIII und Fe XVII Emissionslinien im „on-cloud“-Spektrum deutet an, dass die VII-Emission durch lokales Plasma mit etwa $1.4 \cdot 10^8$ K (CIE-)Temperatur erzeugt wird. Ein anderes Target, Barnard 68, wirft einen noch tieferen Schatten (Abb. 2-28). Das Verhältnis von „off-cloud“ zu „on-cloud“ Intensitäten (Abb. 2-28) zeigt ein Minimum bei den Fe-Energien. VII ist stärker abgeschwächt als VIII, obwohl die Absorption eigentlich bei höheren Energien abnimmt. Dies bestätigt, dass ein Großteil der VIII-Emission im Hintergrund produziert wird.



zed to characterize the physical state of the plasma.

A local plasma component (the local Bubble), plasma associated to the Loop I superbubble, more distant galactic plasma, and an extragalactic component, modelled as a power law with index -1.4, were needed to obtain a good fit, adopting a CIE for the hot cavity plasma components. VII emission lines are present in both on and off-cloud spectra. In contrast, the emission lines of VIII and FeXVII disappear in the on-cloud spectrum. This suggests that the VII emission is produced by a local plasma with a (CIE-) temperature of $1.4 \cdot 10^8$ K. Another target, Barnard 68, shows an even deeper shadow (Fig. 2-28). The ratio of off-cloud to on-cloud intensity as a function of energy is shown in Fig. 2-28. The minimum is at the Fe-energies while VIII is more attenuated than VII, though the absorption is less at higher energies, confirming that most of the VIII is produced in the background

Abb. 2-28: Tiefe des Röntgenschattens (Quotient „on-cloud/off-cloud“ Intensitäten) für Barnard 68 als Funktion der Energie.

Fig. 2-28: Depth of the X-ray shadow (“on-cloud/off-cloud” intensity) for Barnard 68 as function of energy.

Phasen des Interstellaren Mediums / Phases of the Interstellar Medium

Die großräumige Struktur der interstellaren Materie (ISM) und ihrer unterschiedlichen Gasphasen ist seit den frühen Arbeiten in den 1970er Jahren ein bestehendes Problem. Damals wurde die Existenz von drei stabilen Phasen (kaltes, warmes und heißes Medium) vorgeschlagen. Die analytische Beschreibung ist schwierig wegen Nichtlinearitäten von Heizung, Kühlung und diverser Instabilitäten. Daher haben wir großräumige magneto-hydrodynamische Simulationen in 3D durchgeführt, wobei wir den galaktischen Halo mit springbrunnen-ähnlichen Strömungen eingebaut haben, angetrieben durch die Sternentstehung in der darunter liegenden Gasleiste. Dieses anspruchsvolle Projekt umfasst neue Techniken wie „massive parallel computing“ und „adaptive mesh refinement“.

In unseren ISM-Simulationen auf einem kartesischen Raster (1.2 pc Auflösung, 1 kpc Ausdehnung in der galaktischen Ebene und bis 10 kpc im Halo) konnten wir die zeitabhängige Entwicklung der Springbrunnenströmung über eine große Zeitskala von 400 Millionen Jahren verfolgen (Abb. 2-29). Wir finden, dass großräumige Gasströmungen, angetrieben durch Supernova-Explosionen, für die Entstehung und Auflösung von geschockten komprimierten Schichten verantwortlich sind. Das geschockte Gas kann Dichten

The global structure of the interstellar matter and its different gas phases has been a long standing problem since early work in the seventies, in which the existence of three stable phases (cold warm and hot medium) in pressure equilibrium was suggested. Analytical modelling is severely limited by the inherent non-linearity of processes including heating, cooling and various instabilities. Therefore we perform large-scale 3D MHD simulations on large grids, where we include the galaxy halo with fountain-type flows, driven by star formation in the underlying gas disk. This challenging project induces new techniques such as massive parallel computing and adaptive mesh refinement.

In our ISM simulations on a Cartesian grid (1.2 pc resolution) covering 1 kpc in the galactic plane and extending 10 kpc into the halo, we are able to fully trace the time-dependent evolution of the fountain flow over a large time scale of 400 Myr (Fig. 2-29). We find that large-scale gas streams, driven by supernova explosions, are responsible for the formation and destruction of shocked compressed layers. The shocked gas can have densities as high as 100 cm^{-3} and lifetimes up to 1 Myr. Up to 1% of the mass in

bis zu 100 cm^{-3} und ebenszeiten bis zu 1 Millionen Jahren haben. Bis zu 1% der Masse in der Scheibe ist in einem thermisch instabilen Bereich konzentriert ($10^2 \leq T \leq 10^{3.9} \text{ K}$), wobei 30% der Gasmasse im Bereich $T \leq 10^3 \text{ K}$ liegt. Im Widerspruch zum 3-Phasen-Standardbild des ISM wird das heiße Gas durch thermischen Druck reguliert, da die magnetischen Feldlinien zu den dichten komprimierten Wänden hin geschoben werden.

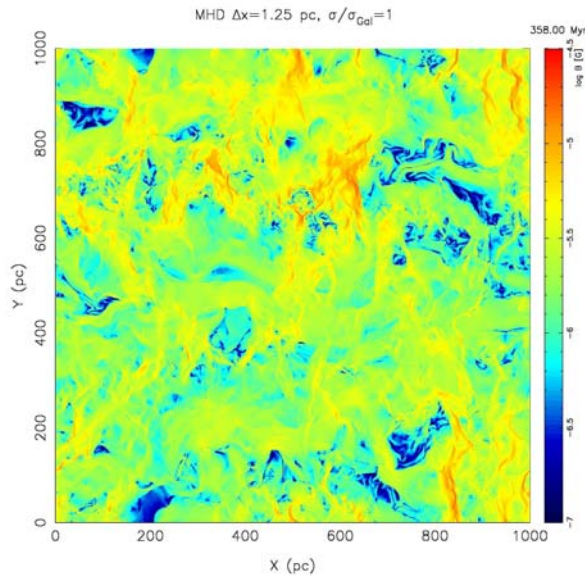


Abb. 2-29: Verteilung des magnetischen Feldes (die Farbcodierung ist rot für die höchsten und blau für die niedrigsten Magnetfeldstärken) in einem Schnitt durch die galaktische Mittelebene nach einer Scheibenentwicklung von 374 Millionen Jahren. Die Auflösung der feinsten Gitterstufe („adaptive mesh refinement“) beträgt 1.25 pc.

Fig. 2-29: Magnetic field distribution (the colour coding is red for highest and blue for lowest field strengths) in a cut through the Galactic midplane after 374 Myr of disk evolution. The resolution of the finest grid level (due to adaptive mesh refinement) is 1.25 pc.

udem zeigen unsere Simulationen die Ausrichtung von filamentartigen Gasstrukturen aufgrund der Anisotropie des galaktischen Magnetfelds. Auch finden wir, dass das Magnetfeld stark variabel ist, weitgehend unkorreliert mit der Dichte ist und durch Trägheitsbewegungen angetrieben wird. Daher folgt das interstellare Magnetfeld nicht dem Chandrasekhar-Fermi-Gesetz, das das Magnetfeld B mit der Dichte ρ durch die Beziehung $B \propto \rho^{1/2}$ verknüpft. Damit stimmt überein, dass der Staudruck für $10^2 < T \leq 10^3 \text{ K}$ dominierender Bewegungstreiber ist. Daher ist der magnetische Druck keine wiederherstellende Kraft, er dominiert nur im Bereich $T \leq 10^2 \text{ K}$ (stabiler Zweig) (Abb. 2-30).

the disk is concentrated in a thermally-unstable regime, $10^2 \leq T \leq 10^{3.9} \text{ K}$, with 30% of the disk mass enclosed in the $T \leq 10^3 \text{ K}$ gas. The hot gas is controlled by thermal pressure, since magnetic field lines are swept towards the dense compressed walls. This is in strong contrast to the standard three-phase ISM picture.

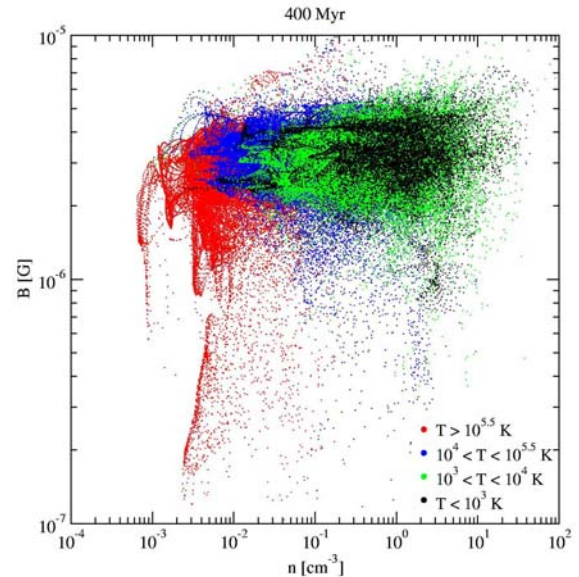


Abb. 2-30: Punktdarstellung von Magnetfeld gegenüber Dichte für unterschiedliche Temperaturbereiche nach einer Scheibenentwicklung von 400 Millionen Jahren. Man beachte die kleine Änderung in der Magnetfeldstärke innerhalb einer Variation von 3 Größenordnungen in der Gasdichte.

Fig. 2-30: Scatter plot of B versus ρ for several temperature regimes at 400 Myr of disk evolution. Note the small change in magnetic field strength within more than three orders of magnitude in gas density variation.

ur simulations further reveal preferred orientation of filamentary gas structures, due to the anisotropy induced by the galactic magnetic field. We also find the magnetic field to be highly variable, largely uncorrelated with density and driven by inertial motions. Therefore the interstellar magnetic field does not follow the Chandrasekhar-Fermi law, which relates the field B to the density ρ by $B \propto \rho^{1/2}$. These findings are consistent with ram pressure as the dominating driver of flow for $10^2 < T \leq 10^3 \text{ K}$. Therefore the magnetic pressure is not a restoring force, taking over only for $T \leq 10^2 \text{ K}$ (stable branch) (Fig. 2-30).

BREITSCHWERDT, C STANTINI, DIEH, FREIBERG, KRETSCHMER, MENDES, PREDEHL, SCHÖNFELDER, STRÖM

2.2.6 Kosmische Strahlung / Cosmic Rays

Das EGRET Spektrum galaktischer γ -Kontinuums-

The spectrum of the Galactic continuum gamma-ray

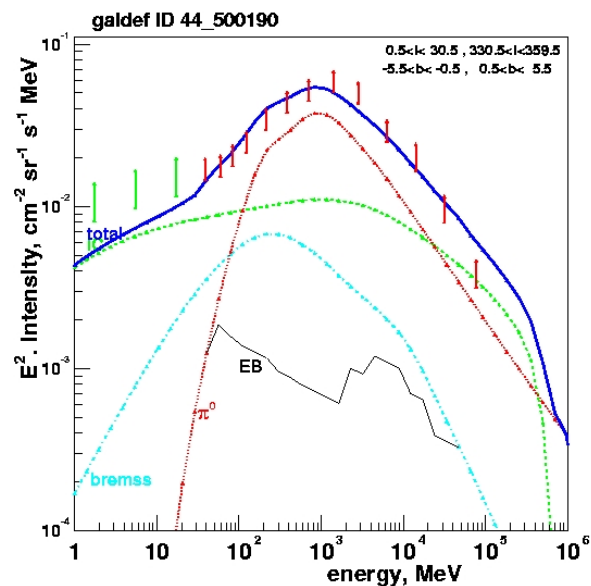
Strahlung zeigt einen usatzbeitrag bei 1-2 GeV zu der aus π^0 -erfall, Bremsstrahlung und inverse Compton-Effekt erwarteten Emission. Bisherige Vorhersagen dieser Komponenten basierten auf lokalen Messungen der Protonen und Elektronen der kosmischen Strahlung, die aber nicht repräsentativ für die Galaxis sein müssen. Wir wissen aus sekundären Antiprotonen-Messungen, dass das mittlere Protonenspektrum im Vergleich zu lokaler Messung nicht hochenergie-betonter sein kann (vgl. Jahresbericht 2001). Alternative Erklärung für diesen usatzbeitrag könnte ein hochenergie-betontes Injektionspektrum der Elektronen sein. Hier erwartet man wegen interstellarer Energieverlustprozesse große Fluktuationen, so dass lokale Abweichung vom galaktischen Mittelwert plausibel wäre. Mit unserem 3-dimensionalen und zeitabhängigen Modell erkannten wir aber, dass die Fluktuationen zu klein sind, um diesen GeV-usatzbeitrag zu erklären.

Abb. 2-31: EGRET (rote Balken) und COMPTEL (grüne Balken) Spektrum der Gammastrahlung der inneren Galaxis verglichen mit einem neuen Modell, wie im Text beschrieben. Das Gesamtspektrum ist blau dargestellt. Die einzelnen Komponente sind: π^0 -Zerfall (rot), inverse-Compton (grün), Bremsstrahlung (blau) und extragalaktischer Hintergrund (schwarz).

Fig. 2-31: Gamma-ray spectrum of inner Galaxy measured by EGRET (red bars) and COMPTEL (green bars), compared to a new model described in the text. The total spectrum is shown as dark blue, components are π^0 -decay (red), inverse-Compton (green), bremsstrahlung (light blue curve), extragalactic background (black).

unser Ansatz respektiert die Randbedingungen direkter Messungen und erlaubt räumliche Variationen im Teilchenspektrum. Daraus folgt ein gutes Modell für das Spektrum der Gammastrahlung (Abb. 2-31), nicht nur in den Standard-Energiebereichen von EGRET, sondern auch bis zu 100 GeV, wo wir neue EGRET Daten benutzt haben. Das entscheidende ist die Erweiterung des Energiebereichs, womit frühere Modelle praktisch ausgeschlossen werden. unser Modell gibt auch sehr gut die Himmelsverteilung der Gammastrahlung im gesamten Bereich wieder, und kommt mit einer weit kleineren Variation der kosmischen Strahlung als bisher raus.

emission measured by EGRET is known to show an excess around 1-2 GeV, relative to what is expected from the mechanisms of π^0 -decay, bremsstrahlung and inverse-Compton emission. Predictions were based on locally measured cosmic-ray proton and electron spectra, which may not be representative of the Galaxy at large. However the possibility that the proton spectrum is on average harder than measured locally can be effectively ruled out on the basis of secondary antiprotons, as (see Annual Report 2001). Instead, a very hard electron injection spectrum has often been invoked: large spatial fluctuations are expected from energy loss processes, so locally-measured spectra can deviate considerably from the Galactic average. But a detailed study with a 3D time-dependent model has shown that fluctuations are not large enough to explain the size of the observed effect.



our approach is to accept the constraints imposed by direct cosmic-ray measurements, and to allow spatial variations of the particle spectrum. This yields a good model for the gamma-ray spectrum (Fig. 2-31), not only in the standard EGRET range 30 MeV – 10 GeV, but also up to 100 GeV, where we use additional EGRET data. The extension of the energy range turns out to be critical, practically excluding now the earlier models. our new model now also excellently fits the angular distribution of gamma-rays at all EGRET energies, and requires much less extreme cosmic-ray variations than before.

STRIG

2.3 GALAXIEN UND AGN / GALAXIES AND AGN

Nahegelegene Galaxien (sowohl normale, also auch aktive und solche mit hoher Sternentstehungsrate) bieten hervorragende Möglichkeiten, Prozesse, welche wichtig für die Entwicklung von Galaxien sind, genau zu untersuchen. Wissenschaftler des MPE sind in der einzigartigen Lage, über fast das gesamte elektromagnetische Spektrum – vom Gamma- über den Röntgen- bis hin zum nahen Infrarot- und Sub-mm-Bereich – Untersuchungen dieser Objekte auf verschiedensten Größenskalen, Strukturen und Aktivitäten durchzuführen. Dies war wieder ein faszinierendes Jahr für die extragalaktische Forschung am MPE, wobei das galaktische Zentrum wiederum eine zentrale Rolle einnahm. Wir wurden Zeugen spektakulärer Strahlungsausbrüche sowohl im infraroten als auch im Röntgen-Wellenlängenbereich. Im Oktober 2002 beobachteten wir mit XMM-Newton den hellsten jemals gemessenen Röntgen-Ausbruch von Sgr A* von knapp einer Stunde. Während Routinebeobachtungen des zentralen Sternhaufens bei 1. μm mit der C NICA NA S adaptiven optik Infrarotkamera am V T der ES am 9. Mai bemerkten wir einen extrem starken Infrarot-Strahlungsausbruch an genau der Stelle, an welcher sich das Schwarze Loch (Sgr A*) befindet. Dies war das erste Mal, dass solch ein Strahlungsausbruch im Infraroten beobachtet wurde. In diesem Kapitel stellen wir diese und viele andere Ergebnisse vor, die wir auf dem faszinierenden Gebiet der extragalaktischen Forschung im Jahre 2003 am MPE erzielt haben.

Nearby normal, starburst, and active galaxies provide the perfect laboratories for detailed investigation of the processes important for galaxy evolution. With the scientific expertise and instrument development capability spanning nearly the entire spectrum of wavelengths – from gamma-rays, X-rays, and near-IR through millimetre, scientists at MPE are in the unique position of being able to study these systems over a wide range of size scales, morphological type, and activity. This was another fascinating year for extragalactic research at MPE, with the Galactic Centre again taking centre stage. We were witness to spectacular flaring events at both infrared and X-ray wavelengths. In October of 2002, we observed with XMM-Newton the brightest X-ray flare reported so far from Sgr A* with a duration shorter than one hour. Then, on the 9th of May, during routine observations of the Galactic Centre star cluster at 1. μm with the C NICA NA S adaptive optics imager near infrared camera at the ES V T, we witnessed a powerful IR flare at the location of the Black Hole (Sgr A*) itself. This was the first time that such an event has been observed in the infrared. In this chapter, we present these and the many other highlights from the exciting extragalactic research that we have undertaken in 2003 at MPE.

2.3.1 Das Galaktische Zentrum / The Galactic Center

Strahlungsausbrüche im Infraroten vom Schwarzen Loch / Near-infrared flares from the Black Hole

Das Zentrum unserer Milchstraße ist als der uns nächstgelegene Kern einer Galaxie ein einzigartiges Laboratorium, um die physikalischen Prozesse in unmittelbarer Umgebung eines supermassiven Schwarzen Loches zu studieren. Hochauflösende Aufnahmen des galaktischen Zentrums im nahen Infraroten (NIR) sind seit den frühen 90er Jahren möglich. Trotz aller Bemühungen konnten wir bis 2003 keine eindeutige Quelle an der Stelle von Sgr A*, dem vermuteten Schwarzen Loch, identifizieren. Während routinemäßiger Beobachtungen des zentralen Sternhaufens bei einer Wellenlänge von 1. μm am 9. Mai 2003 mit der adaptiven optik NA S und der NIR-Kamera C NICA (ein gemeinsames Projekt des MPIA in Heidelberg und des MPE) am V T der ES wurden wir Zeugen eines kräftigen Strahlungsausbruchs an der Stelle des Schwarzen Lochs (Abb. 2-32 und 33). Innerhalb weniger Minuten stieg die Helligkeit der schwachen Quelle um einen Faktor 10 an und verschwand nach ca. 30 Minuten wieder. Der Ort dieses Ausbruchs befand sich innerhalb weniger Millibosekunden vom Schwarzen Loch. Die kurzen Anstiegs- und Abstiegszeiten des Ausbruchs verraten uns, dass dessen Quelle weniger als 10 Schwarzschildradien vom Schwarzen Loch entfernt sein muss.

As the nearest galactic nucleus, the centre of the Milky Way is a unique laboratory for study of the physical processes that operate in the vicinity of a supermassive Black Hole. Near-infrared high-resolution observations of the galactic centre became possible since the beginning of the 1990s. Since then, the GC stellar cluster was regularly monitored by high-resolution NIR imaging. However, in spite of all efforts, we were not able to unambiguously detect a NIR counterpart of Sgr A*, the putative Black Hole, before 2003. On the 9th of May, during routine observations of the GC star cluster at 1. μm with the C NICA NA S adaptive optics imager near infrared camera at the ES V T (a collaboration between MPIA in Heidelberg and MPE built the C NICA camera for ES V T), we witnessed a powerful flare at the location of the Black Hole (Fig. 2-32 and 33). Within a few minutes, the flux of a faint source increased by a factor of 10 and faded again after about 30 min. The flare was found to have happened within a few milli-arcseconds of the position of Sgr A*. The short rise-and-decay times told us that the source of the flare was located within less than 10 Schwarzschild radii of the Black Hole.

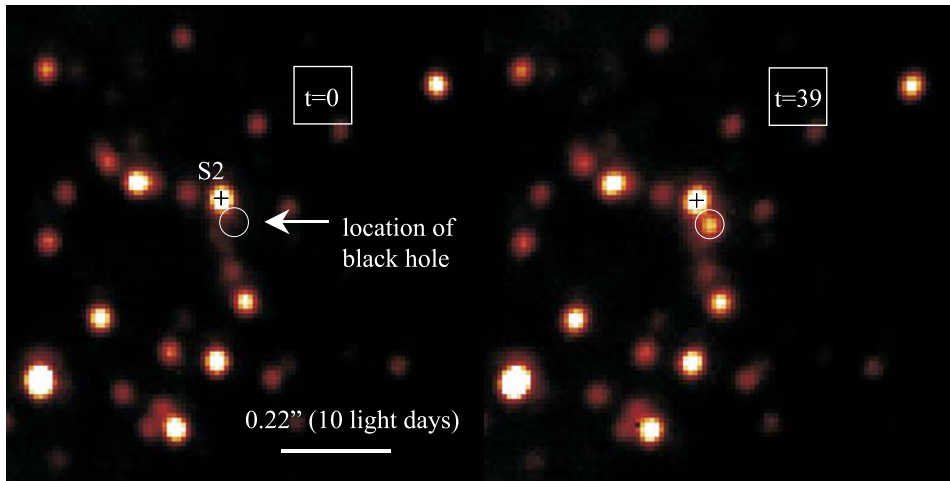


Abb. 2-32: Entdeckung der NIR-Strahlung von Sgr A* (weißer Kreis). Die Abbildung zeigt unbehandelte Bilder mit einer Belichtungszeit von 60 s einer 1"x1" Region um Sgr A*, die am 9. Mai 2003 gewonnen wurden. Mit der Ausnahme des von einem Kreis markierten Objekts, sind alle Quellen, die in beiden Abbildungen erscheinen, Sterne. Die linke Bildseite wurde zu Beginn der Beobachtungen aufgenommen – die rechte etwa 40 Minuten später. Die aufleuchtende Quelle ist im rechten Bild klar zu sehen. Ihre Position ist konsistent mit Sgr A*.

Fig. 2.32: Detection of NIR emission from Sgr A* (white circle). The figure shows raw frames (60 s total exposure time) of an area 1"x1" around Sgr A*, observed on May 9, 2003. With the exception of the source in the circle on the right, all of the sources appearing in both frames are stars. The left image was taken at the beginning of the observations; the right image about 40 min later. The flaring source is easily detected in the right image. Its position is consistent with Sgr A*.

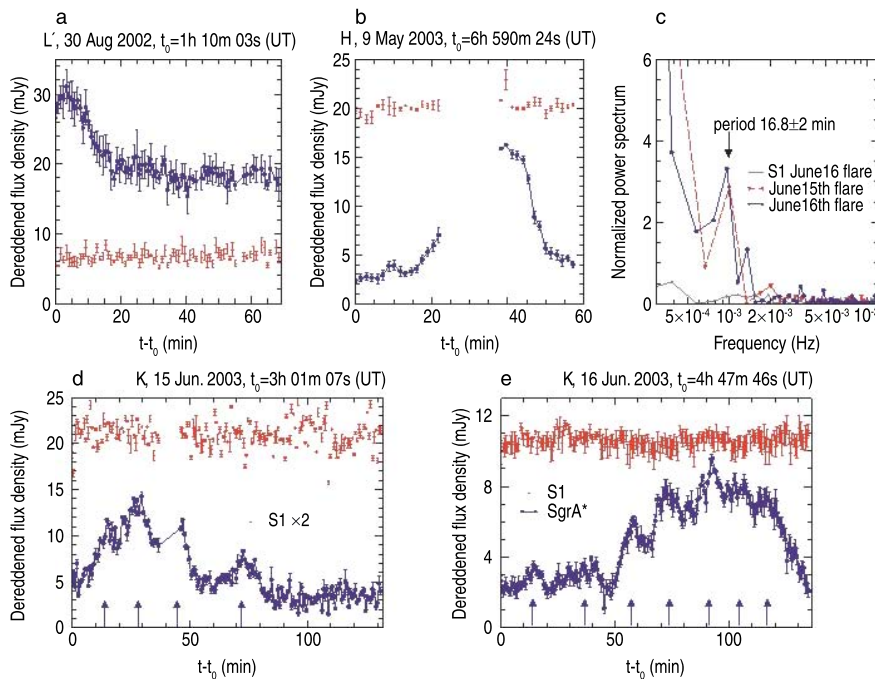


Abb. 2-33: Mit NAOS/CONICA am VLT gemessene Lichtkurven der NIR-Strahlungsausbrüche von Sgr A* (blau) in 2002 und 2003. Zum Vergleich ist jeweils die gleichmäßige Emission des Sterns S1 nahe Sgr A* in allen Lichtkurven angegeben (rote Datenpunkte). Die Pfeile in den beiden Ks-Lichtkurven deuten die Substruktur der Ausbrüche an. Beide Ks-Lichtkurven zeigen eine ähnliche Quasi-Periodizität von 16.8 ± 2.0 Minuten (rechts oben), obwohl die Beobachtungen mehr als 24 Stunden auseinander liegen und damit voneinander unabhängig sind. In beiden Fällen zeigt der Stern S1 keine solche Periode.

Fig. 2-33: Light curves of the Sgr A* NIR flares (blue) in 2002 and 2003, observed with NAOS/CONICA on VLT. For comparison, the steady emission of the star S1 near Sgr A* is shown in all plots (red data points). Arrows in the plots of the two K_s-band flares indicate substructure peaks of the flares. Both K_s-band flares show similar quasi-periodicity of 16.8 ± 2.0 min (top right), although the second flare was observed more than 24 h after the first one and must thus have been an unrelated event. In both cases, the power spectrum of S1 does not show such a period.

Während nachfolgender Beobachtungen in 2003 konnten wir noch mehrere weitere Strahlungsausbrüche beobachten, zusätzlich beobachteten wir an dieser Position aber auch eine Quelle, die während der Ruhephasen schwach leuchtet. Mit diesem Wissen konnten wir weitere Strahlungsausbrüche in älteren Daten aus dem Jahre 2002 bei größeren Wellenlängen wiederfinden. Bis jetzt haben wir fünf Strahlungsausbrüche in den H-, K- und L' -Bändern (bei 1, 2.2 und 3. μm) identifiziert. Diese Ausbrüche wurden in vier verschiedenen Epochen gemessen, und zwar jeweils nur wenige Millibogensekunden von Sgr A* entfernt. Dies und die kurzen An- und Abstiegszeiten der Lichtkurven machen es sehr wahrscheinlich, dass der Ursprung dieser Ausbrüche tatsächlich Materie in der unmittelbaren Umgebung des Schwarzen Lochs ist.

During subsequent observations in 2003, we observed more flares from Sgr A* as well as quiescent emission from a source at this location. With hindsight, we could also detect a flaring source in older, longer wavelength data from 2002. Up until now, we have observed five flares in the H, K and L' -bands (1, 2.2 and 3. μm). The flares were observed at four different epochs within a few milli-arcseconds of the location of Sgr A*, which makes it highly probable that they are indeed associated with matter in the immediate environment of the Black Hole, which is also reflected in the very short rise-and-fall time scales of the light curves.

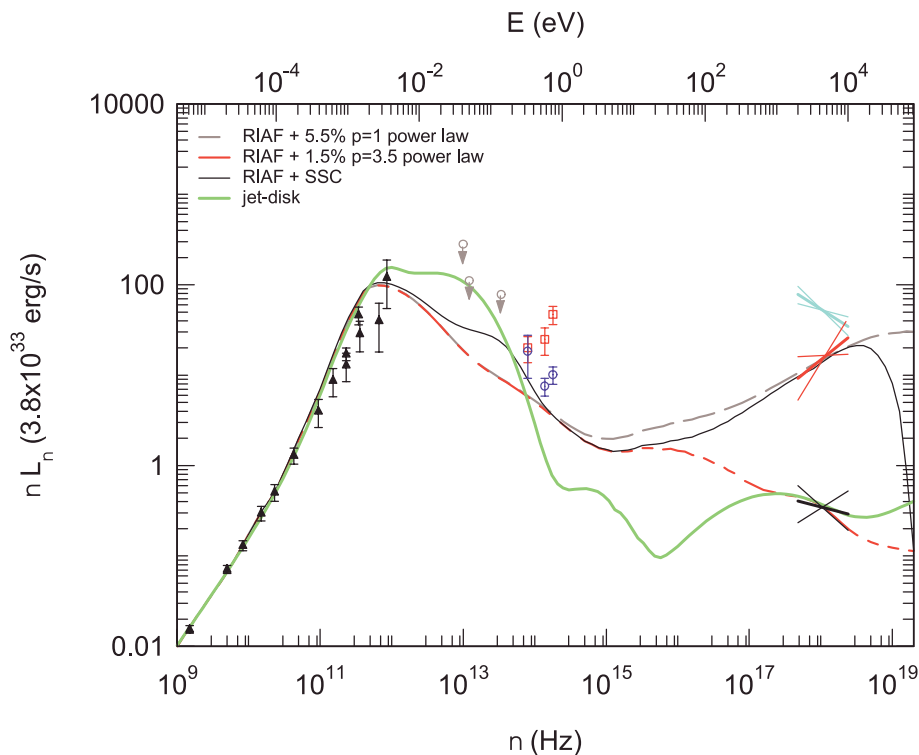


Abb. 2-34: Spektrale Energieverteilung (extinktions- und absorptionskorrigiert) der Strahlung von Sgr A*. Die schwarzen Dreiecke zeigen das Radiospektrum, die grauen Kreise verschiedene obere Grenzen im NIR aus der Literatur. Die drei γ -Strahlungsbereiche sind (von unten nach oben): die von Chandra gemessene Ruhephase (schwarz), der von Chandra im Oktober 2000 gemessene Strahlungsausbruch (rot) und der von *MM* im Herbst 2002 gemessene Ausbruch (hellblau). Die roten gekreuzten Quadrate zeigen die entredeten maximalen Helligkeiten (minus der Ruheemission) der vier Ausbrüche im NIR. Die blauen Kreise zeigen die entredeten J , K_s und L' -Helligkeiten in Phasen der Ruhe.

Fig. 2-34: Spectral energy distribution (extinction and absorption corrected) of the emission from Sgr A*. Black triangles denote the radio spectrum of Sgr A*. Open grey circles mark various infrared upper limits from the literature. The three γ -ray data ranges are (from bottom to top) the quiescent state as determined with Chandra (black), the autumn 2000 Chandra flare (red), and the autumn 2002 flare observed by *MM* (light blue). Open red squares with crosses mark the de-reddened peak emission (minus quiescent emission) of the four NIR flares. Open blue circles mark the de-reddened J , K_s , and L' luminosities of the quiescent state.

Die NIR-Strahlung während der ruhigen Phasen und während der Ausbrüche füllt eine wichtige Lücke in unserem Verständnis des Spektrums der Quelle Sgr A* und erlauben uns, die momentan existierenden Modelle der Energieerzeugung zu beurteilen (Abb. 2-34). Die Intensität während der ruhigen Phasen kann durch den hochenergetischen Schwanz der Syn-

The quiescent and flaring NIR emission from Sgr A* fills an important gap in our knowledge of the spectrum of this source and will allow us to constrain the existing models of how the radiation is produced (Fig. 2-34). While the quiescent emission appears to be largely consistent with an origin in the high-energy tail of a synchrotron spectrum, the mechanism of the NIR

chrotron-Strahlung erklärt werden. Die Situation während der Ausbrüche ist allerdings unklar. Obwohl die Ausbrüche zu verschiedenen Zeitpunkten gemessen wurden, weisen sie doch auf eine blaue Farbe hin, was für die aktuellen Theorien eine Herausforderung bedeutet. Für das Jahr 2004 sind gleichzeitige Beobachtungen im Röntgen- und Infrarotbereich in verschiedenen Bändern geplant. Die Chancen stehen gut, dass diese Beobachtungen die nötigen Daten liefern, um die Modelle einzugrenzen und eine Verbindung zwischen den Röntgen- und Infrarotausbrüchen herzustellen (oder auszuschließen).

Messung des Drehimpulses des Schwarzen Lochs? / A spin measurement of the Black Hole?

Bei den beiden Strahlungsausbrüchen, die am 1. und 1. Juni 2003 im K-Band gemessen wurden, konnten wir die gesamte Lichtkurve vermessen. Obwohl zwischen beiden Messungen mehr als 24 Stunden vergangen sind und diese daher unabhängig voneinander sein sollten, zeigen beide eine Quasi-Periodizität von 1 Minuten. Unter allen vorstellbaren periodischen Prozessen in der Nähe eines Schwarzen Loches (akustische Moden einer dünnen Scheibe, Lense-Thirring-Präzession, Präzession der Knotenlinien, Umlaufbahnen) hat die Umlaufbahn von Materie nahe dem „innersten stabilen Orbit“ die kürzeste Periode. Die beobachtete Umlaufzeit von 1 Minuten ist allerdings so kurz, dass die einzige sinnvolle Erklärung für die Periodizität durch Dopplerbeschleunigung heißen Gases nahe des innersten stabilen Orbits eines rotierenden (Kerr-) Schwarzen Lochs ist. Der Drehimpuls eines rotierenden Schwarzen Lochs erlaubt stabile Umlaufbahnen näher am Ereignishorizont und damit kürzere Umlaufzeiten. Aus der Periode von 1 Minuten schließen wir, dass das supermassive Schwarze Loch Sgr A* die Hälfte des maximal möglichen Drehimpulses eines solchen Objekts besitzt.

Es sind weitere Beobachtungen solcher Strahlungsausbrüche und ihrer Quasi-Periodizität nötig, um dieses Ergebnis zu bestätigen. Sollte diese Quasi-Periodizität tatsächlich eine Eigenschaft der Strahlungsausbrüche sein, bedeutet dies, dass die Erforschung der Physik der schwarzen Löcher in ein Stadium tritt, in dem deren Eigenschaften direkt gemessen werden können!

Sternpopulation und Dynamik im zentralen Sternhaufen des galaktischen Zentrums / Stellar Population and Dynamics of the Galactic Center Star Cluster

Beobachtungen des zentralen Sternhaufens im Frühjahr 2003 mit dem neuen abbildenden Spektrometer für das VISIBLE, SPIFFI, führten zu den bislang genauesten abbildenden Nahinfrarot Spektroskopiedaten dieser Region. SPIFFI liefert zu jedem Bildpunkt ein Spektrum, womit wir eine nie zuvor dagewesene Anzahl an blauen und roten Sternen spektroskopisch klassifizieren konnten (Abb. 2-3). Die Kombination aus Eigenbewegungen und Radialgeschwindigkeiten zeigt eine überraschende Dynamik der blauen Sterne auf: Sie befinden sich auf zwei rotierenden Scheiben, welche sich in einem großen Winkel zueinander befinden, und rotieren entgegengesetzt der allgemeinen galaktischen Rotation. In diesen beiden Scheiben gibt

flares is uncertain. Although the NIR flares were observed at different epochs, they might hint at a blue colour of the flares, which would be a challenge to current theories. Simultaneous, multi-wavelength NIR and X-ray observations of the GC are planned for 2004. The chances are high that these observations will provide the required data to constrain the models and to establish (or exclude) a relation between the X-ray and NIR variability.

The two K-band flares observed on the 1st and 1st of June 2003 are the flares that were completely covered by observations. Although they happened more than 24 hours apart and thus appear to be unrelated events, they both show a striking quasi-periodicity of the flare with a period of about 1 min. Of all possible periodic processes near a Black Hole (acoustic modes of a thin disk, Lense-Thirring precession, precession of orbital nodes, orbital motion), the period of matter circling the Black Hole near the last stable orbit is the shortest one. The observed period of 1 min is so short, however, that the only reasonable explanation is that the oscillations are produced by Doppler boosting of hot gas near the last stable orbit of a spinning (Kerr) Black Hole. The spin of the Black Hole will allow for a last stable orbit closer to the event horizon and thus with a shorter orbital frequency. From the observed 1 min period we estimate that the supermassive Black Hole Sgr A* has a spin that is half as big as the maximum possible spin of such an object.

Additional observations of flares and their quasi-periodicity will be needed in order to confirm this result. Should the quasi-periodicity indeed be an intrinsic feature of the flares then this will mean that the era of Black Hole physics has begun with the properties of Black Holes accessible to direct measurements!

We observed the crowded central parsec in spring, 2003, with the new integral field spectrometer for the VISIBLE, SPIFFI, obtaining the deepest yet near-infrared, high angular resolution, integral field spectroscopy of the region. SPIFFI provides simultaneous spectra of all stars in the field of view, permitting spectroscopic classification of unprecedented numbers of bright blue and red stars (Fig. 2-3). Combining proper motions and radial velocities for the blue stars reveals their surprising dynamics: they populate two rotating stellar discs that are at large angles to each other, and that rotate in the opposite sense to the rest of the Galaxy. The stars in these two discs have very similar stellar content and appear to have formed coevally about 1 Myr

es Sterne sehr ähnlicher Zusammensetzung (sehr metallreich), welche sich anscheinend gemeinsam vor etwa fünf Millionen Jahren in einer Phase der Sternentstehung, welche mehrere Millionen Jahre anhielt, gebildet haben. Wie konnten diese massiven Sterne so nahe am Schwarzen Loch entstehen? Sie sind zu jung, um weiter entfernt entstanden und dann in das Zentrum gewandert zu sein. Starke Gezeitenkräfte verhindern dort jedoch eine Entstehung durch den üblichen Prozess des Kollabierens einer Molekülwolke. Die Existenz zweier ähnlicher Scheiben legt einen plötzlichen dissipativen Vorgang nahe, d.h. die Kollision zweier einfallender Wolken, dessen überlebende Gasscheiben dann die Sterne geformt haben.

ago in a metal-rich starburst that lasted for several Myr. How did these massive stars come to exist so near to the central Black Hole? They are too young to have formed further away and migrated in, but strong tidal forces would prevent star formation by the usual mechanism of molecular cloud collapse. The presence of two coeval stellar discs suggests an origin in a sudden dissipative event, such as the collision of two infalling clouds that created debris gas discs that then formed the stars.

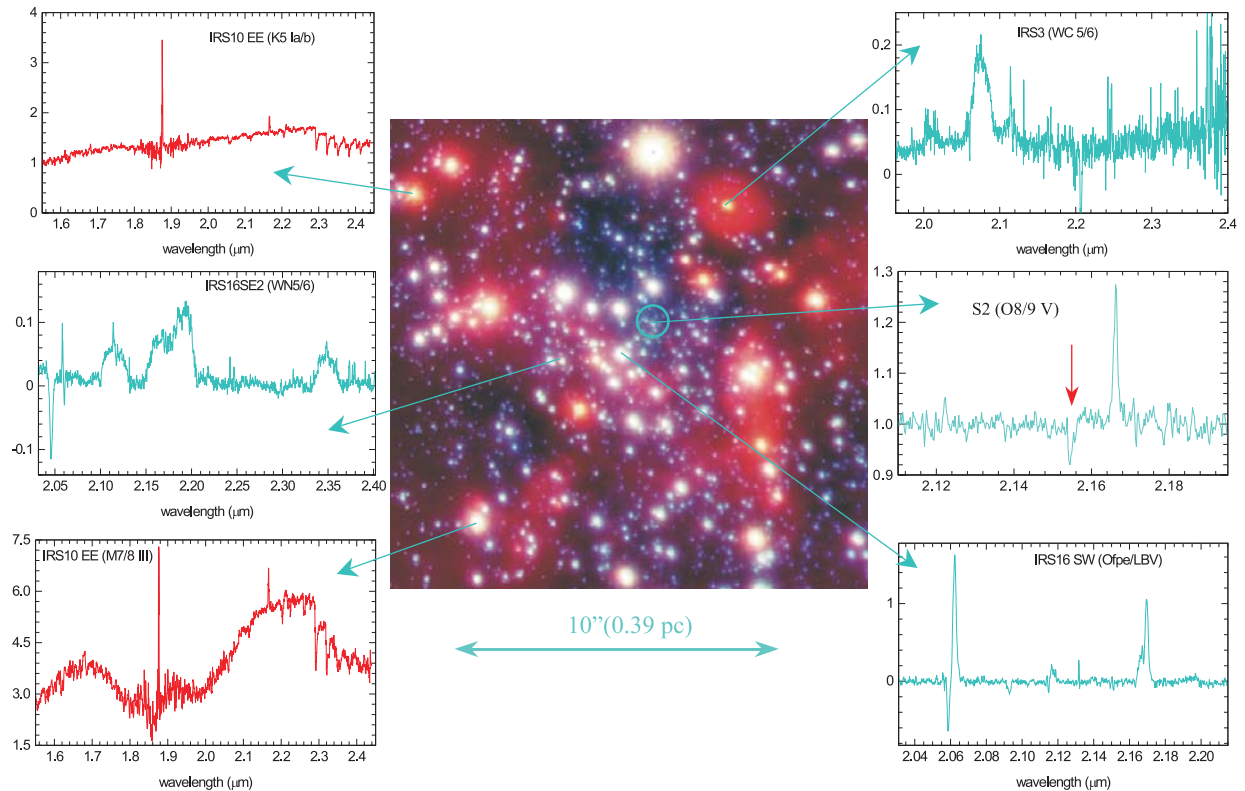


Abb. 2-3 : Exemplarische SPIFFI-Spektren mit einem NAOS/CONICA K/L Farb bild der zentralen galaktischen Region. Die Spektren zeigen die verschiedenartigen Sterntypen im Sternhaufen: Späte Hauptreihen O-Sterne (S2 nahe Sgr A*, grüner Kreis), helle blaue Veränderliche (unten rechts), frühe WN (links Mitte) und WC (rechts oben) Wolf-Rayet-Sterne, rote Superriesen (der hellste Stern IRS in der oberen Mitte des Bildes), helle Sterne auf dem asymptotischen Riesenast (unten links) und normale rote Riesensterne (links oben; rotes Kontinuum wurde abgezogen).

Fig. 2-3 : Selected SPIFFI spectra superposed on a NAOS/CONICA K/L colour composite image of the central galactic region. The spectra display the wide range of stellar types found in the cluster: late-type main sequence O stars (star S2 near Sgr A*; green circle), luminous blue variables (lower right), early WN (middle left) and WC (top right) Wolf-Rayet stars, red supergiants (the brightest star IRS at the top/middle of the image), bright asymptotic giant branch stars (lower left) and normal red giant stars (top left; red continuum is subtracted).

Die mit SPIFFI, aber auch mit anderen Instrumenten gewonnenen spektroskopischen Daten erlauben zusammen mit den vermessenen Eigenbewegungen auch eine geometrische Messung der Entfernung des galaktischen Zentrums: $.94 \pm 0.42$ kpc. Dies bestätigt und verbessert die bisherigen Messungen dieses wichtigen „Meilensteins“ der extragalaktischen Entfernungsmessung (Abb. 2-3).

The SPIFFI spectroscopy, together with other spectroscopy and proper motion measurements, also allowed a new geometric distance measurement to the Galactic Centre of $.94 \pm 0.42$ kpc, which confirms and improves previous primary distance measurements that are critical rungs in the extragalactic distance ladder (Fig. 2-3).

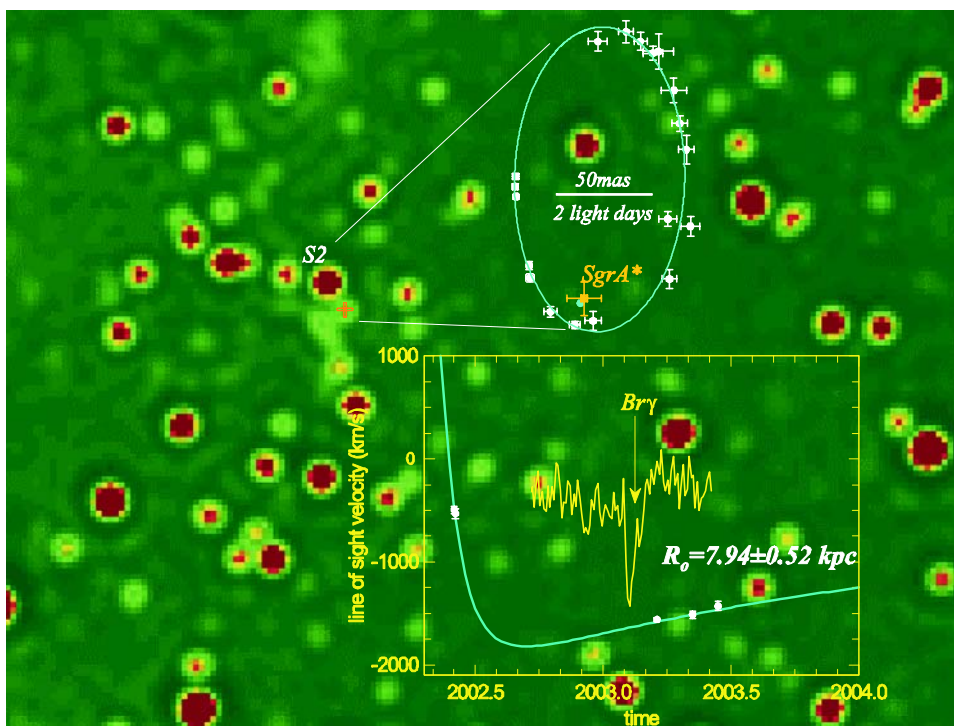


Abb. 2-36: Geometrische Bestimmung der Entfernung der Sonne zum galaktischen Zentrum durch eine Präzisionsmessung der Bewegung des Sterns S2 um das supermassive Schwarze Loch. Die Radialgeschwindigkeit des Sterns wurde anhand der Dopplerverschiebung seiner Br γ Absorptionslinie bestimmt (anhand von SPIFFI, NIRSPEC/Keck und NAOS/CONICA Spektren). Die Eigenbewegung wurde mit SARP/NTT und NAOS/CONICA gemessen. Die Orbitalbewegung des Stern verbindet die Winkelgeschwindigkeit der Eigenbewegungen und die absoluten Radialgeschwindigkeit, womit die Entfernung zum Binärsystem S2/Sgr A* berechnet werden kann.

Fig. 2-36: Geometric determination of the distance from the Sun to the galactic Centre from a precision measurement of the star S2 that orbits the super massive Black hole. The star's radial velocity is measured from its Br γ Doppler shift (from SPIFFI, INSPECT/Keck and NAOS/CONICA spectra), while its proper motion is measured from SARP/NTT and NAOS/CONICA images. The orbital solution ties together the angular and absolute velocities to yield the distance to the S2/Sgr A* binary system.

XMM-Newton Beobachtung eines spektakulären Röntgenhelligkeitsausbruchs von Sgr A* / XMM-Newton observations of a spectacular X-ray flare from Sgr A*

Am 3. Oktober 2002 haben wir Sgr A* mit XMM-Newton für etwa vier Stunden beobachtet, und dabei den bisher stärksten Röntgenhelligkeitsausbruch entdeckt. Seine Dauer betrug etwa 200 Sekunden (Abb. 2-3). Die Lichtkurve ist annähernd symmetrisch, und kein signifikanter Unterschied konnte zwischen dem weichen und dem harten Band beobachtet werden. Das Spektrum insgesamt ist gut durch ein absorbiertes Potenzgesetz mit einem Spektralindex von $2. \pm 0.3$ und einer 2-10 keV Leuchtkraft von etwa $3 \cdot 10^3$ erg/s charakterisiert, d.h. um einen Faktor 10 heller als bei Sgr A* im Ruhezustand. Das Spektrum ändert sich während des Helligkeitsausbruchs nicht. Dieser „Flare“ unterscheidet sich wesentlich von den bisher beobachteten: er ist bei weitem heller und sein Spektrum weicher. Die vorliegende, genaue Bestimmung der Flare-Eigenschaften stellt eine Herausforderung für die Interpretationen der physikalischen Prozesse in der Umgebung von Sgr A* dar und setzt Randbedingungen für die theoretischen Modelle.

We have observed on October 3, 2002 with XMM-Newton (during an exposure of about four hours), the brightest X-ray flare reported so far from Sgr A* with a duration shorter than one hour (200 s; Fig. 2-3). The light curve is almost symmetrical with respect to the flare peak, and no significant difference between the soft and hard X-ray range is detected. The overall flare spectrum is well represented by an absorbed power-law with a soft photon spectral index of $2. \pm 0.3$, and a peak 2-10 keV luminosity of about $3 \cdot 10^3$ erg/s, i.e. a factor 10 brighter than the Sgr A* quiescent value. No significant spectral change during the flare is observed. This X-ray flare is very different from other bright flares reported yet: it is by far much brighter and softer. The present accurate determination of the flare characteristics challenges the current interpretation of the physical processes occurring inside the very close environment of Sgr A* by providing strong constraints for the theoretical flare models.

EISENHARTER, GENESCH, HOFMANN, TRITTMANN, PARMAR, PREDEHL, PIERQUÉ, SCHÖDE

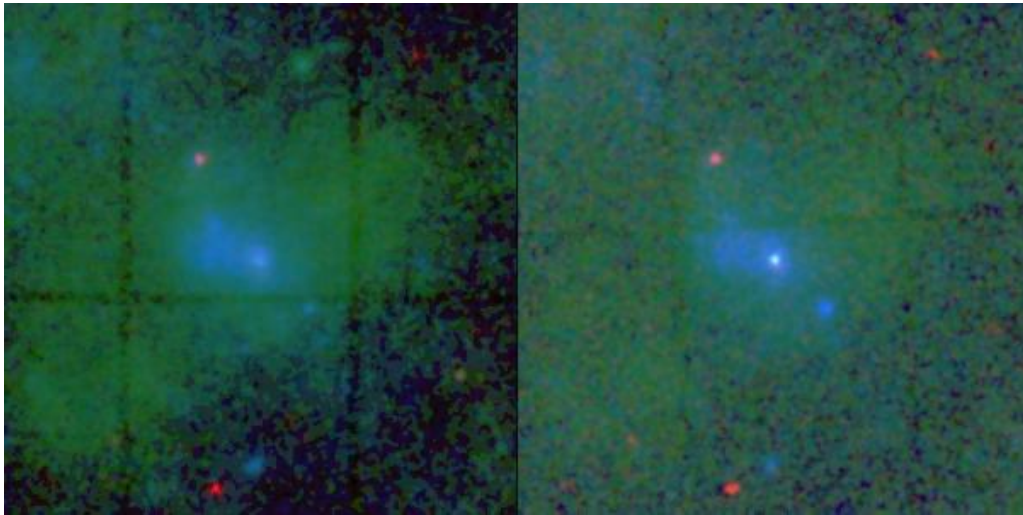


Abb. 2-3 : Drei-Farben Bild des galaktischen Zentrums, aufgenommen im Röntgenbereich mit MM-Newton (rot: 0. -2 keV, grün: 2- keV, blau: -10 keV). Eine 12 Stunden lange Belichtung vom 26. Februar 2002 (links) zeigt eine ruhige Phase von Sgr A*. Eine 4, Stunden lange Beobachtung derselben Region vom 3. Oktober 2002 (rechts) zeigt Sgr A* während des Aktivitätsausbruchs.

Fig. 2-3 : A three-colour image of our galactic Centre observed in X-rays by MM-Newton (red: 0. -2 keV, green: 2- keV, blue: -10 keV). Left: the long exposure (12 hours) in February 26, 2002 shows a quiescent phase of Sgr A*. At right: The same region during the shorter observation (4. hours) on October 3, 2002 showing Sgr A* during its X-ray flare.

2.3.2 Nahe normale Galaxien / Nearby normal Galaxies

Die Magellanschen Wolken / The Magellanic Clouds

Photodissoziations-Regionen (PDRs) sind jene Regionen der interstellaren Materie (ISM), deren Physik und Chemie hauptsächlich von V-Photonen bestimmt wird. Sie spielen eine bedeutende Rolle in der Sternentstehung, da sie die dominierenden Komponenten der neutralen ISM darstellen könnten.

Wir zeigen hier räumlich aufgelöste ISM-CAM-Spektren (bis $1 \mu\text{m}$, $\lambda/\Delta\lambda = 0$) des H II-Komplexes N4 in der Großen Magellanschen Wolke (MC). Zusammen mit Kollegen aus Frankreich und Chile haben wir die einzelnen Infrarot-Bänder (IBs) und Linien des ionisierten Gases aufgenommen. Abb. 2-3 zeigt die $10 \mu\text{m}$ IB-Karte mit darüber gelegten Konturen von S IV ($10 \mu\text{m}$) und reinem $1 \mu\text{m}$ -Kontinuum. PAH-Emission (Polyaromatische Kohlenwasserstoff) wird aus einer Staubhülle emittiert und ist mit zwei unauflösten Intensitätsmaxima am hellsten in der nördlichen Nebelfront. Die Karten der übrigen IBs zeigen alle eine sehr ähnliche Morphologie, was auf einen gemeinsamen Ursprung und Anregungsmechanismus der IBs hindeutet. Ionisiertes Gas befindet sich hauptsächlich in der Lücke, die der Staub in der Nähe der beiden Sterne bildet, die für die Strahlungsanregung verantwortlich sein sollen. Die Abbildung zeigt außerdem Spektren dreier Komponenten eines H II-Komplexes: die staubige, helle Front des Nebels, sowie die Regionen maximaler Strahlung des ionisierten Gases und des $1 \mu\text{m}$ -Kontinuums. IBs sind sehr kräftig in der nördlichen Nebelfront, verschwinden aber in der Region, in der das $1 \mu\text{m}$ -Kontinuum sein Maximum erreicht. Sie werden durch das intensive Strah-

Photo-dissociated regions (PDRs) are those components of the ISM where physics and chemistry are mainly driven by far V photons. Their role in star formation is important, since they could be the dominant component of the atomic neutral ISM in galaxies.

We present ISM-CAM spectro-imaging data between $1 \mu\text{m}$ and $10 \mu\text{m}$ ($\lambda/\Delta\lambda = 0$), of the H II complex N4 in the Large Magellanic Cloud (LMC). Together with colleagues in France and Chile, we have imaged the single Infrared Bands (IBs) and the ionised gas lines. Fig. 2-3 shows the $10 \mu\text{m}$ IB map with the S IV ($10 \mu\text{m}$) and the pure $1 \mu\text{m}$ continuum contours overlaid. PAH (polyaromatic hydrocarbons) emission arises in a shell and is brightest in the north front with two unresolved peaks. All maps in the other IBs show a very similar morphology suggesting that IB carriers have the same origin, and are excited by the same mechanism. The ionised gas arises mainly in the dust cavity close to the location of the two purported exciting stars. The figure also shows spectra of 3 components of an H II complex: the dusty bright front of the nebula, the peak of the ionised gas and the peak in the $1 \mu\text{m}$ continuum emission. IBs are very strong in the dense north front, and they disappear where the ionised gas reaches its maximum, and they are destroyed by the intense radiation field. The IB emission ratio is quite constant throughout the dust shell, suggesting that here the PAHs are all in the same ionisation state and/or hydrogenation. This ratio is very similar to the typical value found in solar metallicity environments.

lungsfeld zerstört. Das Verhältnis der IBs untereinander ist relativ konstant in der gesamten Staubhülle, was dafür spricht, dass hier die verschiedenen PAHs den gleichen Ionisations- und Hydrogenisationszustand besitzen. Dieses Verhältnis entspricht den Verhältnissen in typischen Umgebungen mit solarer Metallizität. Das 1 μm -Kontinuum besitzt sein Maximum über einer hellen Punktquelle in der Staubhülle. Starke Silikatabsorptionen in Nah-Infrarotaufnahmen dieser Stelle deuten auf einen roten Stern hin, der tief in der Staubhülle verborgen ist.

Finally, the “pure” continuum 1 μm map peaks on a point source, corresponding to a bright spot in the dust shell. NIR data reveal that there is a red star, which is probably deeply embedded, suggested by the deep silicate absorption.

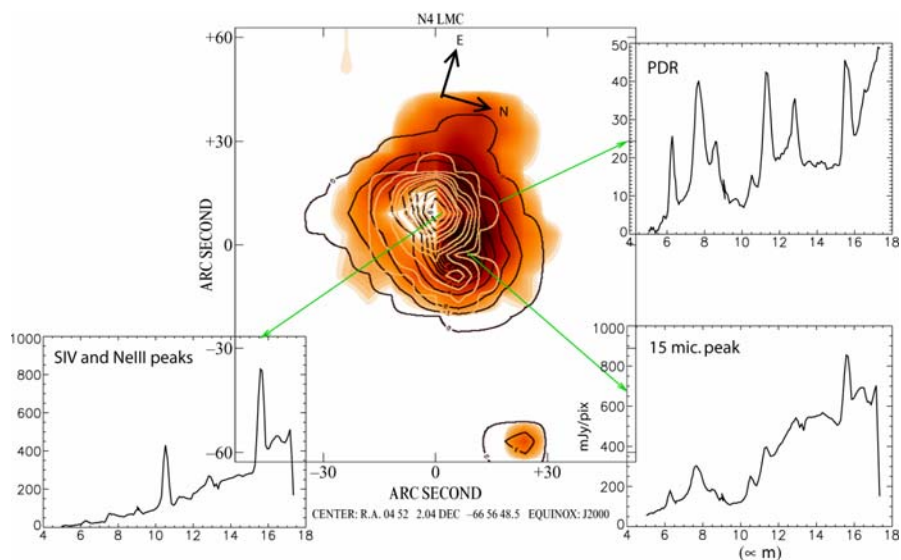


Abb. 2-38: Die 10 μm PA -Strahlung des II-Komplexes N4 in der LMC (weiße Konturen: Emission von S IV (10, μm); schwarze Konturen: 1 μm -Kontinuum). Außerdem sind ISOCAM-Spektren im mittleren Infrarot von 3 Komponenten (II, PDR, Molekülwolken) des II-Komplexes abgebildet.

Fig. 2-38: Emission in the 10 μm PA feature of the II complex N4 in the LMC (white contours: emission in the S IV (10. μm) line; black contours: emission in the pure continuum at 1 μm). Also shown are MIR ISOCAM spectra of 3 II-PDR-molecular cloud components of the II complex.

Suche nach Dunkler Materie im Rahmen des WeCAPP Projektes / Search for Dark Matter in the WeCAPP project

Messungen der Rotationsgeschwindigkeiten bei Spiralgalaxien legen auch auf Skalen im Bereich von Kiloparsec die Existenz von Dunkler Materie nahe. Die astrophysikalischen Kandidaten der Dunklen Materie werden unter dem Namen MACHs (Massive Astrophysical Compact Halo Objects) zusammengefasst. Dabei handelt es sich um Objekte, die, weil sie nur schwach oder gar nicht leuchten, bisher in Himmelsdurchmusterungen unentdeckt blieben. Unter diese Gruppe fallen Braune Zwergsterne, frühzeitliche Schwarze Löcher, aber auch Überreste einer frühen Generation von Sternen, die sich zu Weißen Zwergsterne, Neutronensternen oder Schwarzen Löchern entwickelt haben. Die direkteste Methode für den Nachweis dieser dunklen Haloobjekte bietet der sogenannte „Gravitationslinseneffekt“, eine von der Allgemeinen Relativitätstheorie vorhergesagte Eigenschaft von Materie, Licht abzulenken und zu verstärken. Diese sehr seltenen (Wahrscheinlichkeit ca. 10^{-5}) Mikrolinseneignisse (mikro deshalb, da ihre Lichtablenkung zwar vorhanden, aber zu klein ist, um sie nachzuweisen) verursachen einen charakteristischen Helligkeitsanstieg, der eindeutig auf die Raumkrümmung schließen lässt.

Measurements of the rotation speed in spiral galaxies suggest the existence of dark matter also on scales of kiloparsecs. The astrophysical candidates for the solution of the dark matter problem are known as MACHs (Massive Astrophysical Compact Halo Objects). As they are very faint or do not emit any light at all, these objects could have been missed in previous astronomical surveys. Possible MACH candidates are brown dwarfs, primordial Black Holes, or remnants of an early generation of stars that have evolved into white dwarfs, neutron stars or Black Holes. The best way to look for such dark halo-objects is to use the light bending and amplifying effects of gravitational lensing. The very rare (probability 10^{-5}) microlensing events (separation of the images is of the order of micro-arcseconds) cause a characteristic brightening of stars which unambiguously can be assigned to this effect.

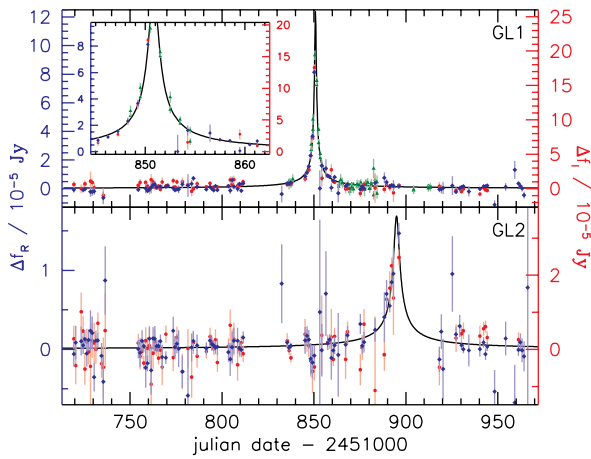


Abb. 2-39: Lichtkurven der beiden Machokandidaten WeCAPP- L1 und WeCAPP- L2. Die Amplitude der Änderung im I-Band (rote Symbole, rechte Achse) wurde der Amplitude der Änderung im R-Band (blaue Symbole, linke Achse) angepasst. Der Skalierungsfaktor wurde dabei aus dem theoretischen Lensingfit (schwarze Linie) berechnet und entspricht einer Farbe (R-I) 1.0 für L1 und (R-I) 1.08 für L2. Für L1 zeigen wir außerdem die Datenpunkte des vom französischen Konkurrenzprojekt POINT-A APE veröffentlichten Ereignisses PA-00-S3 (grüne Symbole).

Fig. 2-39: Light curves of WeCAPP- L1 and WeCAPP- L2. The I-band light curve (red symbols, right axis) has been scaled to the R-band light curve (blue symbols, left axis). The scaling factors were derived from the lensing fit (black curve) and correspond to a colour R-I 1.0 for L1 and 1.16 for L2. In addition we show the r' and I' data from the POINT-A APE PA-00-S3 event (green symbols) scaled to our data.

An der Universitäts-Sternwarte München wurde 1999 mit dem Wendelstein Calar Alto Pixellensing Projekt (WeCAPP) ein Gravitationslinsenexperiment zur Suche nach MACHs zwischen der Andromeda-Galaxie und der Milchstrasse gestartet. Das Wendelstein Calar Alto Pixellensing Projekt beobachtet seit 1999 einen ca. $1' \times 1'$ großen Bereich des Zentrums von M31 parallel mit dem 1.23m Calar Alto Teleskop und dem institutseigenen 0.3m Teleskop auf dem Wendelstein in den beiden optischen Filtern R und I. Die hierbei gewonnenen Daten stellen die, was die zeitliche Überdeckung betrifft, umfangreichste und vollständigste Datenbasis des Bulges von M31 dar. Die Reduktion der Calar Alto Daten der Beobachtungskampagne 2000/2001 erbrachte den Nachweis zweier hochverstärkter Mikrolinsen-Ereignisse mit sehr gutem Signal-zu-Rausch Verhältnis. Beide Ereignisse, WeCAPP-G 1 und WeCAPP-G 2, zeigen achromatische Lichtkurven, die der durch die Theorie vorhergesagten charakteristischen Form entsprechen (Abb. 2-39). Massenberechnungen (0.0 und $0.02 M_{\odot}$ für G 1 bzw. G 2) ergaben, dass die Linsen mit höchster Wahrscheinlichkeit Braunen Zwergen zugeordnet werden können.

The Wendelstein Calar Alto Pixellensing Project (WeCAPP) was launched in 1999 at the University Observatory Munich. The goal of this gravitational lensing experiment was to look for MACHs between the Andromeda galaxy (M31) and the Milky Way. Since 1999 WeCAPP has observed a $1' \times 1'$ area of the center of M31 simultaneously with the 1.23m telescope at Calar Alto and the institute's own 0.3m telescope at Wendelstein in the optical filters R and I. The resulting data set is the most complete survey of the bulge of M31 to date in terms of its time coverage. Reduction of the Calar Alto data of the campaign 2000/2001 yielded the detection of the first two high-amplification, high signal-to-noise-ratio events. Both events, WeCAPP-G 1 and WeCAPP-G 2, show achromatic light curves, which followed the theoretical predicted characteristic lensing curve (Fig. 2-39). Calculations of the masses of the lenses (0.0 and $0.02 M_{\odot}$ for G 1 and G 2, respectively) showed that the lenses most probably can be assigned to brown dwarfs.

Bedeckende Röntgendoppelsterne in nahen Galaxien / Eclipsing X-ray binaries in nearby galaxies

Bedeckende Röntgendoppelsterne (eXRBs) waren mit die ersten in der Milchstrasse entdeckten Röntgenquellen und wurden als akkretierende kompakte Objekte in engen Doppelsternsystemen optisch identifiziert. Mit Hilfe der großen Sammelfläche der neuen Generation von Röntgeninstrumenten haben wir zum ersten Mal einen eXRB einer Galaxy außerhalb der lokalen Gruppe entdeckt. Die Röntgenquelle X1 in der nahen Starburst-Galaxie NGC 23 zeigte in einer XMM-Newton Beobachtung im Dezember 2000 und während einer Chandra Beobachtung ein Jahr zuvor zwei Übergänge von Zuständen niedriger zu hoher Intensität. Wir deuten diese Übergänge als das Heraus-treten eines kompakten Objektes aus der Bedeckung in einem massereichen XRB. Mit Hilfe zusätzlicher XMM-Newton, Chandra, ROSAT und Einstein Be-

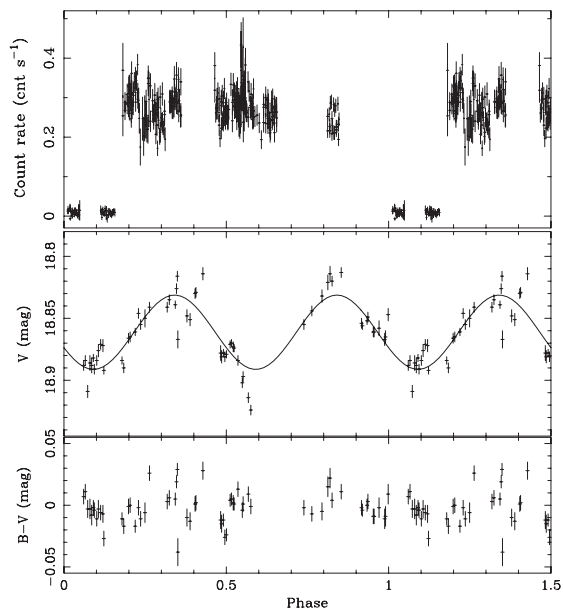
Eclipsing X-ray binaries (eXRBs) were among the first X-ray sources detected in the Milky Way, and have been optically identified as accreting compact objects in a close binary system. With the collecting power of the new generation X-ray instruments, we were, for the first time, able to detect an eXRB in a galaxy outside the local Group. The X-ray source X1 in the nearby starburst galaxy NGC 23 was found to undergo changes from a low to a high state twice, during an XMM-Newton EPIC observation in December 2000 and also during a Chandra observation one year earlier. We interpret these transitions as egresses from eclipses of a compact object in a high mass XRB. With the help of additional XMM-Newton, Chandra, ROSAT and Einstein observations, we find only seven acceptable periods, 1.4024 d and

obachtungen konnten wir die möglichen Bahnperioden auf nur sieben eingrenzen, von denen 1.4 024 und 3.20 93 Tage am wahrscheinlichsten sind.

Abb. 2-40: Lichtkurve des RB M33 - in 0. -3.0 keV und im optischen V und B-V Band über die 3.4 Tage Bahnperiode. Die V Daten sind mit einer Doppel-Sinus-Kurve angepasst.

Fig. 2-40: Light curve of the RB M33 - in the 0. -3.0 keV band and in the optical V and B-V folded by the 3.4 d orbital period. Added is a double-sinusoidal approximation to the V data.

3.20 93 d are the most promising ones.



Bei der Durchmusterung von M33, einer Galaxie der lokalen Gruppe, mit XMM-Newton war der eXRB X- während einigen Beobachtungen im Gesichtsfeld, und es wurde ein großer Teil der 3.4 Tage Bahnperiode überdeckt. Die Quelle strahlt schwach während der Bedeckung und zeigt außerhalb der Bedeckung ein Röntgenspektrum, das am besten mit Bremsstrahlungsmodellen oder Schwarz-Körper-Strahlung aus der Scheibe beschrieben werden kann. Wir fanden keine regelmäßigen Pulsationen der Quelle im Bereich 0. -1000 s. In einer eigenen Untersuchung optischer Daten aus dem Archiv identifizierten wir die Quelle mit einem B0I bis I Stern mit 1 . 9 mag in V, der die typische ellipsoidische Aufheizlichtkurve eines massereichen XRB zeigt, und auch die Periode von M33 X- hat (Abb. 2-40). Aus der Länge der Röntgenbedeckung und der optischen Minima konnten wir eine verbesserte Bahnperiode bestimmen. Die aus den Bahnparametern abgeleitete Masse des kompakten Objekts, das Fehlen von Pulsationen und das Röntgenspektrum deuten auf ein Schwarzes Loch im Doppelsystem hin. M33 X- wäre der erste massereiche bedeckende XRB mit einem Schwarzen Loch.

During the XMM-Newton survey of the local Group galaxy M33 the eXRB X- was in the field of view during several observations, which cover a large part of the X- 3.4 d orbital phase. We detect emission during eclipse and an X-ray spectrum of the source out of eclipse, which can best be described by bremsstrahlung or disk blackbody models. No regular pulsations of the source in the range 0. -1000 s were found. In a special analysis of archival optical data we identified as optical counterpart a B0I to I star of 1 . 9 mag in V which shows the typical ellipsoidal heating light curve of a high mass XRB and has the M33 X- period (Fig. 2-40). The location of the X-ray eclipse and the optical minima allow us to determine an improved binary period and ephemeris of mid eclipse. The mass of the compact object derived from orbital parameters and the optical companion mass, the lack of pulsations, and the X-ray spectrum of M33 X- may indicate that the compact object in the system is a Black Hole. M33 X- would be the first detected eclipsing high mass Black Hole XRB.

Einfluss der Galaxienhaufenumgebung auf Mitgliedsgalaxien / Environmental influence of cluster media on its member galaxies

Auf Grund zahlreicher Beobachtungen morphologischer Übergänge außerhalb der Virialradien von Galaxienhaufen, mussten vor kurzem die Einflüsse der Galaxienhaufenumgebung auf die Mitgliedsgalaxien (bekannt als Butcher-Emler Effekt) revidiert werden, die durch unidentifizierte Gas-Entfern-Prozesse hervorgerufen werden. In diesem Zusammenhang erlaubten uns XMM-Newton Beobachtungen der M Gruppe, detailliert die Prozesse zu untersuchen, die zum spektakulären reißen von M führen (Abb. 2-41). Wir identifizieren einen möglichen Stoss mit einer Machzahl von 1.4, der die Galaxie in nordöstlicher Richtung zusammendrückt. Wir führen den Schock auf ein

The environmental influence of cluster media on its member galaxies, known as Butcher-Emler effect, has recently been subject to revision due to numerous observations of strong morphological transformations occurring outside the cluster virial radii, caused by some unidentified gas removal processes. In this context, XMM-Newton observations of the M group allowed us an in-depth investigation of the processes involved in the spectacular disruption of this object (Fig. 2-41). We identify a possible shock with Mach number of 1.4 in the process of crushing the galaxy in the north-east direction. We ascribe the latter to the presence of a dense X-ray emitting filament, previ-

ichtetes Filament zurück, das im Röntgenbereich strahlt und bereits in den RASS Daten sichtbar war. Der Stoß hängt nicht mit anderen identifizierten Komponenten der M 86 Röntgenstrahlung zusammen, wie z.B. dem „Plume“, dem nordöstlichen Arm oder der südlichen Verlängerung, für die wir ähnlich wie für die inneren 2 kpc von M 86 eine niedrige Entropie finden. Außerdem deutet allein die Existenz eines weit ausgedehnten Gas-Halos um die M 86 Gruppe bereits darauf hin, dass das Verreißen des Röntgenhalos von M 86 auf Wechselwirkungen auf kleinen räumlichen Skalen, wie z.B. Galaxien-Galaxien Zusammenstöße zurückzuführen sein kann.

ously revealed in the RASS data. The shock is not associated with other identified features of M 86 X-ray emission, such as the plume, the north-eastern arm and the southern extension, which are found to have low entropy, similar to the inner 2 kpc of M 86. Finally, the existence of the large-scale gas halo around the M 86 group, suggests that the disruptions of M 86's X-ray halo may be caused by small-scale types of interactions such as galaxy-galaxy collisions.

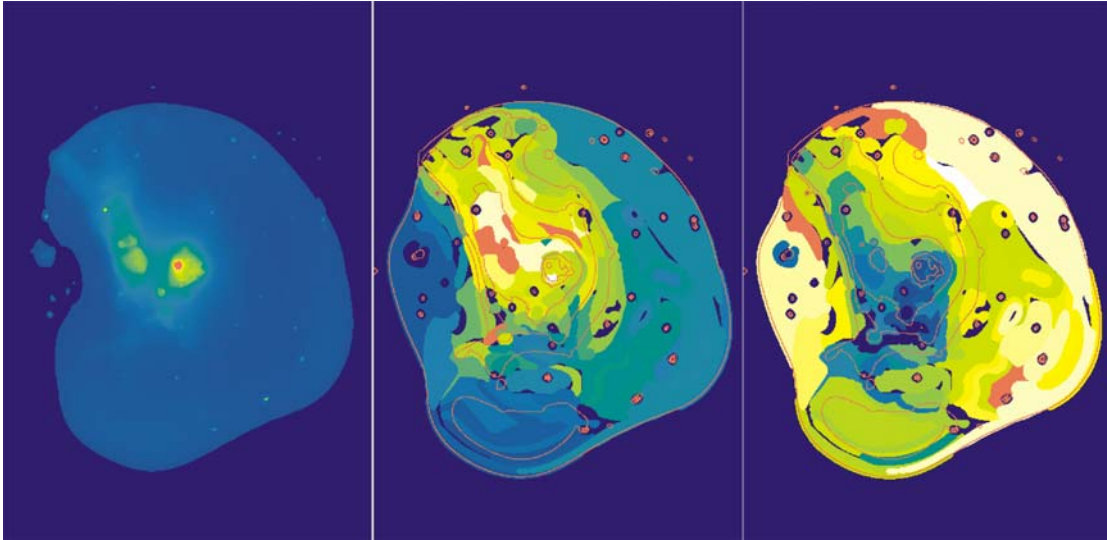


Abb. 2-41: MM-Newton Bild (links), Eisen Häufigkeit (Mitte) und Gas Temperatur (rechts) Karten von M86. Norden ist links und Westen nach oben. Die Galaxie befindet sich in der Bild Mitte, der „Plume“ ist die helle Struktur, die sich nach NW ausdehnt.

Fig. 2-41: MM-Newton image (left), iron abundance (middle) and gas temperature (right) maps of M86. North is at the left and west to the top. The galaxy is located in the image centre, the plume is the bright emission extending to the NW.

Leiden schwere Galaxien an Calcium-Mangel? / Do heavy galaxies suffer from a shortage of Calcium?

Die Analyse der chemischen Eigenschaften von Galaxien ist äußerst schwierig, da wir diese nicht in einzelne Sterne auflösen können. Wir müssen also die Sternpopulationen einer Galaxie als Ganzes untersuchen. Zu diesem Zweck werden sog. Populationssynthese-Modelle konstruiert, die es ermöglichen, das Licht und somit auch Spektren einer Sternpopulation als Funktion z.B. ihres Alters zu beschreiben. Allerdings sind die Spektren, die wir beobachten, aufgrund der Eigenbewegungen der Sterne in der Galaxie durch den Doppler-Effekt stark verschmiert, so dass Absorptionslinien von einzelnen chemischen Elementen nicht mehr identifiziert werden können. Aufgrund dessen wissen wir bisher sehr wenig über die chemischen Eigenschaften von Galaxien, abgesehen von unserer eigenen.

Wir haben nun eine Möglichkeit gefunden dieses Problem zu umgehen und Populationssynthese-Modelle entwickelt, die die Spektren von Sternpopulationen auch als Funktion der Häufigkeiten chemischer Elemente beschreiben. Dadurch ist es erstmals möglich geworden, die Elementverhältnisse in anderen Ga-

laxies to determine. The determination of chemical abundances in galaxies is difficult, because we cannot resolve them in individual stars, but have to analyse the stellar population of a galaxy as a whole. For this purpose, astronomers construct so-called population synthesis models, which enable the description of the light and hence also the spectral energy distributions of a stellar population as a function of its age. However, the observed spectra are smeared out, due to the Doppler effect caused by the proper motions of the stars. As a consequence, the absorption lines of individual chemical elements cannot be identified. Therefore, we know only very little about the chemical properties of galaxies, with the exception of our own Galaxy.

We have now found a possibility to solve this problem by developing population synthesis models that describe spectra of stellar populations also as a function of chemical element abundances. In this way it has become possible for the first time, to study the chemical element ratios in other galaxies. By means of our new models we have

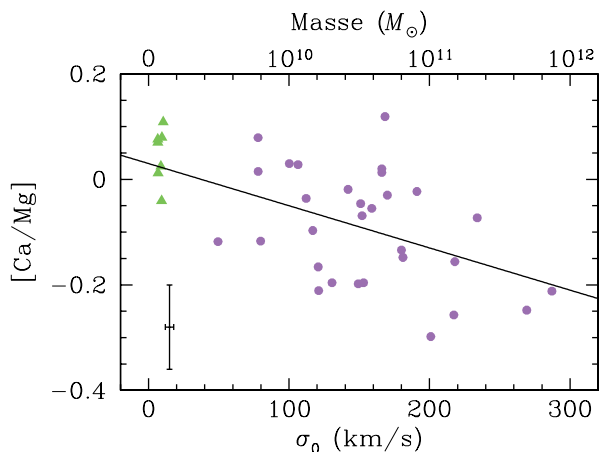
Galaxien zu studieren. Anhand der neuen Modelle haben wir nun die Mg-Absorptionslinien bei $\lambda = 4481$ Å und eine Ca-Linie bei $\lambda = 8500$ Å von elliptischen Galaxien untersucht und herausgefunden, dass diese Objekte überraschend geringe Ca/Mg Verhältnisse aufweisen. In anderen Worten, elliptische Galaxien scheinen an einem Mangel an Calcium zu leiden. Je massereicher die Galaxie, desto größer wird dieses Defizit am Element Calcium relativ zu Magnesium (Abb. 2-42).

Abb. 2-42: Die Abbildung zeigt das Verhältnis der Elemente Calcium zu Magnesium in elliptischen Galaxien als Funktion ihrer Geschwindigkeitsdispersion, d.h. Masse. Die grünen Dreiecke sind Zwerggalaxien aus der Lokalen Gruppe. Die Abnahme des Ca/Mg-Verhältnisses mit zunehmender Galaxien-Masse ist klar erkennbar.

Fig. 2-42: The figure shows the abundance ratio of the elements Calcium and Magnesium in elliptical galaxies as a function of their velocity dispersion, i.e. mass. The green triangles are dwarf galaxies in the Local Group. One can notice a clear decrease of the Ca/Mg ratio with increasing galaxy mass.

Das ist deswegen überraschend, weil die Elemente Magnesium und Calcium durch sehr ähnliche Prozesse in (Typ II) Supernova Explosionen produziert werden. Es gibt also keinen offensichtlichen Grund, warum die Sterne in massereichen elliptischen Galaxien geringere Calcium-Häufigkeiten haben sollten. Nun sind diese Galaxien sehr alt und haben sich vor mehr als 10 Milliarden Jahren gebildet, als das Universum noch sehr jung war. D.h. wir können aus dem Calcium-Mangel den wir heute beobachten, etwas darüber lernen unter welchen Bedingungen diese Galaxien im frühen Universum entstanden sein müssen. Eine Möglichkeit wäre, dass elliptische Galaxien voll von Staub (bestehend aus Silikaten) waren. Dieser Staub hat dann die Calcium-Atome binden können, so dass sie nicht in die Sternatmosphären gelangen konnten, und wir sie folglich heute nicht beobachten.

analysed the Mg absorption lines around $\lambda = 4481$ Å and a Ca line at $\lambda = 8500$ Å of elliptical galaxies. We have discovered that these objects have surprisingly low Ca/Mg ratios. In other words, elliptical galaxies seem to suffer from a shortage of calcium. The more massive the galaxy, the larger becomes this deficit of calcium relative to Magnesium (Fig. 2-42).



This result is very surprising, because the element Magnesium and Calcium are produced through very similar processes in (Type II) supernova explosions. There is no obvious reason why the stars in massive elliptical galaxies should have lower Calcium abundances. It is important to remember that those galaxies are very old and have formed more than 10 billion years ago, when the universe was still very young. This means that the Calcium deficit observed today tells us something about the conditions under which galaxies must have formed in the early universe. One possibility is that, during formation, elliptical galaxies were full of dust (composed of silicates). The dust might have bound most of the Calcium atoms, so that they could not enter into the atmospheres of the stars, and hence we cannot observe them today.

ASCHENBACH, BENDER, CESARSKY, CHRISTENSEN, FINNEN, FRIEDL, HABER, MARASTRINO, MISANVIC, PIETSCH, RIFFESER, SEITZ, THUMAS,

2.3.4 Entwicklung von Starburst und verschmelzenden Galaxien / Evolution of Starburst Galaxies and Mergers

W3: Die Geburt einer ultra-kompakten Zwerggalaxie? / W3: the birth of an ultra-compact dwarf galaxy?

Die Verschmelzung von zwei Galaxien führt nicht nur zu Sternentstehung, sondern auch zur Bildung von Sternhaufen, die sich anschließend zu Kugelsternhaufen entwickeln. In der Milchstraße betragen die typischen Massen und Radien von Kugelsternhaufen etwa $10^5 M_{\odot}$ und 10 pc. In Galaxien, die durch Verschmelzung entstanden sind (z.B., „Antennen Galaxie“) haben die größten unter den jungen (ca. 10 Jahre alt) Sternhaufen Massen von etwa $10^5 M_{\odot}$. Deren Masse verringert sich dann sowohl durch Massenverluste bei der Sternentwicklung als auch durch dynamische Prozesse im Haufen. Die massereichsten Objekte entwi-

The merger of two galaxies not only triggers star formation, but also the formation of star clusters, that are believed to evolve in globular clusters (GCs). In the Milky Way, the typical masses and radii of GCs are around $10^5 M_{\odot}$ and 10 pc, respectively. Typically the most massive among the young (10 years old) star clusters of merger remnant galaxies, like the Antennae, have masses around $10^5 M_{\odot}$. The mass can be reduced by both, dynamical processes like evaporation and stripping, and mass-loss due to stellar evolution. This suggests that the heavyweight members may evolve into the most massive among the Milky Way

ckeln sich vermutlich zu Haufen, ähnlich den masse- reichen Haufen der Milchstrasse (z.B. 4 Tucanae). Allerdings fällt der Sternhaufen W3 in der Galaxie NGC 22, aus der Reihe: mit einem Alter von 3-10 Jahren und einer Masse von ca. $1.2 \cdot 10^6 M_{\odot}$ kann er kein normaler Kugelsternhaufen sein. Da seine hohe Masse über Sternpopulations-Modelle aus der Leuchtkraft abgeleitet wurde, ist sie sehr ungenau bestimmt. Deshalb haben wir seine dynamische Masse genau bestimmt, indem wir am VLT ein hoch aufgelöstes Spektrum von W3, gemessen haben.

GCs (e.g. 4 Tuc). However, one star cluster, object W3 in the merger remnant galaxy NGC 22, is 300 million years old and has such a large luminosity-derived mass ($1.2 \cdot 10^6 M_{\odot}$), which causes problems in its classification as a candidate GC. The luminosity-derived mass is uncertain since it relies on the M/L ratio of a stellar population model at a certain age and metallicity. Therefore, we have determined the dynamical mass of the target object, by obtaining a high S/N optical spectrum using the VES instrument mounted on VLT.

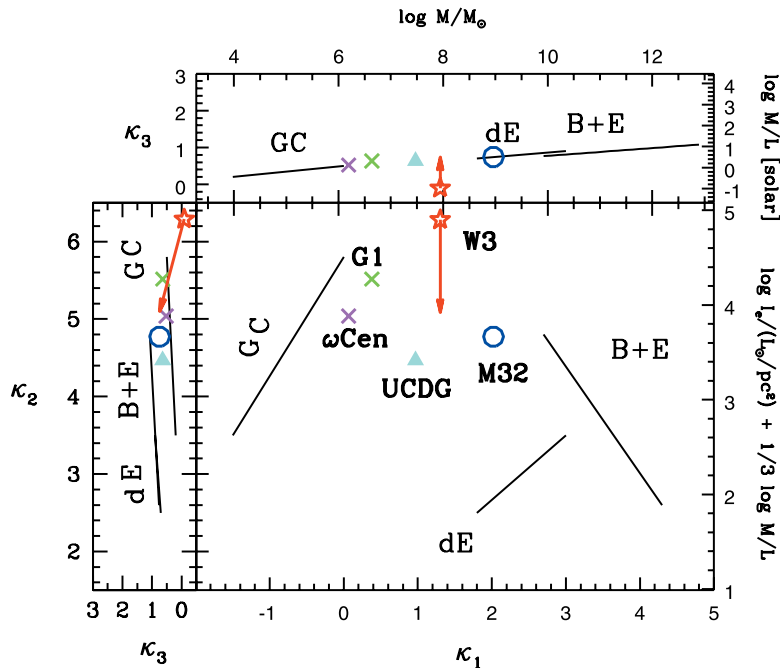


Abb. 2-43: Diagramm der strukturellen Eigenschaften von Sternsystemen, genannt "Fundamental Plane". Die Koordinate κ_1 entspricht in etwa der Masse, κ_2 sagt etwas darüber aus, wie ein Objekt ist. Die Linien markieren die Positionen verschiedener Sternsysteme: Elliptische Galaxien (B+E), Zwerggalaxien (dE), und Kugelsternhaufen (GC). Die massivsten Sternhaufen aus der Lokalen Gruppe (OmegaCen und G1) sind als Kreuze gezeigt. Das Objekt W3 ist als Sternsymbol aufgetragen, der Pfeil gibt an, wohin sich W3 in den nächsten 10 Milliarden Jahren entwickeln wird. Wichtig ist, dass sich W3 im Diagramm zwischen Kugelhaufen und elliptischen Galaxien befindet, ganz in der Nähe von M32 und den ultra-kompakten Zwerggalaxien (UCDG) aus dem Galaxienhaufen Fornax. Eine bisher verlassene Region in der "Fundamental Plane" wird nun bevölkert.

Fig. 2-43: The diagram of the structural properties of stellar systems, known as the fundamental plane. In the face-on projection, the coordinate κ_1 is the mass and κ_2 is a concentration factor: objects with higher values of κ_2 are more concentrated for a given mass. Locations of stellar systems are indicated - bulges plus ellipticals B+E, dwarf ellipticals dE, globular clusters GCs. The heavyweights, old star clusters of the Local Group ω Cen and G1 are indicated as crosses. The object W3 is shown as a star, the arrow pointing to its position when aged to 10 Myr. Note the similarity between W3 and the Ultra Compact Dwarf galaxies (UCDGs) Fornax, and M32. A previously deserted region of the fundamental plane starts being populated.

Als Ergebnis bekommen wir eine dynamische Masse von $(\pm 2) \cdot 10^6 M_{\odot}$, was sehr gut mit dem über die Leuchtkraft ermittelten Wert übereinstimmt. Das bedeutet, dass W3 der größte Sternhaufen wäre, der je beobachtet wurde. Über seine Masse, Radius und Leuchtkraft können wir seine strukturellen Eigenschaften errechnen, mit denen anderer Sternsysteme vergleichen, und damit W3 klassifizieren (Abb. 2-43). Es zeigt sich, dass W3 sehr unähnlich den Kugelsternhaufen unserer Galaxie ist (einschließlich dem größten, Omega Centauri), da er für seine Masse zu wenig kompakt ist. W3 ist wohl eine Galaxie, ähnlich den kompakten Zwerggalaxien (z.B. M32) oder den erst

We find a dynamical mass of $(\pm 2) \cdot 10^6 M_{\odot}$, which is in excellent agreement with the luminosity-derived one. W3 is the most massive newly formed star cluster known. The mass, in combination with luminosity and radius allows us to determine its structural properties. By comparing these to those of other stellar systems, the object can be classified (Fig. 2-43). We find that W3 lies far from the sequence of GC, including the heavyweights of the Local Group, ω Cen in the Milky Way and G1 in Andromeda, because it is too massive and not compact enough. W3 cannot be a progenitor of a dwarf elliptical (dE) because it is too compact for its mass. Instead, W3 is consistent with being a very compact dwarf galaxy,

kürzlich entdeckten ultra-kompakten Werggalaxien im Fornax Galaxienhaufen.

like M32, and the small ultra-compact dwarf galaxies recently discovered in Fornax.

**Analyse des Zusammenstoßes mehrerer Galaxien im Röntgenlicht /
X-ray anatomy of a multiple galaxy collision**

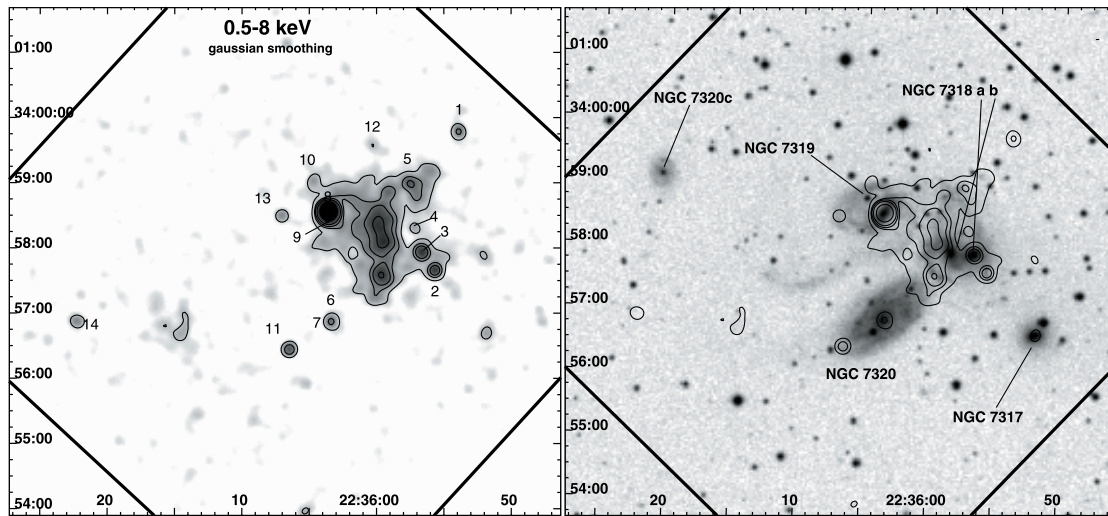


Abb. 2-44: Chandra Bild von SQ im 0. -8 keV Band (links) und Chandra Konturlinien über einem optischen Bild (rechts). Strahlung aus der Stossregion, ausgedehnte diffuse Strahlung wie auch einige kompakte Quellen sind sichtbar.

Fig. 2-44: Chandra image of SQ in the 0. -8 keV band (left) and overlay of Chandra contours onto an optical image (right). Emission from the shock and extended diffuse emission as well as several compact sources are detected.

Chandra Beobachtungen der kompakten Galaxien-gruppe Stephan's Quintet (SQ, Abb. 2-44) zeigen mit höherer Auflösung und verbessertem Signal-zu-Rauschen, die zuerst mit R SAT entdeckt wurden. Der weit ausgedehnte Stoss (40 kpc) wird in eine schmale nord-südliche Strahlungskomponente aufgelöst, die in einer ausgedehnteren diffusen Komponente (Durchmesser mehr als 10 kpc) eingebettet ist. Die nord-südliche Struktur ist klumpig und schärfer begrenzt auf der Westseite und zeigt sich nur bei Energien unterhalb von 2 keV. Ihr Erscheinungsbild wird am besten durch einen Stoss erklärt, der durch den Hochgeschwindigkeits-zusammenstoß von NGC 31 b, einem „neuen Eindringling“, und dem Wischgalaxienmedium in SQ hervorgerufen wird. Die Stossbedingungen in der Nähe von NGC 31 b legen nahe, dass eine Bug-Stoßwelle in eine vorher vorhandene HI Wolke eindringt und dabei das Gas auf eine Temperatur von 0.1 keV aufheizt.

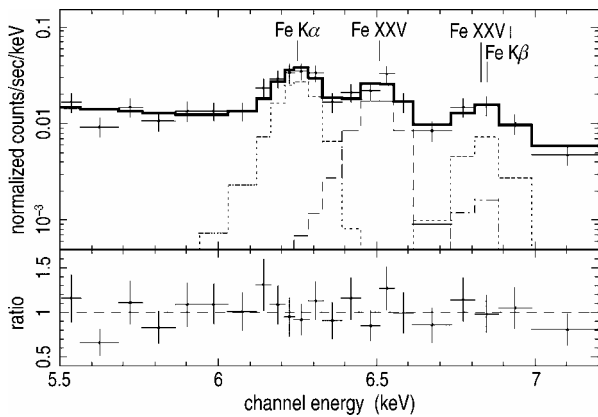
Chandra observations of the compact galaxy group known as Stephan's Quintet (SQ, Fig. 2-44) show with higher resolution and improved signal-to-noise, features first detected by R SAT. The large-scale shock (40 kpc) is resolved into a narrow north-south feature, embedded in more extended diffuse emission with a diameter of more than 10 kpc. The north-south structure is clumpy, more sharply bounded on the west side and prominent only at energies below 2 keV. Its observational properties are best explained by a shock produced by a high velocity encounter between NGC 31 b, a “new intruder”, and the intergalactic medium in SQ. The shock conditions near the high-speed intruder suggest that a bow shock is propagating into a pre-existing HI cloud and heating the gas to a temperature of 0.1 keV.

**XMM-Newton Beobachtungen der aktiven Kerne in NGC 6240 /
XMM-Newton observations of the binary Black Hole in NGC 6240**

Chandra Beobachtungen erbrachten erstmals den Nachweis der Existenz zweier aktiver schwarzer Löcher in der Galaxie NGC 6240. XMM-Newton erlaubt auf Grund seiner höheren Sammelfläche eine genauere spektrale Analyse als Chandra. Die XMM-Newton Beobachtungen zeigen, dass die spektrale Energieverteilung durch drei Plasmakomponenten mit Temperaturen von 0.1 ± 0.03 keV, 1.4 ± 0.2 keV, und 1.5 ± 1.0 keV modelliert werden kann. Die Plasmaemission mit der höchsten Temperatur erklärt auch das Auftreten der ionisierten Fe K Linien bei 1.5 keV und 0.01 keV

Chandra observations recently reported have revealed for the first time the presence of a binary Black Hole in NGC 6240. The high throughput of the XMM-Newton satellite enables more precise spectral analysis compared to Chandra. From the XMM-Newton observations we have learned that the observed X-ray spectral energy distribution is dominated by emission from collisionally ionised plasmas with three distinct temperatures of 0.1 ± 0.03 keV, 1.4 ± 0.2 keV, and 1.5 ± 1.0 keV. The plasma emission can successfully explain the presence of the ionised Fe K lines at 1.5 keV and 0.01 keV (Fe

(Fe XXV und Fe XXVI). Diese ionisierten Fe K-Linien wurden zusammen mit der neutralen Fe K α Linie bei 6.4 keV erstmals getrennt im Spektrum nachgewiesen (Abb. 2-4). Der Nachweis der 6.4 keV Linie steht im Einklang mit dem Nachweis einer hochabsorbierten Potenzgesetzkomponente, beides deutet auf Akkretion von Materie auf Schwarze Löcher hin. Die 6.4 keV Linie entsteht dabei durch Reflexion der Strahlung der Akkretionsscheiben an optisch dicker Materie (molekulare Torus). Außerdem wurde nachgewiesen, dass die Plasmatemperaturen und die Absorption zum Zentrum der Galaxie ansteigen. Diese spektralen Komponenten sind ähnlich denen in Galaxien mit starker Sternentstehung (NGC 240). Dies weist auf ähnliche physikalische Prozesse in ultraleuchtkräftigen IRAS Galaxien und sogenannten „starburst“ Galaxien hin.



XXV and Fe XXVI), which are resolved for the first time in the XMM-Newton data. We also detect the neutral Fe K line at 6.4 keV (Fig. 2-4). The detection of this line is in agreement with the presence of a highly absorbed power-law component, and with the presence of reflected X-ray emission from the active galactic nuclei at the molecular torus zones of the binary Black Hole system. We can show for the first time, that the plasma temperatures and the column densities increase towards the center of NGC 240 and that there is a striking similarity between NGC 240 and the local starburst galaxy NGC 243. This suggests that a similar underlying physical process is at work in both galaxies.

Abb. 2-4 : XMM-Newton MOS1/2 Spektrum der Galaxie NGC 6240 im Bereich des Fe K Linienkomplexes. Die neutrale und die ionisierten Fe K Linien sind im Bild gekennzeichnet. Die Fe K Linien werden durch Emission einer Plasmakomponente mit einer Temperatur von etwa 6.4 keV hervorgerufen. Die neutrale Fe K α Linie wird durch eine gausslinie modelliert. Die Emission der Fe K β Linie wurden ebenfalls mit berücksichtigt.

Fig. 2-4 : Spectral fit to the XMM-Newton MOS1/2 data of NGC 6240 in the Fe K line range (with the identifications of the Fe lines). We assumed emission from a collisionally ionised plasma to model the Fe K line emission. We modelled the neutral 6.4 Fe K α line by a simple gaussian, and have also included emission from the Fe K β line. The Fe XXV and Fe XXVI lines originate from the hottest plasma component.

Starburst, AGN und Stoßwellen in der verschmelzenden Galaxie NGC 6240 / Starburst, AGN, and shocks in the merging galaxy NGC 6240

Durch ihre Nähe ist die infrarotleuchtkräftige Galaxie NGC 240 ideal geeignet für Studien der Galaxienverschmelzung und den damit verbundenen verschiedenen Formen der Aktivität. Sie ist wohl auch ein lokales Muster für gas- und staubreiche Systeme mit aktiven Kernen bei hoher Rotverschiebung. Wir haben deshalb alle vom Infrared Space Observatory (ISO) gewonnenen Spektren von NGC 240 im mittleren und fernen Infrarot analysiert, sowie eine nun mit unserem neuen feldabbildenden Spektrometer SPIFFI am VLT gewonnenen Datenkubus hoher räumlicher und spektraler Auflösung.

Die Spektren im mittleren Infrarot zeigen hochangeregte Linien und ein erhöhtes Kontinuum. Dies sind Indikatoren der aktiven Kerne, die auch im Röntgenbereich klar gesehen werden. Die Emission im mittleren Infrarot wird aber dominiert von niedrig angeregten Emissionslinien und Emissionen aromatischer Verbindungen, die Sternentstehung anzeigen. Eine kritische Analyse aller bekannten Randbedingungen legt nahe, dass Sternentstehung für mindestens die Hälfte der Gesamtleuchtkraft in diesem Objekt verantwortlich ist, mit einem signifikanten Minderheitsbeitrag des AGN. Einzigartig für NGC 240 sind die starken Stoßwellen im interstellaren Medium, die volle 10% der Gesamtleuchtkraft in Emissionslinien molekularer Wasser-

Because of its proximity, the infrared-luminous galaxy NGC 240 is ideal to study the merging process of galaxies and the various types of activity associated with it. It is also a local template for gas and dust rich systems with active nuclei at high redshift. For these reasons, we have analysed all mid- and far-infrared spectra of NGC 240 obtained by the Infrared Space Observatory (ISO) as well as a high spatial and spectral resolution data cube obtained with our new integral field spectrometer SPIFFI at the VLT.

The mid-infrared spectra show high excitation lines and an elevated mid-IR continuum. These are indicators of the active nuclei in this system that are also prominently observed in X-rays. The mid-infrared emission is dominated, however, by low excitation line emission and by emission features from aromatic species, tracing star formation. A critical analysis of all available constraints suggests that star formation is responsible for at least half of the bolometric luminosity in this object, with the AGN contributing the rest. A unique property of NGC 240 is the strong shocks in its interstellar medium, radiating as much as 10% of its total luminosity in emission lines of molecular hydrogen and atomic oxygen.

stoffs und atomaren Sauerstoffs emittieren.

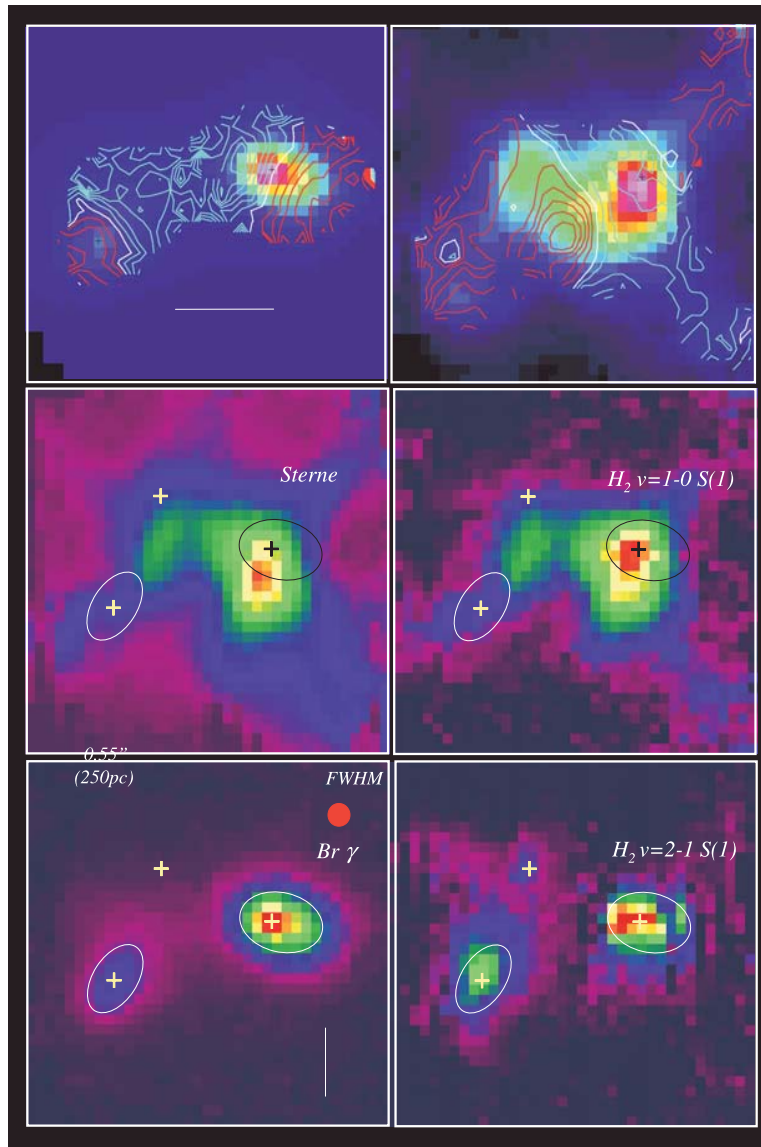


Abb. 2-46: hochaufgelöste Karten des Zentralgebiets der verschmelzenden Galaxie NGC 6240, abgeleitet aus feldabbildender Spektroskopie mit SPIFFI. Die Verteilung der Sterne zeigt die Kerne der Vorgängergalaxien, während die Verteilung ionisierten Wasserstoffs ($Br\gamma$) und molekularen Wasserstoffs (H_2) komplexer ist. Rechts werden Geschwindigkeitsfelder für Sterne und Gas gezeigt.

Fig. 2-46: High spatial resolution maps of the central region of the merging galaxy NGC 6240, derived from SPIFFI imaging spectroscopy. The distribution of stars delineates the nuclei of the two progenitor galaxies while the distribution of ionized gas ($Br\gamma$) and molecular gas (H_2) is more complex. Velocity fields for stars and gas are shown on the right.

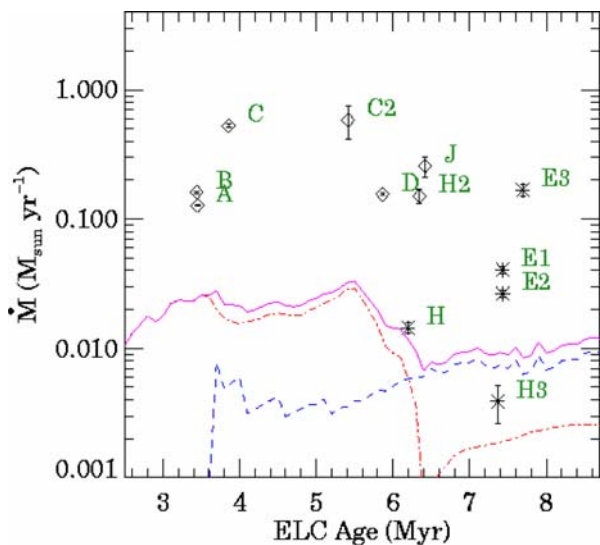
Das Gesamtbild aus den ISM-Daten gewinnt an Detail in den hochauflösten SPIFFI-Daten ($0.2'' = 12\text{ pc}$), aus denen wir die räumliche Verteilung und Kinematik von Sternen, und von verschiedenen Phasen des interstellaren Mediums abgeleitet haben (Abb. 2-4). Der größte Teil der in $Br\gamma$ gesehenen Sternentstehung geschieht in den beiden Kernen auf Skalen von 200 pc, es gibt jedoch eine weitere $Br\gamma$ -Quelle in der Gasbrücke zwischen den beiden Kernen. H_2 folgt einem komplexen räumlichen und dynamischen Muster mit mehreren Filamenten. Seine Kinematik ist sehr komplex und unterschiedlich zur einfachen gegenläufigen Rotation der Sterne. Möglicherweise sehen wir die beiden Vorgängergalaxien in der Pause zum Rückfall

The global picture from the ISM data gains detail in the high resolution SPIFFI data ($0.2'' = 12\text{ pc}$) from which we derived the spatial distributions and kinematics of stars and of different phases of the interstellar medium (Fig. 2-4). Most of the starburst activity as traced by $Br\gamma$ occurs in the two nuclei on scales of 200 pc, although there appears to be one extra-nuclear $Br\gamma$ source in the gas bridge between the two nuclei. The H_2 follows a complex spatial and dynamical pattern with several extended streamers. The kinematics is extremely complex and very different from the relatively simple counter-rotation pattern of the stars. We may be observing the two progenitor galaxies after the first “hang out” phase in the process of falling back in

zur zweiten Annäherung. Dabei wechselwirken sie mit der durch Gezeiten gebildeten Gasbrücke zwischen den Kernen und regen sie durch Stoßwellen an. Die Bedingungen in diesem Medium sind derzeit zu extrem für Sternentstehung, aber Dissipation und Kühlung durch die Emission der Stoßwellen erfolgen rasch. In NGC 240 könnte eine weitere, in der Tat ultraleuchtkräftige Sternentstehungsperiode unmittelbar bevorstehen.

Materieströme aus massereichen Sternhaufen: die Energiequelle für Superwinde im Antennen-System / Outflows from massive stellar clusters: Superwind engines in the Antennae

Sogenannte Starbursts bilden Sterne in hellen, kompakten „super star clusters“ (SSCs), extrem massereichen Sternhaufen, die 10–10 M_{\odot} in Sternen beinhalten. In ihrer frühesten Entwicklungsphase sind sie eingehüllt in Gas- und Staubwolken, welche durch V-Strahlung von sehr massereichen, kurzlebigen V-Sternen angeregt werden. Ihre Spektren sind dementsprechend geprägt von den Nebellinien dieses Gases. Wir haben die Gas-Kinematik in eingebetteten SSCs im nächstgelegenen Paar verschmelzender Galaxien, den Antennen, mittels Infrarot-Spektroskopie vermessen. Dabei haben wir breite, supersonische Emissionslinien rekombinierenden atomaren Wasserstoffs und Heliums entdeckt, sowie photo-angeregten molekularen Wasserstoff. Ein Vergleich der beobachteten Linienbreiten mit den Fluchtgeschwindigkeiten für diese Sternhaufen zeigt, dass die schnellen Gaswolken, die diese Linien ausstrahlen, gravitativ nicht an die Haufen gebunden sind, sondern in Winden ausströmen. Wir haben diese Objekte „emission-line clusters“ (E Cs, Emissionslinien-Haufen) getauft.



Wir haben Modelle berechnet für Bry λ Linienprofile, die von einem Haufenwind erzeugt werden, und diese an unsere Spektren angepasst. Die geschätzten Massenverlustraten reichen von 0,01 bis 1 M_{\odot}/ahr , die Endgeschwindigkeiten sind bis zu 200 km/s hoch (Abb. 2-4). Tausende massereicher Sterne liefern die Energie, die nötig ist, diese Winde zu erzeugen. Die Endgeschwindigkeiten können jedoch 1000 km/s übertreffen. Dies legt nahe, dass wir den Großteil der Aus-

strömung für einen zweiten Ansatz. In diesem Prozess werden sie stark mit und durch Stoßwellen angeregt, die die Gasbrücke zwischen den Kernen wegfegen. Die Bedingungen in diesem Medium sind derzeit zu extrem, um Sterne zu bilden, aber die Dissipation und Kühlung durch die schnelle Emission der Stoßwellen erfolgt rasch. NGC 240 könnte sich auf dem Weg zu einer weiteren, wirklich ultraleuchtkräftigen Sternentstehungsperiode befinden.

Starbursts bilden Sterne in hellen, kompakten „super star clusters“ (SSCs) mit 10–10 M_{\odot} in Sternen. In ihrer jüngsten Phase sind sie in Gas und Staub eingebettet, der durch V-Strahlung von sehr massereichen, kurzlebigen V-Sternen angeregt wird. Ihre Spektren sind durch die Emissionen dieses Gases geprägt. Wir haben Infrarotspektroskopie zur Untersuchung der Nebelkinematik eingebetteter SSCs in dem nächsten verschmelzenden Galaxienpaar, den Antennen, verwendet. Wir entdeckten breite, supersonische Emissionslinien von rekombinierendem atomarem Wasserstoff und Helium sowie photo-angeregten molekularen Wasserstoff. Ein Vergleich der beobachteten Linienbreiten mit den Fluchtgeschwindigkeiten dieser Haufen zeigt, dass die Gaswolken, die diese Linien emittieren, nicht an die Haufen gebunden sind, sondern in einem Haufenwind ausströmen. Wir taufen diese Emissionslinienhaufen (ELCs) auf.

Abb. 2-4 : Gemessene Massenverlustraten (normiert auf die Rate eines $10^6 M_{\odot}$ Haufens) übersteigen deutlich die Raten, die für Sterne vorhergesagt werden (lila: Summe, rot: Sternwinde, blau: Supernovae). Das heißt, dass Haufenwinde sehr effektiv die Umgebungsmaterie wegblasen.

Fig. 2-4 : Measured mass-loss rates (normalised to that of a $10^6 M_{\odot}$ cluster) greatly exceed those predicted for stars (purple: sum, red: stellar winds, blue: supernovae), implying that the winds efficiently sweep up ambient matter.

Wir haben Modelle für Bry λ Linienprofile berechnet, die durch einen Haufenwind erzeugt werden, und diese an unsere Spektren angepasst. Die geschätzten Massenverlustraten reichen von 0,01 bis 1 M_{\odot}/ahr , und die Endgeschwindigkeiten können bis zu 200 km/s hoch sein (Abb. 2-4). Tausende massereicher Sterne liefern die Energie, die benötigt wird, um diese Winde zu erzeugen. Die Endgeschwindigkeiten können jedoch 1000 km/s übersteigen. Dies deutet darauf hin, dass wir den Großteil der Aus-

strömungen dieser Winde beobachten, die miteinander und mit dem umgebenden Medium kollidiert sind. Wenn wir die E C Massenverlusten mit denen vergleichen, die wir für Sternwinde und Supernovae erwarten, finden wir, dass etwa 10-mal mehr Materie vorhanden ist, als die stellaren Quellen liefern können. Vermutlich reißt der Ausstrom die umgebende Materie mit. Da das rekombinierende Gas jedoch nur einen kleinen Teil der durch die stellaren Auswürfe verfügbaren kinetischen Energie besitzt, muss die fehlende Energie in einem heißeren oder kühleren Medium stecken, welches kein $B\gamma$ ausstrahlt. Dies deutet auf eine effiziente Thermalisierung der Windenergie hin.

Comparing the E C mass-loss rates with those predicted due to stellar winds and supernovae, we find 10 times more matter than is available from the stellar sources. This is evidence for entrainment of ambient matter by the outflow. However, the recombining gas contains a small fraction of the totally available kinetic energy from stellar ejecta. The missing energy must be contained in a hotter or colder medium so that it does not emit $B\gamma$. This is evidence for efficient thermalization of the wind energy.

B. ER, BREITSCHWERDT, C. STANTINI, EISENHAUER, GALE, GENE, GIERE, HASINGER, KEI, EHMANN, TAYLOR, MARSTON, BETSCH, SAGI, STRIMTEC A

2.3.5 Physikalische Prozesse in lokalen AGN / Physical processes in local AGN

Nukleare Dynamik und Sternentstehung in AGN / Nuclear Dynamics and Star Formation in AGN

Wir haben die Analyse von Spektren der Seyfert-1-Galaxie NGC 49 abgeschlossen. Diese Spektren wurden mit den Keck- und VLT-Teleskopen aufgenommen und besitzen durch die Verwendung adaptiver Optik (AO) eine Auflösung von $0,1''$. Diese AO-Daten im K-Band wurden ergänzt durch mm-Interferometrie der C (2-1) Linie bei einer Auflösung von $0,2''$ (Abb. 2-4). Dieser einzigartige Datensatz ermöglicht es uns, die Verteilung und Kinematik des molekularen Gases über zwei räumliche Größenordnungen hinweg zu untersuchen. Die beobachteten dynamischen Strukturen werden sehr gut durch ein achsensymmetrisches Massenmodell reproduziert, welches eine breite Scheibe, den wohlbekannten zirkumnuklearen Ring mit $4''$ Durchmesser, sowie einen zuvor unbekanntem Ring um den Galaxienkern mit einem Radius von $0,2''$ beinhaltet. Obwohl die Emission der C (2-1) Linie eine balkenartige Struktur aufweist, gibt es keine zugehörige kinematische Signatur. Es gibt keinen kinematischen Hinweis auf verschachtelte Balken und Schockzonen, die Gas nach innen befördern könnten. Die aufgrund des Modells geschätzte Masse weist auf einen C-H₂-Umwandlungsfaktor in den inneren paar Bogensekunden hin, der etwa dem 0,4-0,6-fachen des galaktischen Wertes entspricht. Dies ist auch von anderen Gebieten intensiver Sternentstehung bekannt.

Sowohl in NGC 49 als auch in Mkn 231 haben wir den Sternhaufen im Galaxienkern (40 und 300 pc Durchmesser) direkt aufgelöst. Die Vermutung liegt nahe, dass zwischen AGN und Sternentstehung eine Verbindung besteht, ob nun mechanischer Art oder durch Strahlung. So eine Verbindung wurde schon häufig für Seyfert-2-Galaxien postuliert, da es für diese in etwa der Hälfte der Fälle Hinweise auf zentrale Sternentstehung (<300 pc um den AGN) gibt. Für Seyfert-1-Galaxien jedoch ist die Situation weniger klar, denn die Sternentstehung findet dort typischerweise weiter entfernt vom AGN statt. Der direkte Nachweis zentraler Sternhaufen in NGC 49 und Mkn 231 ist ein bedeutender Schritt zur Klärung der Beziehung zwischen AGN, zentraler Sternentstehung

We have completed analysis of $0,1''$ resolution adaptive optics (AO) spectroscopic data from the Keck and VLT telescopes for the Seyfert 1 galaxy NGC 49. The AO K-band data were complemented by mm interferometric data of the C (2-1) line at $0,2''$ resolution (Fig. 2-4). This unique data set gives us tools with which we can probe the distribution and kinematics of the molecular gas across nearly 2 orders of magnitude in spatial scale. The dynamical structures observed are well reproduced by a single axisymmetric mass model comprising a broad disk, the well-known $4''$ diameter circumnuclear ring, and a previously unknown nuclear ring at a radius of $0,2''$. Although the C (2-1) emission shows a bar-like feature, there is no associated kinematic signature. There is no kinematic evidence for nested bars. The mass estimate from the model indicates that the C-to-H₂ conversion factor in the central few arcseconds is 0.4-0.6 times the Galactic value, as seen in other intense star forming environments.

In both NGC 49 and Mkn 231, we have directly resolved the nuclear star cluster (40 and 300 pc across). It seems an unavoidable conclusion that there is some link between the AGN and the star formation, whether radiative or mechanical. Such a link has often been posited for Seyfert 2 galaxies, as there is evidence for nuclear star formation within 300 pc of the AGN in about half of such nuclei. However, the situation for Seyfert 1 galaxies and quasars is less clear, since the star formation typically lies much further from the AGN. The direct detection of nuclear star clusters in NGC 49 and Mkn 231 is an important step towards clarifying the relationship between AGN, nuclear star formation, and the AGN unification scheme.

und vereinheitlichenden AGN-Modellen.

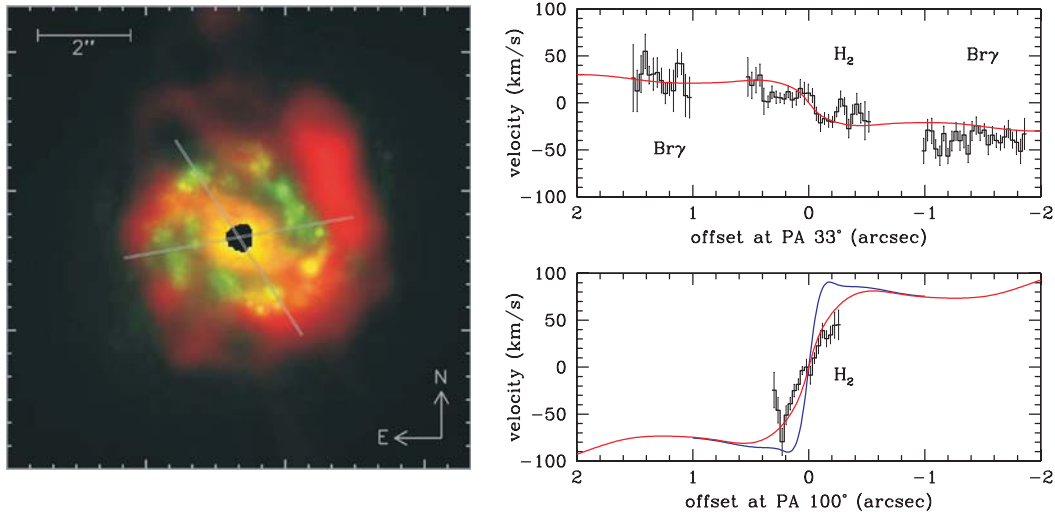


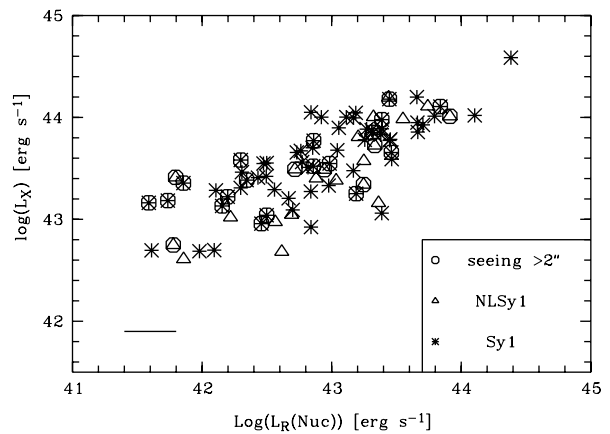
Abb. 2-48 links: Millimeter-interferometrische Karte der CO(2-1)-Emission des molekularen Gases (rot), sowie λ -Band ST-Aufnahme der Sternhaufen (grün). Die Lage der Spalte für die AO-Spektroskopie mit Keck ist ebenfalls dargestellt. Rechts: Geschwindigkeitskurve mit $<0,1''$ Auflösung für die beiden Positionswinkel. Die roten Linien stellen die Rotationskurven dar, die aus dem Massenmodell mit $10 M_{\odot}$ innerhalb der zentralen $0,1''$ abgeleitet wurden. Die blaue Linie zeigt, welche Kurve sich bei einer erheblich höheren, unauflösbaren Masse ergeben würde.

Fig. 2-48 left: Millimetre interferometric CO(2-1) map of the molecular gas (red) and λ -band ST image of the star clusters (green). The slit positions for the Keck AO spectroscopy are over-plotted. Right: Velocity curves with $<0.1''$ resolution at the two position angles. The red lines denote the rotation curves derived from the mass model, which has $10 M_{\odot}$ in the central $0.1''$. The blue line represents the curve that would be seen if there were an unresolved mass significantly larger than this.

Multifrequenz Korrelationen von Kernen in Seyfert Galaxien / Multiwavelength Scaling Relations for Nuclei of Seyfert Galaxies

Abb. 2-49: Die Röntgen- zu optischer (R-Band) Leuchtkraft des Samples. Sterne (Dreiecke) markieren Seyfert 1 (Narrow-line Seyfert 1) Galaxien. Objekte, bei denen die optischen Aufnahmen unter schlechten Seeing Bedingungen gemacht wurden, sind mit zusätzlichen Kreisen um das eigentliche Symbol markiert.

Fig. 2-49: X-ray versus optical (R-band) luminosity for the sample. Asterisks (open triangles) represent Sy1 (NLSy1) galaxies. Those objects for which imaging was obtained under bad seeing ($>2''$) are marked by open circles around their symbols, and were ignored for determining the linear correlation between the X-ray and optical luminosities.



Die Theorie sagt voraus, dass AGN mit typischen Massen von 10^6 - $10^9 M_{\odot}$ den Hauptanteil ihrer Akkretionsenergie im weichen Röntgen- sowie EUV-Bereich abstrahlen. Ein Teil dieser optisch dicken Strahlung wird in einer Korona hoch-energetischer Elektronen, die das Schwarze Loch umgibt, zu höheren Energien Compton gestreut. Es wird allgemein angenommen, dass dieser Prozess die typischen Potenzgesetz-Spektren produziert, die man in AGN im Röntgenbereich beobachtet. Die ursprüngliche weiche Röntgen- bzw. EUV-Strahlung der Akkretionsscheibe ionisiert auch die umgebende Materie und erzeugt so die bekannten Emissionslinien in AGN. Im Radiobereich ist die beobachtete AGN Emission Syn-

Theory predicts that for AGN with typical masses of 10^6 - $10^9 M_{\odot}$, the bulk of the accretion radiation is emitted in the soft X-ray and EUV range. A fraction of this optically thick radiation is Compton-upscattered by a corona of electrons surrounding the BH. This process is thought to produce the typical power law X-ray spectrum observed in all AGN. The primary soft X-ray/EUV radiation of the accretion disk also ionises the surrounding gas, producing the well-known AGN emission lines. At radio frequencies, the core luminosity of the AGN is due to synchrotron emission by relativistic electrons immersed in a seemingly global magnetic field. It is conceivable that these electrons are the same which Compton-upscatter the disk pho-

chrotronstrahlung relativistischer Elektronen, die sich in einem wohl großräumigen Magnetfeld bewegen. Es ist denkbar, dass diese Elektronen dieselben sind, die die Comptonstreuung der Scheibenphotonen bewirken. Deshalb ist es wichtig, evtl. Korrelationen zwischen der Emission im Radio-, optischen und Röntgenbereich zu bestimmen. Wir haben die optische Leuchtkraft der Kerne von Seyfert 1 und „Narrow-line“ Seyfert Galaxien eines fluss-limitierten Samples gemessen. Die Röntgen- (0. -2 keV) bzw. Radio- (1.49 GHz) Leuchtkräfte wurden aus öffentlichen Katalogen zusammengestellt. Es zeigt sich, dass die optische Leuchtkraft der Seyfert-Kerne, die gemeinhin mit der Akkretionsscheibe assoziiert wird, nicht nur mit der Röntgenleuchtkraft korreliert (Abb. 2-49), sondern auch mit der Radioleuchtkraft und der Masse des zentralen Schwarzen Loches. Diese Korrelationen deuten darauf hin, dass eine Änderung der Akkretionsrate nicht nur zu einer variablen optischen Emission führt, sondern über die Korona auch zu einer entsprechend variierenden Röntgen- und Radioemission.

2.3.6 Eigenschaften der Quasare / Properties of quasars

XMM-Newton Beobachtungen von Quasaren / XMM-Newton Observations of Quasars

Die breitbandige spektrale Energieverteilung von Quasaren enthält wichtige Informationen über die physikalischen Bedingungen, die die Emission der beobachteten Strahlung beeinflussen, und kann somit für eine phänomenologische Klassifizierung der Quasare benutzt werden. Eine charakteristische Größe ist das Verhältnis der Leuchtkräfte zwischen dem optischen/UV- und dem Röntgen- (2 keV) Bereich, die sogenannte „Röntgen- Ausstärke“. In der großen Stichprobe der von R. SAT untersuchten 3 radio-leisen Quasaren hatten sechs Objekte einen Röntgenfluss, der 30-mal schwächer war als das Mittel der Stichprobe, bei gleicher optischer Helligkeit. Starke Variabilität könnte ein Grund sein, dass ein Quasar zu bestimmten Zeiten Röntgen-leise ist; andere Möglichkeiten wären, dass die Objekte intrinsisch leuchtschwach sind, oder dass starke innere Absorption die primäre Ursache für die Röntgen-Schwäche ist.

Wir haben zwei dieser Quasare, PG 1411+442 und Mrk 304 mit XMM-Newton beobachtet. In beiden Fällen können die Spektren durch harte Potenzgesetze beschrieben werden, mit Steigungen, die typisch sind für radio-leise Quasare, aber stark absorbiert durch Materiedichten von $\sim 2 \cdot 10^{23} \text{ cm}^{-2}$ bei PG 1411+442 und $\sim 4 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ bei Mrk 304. In beiden Fällen erfordern die Spektren im Nieder-Energie Bereich ein zusätzliches steiles Potenzgesetz ($\Gamma \sim 3$), das nur durch galaktische Materie absorbiert wird. Die weichen Bereiche der Spektren werden zusätzlich durch komplexe Emissionsstrukturen moduliert, wie Linienstrukturen bei 0.9 keV und Absorptionskanten bei 0. keV und 1 keV. Diese Strukturen sind Anzeichen für 'warmes' (d.h. ionisiertes) Material in den zentralen Bereichen der Quellen. Wegen der limitierten Photonenzahl und des Fehlens besserer Emissionsmodelle war es nicht möglich, die Geometrie und die physikalischen Ver-

hältnisse zu bestimmen. Es ist wichtig zu bestimmen, ob es eine direkte Korrelation zwischen Radio-, optischer und X-ray Emission an der Position des zentralen AGN gibt. Wir haben die nukleare optische Leuchtkraft einer vollständigen X-ray flux limitierten Stichprobe von Seyfert 1 und Narrow line Seyfert 1 Galaxien aus öffentlichen Katalogen gemessen. Die nukleare X-ray (at 0. -2.0 keV) und Radio (at 1.49 GHz) Leuchtkraft wurden aus öffentlichen Katalogen zusammengestellt. Es zeigt sich, dass die nukleare optische Leuchtkraft, die gemeinhin mit der Akkretionsscheibe assoziiert wird, nicht nur mit der X-ray Leuchtkraft korreliert (Fig. 2-49), sondern auch mit der Radioleuchtkraft und der Masse des zentralen Schwarzen Loches. Diese Korrelationen deuten darauf hin, dass eine Änderung der Akkretionsrate nicht nur zu einer variablen optischen Emission führt, sondern über die Korona auch zu einer entsprechend variierenden X-ray und Radioemission.

DAVIES, GEN E , GREINER, K H BR DT, SA VAT , TACC NI

The broadband spectral energy distribution (SED) of quasars provides important information about the physical conditions governing the emission of radiation and can thus be used for a phenomenological classification of the quasars. A characteristic quantity is the luminosity ratio between the optical/ultra-violet and the X-ray (2 keV) band, the so-called X-ray loudness. From the large sample of 3 radio-quiet quasars studied by R. SAT, six of the sources had an X-ray flux by a factor of ~ 30 lower at the same optical flux than the bulk of the sample. Strong variability might be one reason for a quasar to be X-ray weak at certain times. Other possibilities are that these objects are intrinsically under-luminous or that intrinsic absorption is the primary cause of the X-ray weakness in these objects.

We have observed two of these quasars, PG 1411+442 and Mrk 304, with XMM-Newton. In both cases, the spectra are represented by hard power laws with photon indices typical for radio-quiet quasars, heavily intrinsically absorbed by column densities of $\sim 2 \cdot 10^{23} \text{ cm}^{-2}$ in PG 1411+442 and $\sim 4 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ in Mrk 304. The data require in both cases an additional steep ($\Gamma \sim 3$) soft power law component, absorbed only by the galactic column density towards the quasars. The soft parts of the spectra exhibit additional complex structures like emission line features around ~ 0.9 keV, and absorption edges around 0. keV and ~ 1 keV. These features strongly suggest the presence of "warm" (i.e. ionised) material in the central region of the sources. Due to the insufficient photon statistics and to the lack of more advanced models for the spectral fitting, we are unable to determine accurately the geometry and physical state of the absorbing material.

hältnisse des absorbierenden Materials genauer zu bestimmen.

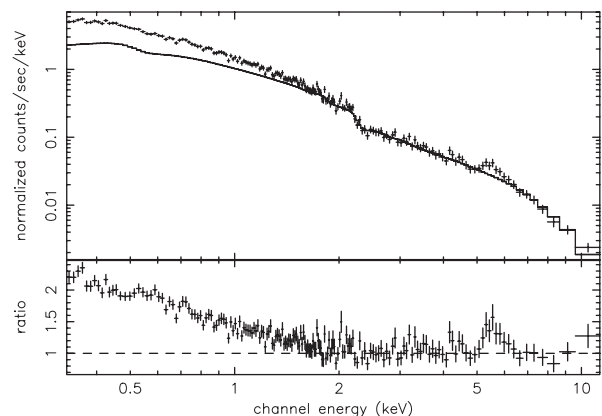
Entdeckung einer breiten und starken neutralen Fe K α Linie im Röntgenquasar Q0056-363 / Discovery of a broad and intense neutral Fe K α line from an X-ray powerful quasar Q0056-363

Wir haben mit XMM-Newton den radio-leisen Quasar Q0056-363 ($z = 0.12$) für etwa vier Stunden beobachtet (Abb. 2-0), und damit zum ersten Mal im Röntgenbereich oberhalb von 2 keV gesehen. Wir schätzen, dass er ein supermassives Schwarzes Loch mit $\sim 10^9 M_\odot$ enthält. Q0056-363 ist mit einer (unabsorbierten) Helligkeit von etwa $1.2 \cdot 10^4$ erg/s sehr leuchtkräftig, zwei Drittel davon unterhalb von 2 keV. Das Spektrum enthält unterhalb von 2 keV eine unstrukturierte Erhöhung sowie eine untypische, breite Fe K α Linie bei 6.4 keV (im Ruhesystem des Quasars). Die Eisenlinie, mit einer Äquivalentbreite von 200 eV und einer Dopplerverbreiterung entsprechend 2000 km/s, stammt aus Material mit niedriger Ionisation ($< \text{Fe XVII}$). Man kann sie mit einem relativistischen Profil von einer Akkretionsscheibe, entweder um ein nicht-rotierendes (Schwarzschild-) oder rotierendes (Kerr-) Schwarzes Loch, anpassen. Eine Kombination aus Comptonisierung und Scheibenreflektion erklärt sowohl die Kontinuumsemission von 0.3-12 keV als auch die Fe K α Linie. Eine "löchrige" Korona, welche einen großen Teil der inneren Scheibe abdeckt, wird benötigt um die aus SED der abgeleitete Akkretionsrate zu erklären, falls die Masse des Schwarzen Lochs nicht wesentlich größer als $\sim 10^9 M_\odot$ ist. Q0056-363 ist der hellste, bekannte AGN mit einer breiten und intensiven K α Linie von neutralem Eisen. Diese XMM-Newton Beobachtung ermöglicht es, den inneren Teil der Akkretion um ein supermassives Schwarzes Loch bei einer Rotverschiebung von $z > 0.1$ zu untersuchen.

Abb. 2-0: XMM-Newton pn-Spektrum von Q0056-363 (im Ruhesystem des Beobachters). Ein Potenzgesetz ist an die Daten zwischen 2. bis 10 keV angepasst und zu höheren und niedrigeren Energien extrapoliert. Man kann einen breiten und starken Exzess bei niedrigen Energien sowie eine Erhöhung bei 6.4 keV sehen, ein Hinweis auf eine Fe K α -Linie.

Fig. 2-0: The XMM-Newton pn spectrum of Q0056-363 (in the observer frame). A power-law has been fitted to the 2-10 keV data and extrapolated to lower and higher energies. A broad, strong soft X-ray excess is clearly seen extending to 2 keV, as well as a strong deviation near 6.4 keV, enlightening the presence of a Fe K α line.

With XMM-Newton we have observed the radio-quiet quasar Q0056-363 ($z = 0.12$) for about four hours (Fig. 2-0). This was the first time this quasar was observed at X-rays above 2 keV. We estimated that this quasar harbors a super-massive Black Hole of $\sim 10^9 M_\odot$. We found that Q0056-363 is a powerful X-ray quasar, with a 0.3-12 keV unabsorbed luminosity of about $1.2 \cdot 10^4$ erg/s, of which are 66% emitted below 2 keV. The spectrum reveals a large featureless soft X-ray excess below 2 keV and an atypical strong broad Fe K α line at 6.4 keV (in the quasar frame). The Fe K α line is due to low to moderate ionisation states of iron (i.e. $< \text{Fe XVII}$) with an equivalent width of about 200 eV and a velocity width of about 2000 km s $^{-1}$. The line is well fitted with a relativistic profile from an accretion disc around either a Schwarzschild (non-rotating) or a Kerr (rotating) Black Hole. We favour a combination of two thermal Comptonization components and a disc reflection model to explain both, the continuum over the energy range 0.3-12 keV and the Fe K α line. A patchy corona covering a large part of the inner disc surface is needed in order to be compatible with the accretion rate inferred from the SED of Q0056-363, unless the mass of the Black Hole is much higher than about $\sim 10^9 M_\odot$. Q0056-363 is presently the most luminous AGN known to exhibit such a broad and intense Fe K α line profile. This XMM-Newton observation allows to investigate the accretion process near a super massive Black Hole at a redshift of $z > 0.1$.



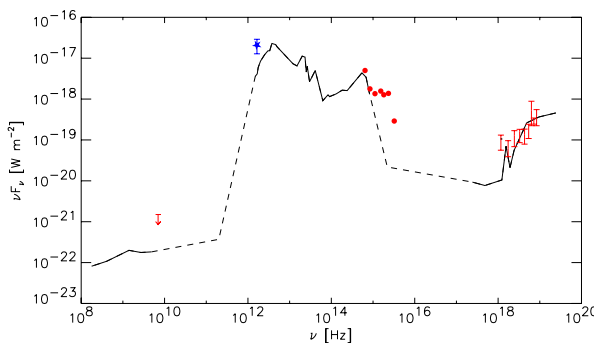
Entdeckung von hoch-rotverschobenen Typ-2 Quasaren im Sub-mm-Bereich / Sub-mm detections of high-redshift type-2 quasars

Zwischen der Masse von MBHs (massive Black Holes) und den Eigenschaften, der sie beherbergenden Galaxien-, „Bulges“ wurden eine Vielzahl von Korrelationen beobachtet. Da sich diese Korrelationen weit über den dynamischen Einfluss von MBHs erstrecken, muss eine enge Verbindung zwischen der Entstehung von MBHs und der Entstehung ihrer beherbergenden Galaxien-, „Bulges“ bestehen. Ein großer Anteil der

A number of correlations have been observed between the masses of MBHs (massive Black Holes) and the properties of the galactic bulges hosting them. Since these correlations extend well beyond the direct dynamical influence of the MBHs there must be a close link between the formation of the MBHs and the formation of their host galactic bulges. A large fraction of star formation at high redshift takes place in dust-

Sternentstehung bei hohen Rotverschiebungen findet in, von Staub eingehüllten, Galaxien statt, die in optischen Durchmusterungen nicht gefunden werden. Diese leuchtkräftigen Galaxien sind wahrscheinlich die hochrotverschobenen Analogons zu den lokalen IRGs und scheinen das kosmische, hochrotverschobene Energiebudget zu dominieren.

Falls die Entstehung der „Bulges“ und die Entstehung der Schwarzen Löcher gleichzeitig stattgefunden hat, dann müssen die massenreichsten Schwarzen Löcher in den Zentren der massenreichsten Galaxien auftreten. Die Existenz von absorbierendem Staub erschwert jedoch die Entdeckung von Röntgenemission dieser Objekte. Ein Szenario sagt voraus, dass sich die Schwarzen Löcher inmitten von staubigen, leuchtkräftigen Galaxien entwickeln und somit durch „Compton“-dicke Absorption verborgen sind. Irgendwann wird das absorbierende Gas weggeblasen und der AGN kommt zum Vorschein. Wir untersuchen dieses Szenario mittels einer einzigartigen Stichprobe von hoch-röntgenabsorbierten ($\log N_{\text{H}} > 22$) und sehr leuchtkräftigen Typ-2 AGN ($\log \chi > 44$), den Typ-2 Quasaren.



Mit dem SCUBA-Bolometer am James Clerk Maxwell-Teleskop haben wir vier Typ-2 Quasare aus unserer Stichprobe (Bereich $1 < z < 3.7$) beobachtet, die in der 1 Msec-„Chandra Deep Field-South“ (CDFS)-Durchmusterung detektiert worden sind. Dabei konnten wir das Objekt CDFS 263 bei einer Rotverschiebung von $z = 3.660$ mit einem Fluss von $S_{850} = 4.8 \pm 1.1$ mJy sicher detektieren. Wegen ungünstigen Witterungsbedingungen haben wir für die restlichen drei Objekte nur eine obere Flusswertgrenze von $S_{850} \leq 6$ mJy erhalten. Zu diesen Objekten gehört auch der Prototyp der Typ-2 Quasare, CDFS 202 bei $z = 3.7$. In Abb 2-51 zeigen wir Flusswerte von CDFS 263 vom Radio- bis zum Röntgenbereich, im Vergleich zur lokalen SED-Schablone des ULIRG NGC 6240, der in seinem Kern zwei Schwarze Löcher enthält. Die SED stimmt innerhalb der Normalisierungsunsicherheiten gut mit den Breitbandeigenschaften von CDFS 263 überein. Wir glauben daher, dass CDFS 263 ein hochrotverschobenes Äquivalent zu den lokalen ULIRGs ist, was das oben beschriebene Evolutionsszenario unterstützen würde. Um dieses Szenario zu testen, haben wir weitere SCUBA-Beobachtungen von hochrotverschobenen Typ-2 Quasaren beantragt.

enshrouded galaxies, which are missed by optical surveys. These luminous galaxies are most likely the high- z analogues of the local IRGs and appear to dominate the cosmic high- z energy budget.

If the formation of the bulge and the formation of the Black Hole were coeval then the most powerful Black Holes should be hosted in the centres of the most massive galaxies. However the presence of the obscuring dust makes the detection of the X-ray emission from these sources rather difficult. One scenario predicts that a Black Hole grows within a dusty, luminous galaxy, hidden from our view by Compton-thick obscuration. At some point the obscuring gas is blown off to reveal an AGN. We are investigating this scenario using a unique sample of heavily X-ray absorbed ($\log N_{\text{H}} > 22$) and luminous type-2 AGNs ($\log \chi > 44$), the type-2 Quasars.

Abb. 2- 1: Spektrale Energieverteilung (SED) des Typ-2 QSO CDFS 263 im Vergleich mit der SED-Schablone (verschoben nach $z = 3,660$) des ULIR NGC 6240, der zwei Schwarze Löcher enthält. Die SCUBA-Detektion von CDFS 263 bestätigt, dass beide Objekte nahezu identisch sind.

Fig. 2- 1: Spectral energy distribution of the type-2 QSO CDFS 263, in comparison to the template of the binary-Black Hole ULIR NGC 6240, shifted to the corresponding redshift of 3.660. The SCUBA detection of CDFS 263 confirms that the two sources seem to be carbon copies of each other.

Using the SCUBA bolometer on the James Clerk Maxwell Telescope we observed four type-2 quasars out of our sample spanning the range $1 < z < 3.7$, which have been detected in the 1 Msec Chandra Deep Field-South (CDFS) survey. We have one firm detection for CDFS 263 at $z = 3.660$ ($S_{850} = 4.8 \pm 1.1$ mJy). Due to the unfavourable weather conditions we have only obtained upper limits of $S_{850} \leq 6$ mJy for the three remaining objects. Among these objects is the prototype of type-2 quasars CDFS 202 at $z = 3.7$. In Fig. 2-51 we show the multiwavelength properties of CDFS 263 from the radio (20 cm) to the X-rays, compared to the local template SED of the binary Black Hole ULIRG NGC 6240. The SED reproduces, within the normalisation uncertainties well the broadband properties of CDFS 263. We consequently believe that CDFS 263 is a high- z equivalent of a local ULIRG, which would support the evolutionary scenario described above. We have applied for further SCUBA observations of high- z type-2 Quasars to test this scenario.

[BRINKMANN, FERRERO, HASINGER, LEHMANN, MAINIERI, MATUTE, PORQUET, RIGOPOULOU]

2.3.7 Gamma-laute AGN / Gamma-ray loud AGN

Eine wichtige, bisher ungelöste Frage, der Astrophysik ist die Frage nach der Natur der unidentifizierten Gammaquellen, die vom Compton Gammastrahlen Observatorium entdeckt wurden. Insbesondere sind ~ 170 , der vom EGRET Teleskop bei γ -Energien oberhalb 100 MeV entdeckten 271 Quellen, noch unidentifiziert. Um über diese EGRET Quellen zusätzliche Informationen zu erhalten, haben wir für alle Quellen die zeitgleichen COMPTEL Daten analysiert und Flusswerte für das COMPTEL Band erarbeitet. Danach wurden die zeitgleichen COMPTEL und EGRET Spektren verglichen. Mit dieser Methode fanden wir 22 unidentifizierte EGRET Quellen, für die die COMPTEL Messungen neue und zusätzliche Informationen ergaben: nämlich eine signifikante Änderung, einen Knick, des γ -Spektrums zwischen 1 und 100 MeV. Zumindest 2 dieser Quellen, aber wahrscheinlich die große Mehrheit, besitzt das Maximum ihrer γ -Leuchtkraft in diesem Energieband. Diese Quellen liegen bevorzugt bei niederen galaktischen Breiten ($|b| < 30^\circ$) in Richtung der inneren Galaxie (Abb. 2-52). Variabilitätsanalysen an den EGRET Daten ergab, dass die Hälfte davon zeitvariabel sein muss. Quellklassen, die als Ursprung dieser unidentifizierten Quellen vorgeschlagenen wurden, müssen diesen neuen Bedingungen genügen.

An important open astrophysical question is on the nature of unidentified γ -ray sources, predominately detected by the Compton Gamma-Ray Observatory. In particular, ~ 170 out of the 271 γ -ray sources detected by the EGRET experiment above 100 MeV are of unknown nature. To provide additional information on these unidentified EGRET sources, we derived simultaneous MeV fluxes or flux limits for each source by analysing the contemporaneous COMPTEL data, and then combined with the EGRET spectra. By this method, we found a group of 22 unidentified EGRET sources, for which the COMPTEL measurements provide a new and additional constraint: a spectral break/turnover between 1 MeV and 100 MeV. At least two of these sources, but most likely the majority of this sample, have maxima of their γ -ray luminosities in this energy band. These sources are preferentially located at low latitudes ($|b| < 30^\circ$) in the inner Galaxy (Fig. 2-52). Variability analyses on the EGRET data show half of the sources to be variable. Potential counterparts have to fulfil these requirements.

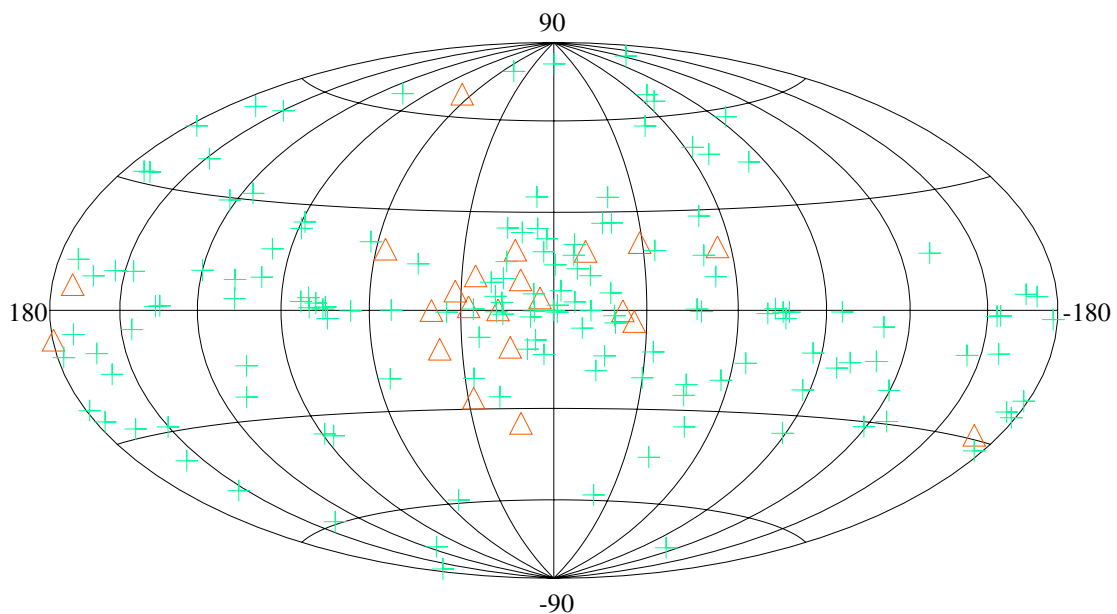


Abb. 2-52: Die räumliche Verteilung (galaktische Koordinaten) aller 170 unidentifizierter EGRET Quellen. Die roten Dreiecke markieren die Positionen der 22 Quellen unserer Gruppe, die bevorzugt in Richtung innerer Galaxie konzentriert sind. Insbesondere liegen 20 der 22 Quellen bei $|b| < 30^\circ$, was einen galaktischen Ursprung nahelegt.

Fig. 2-52: The angular sky distribution of all unidentified EGRET sources in Galactic coordinates. The red triangles represent the 22 EGRET sources of our sample. A clustering towards the inner galaxy is indicated. Especially, 20 of the 22 sources are located at $|b| < 30^\circ$, suggesting a galactic origin.

Die von EGRET gefundenen Blasare sind generell zeitvariabel und ihre Breitbandspektren (radio bis γ -Energien) zeigen eine typische Form mit 2 spektralen Maxima, wobei das höherenergetische oft im MeV-

The EGRET-detected blazars are generally variable and their broadband spectra (radio-to- γ -rays) are characterised by two spectral maxima, the higher one located at MeV energies. Although these properties are

Bereich liegt. Obwohl diese Blasar-Eigenschaften mit denen der zeitvariablen unidentifizierten Quellen übereinstimmen, ist ihre räumliche Verteilung am Himmel sehr unterschiedlich. Blasare werden bevorzugt bei hohen galaktischen Breiten gefunden, während unsere Quellgruppe jedoch auf die innere Galaxie konzentriert ist. Daraus folgern wir, dass zumindest die Mehrzahl dieser Quellen keine Blasare sind. Allerdings ist eine der beiden Quellen, die bei hohen galaktischen Breiten ($|b| > 30^\circ$) liegen, zeitveränderlich, was mit unserer Entdeckung eines „blasar-ähnlichen“ Spektrums eine Blasar-Natur nahe legt. Die Emissionsprozesse von Mikro-Quasaren und extragalaktischen Blasaren sind prinzipiell gleich, spielen sich allerdings bei anderen zeitlichen, räumlichen und energetischen Größenordnungen ab. Deshalb könnten Mikro-Quasare, die bevorzugt entlang der galaktischen Ebene zu finden sind, die Objekte „hinter“ den unidentifizierten veränderlichen EGRET-Quellen bei niederen galaktischen Breiten sein. Einige γ -Pulsare zeigen auch solch einen spektralen Knick bei MeV-Energien, z.B. PSR B1509-58, ein junger ($< 10^6$ Jahre) Pulsar mit einem starken Magnetfeld. Da Pulsare konstante γ -Quellen sind, könnten „PSR B1509-58-ähnliche“ Pulsare, die konstanten γ -Quellen bei niederen galaktischen Breiten sein. Durch genaue Einzelstudien könnten mit unseren neuen und einschränkenden Erkenntnissen für einige dieser 22 unidentifizierten γ -Quellen deren physikalische Natur geklärt werden.

reminiscent of the source properties of the variable unidentified sources, their distribution on the sky is not. While blazars are mainly detected at high latitudes, our source group concentrates towards the inner galaxy. Therefore, we conclude, that at least the majority of these sources are not of blazar origin. However, one of our 2 high-latitude ($|b| > 30^\circ$) sources is significantly variable, and therefore our finding of a “blazar-like” MeV spectrum provides further evidence for the AGN nature of this object. The emission processes of micro-quasars/blazars and extragalactic blazars are, in principle, the same, however, on different time, space, and energy scales. Therefore, one expects micro-quasars, preferentially located at low latitudes, to be potential counterparts of the unidentified EGRET sources. Some γ -ray pulsars also show such a spectral bending at MeV energies, e.g. PSR B1509-58, a young (age $< 10^6$ yr) pulsar with a strong magnetic field. Because pulsars are non-variable γ -ray sources, “PSR B1509-58-like” pulsars are viable candidate counterparts for the non-variable low-latitude sources of our sample. Given the new and additional spectral information for these 22 sources, case by case studies might reveal further insights in the nature of individual objects.

[COLLMAR, SCHÖNFELDER, ZHANG]

2.4 GROSSRÄUMIGE STRUKTUR UND KOSMOLOGIE / COSMOLOGY AND LARGE-SCALE STRUCTURE

Zwei Hauptaufgabengebiete der Kosmologie sind die Charakterisierung der großräumigen Struktur des Universums und die Beschreibung der kosmischen Evolution seiner Bestandteile. Diese Arbeitsgebiete haben am MPE weiter an Bedeutung gewonnen. Verschiedene Marksteine der kosmischen Evolution werden dabei in verschiedenen Wellenlängenbereichen beobachtet. Im nah-infraroten und im roten optischen Band sieht man den Massenzuwachs in der Entwicklung der Galaxien, während man im sub-mm, Radio- und blauen optischen Bereich die Sternbildungsraten verfolgen kann. Beim Studium von Ly-break-Galaxien bis zu Rotverschiebungen über 5 stellt man einen starken Anwachs der Galaxien-Anzahldichte zu diesen Epochen fest. Bei geringeren Rotverschiebungen (2-3) beobachtet man an im sub-mm Bereich gefundenen Galaxien viel höhere Sternbildungsraten als heute, und bei Rotverschiebungen um 1 tauchen massive elliptische Galaxien zum ersten Mal auf.

Röntgenbeobachtungen liefern dagegen Information über viel energetischere Ereignisse: die Bildung und das Wachstum massiver Schwarzer Löcher in Galaxienzentren und die Entwicklung der größten Bausteine des Universum, der Galaxienhaufen. Die tiefsten Beobachtungen im Röntgenlicht liefern zum ersten Mal ein detailliertes Bild der Entwicklung aktiver Galaxien, in dem die hellsten Quasare sich schon früh gebildet haben, sich sehr schnell entwickeln und dann verblassen, während die Masse der weniger leuchtkräftigen Röntgengalaxien erst später in Erscheinung tritt, ganz im Gegensatz zu den gegenwärtigen theoretischen Modellen. Im Röntgenbereich beobachtete Galaxienhaufen sind wichtige Marksteine der großräumigen Struktur und zeigen Superhaufenstrukturen bis 100 Mpc Ausdehnung. Sie sind auch wichtige Laboratorien für das Studium der Entwicklung des intergalaktischen Mediums, und im vergangenen Jahr wurde zum ersten Mal ein Teil der vermissten Baryonenmasse im Universum als „warm-hot intergalactic medium“ in den Außenbezirken von Galaxienhaufen gefunden.

The two major objectives of observational cosmology are the observation and characterization of the large-scale structure of the Universe and the tracing of the cosmic evolution of its constituents. This research field has become increasingly important at MPE, whereby different components of cosmic evolution are traced at different wavelengths. In the near-infrared and red optical bands the assembly of the stellar mass of galaxies can be observed, while in the sub-mm, radio and blue optical bands the rate of star formation as a function of time can be assessed. The study of Ly-break galaxies out to redshifts beyond 5 shows a dramatic increase in the number of galaxies with time. At lower redshifts (2-3) submm detected galaxies show much more star formation than galaxies at present and at redshifts around 1 massive elliptical galaxies are observed for the first time.

X-ray observations provide information on the more energetic events: the formation and growth of massive black holes in the centres of galaxies and the evolution of the most massive building blocks of the Universe, clusters of galaxies. The deepest X-ray surveys show for the first time a detailed picture of the evolution of active galaxies, where the most luminous quasars evolve faster and earlier, and subsequently fade while the majority of the less luminous X-ray galaxies appear quite late, contrary to current theories. Clusters seen in X-rays form interesting probes to trace the large scale structure including superclusters on 100 Mpc scale. They are also used as interesting laboratories to trace the evolution of the intergalactic medium and in the past year the missing baryon mass has partly been detected as a warm-hot gas in the outskirts of galaxy clusters.

2.4.1 Tracing Galaxy Evolution / Untersuchungen zur Galaxienentwicklung

Die Tully-Fisher Relation für Spiralen in Galaxienhaufen bei $z = 0.83$ / The Tully-Fisher relation for cluster spirals at $z = 0.83$

Bodengebundene und HST Beobachtungen deuten an, dass sich Scheibengalaxien in reichen Galaxienhaufen seit $z = 1$ sehr stark entwickelt haben. Die Zunahme an S0-Galaxien mit der Zeit, und die gleichzeitige Abnahme an Spiralgalaxien legen nahe, dass sternbildende Spiralen mit einer viel höheren Rate in entfernten Haufen einfallen als im lokalen Universum, und dass diese Spiralen letztlich S0-Galaxien werden, wenn Sternentstehung aufgrund der Haufenumgebung erloschen ist. Dieses Bild wird von hydro-dynamischen

Ground-based and HST observations indicate that the disk galaxy population in rich galaxy clusters has experienced remarkable evolution since $z = 1$. The increase with time of the S0 fraction and the simultaneous decrease in the spiral fraction suggest that star-forming spirals fall into distant clusters at a much higher rate than in the local Universe, and that these spirals ultimately become S0s when star formation is extinguished by the cluster environment. Recent hydro-dynamical simulations of the interaction of the

Simulationen der Wechselwirkung der Gaskomponenten von Spiralgalaxien mit dem Medium innerhalb des Haufens bestätigt. Die Simulationen zeigen auch, dass eine kurze Sternentstehungsphase zu erwarten ist, während das Gas aus der Scheibe entfernt wird. Um die Entwicklung von Haufen-Spiralen zu quantifizieren, führen wir ein Programm durch, in dem wir die stellaren und dynamischen Massen eines großen Samples von morphologisch klassifizierten Scheibengalaxien in reichen Galaxienhaufen bei $0.2 < z < 0.9$ bestimmen. Im folgenden stellen wir die ersten Ergebnisse bzgl. der Tully-Fisher Relation von Haufengalaxien bei $z = 0.83$ im Haufen MS1054-03 dar.

Mit FORS2 am 8m Teleskop VLT untersuchen wir ein Feld mit umfangreichem Material an photometrischen und spektroskopischen HST Beobachtungen. Von den Emissionslinienspektren messen wir die Rotationskurven, indem wir ein Modell an die 2D Spektren anpassen. Das wesentliche Hilfsmittel ist das Tully-Fisher Diagramm, in dem absolute Helligkeit gegen die Rotationsgeschwindigkeit (Abb. 2-53) aufgetragen ist. Die Entwicklung der Residuen mit Rotverschiebung für das Feld-Sample stimmt gut mit dem Ergebnis von Barden et al. (MPE Jahresbericht 2002) überein. Wir finden einen Hinweis darauf, dass bei gegebener Rotationsgeschwindigkeit die Haufen-Spiralen im Mittel heller sind. Dies könnte von einer erhöhten Sternentstehung stammen.

gaseous components of disk galaxies with the intra-cluster medium support these ideas. They also indicate that, while the gas is being removed from the disk, a brief period of enhanced star formation could be expected. To quantify the evolution of the cluster spirals, we are conducting a programme measuring the stellar and dynamical masses and mass-to-light ratios for a sizeable sample of morphologically-classified disk galaxies in rich galaxy clusters at $0.2 < z < 0.9$. Here we present the first results on the Tully-Fisher relation of cluster galaxies at $z = 0.83$ in the cluster MS1054-03.

We checked a sample field with extensive HST imaging by spectroscopy on the 8m VLT with FORS2. From the emission line spectra the rotation velocities were measured by fitting a model to the 2D spectra. Our main tool of analysis is the Tully-Fisher plot, where the absolute magnitude (i.e. the luminosity of the galaxy) in the rest-frame B-band is plotted against the rotation velocity (Fig. 2-53) The evolution of the residuals with redshift for the field sample is in line with the result from Barden et al. (Ann. Rep. 2002). There is a hint that the cluster spirals are brighter on average than the field spirals at a fixed rotation velocity. This could be due to enhanced star formation.

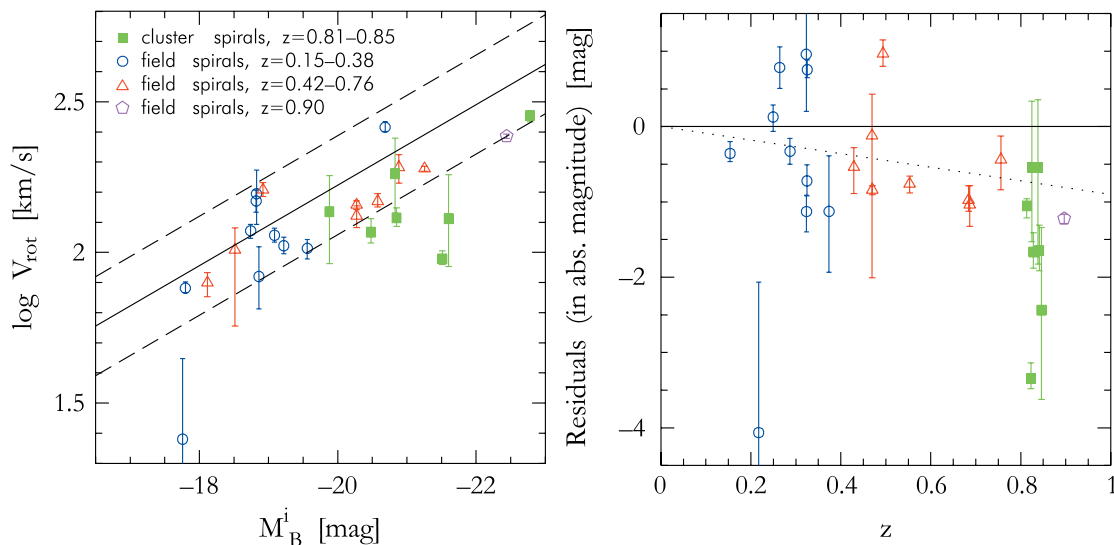


Abb. 2-53: Links: B-Band Tully-Fisher Relation in einem Galaxienhaufen bei hoher Rotverschiebung und im Feld. Die durchgezogene Linie ist die lokale Tully-Fisher Relation, die gestrichelten Linien markieren den 3σ Fehlerbereich. Rechts: Residuen der lokalen Tully-Fisher Relation gegen Rotverschiebung. Die gepunktete Linie ist ein Fit an die Feld-Galaxien.

Fig. 2-53: High redshift cluster and field B-band Tully-Fisher relation. The solid line is the local Tully-Fisher relation and the dashed lines mark the 3σ error limits. Panel B (right): Residuals from the local Tully-Fisher relation versus redshift. The dotted line is a fit to the field galaxies.

Insgesamt zeigen unsere Ergebnisse, dass zumindest einige Spiralgalaxien in hochrotverschobenen Galaxienhaufen eine Phase der erhöhten Sternentstehung durchlaufen. Das passt in das sich abzeichnende Bild, demzufolge Spiralen bei hoher Rotverschiebung vom Feld in Haufen einfallen, einen Sternentstehungsausbruch durchmachen, um anschließend zu verblassen und sich in S0 Galaxien umzuwandeln.

Taken as a whole, the results indicate that at least some spiral galaxies in high redshift clusters experience a period of enhanced star formation. This fits into the emerging picture in which spirals at high redshift fall into clusters from the field, experience a star burst, and then fade and morphologically transform into S0s.

Neues vom FORS Deep Field / News from the Fors Deep Field

Wir haben eine extrem tiefe Durchmusterung am galaktischen Südpol in einem Feld von $7' \times 7'$ fertig gestellt, das sogenannte Fors Deep Field (FDF). Hierfür wurden die beiden FORS Geräte am VLT auf dem Paranal sowohl zur Abbildung als auch zur Spektroskopie verwendet. Diese Probe enthält den QSO Q0103-260 bei einer Rotverschiebung von $z = 3.36$. Das FDF erreicht vergleichbar ferne Objekte im Universum wie die Hubble Deep Fields (HDF), deckt aber eine wesentlich größere Fläche ab. Da das FDF unter den besten verfügbaren Bedingungen erhalten wurde, ist seine Auflösung nur etwas schlechter als jene der HDFs. Abbildung 2-54 zeigt ein Echtfarnebild des FDF. Alte und massive Objekte (orange im Bild), die Vorläufer heutiger elliptischer Galaxien sind genauso sichtbar wie blaue, junge Galaxien des fernen Universums, die sich durch eine hohe Sternbildungsrate auszeichnen. Unsere Studie wurde mit 9 verschiedenen Filtern, vom nahen Ultraviolett bis zum nahen Infrarot, durchgeführt. Auf Grund dieses bislang konkurrenzlosen Datensatzes können wir die Distanzen und Leuchtkräfte von 5558 fernen Galaxien - ausgesucht auf dem I-Filter-Bild – mit ungewöhnlich hoher Genauigkeit ableiten. Damit können wir die Entwicklung dieser Galaxien ab der Zeit, als das Universum nur eine Milliarde Jahre alt war, bis heute ableiten. Wir haben herausgefunden, dass die Anzahldichte der Galaxien früher um einen Faktor 10 geringer war als heute. Dies stimmt mit älteren Studien an helleren Galaxien gut überein. Allerdings sind die Prototypen der heutigen Galaxien auf Grund ihrer drastisch höheren Sternbildungsrate auch 16-mal heller gewesen. Ferner änderte sich die Art der Galaxien im Laufe ihrer Entwicklung deutlich. Galaxien, deren Spektrum denen heutiger elliptischer Galaxien ähnelt, erscheinen erst zu einer Zeit, die einem Drittel des heutigen Alters entspricht. Dies bestätigt die Ergebnisse von Studien im nahen Infrarot. Zu noch früheren Zeiten beobachtet man nur Scheibengalaxien mit aktiver Sternbildung. Für einen Teil der Galaxien, insgesamt 341, konnten wir an Hand von Spektren die Häufigkeit chemischer Elemente zu verschiedenen Zeiten studieren, also die chemische Entwicklung der Galaxien festlegen. Nur eine Milliarde Jahre nach dem Urknall ist die Häufigkeit der schweren Elemente viel geringer als heute, ein klares Anzeichen dafür, dass diese Elemente sukzessive von mehreren Sternenerationen im Laufe der Entwicklung der Galaxien aufgebaut werden.

Dies ist in Einklang, zumindest qualitativ, mit dem Bild der hierarchischen Galaxienentstehung, das in den letzten Jahren im Zusammenhang des sogenannten Szenarios der Dunklen Materie entwickelt wurde. Diesem Schema zufolge bilden sich Galaxien zunächst als Scheiben, wenn das Gas in Halos aus Dunkler Materie, die aus frühen Dichtefluktuationen entstanden sind, kollabiert. Sterne entstehen aus diesem Gas und produzieren über Nukleosynthese Elemente schwerer als Helium. Wenn zwei dieser Proto-Spiralen verschmelzen, bildet sich eine elliptische Galaxie. Während dieses allgemeine Bild sicherlich die einfachsten fundamentalen Beobachtungen erklären kann,

We have performed a deep imaging study using the FORS imagers and spectrographs at the VLT in Paranal, producing the Fors Deep Field (FDF). FDF is a multi-colour photometric and spectroscopic survey of a $7' \times 7'$ region near the south galactic pole including the QSO Q0103-260 at a redshift $z = 3.36$. The data are as deep as those of the Hubble Deep Field (HDF), but cover a much larger area. Since they have been taken under the best possible conditions, their quality is just a little coarse than the HDF. Figure 2-54 shows a true colour picture of the FDF. Old and massive galaxies (the orange objects), reminiscent of present day ellipticals, but also blue and young distant galaxies that are actively forming stars at high rates are visible. The multicolour photometry comprises 9 filters and covers the whole optical, near-ultraviolet and near-infrared spectrum. Thanks to this unprecedented dataset we were able to measure the distances and the intrinsic luminosities of 5558 galaxies with an amazingly high precision. This allowed us to follow the evolution of their properties down to epochs when the Universe was just 1 billion years old. We found that the number density of galaxies (of all types and selected in the I band) at that time was a factor ten smaller than today, in agreement with previous results that were mainly confined to objects of brighter luminosities. However, the prototype of these distant galaxies is a factor 16 more luminous than what we observe today, because it is producing stars at a much higher rate! Moreover, we found that also the type of galaxies changes dramatically during the history of the universe. Elliptical-like objects (selected accordingly to the shape of their spectral energy distribution) start to be seen only after one third of the age of the universe, confirming the findings of complementary studies in the near-infrared wavelengths. At earlier times only disk-like, star-forming objects are observed. For a subsample of 341 objects we also collected optical spectra that allowed us to measure the chemical composition of the galaxies as function of the age of the Universe. We found that present epoch galaxies have much more heavy elements than galaxies observed when the Universe was 1 billion years old. This is a clear sign that heavy elements are progressively build up during the star formation episodes that characterize the history of a galaxy.

This fits, at least qualitatively in the picture of galaxy formation and evolution developed during the last years in the context of the so-called Cold-Dark-Matter scenario. According to this scheme, galaxies form as disks when gas collapses in the dark matter halos grown from primordial perturbations. Stars are built from this gas and generate the elements heavier than Helium from nucleosynthesis. When two of these proto-spirals merge, an elliptical galaxy is generated. While this overall picture has certainly its merits in explaining the simple and basic observations, our FDF data clearly show that real galaxies behave in a much more complex way. Thus, many detailed quantitative

zeigen unsere FDF Daten jedoch deutlich, dass echte Galaxien sehr viel komplexer sind. D.h. in den nächsten Jahren müssen noch viele quantitative Vorhersagen verifiziert werden.

predictions remain to be verified in the next years.



Abb. 2-54: Ein Echtfarbenbild eines Ausschnitts des FDF (ca. 1/4). Das VLT hat mehr als 20 h integriert, um dieses Bild zu ermöglichen. Das gesamte FDF überdeckt eine Fläche, die ca. 7% des Vollmondes entspricht. In der oberen linken Ecke sieht man eine Spiralgalaxie sehr schön von der Seite, in der oberen rechten eine solche in Aufsicht. Ihre blauen Farben verraten die recht aktive Sternbildung. In der unteren linken Ecke ist eine elliptische Galaxie sichtbar, deren orange-farbenes Aussehen auf eine relativ alte stellare Population deutet.

Fig. 2-54: True colour image of 1/4 of the FDF. More than 20 hours integration time at the VLT has been invested to obtain this picture. The whole mapped region corresponds to approximately 7% of the area of the Moon. In the upper left and right corners are two spirals (the left one nearly edge-on, the right one nearly face-on). Their blueish colour indicates ongoing star formation. In the lower left one finds an elliptical, whose orange colour points to a rather old stellar population.

Extrem rote Galaxien: Staubabsorption und Klassifikation / Extremely red Galaxies: Dust Attenuation and Classification

Die farbselektierten, „extrem roten Galaxien“ (ERGs) sind eine kontrovers diskutierte Klasse von Galaxien. Ihre extrem roten Farben stammen entweder von den Farben einer alten Sternpopulation (>1 Milliarde Jahre), typisch für elliptische Galaxien, oder von jungen Populationen in Sternentstehungsausbrüchen, die stark durch Staub gerötet sind. Beide Arten von ERGs sind durch Spektroskopie bestätigt worden. Es wurde vorgeschlagen, dass man die beiden Klassen über ihre I-K und R-K Farben unterscheiden kann. Es wurde allerdings auch festgestellt, dass ERGs eine sehr heterogene Familie darstellen. Wir haben daher einen großen Bereich an Parametern aus Sternentwicklung und Staubabsorption für die ERGs untersucht. Das wesentliche Ergebnis ist, dass Galaxien mittlerer Massen in

The colour selected “extremely red galaxies” (ERGs) are a controversial class of galaxies. Their extremely red colours are either due to the colours of an old stellar population (>1 Gyr) usually found in elliptical galaxies or highly dust reddened young stellar populations in dusty starbursts. Both types of ERGs have been verified spectroscopically. It was suggested recently that these two types can be distinguished by their I_c-K and R_c-K colours, but it was also found that ERGs represent an even more heterogeneous family. Therefore we have explored a large parameter space for the ERG candidates in stellar evolution and dust absorption. We find as a main result that intermediate mass galaxies in an early post-starburst-phase meet the colour criteria of ERGs and with their of 10¹⁰ - 6·10¹²

einer Post-Sternentstehungs-Phase die Farbkriterien von ERGs erfüllen und mit ihren $10^{10} - 6 \cdot 10^{12} \odot$ konsistent mit staubigen ERGs sind.

\odot are consistent with dusty ERGs.

Starke CO Emission von Submm Galaxien bei hoher Rotverschiebung / Powerful CO Emission from High Redshift Submillimetre Galaxies

Die Intensität des extragalaktischen Hintergrunds im fernen IR- bzw. Submillimeterbereich weist darauf hin, dass etwa die Hälfte der kosmischen Energiedichte von entfernten, staubreichen „Starbursts“ und AGN kommt. Durchmusterungen mit IS CAM (IS Satellite) bei $1 \mu\text{m}$, mit SCABA (1-Meter JCMT) bei $30 \mu\text{m}$ und mit MAMB (30-Meter IRAM-Teleskop) bei $1200 \mu\text{m}$ deuten an, dass dieser Hintergrund von leuchtkräftigen ($L_{\text{IR}} \sim 10^{11}$ bis $10^{13} \odot$) Galaxien bei $z \geq 1$ dominiert wird. Die schwachen Submm-Quellen haben in den meisten Fällen nur ungenau bestimmte Positionen und oft nur schwache Gegenstücke im V-Ruhe-system und optischen. Deshalb konnten Rotverschiebungen und spektroskopische Parameter bisher nur für zwei der 100 detektierten Systeme durch CO-Interferometrie bestätigt werden.

The strength of the extragalactic far-IR/submillimetre background indicates that about half of the cosmic energy density comes from distant, dusty starbursts and AGN. Surveys with IS CAM on board ISAT at $1 \mu\text{m}$, SCABA on the 1-meter James Clerk Maxwell Telescope at $30 \mu\text{m}$, and MAMB on the IRAM 30-meter telescope at $1200 \mu\text{m}$ suggest that this background is dominated by luminous ($L_{\text{IR}} \sim 10^{11}$ to $10^{13} \odot$) galaxies at $z \geq 1$. Since faint submillimetre sources in most cases have poorly determined positions, and often weak counterparts in the rest-frame V and optical, redshifts and spectroscopic parameters had, until recently, been confirmed with CO interferometry for only two of the ~ 100 detected systems.

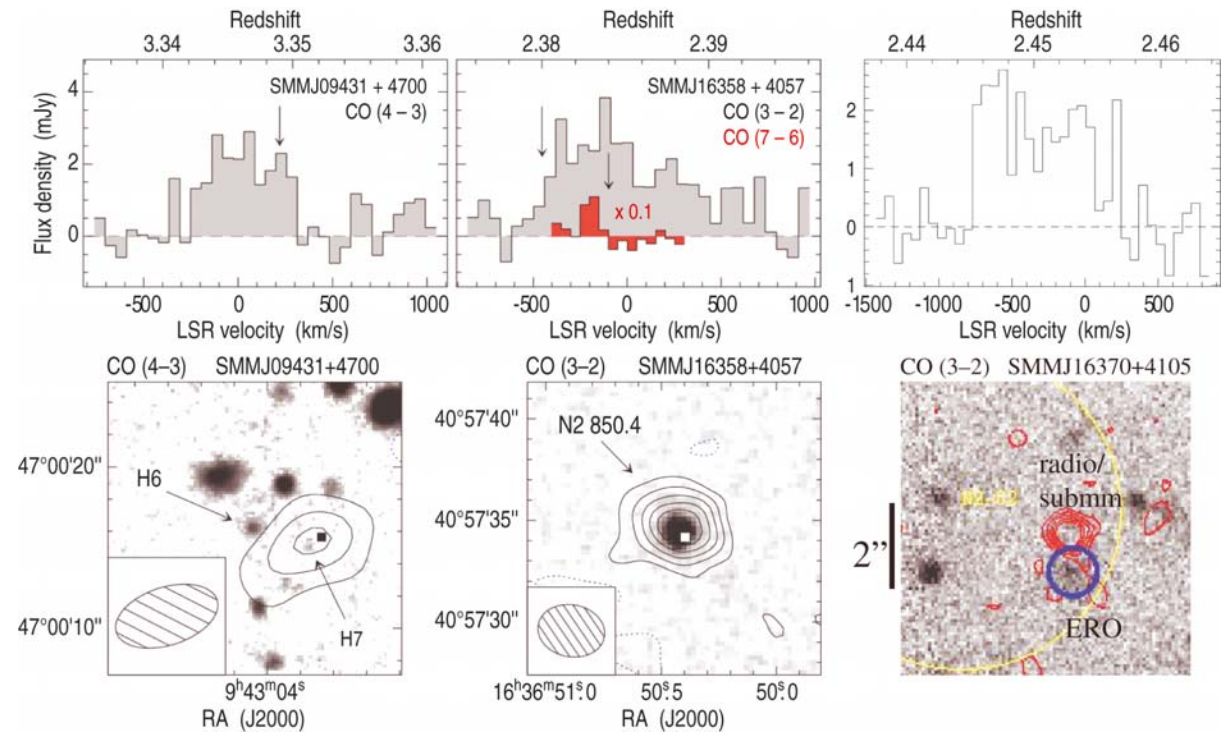


Abb 2-55: Oben: CO-Spektren von drei SCUBA Quellen. Die Pfeile zeigen auf die optischen Rotverschiebungen. Unten: Geschwindigkeitsintegrierte CO Karten der drei SCUBA Quellen, projiziert auf die grauskalierten Bilder im optischen Ruhesystem. Die synthetisierten FW-MCO Beams sind als schraffierte Ellipsen dargestellt.

Fig. 2-55: Top: CO spectra of three SCUBA sources. The arrows indicate the optical redshifts. Bottom: Velocity integrated CO maps of the three SCUBA sources, superposed on greyscale images of the rest-frame optical emission. The FW-MCO synthesized beams are shown as hatched ellipses.

Ein S/K Astronomenteam konnte jedoch kürzlich die Anzahl der genauen Quellpositionen durch ultratiefe VLA Karten wesentlich erhöhen. Die anschließenden spektroskopische Beobachtungen (im V-Ruhe-system) der radio-detektierten Quellen mit dem Keck Teleskop waren überraschend erfolgreich. Für ca. 10 Quellen konnte eine genaue Rotverschiebung bestimmt werden, wobei der Mittelwert bei etwa 2. lag. Basierend auf diesen Ergebnissen, sind wir maß-

Recently, a team of S/K astronomers have been able to substantially increase the number of accurate source positions from ultra-deep VLA maps. Rest-frame V follow-up spectroscopy at the Keck telescope for these radio-detected submm sources was surprisingly successful, resulting in a reliable sample of now ~ 10 sources with precise redshifts and a mean redshift of about 2. . Based on these results, together

geblich an einer Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der SA, K und IRAM Mitgliedsländern beteiligt, um für eine Vielzahl dieser Quellen tiefe interferometrische C Beobachtungen mit dem IRAM Plateau de Bure (PdBI) durchzuführen. Wir konnten Quellen eindeutig und 2 mit großer Wahrscheinlichkeit in der C - inie nachweisen. Alle liegen im Bereich z 2.4 bis 3.4. Die Zahl der mm-detektierten Rotverschiebungen wurde somit vervierfacht (Abb. 2-). Diese C - Nachweise bestätigen die Rotverschiebungen aus der Spektroskopie im V bzw. optischen Ruhesystem. Dies stellt einen großen Durchbruch dar. Der Weg für detaillierte Nachfolgebeobachtungen ist somit geebnet.

Unsere Analyse der ersten drei Quellen und ein Vergleich der zuvor gefundenen zwei Quellen ergab, dass alle fünf Galaxien große Mengen an molekularem Gas enthalten. Unter Berücksichtigung des Umrechnungsfaktors von C - Leuchtkraft zu Gasmasse, passend für lokale IRGs, ergab sich eine mittlere Gasmasse der fünf SC BA Quellen von $2 \cdot 10^{10} M_{\odot}$. Ähnliche mittlere molekulare Gasmassen findet man bei QS s bei hohem z. Allerdings sind diese Werte dreimal größer als bei lokalen IRGs. Vier der fünf Systeme sind gemischte AGN/Starburst Galaxien in einem komplizierten Umfeld, wie beispielsweise Verschmelzungs- und Wechselwirkungssysteme. Höchst bedeutend sind die C - Linienbreiten, die auf sehr große dynamische Massen hinweisen. Diese liegen im Bereich einiger 10^{10} bis $\geq 10^{11} M_{\odot}$, vergleichbar mit massereichen lokalen Galaxien frühen Typs. Aktuelle semi-analytische Sternentstehungsmodelle für hierarchische CDM Kosmogonien haben Schwierigkeiten die beobachteten Raumdichten von solch massereichen baryonischen Systemen bei z 3 zu erklären. Diese Modelle sagen zu wenige m*-Systeme bei dieser Rotverschiebung voraus. Der Unterschied liegt etwa bei einer Größenordnung, wahrscheinlich verursacht von einem zu langsamen Kühlprozess der baryonischen Materie und zu niedrigen Sternentstehungsraten in diesen Modellen.

S J + 5 : Eine massive, metallreiche Starburstgalaxie entdeckt von SP / S J + 5 : A massive, metal rich , Starburst Galaxy as revealed by SP

Eine der hellsten SC BA-Galaxien ist das durch Gravitationslinsen-Effekt verstärkte Objekt SMMJ14011+02 2 bei z = 2, 6 . Es wurde mit SPIFFI in J, H und K beobachtet, um die Eigenschaften von (im Ruhesystem) optischen Emissionslinien und Kontinuum einer hellen und repräsentativen Submm-Quelle zu untersuchen. Das (im Ruhesystem) optische/ V Emissionlinienspektrum von J1 (eingekreist in Abb. 2- 6) entspricht einem Starburst. Die spektralen Details passen sehr gut zu einem A-Stern-Populationsmodell bei z 2, mit einem Alter von einigen 100 Millionen Jahren. Wir interpretieren dies als Emission von J1c und seiner Umgebung, einer stellaren Post-Starburst-Komponente bei gleicher Rotverschiebung wie der Starburst/Wind, welche die zentrale Verdickung und Scheibe der Submm-Galaxie darstellen könnte. Der Submm-Starburst liegt etwa $0, '' \pm 0,4''$ nordwestlich von J1, was aber noch innerhalb des K-Band Maxi-

with collaborators in the S, K and IRAM member countries, we are leading an effort to obtain sensitive IRAM Plateau de Bure (PdBI) millimetre interferometric C observations of a large number of these sources. We were able to obtain seven clear-cut and two tentative detections of z 2.4 to 3.4 C lines, in effect quadrupling the number of mm-confirmed redshifts (Fig. 2-). These C detections confirm the redshifts proposed from rest-frame V/optical spectroscopy. This constitutes a major breakthrough and opens the avenue for detailed follow-up studies.

By analysing the first three sources, and by comparing with the previously detected two sources, we found that all five galaxies are very rich in molecular gas. For the C luminosity to gas mass conversion factor appropriate for local IRGs the median gas mass of the five SC BA sources is $2 \cdot 10^{10} M_{\odot}$, similar to the median molecular gas masses found in high z QS s. However about three times greater than those of local IRGs. Four of the five systems are composite AGN/starburst galaxies in a complex environment, such as a merger/interacting system. Most importantly, the C line widths are indicative of dynamical masses that are large and range from a few 10^{10} to $\geq 10^{11} M_{\odot}$, comparable to massive, local early type galaxies. Current semi-analytic models of star formation in hierarchical CDM cosmogonies have difficulties accounting for the observed space density of such massive baryonic systems at z 3. These models predict too few m* systems at that redshift, by about an order of magnitude, perhaps due to too slow baryonic cooling and low star formation efficiencies in the models.

one of the brightest SC BA galaxies is the gravitationally lensed SMMJ14011+02 2 at z = 2. 6 . It was observed by SPIFFI in J, H, and K in order to investigate the rest-frame optical emission line and continuum properties of a bright and representative submm source. The rest frame optical/ V emission line spectrum of J1 (encircled in Fig. 2- 6) is that of a starburst. The spectral details are well fit by an A-star population model at z 2, with an age of a few 100 Myr. We interpret this as emission from J1c and surroundings, a post-starburst stellar component at the same redshift as the starburst/wind, which may represent the central bulge/disc of the submm galaxy. The position of the submm starburst is about $0. '' \pm 0.4''$ NW of J1, but still consistent with the K-band peak position. Placing the J1 emission line fluxes on diagnostic diagrams puts the system in the region of local starbursts with low excitation, low extinction, high H α equivalent

mums liegt. In diagnostischen Diagrammen liegen die Linienflüsse im Bereich von lokalen Starbursts mit geringer Anregung, geringer Extinktion und hohen $H\alpha$ -Äquivalentbreiten. Das bedeutet, dass die Sternentstehung in SMMJ14011+0252 schon seit langem in weiten Teilen der Galaxie anhält.

widths, which implies that star formation has been ongoing in SMMJ14011+0252 for a significant time and over large regions of the galaxy.

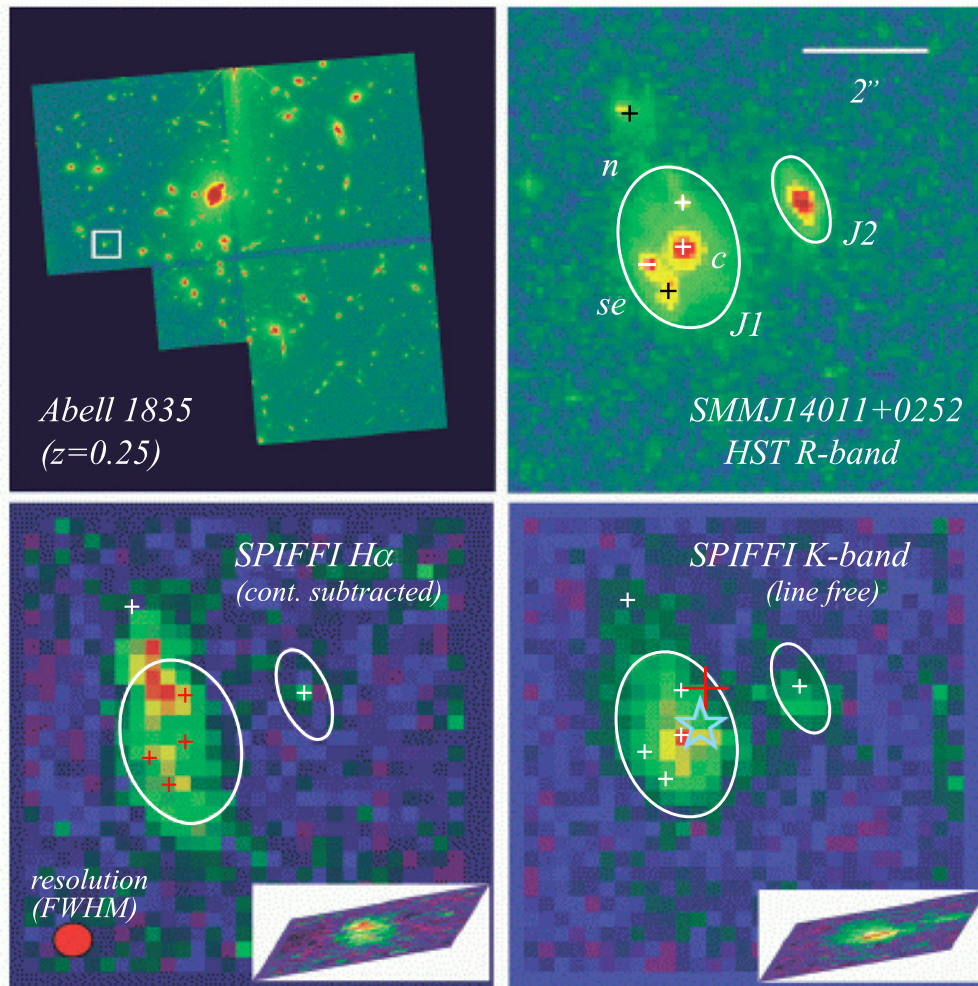


Abb. 2-56: Die SCUBA-Galaxie SMMJ14011+0252 bei $z = 2.565$ wird durch den Gravitationslinsen-Effekt des Haufens Abell 1835 verstärkt (oben links, im R-Band von HST WFPC2). Die Ausschnittvergrößerung der durch die Box bezeichneten Region (oben rechts) zeigt die HST-Abbildung der SCUBA-Galaxie bei einer Auflösung, die SPIFFI entspricht. Die Morphologie im K-Band (unten rechts) ist derjenigen im R-Band ähnlich, allerdings erscheinen die blauen Knoten J2 und J1se viel schwächer in K. Kontinuums-subtrahiertes $H\alpha$ (unten links) zeigt eine andere Verteilung als das breitbandige Licht, mit einer Elongation entlang $PA = 10-15$ Grad und Maxima beiderseits des Kontinuum-Maximums J1c. Das rote Kreuz markiert das Maximum bei 1,4 GHz, der blaue Stern die Region der CO- und Kontinuums-Emission im mm-Bereich. Die Einsätze in den unteren beiden Abbildungen zeigen die Morphologie des $H\alpha$ - und K-Band-Lichts nach einer Korrektur des Linseneffekts (für eine Vergrößerung von 5 entlang $PA=10$ Grad).

Fig. 2-56: The SCUBA galaxy SMMJ14011+0252 at $z = 2.565$ is lensed by Abell cluster 1835 (top left in HST WFPC2, R band). A blow-up of the boxed region (top right) shows the HST image of the SCUBA galaxy, smoothed to match the SPIFFI resolution. The K-band morphology (lower right) resembles that at R, although the blue knots J2 and J1se appear much fainter at K. Continuum-subtracted $H\alpha$ (lower left) has a different distribution from the broad-band light, being elongated with $PA = 10-15$ degrees and peaking on either side of the continuum peak of J1c. The red cross marks the 1.4 GHz peak, and the blue asterisk marks the CO mm line and continuum emission. Insets in the lower figures show the lensing-corrected morphologies of $H\alpha$ and K-band light (for magnification of 5 along $PA = 10$ degrees).

Die Beobachtungen lassen sich durch ein einfaches Gravitationslinsenmodell erklären, in welchem J1 und J2 zusammengehörige Hintergrundgalaxien darstellen, die 4-bis 6-fach verstärkt werden. Die korrigierten

The observations suggest a simple lensing model in which J1 and J2 are associated background galaxies magnified by a factor of 4-6. The de-magnified images appear approximately circular, consistent with a cen-

Bilder erscheinen ungefähr kreisrund, wie ein staubiger zentraler Starburst, der in eine Sternentstehungsscheibe mit geringer Inklination und Extinktion und einem Durchmesser von ca. 1 kpc eingebettet ist. Die intrinsische Leuchtkraft von SMMJ14011+0252 beträgt demnach $4 \cdot 10^{12} L_{\odot}$, vergleichbar einer lokalen ultra-leuchtkräftigen Infrarotgalaxie mit einer Sternentstehungsrate von 1000 – 2000 M_{\odot} pro Jahr (je nach Wahl der IMF). Daraus resultiert eine Sternennasse von $3 \cdot 10^{10} M_{\odot}$ für einen 10^6 Jahre alten Burst. Die Masse des molekularen Gases beträgt etwa $2 \cdot 10^{10} M_{\odot}$ und die Virialmasse von J1/J2 etwa $1 \cdot 10^{11} M_{\odot}$. SMMJ14011+0252 ist somit ein massereicher (m^*), metallreicher, möglicherweise durch Wechselwirkung zwischen J1 und J2 ausgelöster Starburst und Vorläufer einer massereichen, lokalen elliptischen bzw. Bulge-Galaxie.

tral dusty submm starburst embedded in a low inclination, low-extinction star-forming disk with diameter 1 kpc. The intrinsic luminosity of SMMJ14011+0252 is then $4 \cdot 10^{12} L_{\odot}$, comparable to a local ultra-luminous infrared galaxy, with a star-formation rate of 1000 – 2000 $M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ (depending upon the choice of IMF). The inferred stellar mass for a 100 Myr burst age is $3 \cdot 10^{10} M_{\odot}$. The molecular gas mass is about $2 \cdot 10^{10} M_{\odot}$ and the virial mass of J1/J2 is about $1 \cdot 10^{11} M_{\odot}$. The resulting picture of SMMJ14011+0252 is that of a massive (m^*), metal-rich starburst, possibly triggered by interaction between J1/J2, that is a precursor to a massive local bulge/elliptical galaxy.

Optische und nahinfrarote Identifizierung von A/B mm Quellen / Identification of optical/near infrared Counterparts to A/B mm Sources

Aufgrund des 10. " großen Akzeptanzwinkels des 30m-IRAM Teleskops bei 1.2 mm Wellenlänge gestaltet sich die Identifikation der optischen bzw. nahinfraroten Gegenstücke schwierig, da mehrere Objekte in den Grenzen der Radioquelle liegen können. Dies ist jedoch der notwendige erste Schritt zum Verständnis der Population von mm- und submm-Quellen. Dazu wurden 11 Quellen der 1.2mm-Untersuchung mit dem Max-Planck Millimeter Bolometer Array (MAMB) aus Regionen identifiziert, die an das NTT Deep Field angrenzen. Zur Positionsbestimmung nutzten wir präzise interferometrische Beobachtungen mittels IRAM (mm), dem Very Large Array (VLA, 1.4 GHz) und schließlich tiefen BVRIZJK Beobachtungen der ES . Wir fanden dreizehn 1.2mm-Quellen, die mit optischen/nahinfraroten Objekten korrelierten mit K-Magnituden zwischen 19.0 und 22.5. Fünf weitere ergaben leere Felder mit $K > 22$.

Due to the large beam (10. ") of the 30m-IRAM telescope at 1.2 mm, which means several possible optical/near-infrared counterparts may lie within one beam, identification of the optical/near-infrared counterpart of the mm emitting source is challenging. However, to obtain a complete understanding of the submm/mm source populations, reliable identifications of optical/near-infrared counterparts are a crucial first step. To make this step, we have identified 11 sources from our survey of the region surrounding the NTT Deep Field at 1.2 mm using the Max-Planck Millimeter Bolometer array (MAMB). Accurate positions obtained from Very Large Array 1.4 GHz interferometry and IRAM mm interferometry. The counterparts were then identified in deep BVRIZJK images obtained at ES . We find thirteen 1.2mm-sources associated with optical/near-infrared objects in the magnitude range $K=19.0$ to 22.5 , while five are blank fields with $K > 22$.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit bekannten Veröffentlichungen von $50 \mu\text{m}$ -Beobachtungen vergleichbarer Tiefe, so ergibt sich dass in K und I unsere Gegenstücke im Median um zwei Magnituden schwächer sind; auch die Streuung in I-K Farbe ist geringer. Einerseits könnte dieser signifikante Unterschied in Magnitude und Farbe auf Fehlidentifikation mit hellen Objekten, kosmischer Varianz oder Statistik kleiner Zahlen zurückzuführen sein. Andererseits ist es auch möglich, dass die durch 1.2mm-Beobachtungen ausgewählten Galaxien bevorzugt bei höheren Rotverschiebungen liegen als die $50 \mu\text{m}$ -Quellen. Momentan werden, mittels VLT und Keck, aufgenommene Spektren untersucht um diese Hypothese direkt zu überprüfen.

Compared to published identifications of objects from $50 \mu\text{m}$ surveys of similar depth, the median K and I magnitudes of our counterparts are roughly two magnitudes fainter and the dispersion in I-K colour is less. While mis-identifications with bright objects, cosmic variance, and small number statistics are likely to contribute to this significant difference in median magnitude and colour, it may also be that 1.2mm-selected galaxies tend to lie at higher redshifts than the $50 \mu\text{m}$ -selected galaxies. Currently we are obtaining and analysing spectra taken with the VLT and Keck to test this hypothesis directly.

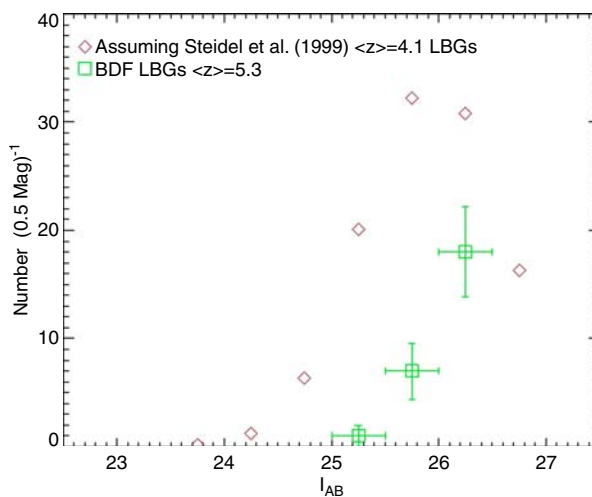
Lyman Break Galaxien bei sehr hohen Rotverschiebungen und die frühe Galaxienentwicklung / Lyman Break Galaxies at Very High Redshifts and the Early Evolution of Galaxies

Galaxien bei den höchsten Rotverschiebungen ($z > 5$) fällt in der modernen Kosmologie eine Schlüsselrolle zu: Sie sind nicht nur unabdingbar, um das Entstehen und die Entwicklung von Galaxien zu verstehen, sondern auch, um die Reionisierung des Universums nachzuvollziehen. Die Re-Ionisierung des Universums war ein sehr kom-

plexes Phänomen. Galaxien at the highest redshifts, $z > 5$, are key to our developing understanding of how galaxies have formed and evolved, and of how the universe was reionized. The recent results from the Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP), combined with the fact that the universe appears opaque to Lyman

plexer Prozess – das zeigen die jüngsten Ergebnisse der Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP), aber auch die Tatsache, dass das All bei Rotverschiebungen von $z \approx 6$ für die Photonen des Lyman-Kontinuums scheinbar undurchsichtig war. Rotverschiebungen von $z = 5-6$ entsprechen einer Zeit von etwa 100 Millionen Jahren nach dem Ende der Reionisierungs-Ära, oder etwa einer Milliarde Jahre nach dem Urknall. Damit gehören diese Quellen zu den ersten Galaxien überhaupt und mithin auch zu jenen Objekten, die die Ionisierung des Alls am Ende der Reionisierung aufrecht erhalten haben.

Wir setzen ein Messprogramm fort, in dem wir mit dem FORS2 Instrument am VLT eine große Anzahl hochrotverschobener Galaxien im R-, I- und z-Band beobachten. Bei $z > 5$ ist das intergalaktische Medium für das Lyman-Kontinuum weitgehend undurchlässig, dadurch haben Galaxien bei diesen Rotverschiebungen ungewöhnlich rote R-I oder z-I Farben. Durch diese Dreifiltertechnik findet man Galaxien mit Rotverschiebungen zwischen 4.8 und 6.4, vorausgesetzt, sie ähneln den Lyman Break Galaxien (LBGs), die auf vergleichbare Weise bei niedrigeren Rotverschiebungen gefunden wurden ($z = 2.5$ bis 4.2).



Im Vergleich zu diesen LBGs erscheinen die Quellen, die wir bei $z > 5$ beobachtet haben, allerdings deutlich leuchtschwächer: Die Leuchtkraftfunktion UV-heller LBGs bei $z > 5$ ist um etwa eine Größenklasse verschoben. Berücksichtigt man die Expansion des Alls, so ist außerdem die Dichte jener Quellen, die schwächer sind als die charakteristische Helligkeit L^* , bei $z = 5$ etwa dreimal höher (Abb. 2-57). Gegenüber der Leuchtkraftfunktion bei $z = 3$ sind die hellsten Quellen bei $4.8 < z < 5.8$ also deutlich unterrepräsentiert. Aus den Messwerten folgt nicht nur ein Rückgang der Zahl der hellsten Quellen bei $z = 5$, sondern auch eine niedrigere Sternentstehungsrate und UV-Photondichte. Wenn wir annehmen, dass die Form der Leuchtkraftfunktion von $z = 3$ bis $z = 5.5$ konstant bleibt und wir über

continuum photons at about $z \approx 6$, suggests that the Universe had a very complex re-ionization history. Galaxies at $z = 5-6$ are observed within about 100 Myrs of the end of re-ionization and only about 1 billion years after the Big Bang. Thus they represent some of the earliest galaxies and the types of sources responsible for keeping the universe ionized at the end of reionization.

We have an on-going program to obtain deep R-, I- and z-band images of large samples of high redshift galaxies with FORS2 on the VLT. This 3-color technique relies on the fact that the inter-galactic medium opacity in the Lyman continuum is high at redshifts above 5 giving galaxies at these redshifts very red R-I or I-z colours. Galaxies selected in this manner have redshifts between 4.8 and 6.4 and are expected to be similar to the Lyman Break Galaxies (LBGs) selected in a similar manner at lower redshifts ($z = 2.5$ to 4.2).

Abb. 2-57: Vergleich der Oberflächendichte von LBGs bei $4.8 < z < 5.8$ (grüne Kästchen) und $z = 3$ (rote Raute). Anhand der Leuchtkraftfunktion der $z = 3$ Quellen haben wir die Opazität des Intergalaktischen Mediums und das Entfernungsmodul zwischen den beiden Rotverschiebungen bestimmt. Um die Daten zu fiten, mussten wir die Leuchtkraftfunktion der $z = 3$ LBGs um eine Magnitude hin zu niedrigerer Helligkeit verschieben. Außerdem haben wir die Anzahldichte um einen Faktor 3 reduziert. Das zeigt, wie stark sich die Leuchtkraftfunktion zwischen $z = 3$ und $z > 5$ geändert hat.

Fig. 2-57: A comparison of the surface density of the LBGs with $4.8 < z < 5.8$ (green boxes) and $z = 3$ LBGs (red diamonds). The luminosity function of the $z = 3$ LBGs was used taking into account the intergalactic medium opacity and distance modulus between the two redshifts. To fit the data, the luminosity function of the $z = 3$ LBGs had to be shifted by one magnitude fainter and a factor of about 3 in co-moving number density. This demonstrates the strong evolution of the luminosity function between $z = 3$ and $z > 5$.

Compared to LBGs at lower redshifts ($z = 3$ and 4), our results indicate that the luminosity function of UV-luminous Lyman break galaxies at $z > 5$ has likely shifted by about 1 magnitude, the co-moving density of the fainter sources at the fiducial magnitude, L^* , is about a factor of 3 higher (Fig. 2-57). In other words, the bright end of the luminosity function has a much lower co-moving density at $4.8 < z < 5.8$ compared to galaxies at $z = 3$. Taken at face value, in line with decline in the number of luminous sources, we detect a decline in the unobscured star formation rate and UV photon density at $z > 5$. However, the possible evolution of the luminosity function, if we extrapolate beyond our detection limit by hypothesizing that the shape of the luminosity function remains unchanged

unseren Messbereich hinaus zu schwächeren Quellen extrapolieren, dann geht weder die Dichte der Sternentstehung zurück noch die Menge an ionisierender Strahlung. Dies deutet darauf hin, dass das All bei $z = 5.5$ von einer großen Zahl Galaxien ionisiert wird, die jede für sich genommen zu leuchtschwach sind, als dass wir sie einzeln beobachten könnten.

Auch AGNs erfüllen unsere Selektionskriterien. Dennoch haben wir in unserem Beobachtungsfeld keine aktive Galaxie gefunden. Dies legt den Schluss nahe, dass leuchtkräftige AGNs in der Spätphase der Reionisierung und direkt im Anschluss daran keine wesentliche Rolle gespielt haben.

from $z = 3$ to $z = 5.5$, then we do not see a decline in either the overall co-moving star-formation density or in the amount of ionizing luminosity. This would suggest that numerous galaxies fainter than our detection are responsible for keeping the universe ionized at $z = 5.5$.

Further, we detected no AGN in the field, despite being sensitive to them. This suggests that powerful AGN did not play a substantial role in the end of reionization or in keeping the universe ionized subsequently.

Suc e nac C Emission in der staubreichen Lyman Break Galaxie Westphal MD 11 / A Search for C Emission in the Dusty Lyman Break Galaxy Westphal MD 11

Um die Entwicklung von Lyman Break Galaxien (LBG) zu verstehen ist es von grundlegender Bedeutung, mittels beobachtender Methoden ihre Kernparameter wie Sternentstehungsrate, Alter der Sternpopulation, in Sternen und kaltem Gas gebundene Masse und dynamische Zeitskalen festzustellen und deren Zusammenhänge zu ergründen. Ein vollständiges Bild der Sternentstehung in LBGs ist abhängig von genauen Messungen ihres Gehalts an molekularem Gas, was Untersuchungen von CO Emissionslinien zumindest in einigen repräsentativen Systemen notwendig macht. Eines dieser Objekte ist die staubhaltigste bekannte LBG, Westphal-MD11 (WMD11). Es konnte jedoch keine CO Emission in WMD11 festgestellt werden. Das extrem hohe Verhältnis zwischen Ferninfrarot (FIR) und CO Fluss lässt sich nur erklären, wenn man für die Staubemission eine hohe optische Tiefe annimmt und die Strahlung als Schwarzkörperstrahlung modelliert. Daraus folgt, dass die Regionen strahlenden Staubs eine geringe Ausdehnung besitzen. Das deutet darauf hin, dass entweder ein verdeckter AGN oder eine sehr kompakte Starburst-Region als Energiequelle dient. Eine Galaxienkollision oder Galaxienverschmelzung ist in beiden Fällen der wahrscheinlichere Auslöser. Darauf deutet auch die komplexe optische Form des Systems hin.

To understand the evolution of Lyman break galaxies (LBGs), it is important to establish observationally how global quantities like their star formation rates, stellar population ages, stellar and cold gas masses, and dynamical timescales are related to each other. In particular, assembling a complete picture of star formation in LBGs depends critically on measurements of their molecular gas contents, motivating millimeter searches for CO line emission in at least a few representative systems. As an example, we observed the dustiest known LBG, Westphal-MD11 (also known as WMD11). However, WMD11 was not detected in CO emission. Its extremely high implied FIR/CO flux ratio can only be explained if its dust emission has a high optical depth and is radiating as a blackbody. Consequently, the size of the dust-emitting region must be quite small, indicating a buried AGN or a very compact starburst as its power source. In either case it is likely to have been triggered by a galaxy encounter/merger as indicated by the system's complex optical morphology.

BAKER, BENDER, DANNERBAUER, DAVIES, DRORY, EISENHAEUER, GABASCH, GENZEL, HOPP, LEHNERT, LUTZ, MILVANG-JENSEN, MARASTON, NESVABDA, PIERIN, SAGLIA, SEITZ, SNIGUAL, TACCONI, TECZA

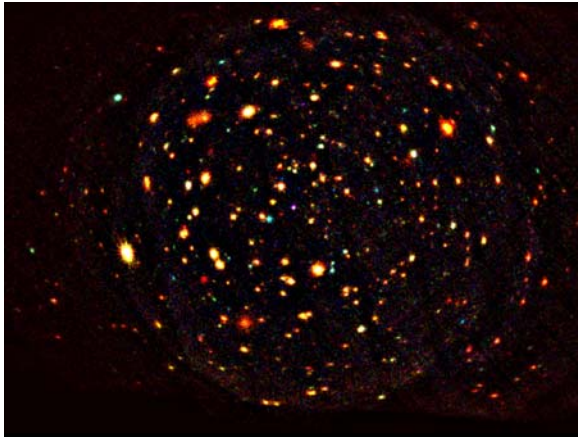
Das Wachstum von massiven Schwarzen Löchern in Galaktischen Kernen / The Growth of Massive Black Holes in Galactic Nuclei

Die tiefste X-Röntgen Durchmusterung im Lockman Hole / The deepest X-ray survey in the Lockman Hole

Das Lockman Hole ist die Himmelsregion mit der geringsten interstellaren Wasserstoffsäulendichte und somit ein exzellentes Fenster zum entfernten Universum. Es wurde früher als Region für die tiefste ROSAT-Durchmusterung ausgewählt, wobei nahezu der gesamte diffuse weiche Röntgenhintergrund in einzelne Quellen aufgelöst worden ist. Das Gebiet wurde ebenfalls für die erste XMM-Newton-Durchmusterung, während der sogenannten PV-Phase, ausgesucht. Erst kürzlich konnten wir eine sehr lange XMM-Newton-Belichtung für dieses Feld einwerben, wodurch die gesamte Netto-Belichtungszeit nun bis zu 800 ksec beträgt, was ca. 20 „XMM-Newton Tage“

The Lockman Hole is the region on the sky having the lowest interstellar hydrogen column density and thus provides an excellent window to the distant Universe. It had been chosen as the location of the deepest ROSAT survey, which practically resolved the diffuse soft X-ray background into discrete sources. It has also been selected for the first XMM-Newton deep survey in the PV phase. Recently we have been awarded a very long XMM-Newton survey exposure in this field, bringing the net exposure to about 800 ksec, corresponding to almost 20 days of XMM-Newton exposure. Figure 2-58 shows an X-ray colour image of this observation. The spacecraft pointing directions have

sind. Abbildung 2-58 zeigt eine Falschfarbenaufnahme dieser Beobachtung. Die Satellitenbeobachtungsrichtung ist hierbei zwischen den Einzelaufnahmen leicht verschoben worden, um so die Lücken zwischen den CCD-Chips im Gesamtbild zu glätten.



Diese Daten wurden zur Messung der Rotverschiebung und der Temperatur eines, des am weitesten fernten, derzeit bekannten, Galaxienhaufens (siehe 2.4.3), sowie zur Bestimmung der Verteilung der spektralen Eigenschaften der Röntgenquellen benutzt. Spektroskopische Nachbeobachtungen wurden mit dem Deimos-Großfeld-Spektrographen am Keck-Teleskop im Frühjahr 2003 begonnen. Zusammen mit den bereits bekannten ROSAT-Quellen, haben wir nun 125 spektroskopische Identifikationen in diesem Feld. Für eine Stichprobe von Quellen mit Röntgenflüssen $>10^{-15}$ erg cm $^{-2}$ s $^{-1}$ erreichen wir eine spektroskopische Vollständigkeit von 80% im inneren Feld mit einem Radius von 10 Bogenminuten.

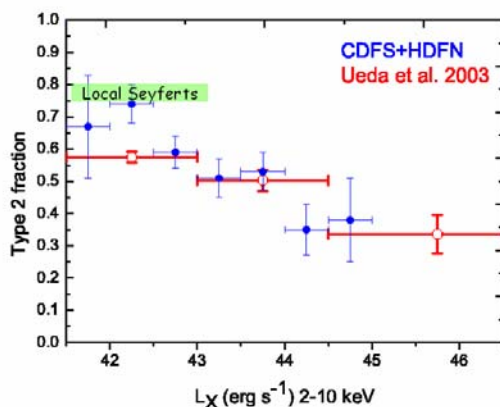
been dithered between successive exposures in order to smooth out the effects of the gaps between the CCD chips.

Abb. 2-58: Falschfarbenaufnahme der ~ 800 ksec XMM-Newton Belichtung des Lockman Holes. Das Bild wurde aus Einzelaufnahmen der drei Energiebänder: 0.5-2.0 keV, 2.0-4.5 keV und 4.5-10 keV (rot, grün und blau), zusammengesetzt. Die Bildgröße ist $\sim 43 \times 30$ arcmin 2 .

Fig. 2-58: Colour composite image of the ~ 800 ksec XMM-Newton image of the Lockman Hole. The image was obtained combining three energy bands: 0.5-2 keV, 2-4.5 keV, and 4.5-10 keV (respectively red, green and blue). The image has a size of $\sim 43 \times 30$ arcmin 2 .

This data has been used to determine the redshift and temperature of one of the most distant clusters of galaxies known (see 2.4.3), as well as to determine the distribution of spectral properties of the X-ray sources. Spectroscopic follow-up observations have been started at the Keck telescope in spring 2003, using the Deimos wide field spectrograph. Together with the already existing ROSAT sources, we now have 125 spectroscopic identifications in this field. For a subsample of sources with X-ray fluxes $>10^{-15}$ erg cm $^{-2}$ s $^{-1}$ we reach a spectroscopic completeness of 80% in the inner field with 10 arcmin radius.

AG Absorption als unktion der öntgenleuc tkraft / AG obscuration dependence on X ray uminosity



Die optische Identifizierung in den tiefsten Chandra-Durchmusterungsfeldern, dem 2 Msec „Hubble Deep Field North“ (HDF-N) und dem 1 Msec „Chandra Deep Field South“ (CDF-S), haben nun ein Stadium erreicht, die eine statistische Analyse der Stichproben erlaubt. Photometrische Rotverschiebungen wurden bis zu Grenzhelligkeiten von R 24 mag und K 25 mag bestimmt (z.B. durch die COMBO-17-Durchmusterung, die „Great Observatories Origins Deep

Abb. 2-59: Anteil der absorbierten (Typ-2) AGN in Bezug auf alle, im 2-10 keV Band selektierten, AGN der tiefen Chandra-Durchmusterungen (HDF-N und CDF-S) als Funktion der Röntgenleuchtkraft (blaue, ausgefüllte Datenpunkte). Zum Vergleich sind ähnliche Daten aus den weniger tiefen ASCA- und HEAO-1-Durchmusterungen gezeigt.

Fig. 2-59: Fraction of absorbed (type-2) AGN to all AGN selected in the 2-10 keV band in the deep Chandra surveys (HDF-N and CDF-S) as a function of X-ray luminosity (blue data points with filled symbols). The results are compared to similar data derived from shallower ASCA and HEAO-1 surveys.

The optical identifications in the deepest Chandra survey fields, the 2 Msec Hubble Deep Field North (HDF-N) and the 1 Msec Chandra Deep Field South (CDF-S), have now progressed to a state, where a statistical analysis of the samples is possible. Photometric redshift were determined down to R 24 and K 25 magnitudes (e.g. by the COMBO-17 survey, the Great Observatories Origins Deep Survey (GOODS)), yielding a completeness of 80% and 90%

Survey“-Durchmusterung (GOODS)), was zu einer Identifizierung von 80% für das HDF-N und von 90% für das CDF-S führte. Spektroskopische Identifikationen mit den VLT- und Keck-Teleskopen, die eine Grenzhelligkeit von $R \approx 24-25$ mag erreichen, konnten für ca. 75% der Röntgenquellen gewonnen werden.

Mit Hilfe der Röntgenleuchtkraft und der Härteverhältnisse können wir die Röntgenquellen in beiden Feldern als unabsorbierte (Typ-1) und absorbierte (Typ-2) AGN, und normale Sternentstehungsgalaxien klassifizieren. Eine bedeutende Entdeckung in den tiefen Chandra-Feldern ist die Klasse von radio-leisen, hochleuchtkräftigen, hochabsorbierten Typ-2 AGN. Diese stellen das Typ-2 Equivalent zu den unabsorbierten QSO dar, und die wir deshalb mit QSO-2 bezeichnen. Mit Hilfe der identifizierten Chandra-Stichproben können wir den Anteil der absorbierten AGN als Funktion der Röntgenleuchtkraft abschätzen. Um Selektionseffekte auf Grund von Absorption zu minimieren, haben wir unsere Analyse auf das harte (2-10 keV) Band für das HDF-N und das CDF-S beschränkt. Abbildung 2-59 zeigt den Anteil der absorbierten (Typ-2) AGN in Bezug auf alle AGN im Vergleich mit Daten, die unabhängig davon aus den ASCA- und HEAO-1-Stichproben abgeleitet worden sind. Es besteht ein signifikanter Abfall des Typ-2-Anteils mit wachsenden Leuchtkräften. Bei geringen L_X -Werten stimmt das Verhältnis mit dem der lokalen, optisch selektierten Seyfert-Galaxien (75-80%) überein. Bei hohen Leuchtkräften machen die Typ-2-QSO jedoch nur einen Anteil von 30-40% der gesamten AGN aus. Diese Entdeckung ist ein neuer und bedeutender Bestandteil für die Populationssynthesemodelle des Röntgenhintergrundes.

Kosmologische Entwicklung der Seyfert Galaxien / Cosmological Evolution of Seyfert Galaxies

Zum ersten Mal sind wir nun in der Lage, die Daten aus den Chandra- und XMM-Newton-Durchmusterungen mit den vorherig identifizierten ROSAT-AGN-Stichproben zu verbinden. Wir haben hierbei nur die, im 0.5-2 keV Band detektierten, Typ-1 AGN ausgewählt, was zu einer Gesamtzahl von 1023 Objekten führt. Die kombinierten Stichproben decken nun einen noch nie da gewesenen Bereich von sechs Größenordnungen in Fluss und sieben Größenordnungen in Durchmusterungsfläche zwischen dem „ROSAT Bright Survey“ und der Chandra-Durchmusterung ab. Die neu entdeckten Chandraquellen sind vorwiegend Seyfert-Galaxien mit einer mittleren Leuchtkraft von $10^{43} \text{ erg s}^{-1}$ und einer mittleren Rotverschiebung von ca. 0.7. Insgesamt sind 75 Quellen in den Stichproben unidentifiziert.

Die Röntgenleuchtkraftfunktion wurde mittels der V/V_{max} -Methode berechnet und ist für zwei Rotverschiebungsintervalle dargestellt (Abb. 2-60). Die Form der beiden Leuchtkraftfunktionen ist stark unterschiedlich, weshalb die kosmologische Entwicklung weder durch einfache Leuchtkraft- noch durch einfache Dichteentwicklung beschrieben werden kann. Ein überraschendes Ergebnis ist, dass die hochrotverschobene Leuchtkraftfunktion nahezu horizontal bei Leuchtkräften unterhalb von $10^{44} \text{ erg s}^{-1}$ ist und

für HDF-N and CDF-S, respectively. Spectroscopic identifications by the VLT and Keck telescopes, reaching a limiting magnitude of $R \approx 24-25$ mag, could be derived for about 75% of the X-ray sources.

Using the X-ray luminosity and hardness ratio we can classify the X-ray sources in both fields into unabsorbed (type-1) and absorbed (type-2) AGN and a set of normal or starforming galaxies. An important achievement in the Chandra Deep Fields is the establishment of a class of radio-quiet, high-luminosity, highly absorbed type-2 AGN, which are the type-2 equivalent of the unobscured QSO and which we therefore call QSO-2. Using the total identified Chandra samples we can estimate the fraction of absorbed AGN as a function of X-ray luminosity. In order to minimise selection effects due to obscuration, we have restricted this analysis to AGN detected in the hard (2-10 keV) band for the HDF-N and CDF-S. Figure 2-59 shows the ratio of type-2 to all AGN in comparison to data derived independently from brighter ASCA and HEAO-1 samples. There is a significant decrease of the type-2 fraction with increasing luminosities: while at low L_X the ratio is consistent with that of local optically selected Seyfert galaxies (75-80%), at high luminosities type-2 QSOs account for only 30-40% of all AGN. This finding is an important new ingredient for population synthesis models of the X-ray background.

For the first time we are now able to merge the Chandra and XMM-Newton deep survey data with the whole body of previously identified ROSAT AGN samples. We have selected only the type-1 AGN detected in the 0.5-2 keV band yielding a total of 1023 objects. The combined sample now covers an unprecedented six orders of magnitude in flux limit and seven orders of magnitude in survey solid angle between the ROSAT Bright Survey and the Chandra Deep Survey. We find that the new Chandra sources are predominantly Seyfert galaxies at a median luminosity of $10^{43} \text{ erg s}^{-1}$ and a median redshift around 0.7. A total number of 75 sources in all samples together is unidentified.

The X-ray luminosity function was calculated using the V/V_a method and is shown in two redshift shells (Fig. 2-60). The shape of the two luminosity functions is significantly different. Therefore the cosmological evolution can be described neither by pure luminosity nor pure density evolution. The surprising result is, however, that the high-redshift luminosity function is almost horizontal at luminosities below $10^{44} \text{ erg s}^{-1}$ and approaches the local space density in the Seyfert range. The strong density increase with look back time

sich der lokalen Raumdichte des Seyfert-Bereiches annähert. Die starke Dichtezunahme zu früheren Zeiten hin, die von vorherigen AGN-Stichproben im optischen, Radio- und Röntgenbereich bekannt ist, scheint daher nur für die relativ leuchtkräftigen AGN (d.h. QSO) gültig zu sein. Die leucht-schwächeren AGN (Seyfert-Galaxien) weisen eine sehr geringere Zunahme oder auch eine Dichteentwicklung mit abnehmender Rotverschiebung auf.

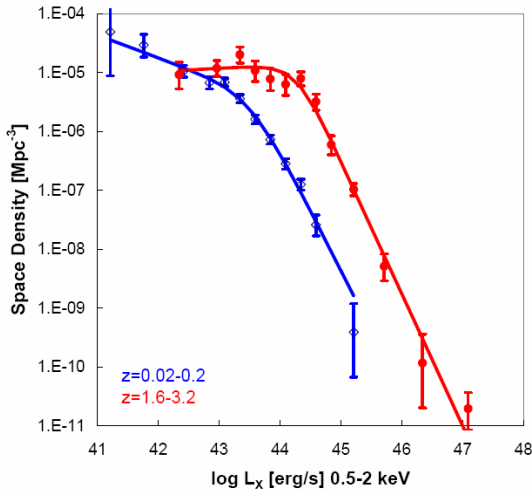


Abb. 2-60: Röntgenleuchtkraftfunktion von, im 0.5-2 keV Band selektierten, Typ-1 AGN in den beiden Rotverschiebungsintervallen: $z = 0.02-0.2$ (blau) und $z = 1.6-2.3$ (rot).

Fig 2-60: X-ray Luminosity function of type-1 AGN selected in the 0.5-2 keV band in two redshift shells: $z = 0.02-0.2$ (blue) and $z = 1.6-2.3$ (red).

Um diese unterschiedliche Entwicklung für verschiedene Leuchtkraftklassen im Detail zu illustrieren, zeigen wir die Raumdichte als Funktion der Rotverschiebung für die verschiedenen Leuchtkraftklassen in Abb. 2-61. Während die Entwicklung der höchsten Leuchtkraftklasse (45-48), den leuchtstarken QSO, gut einer starken positiven Entwicklung (mit einem Zunahme um mehr als zwei Größenordnungen in der Raumdichte) folgt, und bei $z \approx 2$ stagniert, ist die Entwicklung der geringeren Leuchtkraftklassen schwächer und stagniert bei signifikant höheren Rotverschiebungen. Die höchste Raumdichte wird für Seyfert-Galaxien der Leuchtkraftklasse 41-42 bei einer Rotverschiebung von ca. 0.5, mit einer Raumdichte von einem Faktor 1000 größer als der von den leuchtkräftigsten QSO, erreicht. Oberhalb von $z = 0.7$ ist ein signifikanter Abfall der Seyfert-Raumdichte. Das ist die Ursache, warum Seyfert-Galaxien bei geringeren Rotverschiebungen und nicht, wie ursprünglich erwartet, Objekte bei höheren Rotverschiebungen die tiefen Chandra-Durchmusterungen dominieren.

Diese neuen Erkenntnisse zeichnen ein dramatisch

evolution, well known from previous AGN samples in the optical, radio and X-ray range, therefore only holds for relatively luminous AGN (i.e. QSOs). while the lower luminosity AGN (Seyfert galaxies) show much less or even a density evolution decreasing with redshift.

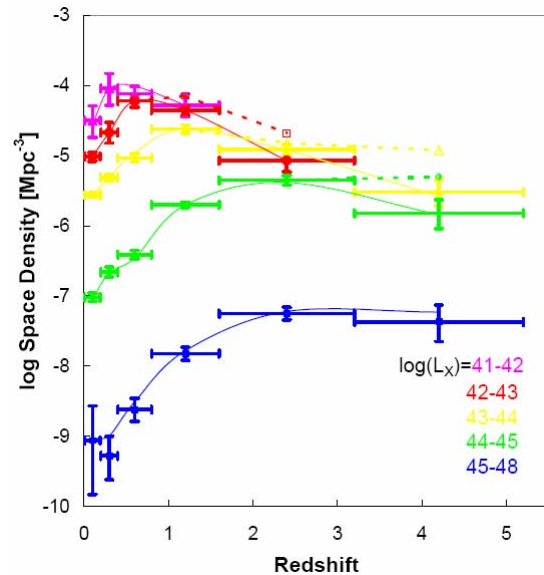


Abb. 2-61: Raumdichte der im 0.5-2 keV Band selektierten Typ-1 AGN für verschiedene Leuchtkraftklassen. Die gestrichelten Linien geben eine obere Grenze für die Raumdichten an, wobei angenommen wird, dass alle nichtidentifizierten Quellen in dem jeweiligen Rotverschiebungsintervall liegen.

Fig. 2-61: Space density of type-1 AGN selected in the 0.5-2 keV band for different luminosity classes. The dashed lines give an upper bound for the space densities, assuming that all unidentified sources are lying at the corresponding redshift.

To illustrate the different evolutionary behaviour for different luminosity classes in more detail we show the space densities as a function of redshift for different luminosity classes in Fig. 2-61. While the evolution of the highest luminosity class (45-48), the powerful QSOs, follows very well the known strong positive evolution with an increase of more than two orders of magnitude in space density, saturating at $z \approx 2$, the evolution of lower luminosity classes is weaker and saturates at significantly later redshifts. The highest space density is achieved for the Seyferts of luminosity class 41-42 at redshifts around 0.5 at a space density about a factor of 1000 higher than that of the most luminous QSOs. Beyond $z = 0.7$ there is a significant decline of the Seyfert space density. This is the reason, why the Chandra deep surveys are dominated by Seyfert galaxies at low redshifts and not, as originally expected by objects at higher redshifts.

These new results paint a dramatically different evolu-

unterschiedlicheres Entwicklungsszenario für weniger leuchtkräftige AGN im Vergleich zu hochleuchtkräftigeren QSO. Während die wenigen, hochleuchtkräftigen Objekte relativ früh im Universum entstehen und sehr effizient „gefüttert“ werden, muss die Mehrzahl der AGN auf ihr Wachstum warten. Das könnte zwei Modi der Akkretion und des Wachstums Schwarzer Löcher mit unterschiedlicher Effizienz andeuten. Die späte Entwicklung der weniger leuchtkräftigen Seyfert-Population ist sehr ähnlich derjenigen, die benötigt wird, um die mittel-infrarote Quellenanzahl und den Hintergrund sowie die Spitze der Sternentstehung im Universum anzupassen, wogegen die schnelle Entwicklung der leuchtkräftigen QSO mehr der Wechselwirkungsgeschichte der Ellipsenentstehung entspricht.

tionary picture for low-luminosity AGN compared to the high-luminosity QSOs. While the rare, high-luminosity objects can form and feed very efficiently rather early in the universe, the bulk of the AGN has to wait much longer to grow. This could indicate two modes of accretion and black hole growth with different accretion efficiency. The late evolution of the low-luminosity Seyfert population is very similar to that which is required to fit the mid-infrared source counts and background and also the bulk of the star formation in the Universe, while the rapid evolution of powerful QSOs traces more the merging history of spheroidal formation.

BÖHRINGER, HASHIMOTO, HASINGER, LEHMANN, MAINIERI, MATUTE, STREBLYANSKYA, SZOKOLY

Der Aufbau der größten astronomischen Objekte: Galaxienhaufen / The Structure of the Largest Building Blocks: Galaxy Clusters

Die Struktur von A 56 – ein Modell für wechselwirkende Haufen / The structure of A 56 – A model for interacting clusters

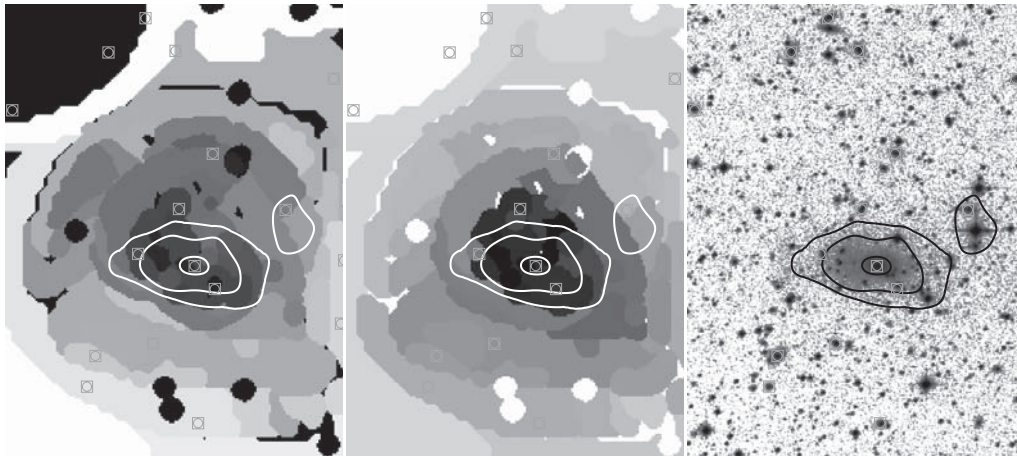


Abb. 2-62: Von links nach rechts: die projizierte Entropie, der Druck und die R-Band-Aufnahme von A3562 mit überlagerten Konturen gleicher optisch diffuser Lichtintensität. Die beiden linken Abbildungen zeigen außerdem noch die Positionen der Haufengalaxien (□), für die eine Rotverschiebung gemessen wurde.

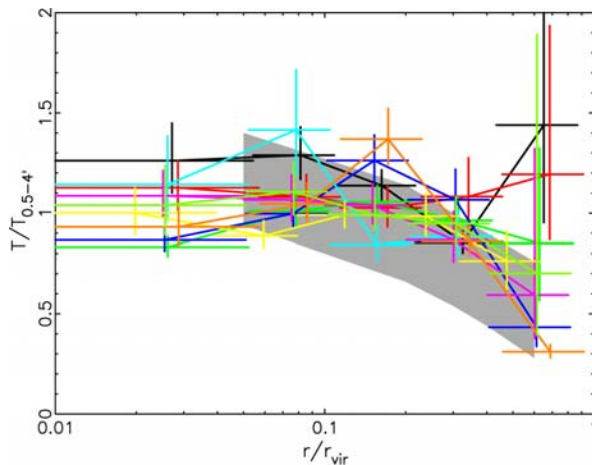
Fig. 2-62: From left to right: projected entropy, pressure and R band image of A3562, all overlaid with the contours of equal diffuse optical light intensity. Left panels also show the positions of the cluster galaxies (□) with measured redshifts.

Die fortschrittlichen spektralen und abbildenden Fähigkeiten des XMM-Newton-Röntgenobservatoriums ermöglichen ein detailliertes Studium des Prozesses der Galaxienhaufenwechselwirkung. Anhand eines Mosaiks von sechs XMM-Newton-Beobachtungen haben wir den hydrodynamischen Zustand von A3562, einem Haufen im Zentrum des Shapley Superhaufens, studiert. Die Röntgenaufnahme enthüllt einen starken Flächenhelligkeitsgradienten innerhalb des Kernes von A3562, eine 200 kpc lange Kante, die sich in südwestlicher Richtung ausdehnt. In Abb. 2-62 zeigen wir die, von der spektralen Analyse abgeleiteten, projizierten Druck- und Entropiekarten. Das Maximum des Druckes und der Entropie ist auf die dominierende Zentralgalaxie zentriert, und sowohl der Zentraldruck als auch das Entropieniveau des Gases ist in nordöstliche Richtung ausgedehnt. Durch das Studium des

The advanced simultaneous spectral and imaging capabilities of the XMM-Newton X-ray observatory allow us to study galaxy cluster interaction processes in much detail. Using the mosaic of six XMM-Newton observations, we study the hydrodynamic state of A3562, a cluster in the centre of the Shapley Supercluster. The X-ray image reveals a sharp surface brightness gradient within the core of A3562, a 200 kpc ridge extending to the south-west. In Fig. 2-62 we display the projected pressure and entropy maps derived in the spectral analysis. The pressure and entropy peak is centered on the dominant central galaxy and both, the central pressure and entropy level of the gas is extended towards the north-east. Through the study of the pressure and entropy we identify the ridge with a 40% pressure enhancement. The sharp surface brightness gradient at the centre is identified with a

Druckes und der Entropie haben wir die Kante mit einer Druckerhöhung von 40% identifiziert. Der starke Flächenhelligkeitsgradient im Zentrum ist eine Kontakt diskontinuität. Diese bewirkt in Verbindung mit den großskaligen Entropieschweiften, eine oszillierende Bewegung der dominierenden Zentralgalaxie, wahrscheinlich als Folge des Vorbeigangs einer Galaxiengruppe. Mittels der ausgedehnten Schweife geringer Entropie in A3562 haben wir die Amplitude dieser Oszillationsbewegung mit 200 kpc und die Oszillationsfrequenz mit 1 Milliarde Jahren abgeschätzt.

Eine systematische Untersuchung des Aufbaus der massenreichsten Haufen / A Systematic study of the structure of the most massive clusters



Der bedeutendste Parameter zur Charakterisierung eines Galaxienhaufens ist seine Masse. Die ungenügend bekannten Temperaturprofile des Gases innerhalb der Haufen verhinderten bisher die genaue Bestimmung der Masse und der Massenprofile. Um die hohe spektrale Auflösung und das große Gesichtsfeld von XMM-Newton zu nutzen, haben wir eine volumenglimitierte Stichprobe von Galaxienhaufen bei Rotverschiebungen von ca. $z = 0.3$ aus der REFLEX-Durchmusterung (REFLEX-DXL-Stichprobe) für präzise kosmologische Untersuchungen und astrophysikalische Anwendungen ausgewählt. Wir konnten die Temperaturprofile bis zu großen Radien (größer als der Hälfte des Virial-Radius) messen und eine Vielfalt der äußeren Gefälle dieser Temperaturprofile entdecken (Abb. 2-63). Im Vergleich zu den weitläufig akzeptierten, bisherigen Ergebnissen (durch den grauen Bereich in der Abbildung gekennzeichnet), sind die neuen Profile flacher bis hin zu größeren Radien. Da die alten Ergebnisse jedoch in guter Übereinstimmung mit den hydrodynamischen kosmologischen Simulationen waren, haben wir nun das Problem, dass die beobachteten Profile signifikant flacher als die vorhergesagten sind. Dies deutet auf fehlende Parameter in den Simulationen hin. Ein bedeutendes Ergebnis der Untersuchung der Haufentemperatur der Stichprobe, ist die Ableitung der Haufentemperaturfunktion bei einer Rotverschiebung von $z = 0.3$, die durch den Vergleich mit der derzeitigen Temperaturfunktion eine milde kosmologische Entwicklung andeutet. Dieses Ergebnis ist konsistent mit der Haufenentwicklung in einem Universum geringer Dichte. Für die Massenbestimmung erreichen wir nun eine Genauigkeit von 20% bis

contact discontinuity, which, together with the large-scale entropy tails, reveals a sloshing (oscillating movement) of the central dominant galaxy, probably in response to the passage of a group. Using the extent of the low-entropy tails in A3562 we estimate the amplitude of the sloshing motion to be 200 kpc and the oscillation frequency of 1 Gyr.

Abb. 2-63: Temperaturprofile der REFLEX-XDL-Galaxienhaufen, die mit XMM-Newton beobachtet wurden. Die Profile sind flacher als die früheren Ergebnisse. Die theoretischen Vorhersagen sind durch die graue Region gekennzeichnet.

Fig. 2-63: Temperature profiles of the clusters from the REFLEX XDL galaxy clusters observed with XMM-Newton. The profiles are flatter than the previous results. Theoretical predictions are indicated by the grey region.

The most important parameter characterizing a galaxy cluster is its mass. The so far limiting factor in a precise determination of masses and mass profiles were imperfectly known temperature profiles of the intra-cluster gas. Making use of the high spectral resolution and the large field of view of XMM-Newton, we have selected a volume-limited sample of galaxy clusters at redshifts around $z = 0.3$ from the REFLEX survey (REFLEX-DXL sample) for precise cosmological investigations and astrophysical applications. We could measure temperature profiles out to large radii (larger than half of the virial radius), and discover some diversity of their outer slopes (Fig. 2-63). Compared to the most widely accepted previous results (in the range shown by the grey region in the Figure) the present profiles are flatter out to a larger radius. Since the old implications from observations were in good agreement with hydrodynamical cosmological simulation, we now have the problem that the observed profiles are significantly flatter than predicted. This points towards some missing ingredients in the models. An important result of the overall temperature measurement of the sample clusters is the cluster temperature function at a redshift of $z = 0.3$, which shows mild evolution if compared to the present day temperature function. This result is consistent with cluster evolution in a low density Universe. For the mass estimates we now achieve an accuracy of 25% up to 60% of the virial radius. The construction of the cluster mass function at $z = 0.3$ is in progress.

zu 60% des Virial-Radius. Die Ermittlung der Haufenmassenfunktion bei $z = 0.3$ ist in Arbeit.

**Zeiten der e tallanreicherung in den Zentren von Galaxien haufen /
enrichment ages of the centres of galaxy clusters**

Galaxienhaufen mit riesigen Zentralgalaxien und hohen Zentralgasdichten (sogenannten „Cooling flows“) zeichnen sich durch eine starke zentrale Zunahme in den Elementhäufigkeiten schwerer Elemente aus. Das Studium der Häufigkeitsverhältnisse dieser Elemente, von Sauerstoff bis zu Eisen, liefert einen Hinweis darauf, dass diese Elemente vorwiegend durch Typ-Ia-Supernovae produziert worden sind, ergänzt durch einige zusätzliche Anreicherungen von stellaren Winden. Die in den letzten Jahren beschriebenen Ergebnisse zeigten, dass der Ertrag von Typ-Ia-Supernovae in Systemen mit sehr alter stellarer Population, wie z.B. der Zentralgalaxie des Virgohaufens M87, unterschiedlich zur Milchstraße zu sein scheint. Eine ähnliche Analyse des Centaurus-Haufens bestätigt nun teilweise dieses Ergebnis. Der Unterschied zur Milchstraße ist jedoch weniger stark.

Eine andere wichtige Frage ergibt sich in diesem Zusammenhang: Wie lange dauert es, um das beobachtete Häufigkeitsmaximum mit der derzeit beobachteten Supernovaerate zu produzieren. Selbst bei einer substantiell höheren Sternentstehungsrate in der Vergangenheit schließen wir auf eine lange Anreicherungszeit von 7 bis 9 Gyrs. Das deutet daraufhin, dass die dichten Galaxienkerne über solch lange Zeiträume von den Haufenwechselwirkungsereignissen oder gewaltigen Ausbrüchen der zentralen AGN nahezu ungestört blieben.

Galaxy clusters with giant central galaxies and high central gas densities (so-called “cooling flows”) feature strong central increases in the heavy element abundances. A study of the abundance ratios of these elements ranging from oxygen to iron provides evidence that they are predominantly produced by supernovae of type Ia, occurring in the central galaxy supplemented by some additional enrichment from stellar winds. Results reported in the last year showed that the yields from the supernovae type Ia seem to be different in systems with a very old stellar population like the central galaxy of the Virgo cluster, M87, as compared to the yields inferred for the Milky Way. A similar analysis of the Centaurus cluster now partly confirms this result. However, the deviation to the Milky Way standard is less pronounced.

Another important question arises in this context: how long does it take to produce the observed abundance peaks with the observed present day rate of supernovae? Even allowing for a substantially higher supernova rate in the past we infer long enrichment times of the order of 7 to 9 Gyrs. This suggests that over such long periods the dense cluster cores have been essentially undisturbed from cluster merger events or violent outbreaks of central AGN.

**Metallhäufigkeit im am weitesten entfernten, bekannten Galaxien haufen /
metallicity of the most distant observed galaxy cluster**

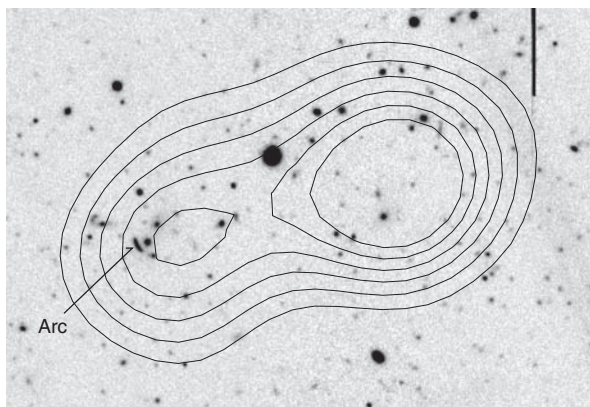


Abb. 2-64: Überlagerung der Konturen der XMM-Newton-Aufnahme im 0.5-5 keV Band des Haufens RXJ1053.7+5735 auf die CFHT-I-Band-Aufnahme. Norden ist oben, Osten ist links. Das Bild hat die Abmessungen von $2 \times 1 \text{ arcmin}^2$. Die Rohdaten wurden mit einem Gaußfilter mit „ $\sigma=7''$ “ geglättet.

Fig. 2-64: The contours of XMM image in the 0.2-5 keV band of the cluster RXJ1053.7+5735 overlaid on a CFHT I band image. North is up and East is left. The image is $2 \times 1 \text{ arcmin}^2$ on a side. The raw data were smoothed with a Gaussian of “ $\sigma=7''$ ”.

Einer der am weitesten entfernten röntgenselektierten Galaxienhaufen, RXJ1053.7+5735, der während der ultratiefen Durchmusterung im Lockman Hole entdeckt wurde (Abb. 2-64), konnte mit XMM-Newton durch Kombination der bisher erhaltenen, gesamten XMM-Daten (648 ks, 738 ks and 758 ks pn, MOS1 and MOS2), untersucht werden. Mit diesem „tiefen“ Datensatz entdeckten wir eine Fe K-Linie und bestimmten erstmalig die Haufenmetallizität für einen Haufen bei $z > 1$. Die beste Anpassung der Häufigkeit entspricht 0.46 ± 0.11 in Einheiten des solaren Wertes. Die Fe-Linienemission erlaubt uns die Rotverschie-

One of the most distant X-ray selected clusters of galaxies, RXJ1053.7+5735 discovered during the ultra-deep Lockman Hole survey (Fig. 2-64), was investigated with XMM-Newton by combining all XMM Lockman Hole data so far obtained (648 ks, 738 ks and 758 ks for pn, MOS1 and MOS2), respectively. With this “deep” dataset, we could detect the Fe K line, and, for the first time, obtain a strong constraint on cluster metallicity for a cluster at $z > 1$. The best-fit abundance is 0.46 ± 0.11 times the solar value. The Fe line emission also allows us to directly estimate the redshift of the diffuse gas to $z = 1.14 \pm 0.01$.

zung des diffusen Gases mit $z = 1.14 \pm 0.01$ abzuschätzen. Das ist einer der ersten Galaxienhaufen, bei dem die Röntgenrotverschiebung noch vor den optische/nah-infrarot Messungen ermittelt wurde. Ein Vergleich mit anderen Metallizitätsmessungen von nahen und entfernten Haufen zeigt eine geringere Evolution in der ICM-Metallizität von $z = 1$ bis zum heutigen Zeitpunkt.

This is one of the first clusters whose X-ray redshift is measured prior to an optical/NIR determination. Comparison with other metallicity measurements of nearby and distant clusters shows that there is little evolution in the ICM metallicity from $z = 1$ to the present.

BÖHRING ER, BRIEL, FINOGENOV, HASHIMOTO, HÄSINGER, LEHMANN, MATSUSHITA, SCHUECKER, XUE, ZHANG

Untersuchungen der kosmischen großräumigen Struktur / Studies of the Cosmic Large Scale Structure

Vermessung großskaliger Strukturen und Superhaufen mit Galaxienhaufen / Tracing the Large Scale Structure and super clusters with Galaxy clusters

Galaxienhaufen-Durchmusterungen basierend auf dem ROSAT All-Sky Survey bilden die Grundlage der Vermessung großskaliger Strukturen mit Galaxienhaufen. Diese Messungen führten in den letzten Jahren zu eindrucksvollen Einschränkungen der kosmologischen Parameter. In diesem Jahr wurde das Basisteil dieser Untersuchungen, ein Katalog von 448 Galaxienhaufen der REFLEX-Stichprobe, zur Publikation eingereicht. Um die Genauigkeit unserer kosmologischen Untersuchungen zu steigern, haben wir durch fortlaufende optische Nachbeobachtungen im Rahmen der NORAS-2 und REFLEX-2-Durchmusterungen eine Haufenstichprobe von ungefähr 1500 Haufen identifiziert. Die Durchsicht des gesamten Datenmaterials und die Zusammenstellung eines Superkatalogs ist derzeit in Arbeit und wird 2004 beendet werden.

The foundation of the measurement of the large scale structure with galaxy clusters yielding impressive constraints on cosmological parameters in recent years are the galaxy cluster surveys based on the ROSAT All-Sky Survey. This year the final catalogue of 448 galaxy clusters of the REFLEX sample, the core of these studies, has been submitted for publication. To increase the precision of our cosmological studies we have increased the cluster sample to about 1500 clusters through continuous optical identification follow-up observations for the NORAS-2 and REFLEX-2 surveys. The screening of all collected data and compilations of a super catalogue is in progress and will be completed in 2004.

Obwohl man Superhaufen bereits seit mehr als 60 Jahren kennt, sind deren Eigenschaften, wegen verschiedener Selektionseffekte nur ungenau bekannt. Deshalb unternahmen wir eine homogene Suche nach Superhaufen, basierend auf unseren Röntgen-Haufenkatalogen und fanden insgesamt 159 Röntgen-Superhaufen in der südlichen Hemisphäre. Die mittlere Größe der Superhaufen ist ungefähr 40 Megaparsec. Ein ziemlich großer Anteil (60%) der Haufen befindet sich danach in Superhaufen. Wie bereits von hochauflösenden hydrodynamischen Simulationen zusammenstoßender Galaxienhaufen vorhergesagt, hat ihre Röntgen-Leuchtkraftverteilung einen Exzess bei leuchtkräftigen Haufen. Zukünftige Untersuchungen konzentrieren sich auf das Studium des dynamischen Zustandes dieser Superstrukturen. Der Anzahl-Dichtekontrast deutet bereits an, dass sich die meisten dieser Superstrukturen in einem Entwicklungsstadium befinden, wo sich die kosmologische Expansion nun in einen Kollaps umkehrt. Dabei wird die nächste Hierarchie virialisierter Strukturen gebildet. Mit unseren Ergebnissen konnten wir zeigen, dass Superhaufen eigenständige und interessante astrophysikalische Laboratorien darstellen.

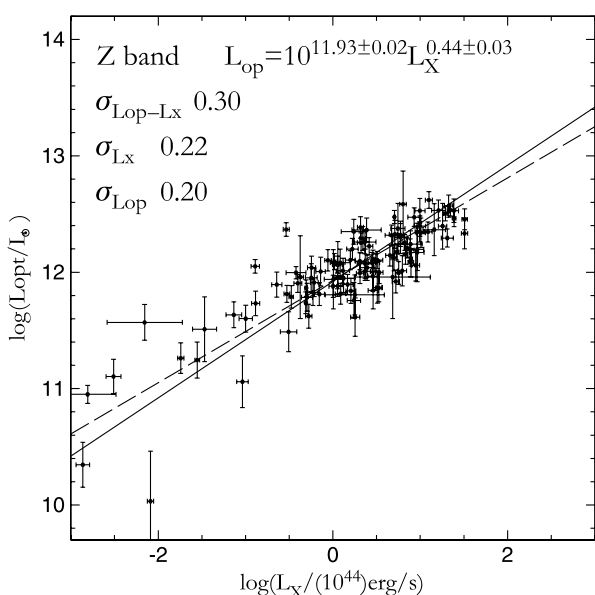
Although superclusters are known since more than 60 years, precise measurements of their properties were corrupted by the application of inhomogeneously selected cluster catalogues. Therefore, we homogeneously searched for superclusters based on our X-ray cluster catalogue, detecting in total 159 X-ray superclusters in the southern hemisphere. The average size of the superclusters is about 40 Megaparsec. A quite large fraction (60%) of the clusters are found in superclusters. Their X-ray luminosity distribution seems to show some excess towards higher luminosities as predicted by recent high-resolution hydrodynamical simulations of merging clusters. Future observations will study the dynamical state of these superstructures in more detail. Their number density contrasts already indicate that most of these superstructures are close to their turnaround, just starting to collapse to form the next hierarchy of virialized structures. With our results we could show that superclusters are distinct and interesting astrophysical laboratories in their own right.

Charakterisierung von Galaxienhaufen im optischen und Röntgenbereich / Searching for characterization galaxy clusters in the X ray and optical

Um genauer die optischen und Röntgeneigenschaften von Galaxienhaufen vergleichen zu können, erzeugten wir eine große Datenbank aus ROSAT All-Sky Survey

To compare in more detail the optical and X-ray characteristics of galaxy clusters, we created a large database of ROSAT All Sky Survey (RASS) and the Sloan

(RASS) und Sloan Digital Sky Survey (SDSS)-Daten von 114 Haufen. Diese hatten Massen von $10^{12.5}$ bis $10^{15} M_{\odot}$ und lagen im Rotverschiebungsbereich von 0.002 bis 0.45. Die stärksten Korrelationen ergaben sich zwischen der optischen Leuchtkraft in den photometrischen Sloan i- und z-Bändern (rote optische Bänder), der Röntgen-Leuchtkraft und der ICM-Temperatur. Die Streuung in den $L_{\text{op}}-L_X$ und $L_{\text{op}}-T_X$ -Relationen wird minimiert, wenn die optische Leuchtkraft in den Haufenzentren ($0.5-0.7 \text{ Mpc } h_{50}^{-1}$) gemessen wird. Schließlich konnten wir zeigen, dass wir unter Benutzung der z-Band-Relationen für eine gegebene optische Eigenschaft eines Haufens die Röntgen-Leuchtkraft und Temperatur (und umgekehrt) mit einer Genauigkeit von 60% voraussagen können (Abb. 2-65). Da die Beobachtungsungenauigkeiten der optischen und Röntgen-Leuchtkräfte bei etwa 20% liegen, wird der überwiegende Anteil der Gesamtstreuung von 60% in beiden Relationen intrinsischer Natur sein.



Digital Sky Survey (SDSS) data. From that we generated a first sample of 114 clusters with system sizes ranging from groups of $10^{12.5} M_{\odot}$ to massive clusters of $10^{15} M_{\odot}$ in a redshift range from 0.002 to 0.45. The first investigations have shown a tight correlation between the X-ray and optical properties. We found that the optical luminosity calculated in the i and in the z (red optical bands) band correlates best with the X-ray luminosity and the ICM temperature. The scatter in the $L_{\text{op}}-L_X$ and $L_{\text{op}}-T_X$ relations can be minimized if the optical luminosity is measured within the central part of the cluster ($0.5-0.7 \text{ Mpc } h_{50}^{-1}$). Finally, by using the relations obtained from the z band, we demonstrated that, given the optical properties of a cluster, we can predict the X-ray luminosity and temperature with an accuracy of 60% and vice versa (Fig. 2-65). Since the observational uncertainties in the optical and in the X-ray luminosity are about 20%, most of the scatter of 60% in both relations should be intrinsic.

Abb. 2-65: Korrelationen der optischen und Röntgen-Leuchtkräfte der RASS-SDSS-Galaxienhaufenstichprobe.

Fig. 2-65: Correlations of the optical and X-ray luminosity of the RASS-SDSS galaxy cluster sample.

Detektion usät lic er eic er öntgenstrahlung aus den Außenbereic en des Coma Galaxien aufens
Die Entdeckung der kosmischen et erk Struktur /
Soft excess in the Coma cluster outskirts detection of the ot cosmic eb

Neue XMM-Newton-Beobachtungen der Außenbereiche des Coma Galaxienhaufens bestätigen die, schon früher gefundene, zusätzliche weiche Röntgenstrahlung. Die XMM Daten zeigen, dass sie von einem warmen Gas mit einer Temperatur von etwa 0.2 keV stammt. Das Gas hat eine Sauerstoffhäufigkeit von etwa 0.1 der Sonnenhäufigkeit. Durch eine kombinierte Analyse von ROSAT und XMM Daten können wir einen galaktischen Ursprung der Strahlung ausschließen. Schreibt man diese Strahlung einer etwa 20 Mpc großen Region im Vordergrund von Coma zu, die auch als Galaxienansammlung in der Geschwindigkeitsverteilung der Coma Galaxien angedeutet ist, so schließt man auf eine Dichte des warmen Gases von etwa 10^{-5} cm^{-3} . Eine Massenabschätzung des röntgenstrahlenden warmen Gases zeigt, dass dieses nicht virialisiert ist und dass wir vermutlich das postulierte „warm-hot intergalactic medium“ (WHIM) beobachten. Das Spektrum zeigt die O VII und Ne IX Linien,

XMM-Newton observations of the outskirts of the Coma cluster of galaxies confirm the existence of a soft X-ray excess claimed previously and show that it is due to warm thermal emission. Our data provide a robust estimate of its temperature (0.2 keV) and oxygen abundance (0.1 solar). Using a combination of XMM-Newton and ROSAT All-Sky Survey data, we rule out a Galactic origin of the soft X-ray emission. Associating this emission with a 20 Mpc region in front of Coma, seen in the skewness of its galaxy velocity distribution, yields an estimate of the density of the warm gas of about 10^{-5} cm^{-3} . Our measurement of the gas mass associated with the warm emission strongly support its nonvirialized nature, suggesting that we are observing the warm-hot intergalactic medium (WHIM). The spectrum shows signatures of the O VII and Ne IX lines providing further support for a warm gas at a few tenths of keV. These results also provide a direct estimate of the O, Ne and Fe abun-

ein weiterer Hinweis auf warmes Gas mit Temperaturen von einigen Zehntel keV. Diese Ergebnisse liefern auch eine direkte Messung der O, Ne und Fe Häufigkeit.

dance of the WHIM.

Kosmologische Tests der nächsten Generation mit Galaxienhaufen / next Generation Cosmological Tests with Galaxy Clusters

Die kleinen Effekte der Zustandsgleichung der Dunklen Energie und die Phänomene höher-dimensionaler Braneworlds können mit Stichproben von mindestens einigen tausend Röntgen-Galaxienhaufen untersucht werden. Solche Stichproben könnten mit zukünftigen großflächigen Röntgen-Missionen wie DUO und ROSITA erhalten werden. In einer Pilotstudie für das German Astrophysical Virtual Observatory (GAVO) kombinierten wir Daten des ROSAT All Sky Surveys und Sloan Digital Sky Surveys (SDSS) und erhielten bereits hier eine Abtastrate von 0.5 Haufen pro Quadratgrad, d.h. 10-mal höher als in allen vorangegangenen Untersuchungen. Nach Beendigung des SDSS könnte man mit dieser Technik eine Stichprobe von ungefähr 3000 Röntgen-Galaxienhaufen bis zu einer Rotverschiebung von $z = 0.6$ erhalten. Für DUO erwartet man etwa 30000 Galaxienhaufen. Eine solche umfangreiche Stichprobe sollten uns erlauben, in erster Ordnung festzustellen, ob die derzeitige Phase der kosmischen Beschleunigung hervorgerufen wird durch die Dunkle Energie in Form eines skalaren (Quintessenz-) Feldes oder durch die Extra-Dimension einer Braneworld - ohne dass man auf Dunkle Energie zurückgreifen müsste. Die Vermessung der kosmischen Expansion durch Supernovae vom Typ Ia kann nur schwer zwischen den beiden Szenarien unterscheiden, wohl aber das Netz kosmischer Strukturen, welches anders wachsen könnte und somit der Untersuchung der Fluktuationen der Galaxienhaufendichte eine ziemliche Bedeutung zukommen lassen würde. Eine 5. Dimension mit einer effektiven Größe von nicht mehr als 0.1 mm kann Fluktuationen auf kosmologischen Skalen beeinflussen, weil die angeregte sehr große Zahl von Gravitonen sich auch in der Extra-Dimension ausbreitet und später auf die Materieverteilung im sichtbaren Universum zurückwirkt. Die Art der Wirkung hängt von den Eigenschaften der Extra-Dimension (z.B. Größe, Energieinhalt usw.) ab.

The small effects of the equation of state of the dark energy and the phenomenology of higher-dimensional Braneworlds can only be studied with samples of several thousands of X-ray clusters. Such samples will be obtained with future large area X-ray missions like DUO and ROSITA. However, in a pilot study for the German Astrophysical Virtual Observatory (GAVO) we combined data from the ROSAT All Sky Survey and the Sloan Digital Sky Survey (SDSS) and obtained a sampling rate of 0.5 clusters per square degree, which is ten times higher than any previous survey. After completion of SDSS this technique would yield about 3000 X-ray clusters up to redshifts $z = 0.6$. For DUO, sample sizes of the order of 30000 clusters are expected. Such samples should enable us to test to first order whether the current phase of cosmic accelerated expansion is caused by a dark energy in form of a scalar field like quintessence or caused by the effects of an extra-dimension in a Braneworld - and we would not need dark energy any more. Although the cosmic expansion as measured by type-Ia supernovae can hardly differentiate between the two scenarios, it is in fact the web of cosmic structure which could grow differently so that a measurement of the cluster number density fluctuations would become quite important. A 5th dimension with an effective size of only 0.1 mm or less can affect fluctuations on cosmological scales because they excite a huge number of gravitons which would propagate into the extradimension and react back onto the matter in the visible universe in a manner which depends on the properties of the extradimension like its size, energy content etc.

Detektion nicht-Gaussischer Signale in WMAP Temperaturkarten / Detection of non-Gaussianity in the temperature maps of WMAP

Für das sehr frühe Universum geht das kosmologische Standardmodell von einer inflationären Phase aus, die Quantenfluktuationen erzeugt und auf kosmologische Skalen verstärkt. Typisch für diese Modelle ist die Vorhersage, dass diese Fluktuationen gaussförmig sind. Die kürzlich veröffentlichten WMAP-Daten der kosmischen Hintergrundstrahlung bieten die Möglichkeit, diese Gaussförmigkeit genauer zu untersuchen. Während der letzten Jahre entwickelten wir eine Methode, welche, wie sich herausstellte, eine der empfindlichsten Methoden zur Erkennung nicht-Gaussischer Signale darstellt. Eine Original-Temperaturkarte wird verglichen mit vielen Replikanten (Surrogaten), die unter Bewahrung des ursprünglichen Leistungs-

For the very early universe, the standard model of cosmology proposes an inflationary phase which generates and amplifies quantum fluctuations up to cosmologically interesting scales. A generic feature of these models is the prediction that these fluctuations should be Gaussian. The recently published WMAP data of the cosmic microwave background offers a unique opportunity to study Gaussianity in much more detail. During the past years we developed a method which turns out to be one of the most sensitive methods to detect non-Gaussianity by the comparison of an original temperature map with replicants (surrogates) generated under the constraint to preserve the original power spectrum while deleting all non-Gaussian fea-

spektrums erzeugt wurden, wobei allerdings sämtliche nicht-gaussförmigen Merkmale gelöscht werden. Um Vordergrund-Emissionen zu minimieren, die leicht nicht-gaussische Signale vortäuschen können, haben wir die Anwendung der Methode auf die Polarregionen beschränkt, und fanden ein signifikantes nicht-gaussförmiges Signal auf einer räumlichen Skala von 1 Grad. Dies ist in Übereinstimmung mit Ergebnissen anderer Gruppen. Verschiedene Tests zeigten, dass dieses Signal nicht hauptsächlich durch Vordergrund-Emission hervorgerufen werden kann. Wir testen derzeit, ob wir möglicherweise eine künstliche Struktur im Rauschmuster von WMAP gemessen haben. Eine verlässliche Detektion eines nicht-gaussförmigen Signals im CMB hätte wichtige Konsequenzen für das kosmologische Standardmodell, weil es möglicherweise auf die Erzeugung topologischer Defekte wie kosmischer Strings, Monopole und Textures kurz nach der inflationären Phase schließen ließe.

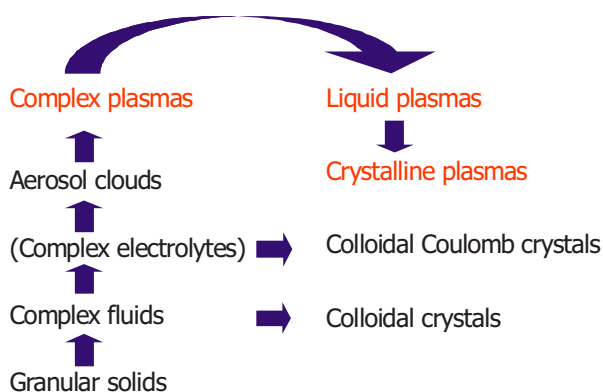
tures. In order to reduce foreground emission which easily mimic non-Gaussianity, we applied our method to the polar regions and found a significant non-Gaussian signal on the one-degree scale, supporting recent findings by other groups. Several tests reveal that the non-Gaussian signal could not mainly be caused by foreground emission. We are currently testing whether we might have detected an artificial structure in the noise pattern of WMAP. Note that a firm detection of a non-Gaussian signal in the CMB would have profound consequences for the standard model of cosmology because it would signal a creation of topological defects like cosmic strings, monopoles and textures shortly after an inflationary phase.

BÖRING ER, BRIEL, FINOGENOV, POFESSO, NOWAK, RETZLAFF, RÄTH, SCHUECKER, VOGES

5 K P EXE P A S E / C P EX P A S A S

Die hier beschriebenen Untersuchungen wurden innerhalb des „CIPS“ durchgeführt (Zentrum für Interdisziplinäre Plasmaforschung).

Das Feld der komplexen (staubigen) Plasmen hat ein schnell fortschreitendes Wachstum seit der Entdeckung der flüssigen und kristallinen Zustände im Jahre 1994. Dies ist bedingt zum Teil aufgrund der laufenden intensiven Grundlagenforschung der Eigenschaften dieses „vierten Zustandes der weichen Materie“ (Abb. 2-66), teilweise aufgrund der Sichtbarmachung von nichtlinearen und kritischen Prozessen auf dem elementarsten Niveau, verbunden mit der Möglichkeit generische Eigenschaften der Selbstorganisation, des Wachstums von Instabilitäten usw. zu identifizieren und/oder zu überprüfen, was eine Übertragung auf andere Systeme erlaubt, teilweise aufgrund der einzigartigen Möglichkeit, einphasige und Mehrphasen-Flüssigkeiten oder Kristalle auf Skalen vergleichbar mit ihren charakteristischen Korrelationslängen zu untersuchen (z.B. Eröffnung des Grenzgebiets für kinetische Untersuchungen in Nanoflüssigkeiten), und teilweise aufgrund der vielen bisher gemachten Bemühungen, die Eigenschaften der komplexen Plasmen in diversen Anwendungen zu nutzen, z.B. polymorphe Solarzellen, selbstschmierende Oberflächen, usw.



In den Laboruntersuchungen von komplexen Plasmen, dominiert die Schwerkraft über alle anderen Kräfte. Nur nahe der Plasmarandschicht, in der das elektrische Feld ausreichend stark ist, um der Schwerkraft entgegenzuwirken und Mikroteilchen zum Schweben (levitieren) zu bringen, können komplexe Plasmen gebildet werden. Diese Systeme stehen jedoch unter starker Spannung aufgrund des stark variierenden elektrischen Feldes in der Plasmarandschicht.

Demgegenüber können unter Schwerelosigkeitsbedingungen große 3-dimensionale komplexe Plasmen in Regionen, in denen das elektrische Feld viel kleiner ist, gebildet werden. Das deutsch-russische Projekt „PKE-Nefedov“ ist das erste physikalische Experiment auf der ISS (PKE steht für Plasma-Kristall-Experiment). Das Experiment wurde nach dem russi-

The investigations described here were conducted within the “CIPS” (Centre for Interdisciplinary Plasma Science).

The field of complex (dusty) plasmas has shown rapid sustained growth since the discovery of liquid and crystalline states in 1994. This is due in part to the ongoing and intensifying fundamental research into the properties of this “fourth state of soft matter” (Fig. 2-66), in part to the visualization of nonlinear and critical processes at the most elementary (kinetic) level coupled with the possibility to identify and/or verify generic properties of selforganization, growth of instabilities, etc. that can then be transferred to other systems, in part to the unique possibility to investigate one-phase and multi-phase fluids or crystals in scales comparable with their characteristic correlation length (e.g. opening up the frontier for kinetic studies in nanofluidics), and in part to the many efforts made already for utilizing the properties of complex plasmas in diverse applications, e.g. polymorphous solar cells, self-lubricating surfaces, etc.

Abb. 2-66: Die Abbildung zeigt die unterschiedlichen Zustände von „komplexer“ oder „weicher“ Materie. Komplexe Elektrolyte und komplexe Plasmen sind thermodynamisch offene Systeme (in dem Sinne, dass Energie ununterbrochen nachgeliefert werden muss, zusätzlich zu einem „Wärmebad“). Vor 10 Jahren wurde entdeckt, dass komplexe Plasmen sowohl in flüssigen als auch kristallinen Zuständen existieren können.

Fig. 2-66: The figure shows the different states of “complex” or “soft” matter. Complex electrolytes and complex plasmas are thermodynamically “open” systems (in the sense that energy must be continuously supplied to maintain them, in addition to a “heat bath”). It was discovered 10 years ago that complex plasmas can exist in liquid as well as crystalline states.

In laboratory investigations of complex plasmas, gravity dominates over all other forces. Only close to the plasma sheath, where the electric field is sufficiently strong to counter gravity and levitate the microparticles, can complex plasmas be formed. But these systems are heavily “stressed” due to the strongly varying electric field in the plasma sheath.

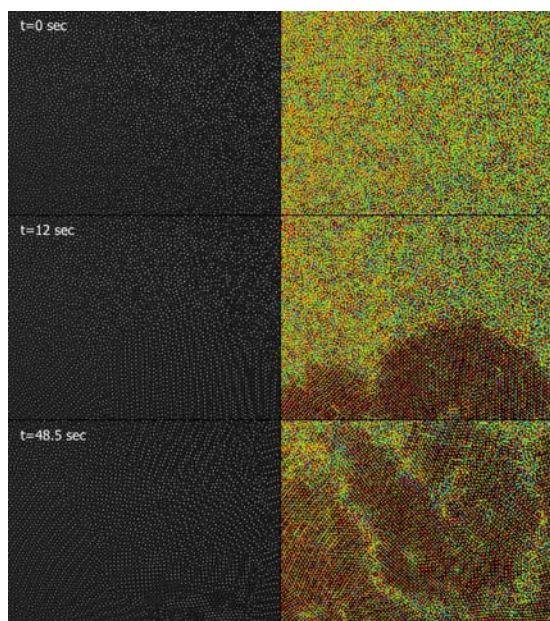
In contrast under microgravity conditions, large 3-dimensional complex plasmas can be formed in regions where the electric field is much smaller. The German-Russian project “PKE-Nefedov” is the first physics experiment on the ISS (PKE stands for Plasma-Kristall-Experiment). The experiment was named after the Russian Co-PI Anatoli Nefedov who

schen Co-PI Anatoli Nefedov benannt, der im Januar 2001 verstarb. Es erlaubt Untersuchungen unter Schwerelosigkeitsbedingungen, um komplexe Plasmen in einem breiten Parameterbereich zu erforschen.

Dieses Jahr wurden wieder bedeutende Fortschritte erzielt, sowohl experimentell als auch in der Theorie. Zum Beispiel waren wir in der Lage, zum ersten Mal das Wachstum eines Kristalls aus der flüssigen Phase heraus unter Nicht-Gleichgewichtsbedingungen zu beobachten. Wir haben herausgefunden, dass verschiedene Kristallbereiche durch eine enge flüssigkeitsähnliche Grenze getrennt sein können (vermutlich aufrechterhalten durch die latente Energie, die freigesetzt wird wenn sich die Kristallstruktur angleicht). Wir waren zum ersten Mal in der Lage, Flussgrenzen und die Entstehung von Oberflächeninstabilitäten auf dem individuellen Partikelniveau zu untersuchen, und wir haben begonnen Polarisierungseffekte von Phononen in Plasmakristallen zu erforschen, einschließlich im Falle magnetischer Plasmakristalle. Unsere Studien der Schockausbreitungen durch Plasmakristalle wurden erweitert, um die Kinetik des Schockschmelzens einzubeziehen, das jetzt experimentell zum ersten Mal untersucht werden kann. Aus Platzgründen haben wir die Ergebnisse der Forschung unter Schwerelosigkeit hier weggelassen. Für das gesamte Spektrum aller Forschungsergebnisse sei der Leser auf den zweijährlichen CIPS Bericht verwiesen, der später in 2004 veröffentlicht werden wird. Hier sind einige Auszüge enthalten.

5 Komplexe Plasmen im Labor / Complex Plasmas in the Laboratory

Erforschung von Kristallisationsprozessen von komplexen Plasmen / Study of the crystallisation process of complex plasmas



Untersuchungen im Labor und unter Schwerelosigkeitsbedingungen zeigen, dass komplexe Plasmen einen Übergang zum Festkörper mit unterschiedlichen Strukturen aufweisen, abhängig von Teilchengröße- und Plasmaeigenschaften. Auf der Erde ist die vertikale

erweitert in January 2001. It allows investigations under microgravity conditions to explore complex plasmas over a broad parameter range.

This year again significant advances were made, both experimentally as well as in theory. For instance, we were able to observe, for the first time, the growth of a crystal from the liquidus under non-equilibrium conditions. We discovered that different domains in crystals may be separated by a narrow liquid-like border (probably maintained by the latent energy set free when the crystal structure adjusts form). We were able, for the first time, to investigate flow interfaces and the origin(s) of surface instabilities at the individual particle level and we started to investigate polarization effects of phonons in plasma crystals, including magnetical plasma crystals. Our studies of shock propagation through plasma crystals were extended to include the kinetics of shock melting, which can now be investigated experimentally for the first time. Due to space constraints we have not included here our results obtained under microgravity conditions. For a full spectrum of all the research results the reader is referred to the CIPS bi-annual report, which will be published later in 2004. Here we include some excerpts.

Abb. 2-67: Die Bilder zeigen den detaillierten Kristallisationsprozess zu unterschiedlichen Zeiten. Jedes der rechten farbigen Bilder zeigt eine Überlagerung aller Partikelposition bei zehn aufeinander folgenden Zeitschritten (1 Sek. insgesamt). Wenn sich die Partikel nicht bewegen (kristallisiert), wird nur die letzte (rote) Farbe gesehen. Folglich liefert diese Farbkodierung eine direkte qualitative Ansicht der kinetischen Energie der Partikel und visualisiert den Kristallbereich gegenüber der ungeordneten (flüssigen) Phase.

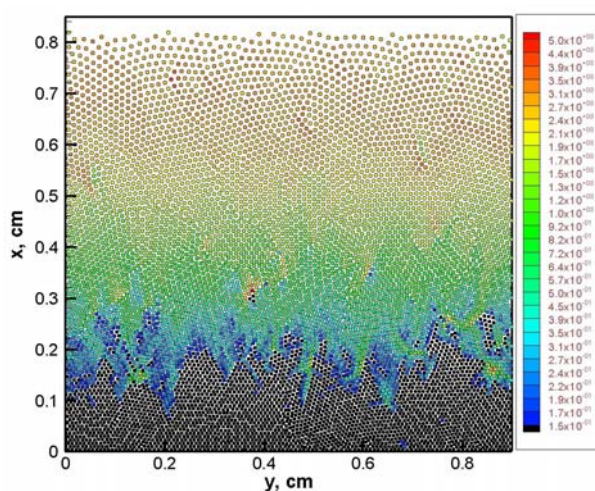
Fig. 2-67: The images show the detailed crystallisation process at different times. Each of the right coloured images displays a superposition of all particle position at ten subsequent time steps (1 sec in total). When the particles are not moving (crystallised) only the last (red) colour is seen, hence this colour-coding provides a direct qualitative view of the kinetic energy of the particles and visualises the crystal regime from the disordered (liquid) phase.

Investigations in the laboratory and in microgravity conditions show that complex plasmas undergo a transition to the solid state with different structures, depending on particle size and plasma properties. On Earth the vertical extension of plasma crystals is lim-

le Ausdehnung der Plasmakristalle begrenzt durch die Stärke der Gravitationskraft und der elektrostatischen Kraft, die in der Plasmarandschicht der Elektroden wirkt.

Vor kurzem haben wir neue Experimente im Labor in einer RF-Kammer mit Teilchen von 1.28 μm Durchmesser durchgeführt, wobei wir die Dynamik des Kristallisationsprozesses im Detail studiert haben. Zuerst wird ein großer vertikal ausgedehnter Kristall (Gitterabstand 0.1 Millimeter, wenig hundert Gitterflächen in jede Richtung) hergestellt. Dann wird das System gestört und geschmolzen, indem die Ionisationsspannung von 0.88 V auf 0.39 V rasch erniedrigt wird. Nachdem der Kristall geschmolzen ist, beginnt er von der Unterseite her an zufälligen Keimpunkten wieder zu rekristallisieren (Abb. 2-67). Eine aufwärts steigende Kristallisationsfront wird beobachtet. Unterschiedliche strukturierte Gebiete werden aufgebaut, wobei die dazwischen liegenden Grenzgebiete eine beträchtlich höhere Unordnung aufweisen. Wahllos vibrierende Partikel in der gestörten Phase verlieren ihre kinetische Energie durch Coulomb-Stöße. Numerische Simulationen sagen voraus, dass die frei werdende Energie aus dem Kristall mit Hilfe von Stoßwellen oder Druckwellen transportiert wird. Die maximale Wachstumsgeschwindigkeit der Kristallisationsfront ist 0.25 mm/sec (an der Unterseite). Die Geschwindigkeit der Ausbreitungsfrent verringert sich mit der Höhe wegen der dort kleiner werdenden Kompression.

Während des Kristallisationsprozesses wird das komplexe Plasma vertikal komprimiert. Dies ist nicht überraschend, weil sich das System im kristallinen Bereich abkühlt. In unserem Experiment beträgt die Kompression ungefähr 7-10% nach 50 Sekunden. Die vertikale Ausdehnung der Partikelwolke verringert sich mit einer maximalen Geschwindigkeit von 10 $\mu\text{m}/\text{sec}$ (am Anfang der Kristallisation).



Qualitativ wird ein ähnlicher Übergang in molekulardynamischen (MD) Simulationen gesehen. Auch hier beginnt die Kristallisation am unteren Rand (Abb. 2-68).

ited by the strength of the gravitational force and the electrostatic force acting in the plasma sheath boundary of the electrodes.

Recently we have performed new experiments in the laboratory in a rf chamber with small particles of 1.28 μm in diameter, where we studied the dynamics of the crystallisation process in detail. First a large vertically extended crystal (0.1 mm lattice distance, few hundred lattice planes in each direction) is created. Then the system is disturbed and melted by quickly decreasing the ionization voltage from 0.88 V down to 0.39 V. After the crystal is melted it starts to recrystallise from the bottom at arbitrary seed points (Fig. 2-67). An upward moving crystallisation front is observed. Different structural domains are built up, with transitional interfaces in between with considerably higher disorder. Randomly vibrating particles from the disturbed phase lose their kinetic energy through Coulomb collisions. Numerical simulations predict that the dissipated energy is transferred out of the crystal via shock waves or compressional waves. The maximum growth velocity of the crystallisation front is 0.25 mm/sec (at the bottom). The velocity of the propagation front decreases with height due to the smaller compression.

During the crystallisation process the complex plasma becomes vertically compressed. This is not surprising, because the system cools down in the crystal regime. In our experiment the compression is about 7-10% after 50 sec. The vertical extent of the particle cloud decreases with a maximum velocity of 10 $\mu\text{m}/\text{sec}$ (at the beginning of the crystallisation).

Abb. 2-68: MD-Simulationen einer Kristallisationsfront, die qualitative Eigenschaften der Experimentbeobachtungen zeigen. Die Partikeltemperatur ist farbkodiert (Temperatur steigt von schwarz zu rot). Die Frontseite hat eine stark ausgeprägte fraktale Struktur, mit einem plötzlichen Temperaturabfall innerhalb der Übergangsschicht (blau) von der flüssig/gasförmigen (grün-gelb) zur kristallinen (schwarz) Phase.

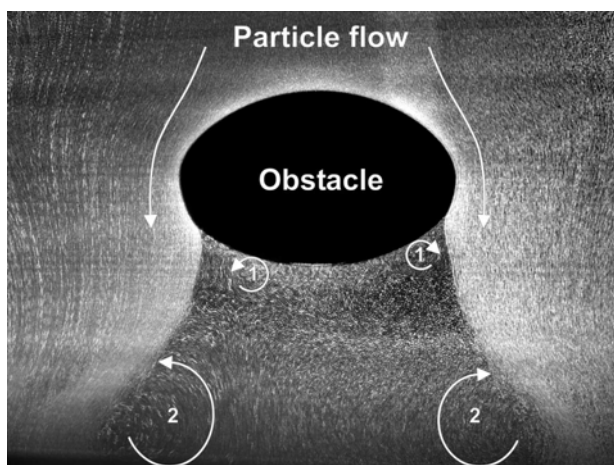
Fig. 2-68: MD simulations of the crystallisation front, revealing the qualitative features observed in experiments. Particle temperature is colour-coded (temperature rises from black to red). The front has a well developed fractal structure, with an abrupt temperature drop within the transition layer (blue) from the liquid/gaseous (green-yellow) to the crystalline (black) phase.

Qualitatively a similar transition is seen in molecular dynamical (MD) simulations. Also here the crystallization starts at the lower edge (Fig. 2-68).

Hoch aufgelöste Flüssigkeitsströmungen – „flüssige Plasmen“ auf dem kinetischen Niveau / Highly resolved fluid flows – “liquid plasmas” at the kinetic level

Es wurde eine Strömung um ein Hindernis auf dem kinetischen (einzelne Teilchen) Niveau beobachtet, wobei mit „komplexen (staubigen) Plasmen“ in ihrem flüssigen Zustand gearbeitet wurde. Diese „flüssigen Plasmen“ besitzen Haupteigenschaften ähnlich zu Wasser (z.B. Viskosität), und ein Vergleich bezüglich ähnlicher Parameter legt nahe, dass sie ein einzigartiges Werkzeug darstellen, um klassische Flüssigkeiten zu modellieren. Dies erlaubt uns Nanoflüssigkeiten auf dem elementarsten Niveau zu studieren – dem Partikelniveau – einschließlich des Überganges vom flüssigen Verhalten zum vollständig kinetischen Transport, dem kinetischen Ursprung der Turbulenz und allen nichtlinearen Prozessen auf dem Partikel-(molekularen) Niveau.

Wir haben Messungen mit flüssigen komplexen Plasmen durchgeführt, die um ein Hindernis von der Größe ~ 100 mittlere Partikelabstände strömen (gleichwertig zu ~ 100 „effektiven“ Partikeldurchmessern, oder „molekularen“ Abständen). Wir beobachten eine stabile laminare Scherströmung um das Hindernis, die Entwicklung einer Sogregion mit stabilen Vortexflüssen und eine nichtstabile Mischschicht zwischen dem Fluss und der Sogregion (Abb. 2-69).



Das interessanteste Merkmal ist die Mischschicht zwischen dem Fluss und der Sogregion, die Instabilitätswachstum auf viel kleineren Skalen als der hydrodynamischen Skala zeigt, wenn wir dieses als den Dichte- oder Schergeschwindigkeitsgradienten entlang der Flusslinien identifizieren. Die Lösung zu diesem Rätsel liegt vermutlich an der bogenförmigen Strömung, die eine Stoßinstabilität antreibt, welche zum ersten Male auf dem kinetischen Niveau beobachtet wurde. Numerische Simulationen (Abb. 2-70) haben

Fluid flow around an obstacle was observed at the kinetic (individual particle) level using “complex (dusty) plasmas” in their liquid state. These “liquid plasmas” have bulk properties similar to water (e.g., viscosity), and a comparison in terms of similarity parameters suggests that they can provide a unique tool to model classical fluids. This allows us to study “nanofluidics” at the most elementary – the particle level –, including the transition from fluid behaviour to purely kinetic transport, the kinetic origin of turbulence and all nonlinear processes at the particle (molecular) level.

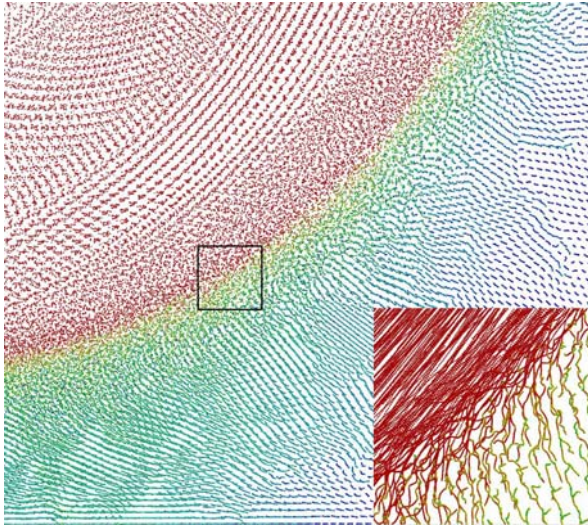
We have performed measurements with liquid complex plasmas flowing around an obstacle of size ~ 100 mean particle separations (equivalent to ~ 100 “effective” particle diameters, or “molecular” distances). We observe a stable laminar shear flow around the obstacle, the development of a “wake” exhibiting stable vortex flows and an unstable mixing layer between the flow and the wake (Fig. 2-69).

Abb. 2-69: Topologie des Partikelflusses um das “Void”. Der Fluss führt zu einer komprimierten laminaren Schichtstärke von 5 mittleren Gitterabständen. Diese Schicht wird am äußeren Umkreis des Sogs abgetrennt. Die unveränderlichen Turbulenzflussmuster in der Sogregion werden veranschaulicht. Die Grenze zwischen dem laminaren Fluss und dem Sog wird instabil, eine mischende Schicht wird gebildet, die in der Breite mit Abstand stromabwärts wächst. Das System ist um die vertikale Mittellinie in etwa symmetrisch, die Turbulenzen sind Tori und die Spur hat die Form eines erweiternden Trichters (Größe des Bildes ein $2,05 \text{ cm} \times 1,50 \text{ cm}$, Belichtungszeit 1 s).

Fig. 2-69: Topology of the particle flow around the “void”. The flow leads to a compressed laminar layer of thickness of 5 mean lattice distances. This layer becomes detached at the outer perimeter of the wake. The steady vortex flow patterns in the wake are illustrated. The boundary between laminar flow and wake becomes unstable, a mixing layer is formed which grows in width with distance downstream. The system is approximately symmetric around the vertical axis, the vortices are tori and the wake has the shape of a flaring funnel (size of image $2.05 \text{ cm} \times 1.50 \text{ cm}$, exposure time 1 s).

The most interesting feature is the mixing layer between the flow and wake, which exhibits instability growth on scales much smaller than the hydrodynamic scale, if we identify this as the density or shear velocity gradient along the flow lines. The solution to this puzzle is probably due to the curved flow driving a collisional instability, which has been observed for the first time at the kinetic level. Numerical simulations (Fig. 2-70) have confirmed that interface instabilities on particle separation scales may indeed occur under

bestätigt, dass Grenzinstabilitäten auf Partikelabstandsskalen unter solchen Umständen in der Tat auftreten können. Schließlich zeigten wir, dass die Impulsübertragung in der Mischschicht, wie beobachtet, zu dem Antrieb der Vortexflüsse in der Sogregion hinter dem Hindernis passt.



such circumstances. Finally, we showed that the momentum transfer in the mixing layer, as observed, is compatible with driving the vortex flows seen in the wake behind the obstacle.

Abb. 2-70: Numerische Simulation (molekular dynamisch) der mischenden Schicht. Die Spuren zeigen Partikelversetzungen während ungefähr 0.06 s, was der Belichtungszeit im Experiment entspricht. Die Partikelgeschwindigkeiten sind farbkodiert und erhöhen sich von blau zu rot. Das Bild in hoher Auflösung (rechts unten) zeigt die Partikelflugbahn in der Übergangsregion.

Fig. 2-70: Numerical simulation (molecular dynamical) of the mixing layer. The traces show particle displacements during about 0.06 s which corresponds to the exposure time in the experiment. Particle velocities are colour-coded, increasing from blue to red. The lower right high resolution image shows the particle trajectories in the transition region.

Partikelwachstumsexperimente / Particle growth experiments

Das Verhalten von Partikelwolken und des Partikelwachstums wurde in reaktiven Plasmen in einer kapazitiv gekoppelten RF-Entladung untersucht. Wir benutzen eine drei Elektroden-Anordnung mit horizontal angeordneten Elektroden von 10 Zentimeter Durchmesser. Die RF-Leistung wird an die untere Elektrode eingekoppelt. Um die Plasmabedingungen in der Levitationsregion zu ändern, wird eine Rasterelektrode zwischen zwei RF-Elektroden platziert. Die Partikel werden zwischen diesem Gitter und der unteren Elektrode levitiert. Um die Partikel direkt aus den Partikelwolken aufzusammeln, benutzen wir einen NFP (negativ geladene Feinpartikel) Kollektor.

The behaviour of particle clouds and particle growth in reactive plasmas is studied in a capacitively coupled rf discharge. We use a three electrode assembly with the electrodes, 10 cm in diameter, being oriented horizontally. The rf power is applied to the upper electrode. To change the plasma conditions in the levitation region, a grid electrode is put between two rf electrodes. The particles are levitated between this grid and the lower electrode. To collect the particles directly from the particle clouds, we use a NFP (negatively charged fine particle) collector.

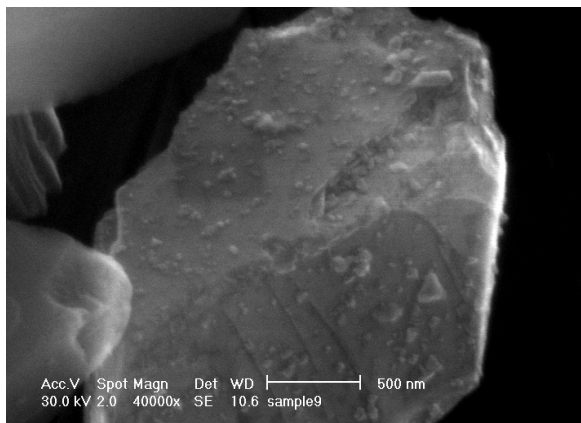


Abb. 2-71: Rasterelektronenmikroskop-Bild eines Diamantpartikels.

Fig. 2-71: Scanning electron microscope image of diamond particle.

In Methan-Wasserstoff-Plasmen bei 20 Pa beobachteten wir die Bildung einer Partikelwolke, 10 bis 30 Minuten nachdem wir das Plasma gezündet hatten. Die meisten levitierten Partikeln sind amorphe Kohlenstoff-Flocken, delaminiert von der Oberfläche der oberen zwei Elektroden. Jedoch haben einige Partikel kugelförmige Form. Dies zeigt, dass diese Partikel durch einen anderen Prozess produziert wurden. Wir

In methane-hydrogen plasmas at 20 Pa, we observed the formation of a particle cloud 10 to 30 minutes after igniting the plasma. Most of the particles levitated are amorphous carbon flakes, delaminated from the surface of the upper two electrodes. However a few particles have spherical shape. This indicates that these particles are produced by another process. We assume that these spherical samples are produced by nuclea-

nehmen an, dass diese kugelförmigen Proben durch Keimbildung und Wachstum im Plasmavolumen erzeugt werden. Die Entwicklung der Partikelzahl hängt von der Gaszusammensetzung und von der Temperatur des Gerätes ab. Wir stellen fest, dass Verdünnung durch Wasserstoff und Heizung der Elektroden die Produktion der Partikel von den Elektrodenoberflächen unterdrücken kann. Die Partikel, die im Plasma erzeugt werden, ohne Keimpartikel einzusetzen, sind hauptsächlich amorpher Kohlenstoff, aber wir finden auch einige wenige Nano-Diamantpartikel für die folgenden Wachstumsparameter, CH_4 : 1 sccm, H_2 : 20 sccm, Elektrodentemperatur: 800 K. Dies bedeutet, dass sich der Mechanismus des Schichten- oder Partikelwachstums in der Plasmaproduktionsregion und insbesondere in der Partikellevitationsregion ändert. Wenn wir Diamantkeimpartikel (durchschnittliche Größe $\sim 2.8 \mu\text{m}$) in die Vorrichtung einstreuen, beobachten wir Nukleation von neuen Partikeln auf ihrer Oberfläche, wie in Abb. 2-71 gezeigt (Größe bis zu 100 nm nach 8 Stunden Plasmaeinwirkung bei 800 K).

tion and growth in the plasma volume. The evolution of particle number depends on gas composition and temperature of the apparatus. We find that dilution by hydrogen and heating of the electrodes can suppress the production of particles from the electrode surfaces. Particles generated in the plasma without introducing seed particles are mainly amorphous carbon, but we also find a few nano-diamond particles for the following growth condition, CH_4 : 1 sccm, H_2 : 20 sccm, temperature of electrodes: 800 K. This means the mechanism of layers or particles growth changes in both, the plasma-production and particle-levitation region, especially in the particle-levitation region. If we pour diamond seed particles (average size $\sim 2.8 \mu\text{m}$) into the apparatus, we observe nucleation of new particles on their surface as shown in Fig. 2-71 (size up to 100 nm after 8 hours plasma exposure at 800 K).

Schockschmelzen eines zweidimensionalen komplexen (staubigen) Plasmas / Shock melting of a two-dimensional complex (dusty) plasma

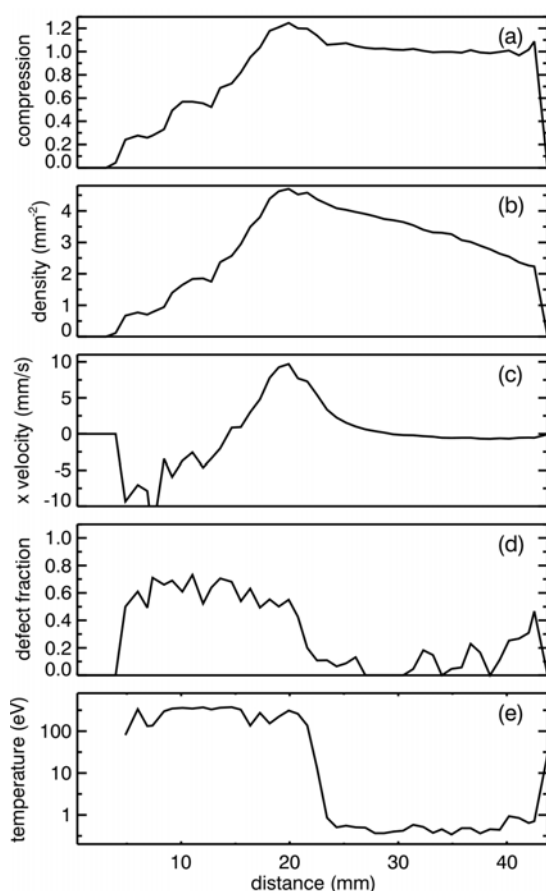


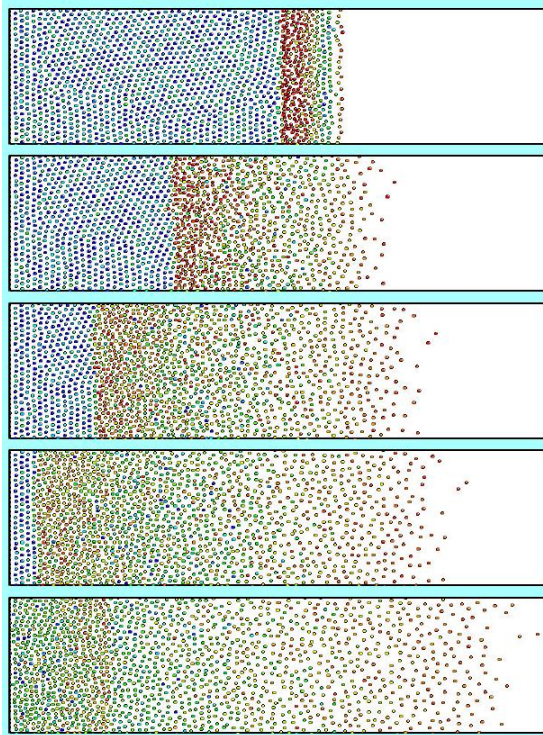
Abb. 2-72: Struktur der experimentell beobachteten Schockfront nach 0.38 s. (a) Kompressionsfaktor, (b) Partikelanzahldichte, (c) Partikelgeschwindigkeit in Richtung der Schockausbreitung, (d) Fehlstellenanteil und (e) kinetische Partikeltemperatur, aufgetragen gegen den Abstand zur Anregungsquelle. Der Kompressionsfaktor, die Anzahldichte und die Partikelgeschwindigkeit haben einen Höchstwert an der Schockfront (bei 20 mm), während der Fehlstellenanteil und die kinetische Temperatur einen Sprung aufweisen.

Fig. 2-72: Structure of the experimentally observed shock front at time 0.38 s. (a) compression factor, (b) particle number density, (c) particle velocity in the direction of the shock propagation, (d) defect fraction, and (e) particle kinetic temperature, plotted versus distance to the excitation source. The compression factor, number density, and particle speed have a peak at the shock front (at 20 mm), whereas the defect fraction and the kinetic temperature have a jump.

Schockwellen mit einer linearen Front wurden experimentell in einem hexagonalen Yukawa-Gitter untersucht, das aus geladenen monodispersen Plastik-Mikrosphären gebildet und in der Randschicht einer Hochfrequenzladung levitiert wurde (Abb. 2-72). Es wurde herausgefunden, dass der Schock Phasenübergänge vom kristallinen zu gas- und flüssigkeitsähnlichen Zuständen verursachen kann. Schmelzen trat in zwei Stadien auf. Erstens wurde das Gitter in

Shock waves with a linear front were experimentally studied in a monolayer hexagonal Yukawa lattice which was formed from charged monodisperse plastic microspheres and levitated in the sheath of a radio-frequency discharge (Fig. 2-72). It was found that the shock can cause phase transitions from a crystalline to gas- and liquid-like states. Melting occurred in two stages. First, the lattice was compressed in the direction of the shock propagation and second, the particle

der Richtung der Schockausbreitung zusammengedrückt und zweitens tritt eine zufällige Partikelgeschwindigkeitsverteilung einige Gitterlinien stromabwärts auf. Die Mach-Zahl des Schocks erreichte 2.7.



Die Experimente zeigen, dass, wenn die Anregungsenergie unterhalb einer bestimmten Schwelle liegt, der Puls sich als einzelne oder mehrfach solitäre Welle fortpflanzt. Für höhere Energie pflanzt sich der Puls als Schock fort, wobei der Plasmakristall vollständig hinter der Front „sublimiert“, wie die Ergebnisse von MD (molekular dynamische)-Simulationen in Abb. 2-73 zeigen. Die Dicke der Schockfront ist ungefähr 1-2 Teilchenabstände. Sobald die Front vorbeigelaufen ist, kühlen die meisten Partikel ab und das komplexe Plasma rekristallisiert, aber ein beträchtlicher Anteil von Teilchen „entweicht“ in entgegengesetzter Richtung zur Schockausbreitung.

velocities were randomized a few lattice lines downstream. The Mach number of the shock reached 2.7.

Abb. 2-73: MD (molekular dynamische)-Simulation des Schockschmelzens. Die Partikeltemperatur ist farbkodiert (Temperatur steigt von blau zu rot).

Fig. 2-73: MD (molekular dynamical) simulation of shock melting. Particle temperature is colour-coded (temperature rises from blue to red).

The experiments show that if the energy of excitation is below a certain threshold, the pulse propagates in the form of single or multiple solitary waves. For higher energies, the pulse propagates in the form of a shock, where the plasma crystal completely “sublimes” behind the front, as shown in Fig. 2-73, representing results of MD (molekular dynamical) simulations. The thickness of the shock front is about 1-2 interparticle distances. When the front has passed, most of the particles cool down and the complex plasma recrystallises, but a significant fraction of particles “escapes” in the direction opposite to the shock propagation.

[ABE, FOUQUET , HAVNES , IVLEV, JACOB, KLUMOV, KONOPKA , MORFILL, POPEL, QUINN , ROTHERMEL, RUBIN-ZUZIC, SAMSONOV, SATO, SHIMIZU, THOMAS, ZHDANOV]

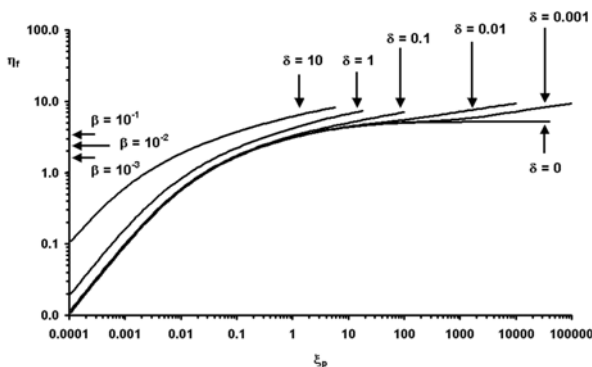
2.5.2 Komplexe Plasmen - Theorie / Complex Plasmas - Theory

„Floating“-Potential von Staubkörnern in Kollisionsplasmen / Floating potential of dust grains in collisional plasmas

Typische Experimente mit komplexen Plasmen (negativ geladene Mikrometer große Kugeln, positive Ionen und Elektronen) werden bei 50 Pa oder höher in Argon durchgeführt. Unter diesen Bedingungen ist die mittlere freie Weglänge der Ionen, aufgrund von Ionen-Neutralteilchen-Stößen (ungefähr 0.04 mm bei 50 Pa), mit der Debyelänge der Mikrokugeln vergleichbar (ungefähr 0.01 mm). Dies bedeutet, dass die allgemein verwendete stoßfreie Aufladungstheorie, OML („orbital motion limited“), die Ladung auf der Mikrosphä-

Typical experiments with complex plasmas (negatively charged micron-sized spheres, positive ions and electrons) operate at 50 Pa or higher in argon. Under these conditions, the ion-neutral mean free path (about 0.04 mm at 50 Pa) is comparable to the micro-sphere plasma screening length (about 0.01 mm). This means that the widely used collisionless charging theory, OML (orbital motion limited), is overestimating the micro-sphere surface charge and floating potential up to a factor of four. Charging theories, accounting for

renoberfläche und das „Floating“-Potential bis zu einem Faktor vier überschätzt. Aufladungstheorien, die Stoßeffekte berücksichtigen, sind unter diesen Bedingungen erforderlich. Nimmt man an, dass die positiven Ionen eine ausreichende Anzahl von Ion-Neutralteilchen-Stößen erleiden, so ist der Ionenfluss zur Mikrokugel entlang der elektrischen Feldlinien ausgerichtet (die sogenannte Radialbewegung). Dieses ermöglicht den Gebrauch der hydrodynamischen Theorie, um die Bewegung der Ionen und Elektronen in der Nähe der Mikrosphäre zu beschreiben. In Abb. 2-74 sind numerische Resultate des „Floating“-Potentials einer lokalisierten Mikrosphäre, die sich in einem elektropositiven stoßdominierten Plasma befindet (nur Elektronen und positive Ionen), dargestellt. Hier sind Kurven des „Floating“-Potentials (in absoluten Einheiten) zur Elektronentemperatur, η_f , gegen Mikrosphärenradius zur Elektron-Debyelänge, ξ_p , über einen weiten Bereich des Stossparameters, δ , aufgetragen. Es wurde herausgefunden, dass, wenn es genügend Stöße in der Randschicht gibt, das „Floating“-Potential und die Oberflächenaufladung erhöht werden. Ebenfalls sind aus der OML-Theorie berechnete Werte für verschiedene Verhältnisse der positiven Ionen- zur Elektronentemperatur, β , gezeigt. Diese Resultate weisen darauf hin, dass für eine Mikrometer große Kugel ($\xi_p \approx 10^{-2}$) erwartet wird, dass Stöße für Drücke oberhalb etwa 6 Pa ($\delta \approx 0.1$) in Argon wichtig sind. Da jedoch die Stossdämpfung der Ionen sich mit abnehmender Größe, ξ_p , verringert, wird die „orbital motion“ Bewegung in zunehmendem Maße wichtig. Bei einer bestimmten kritischen Größe erwartet man, dass das „Floating“-Potential die OML Werte erreicht, und die Annahme der Radialbewegung wird unzulässig. Weitere Arbeit ist notwendig, um den Gültigkeitsbereich der OML-Theorie zu bestimmen.



the effects of collisions, are needed under these conditions. Assuming that the positive ions suffer a sufficient number of ion-neutral collisions, the ion flow to the micro-sphere is directed along the electric field lines (so called radial motion). This enables the use of fluid theory to describe the motion of ions, and electrons, in the vicinity of the micro-sphere. Numerical results of the floating potential of an isolated micro-sphere immersed in an electropositive (electrons and positive ions only) collisional plasma, are presented in Fig. 2-74. Here, curves of floating potential (in absolute magnitude) to electron temperature, η_f , against micro-sphere radius to electron Debye length, ξ_p , are obtained over a wide range of collisionality, δ . It is found that if there are sufficient collisions in the sheath, the floating potential and surface charge are increased. Also shown are the values obtained from the OML theory for several values of the positive ion to electron temperature ratio, β . These results suggest that for a micron sized sphere ($\xi_p \approx 10^{-2}$), collisions are expected to be important for pressures greater than about 6 Pa ($\delta \approx 0.1$) in argon. However, as collisional damping of the ions reduces with decreasing size, ξ_p , orbital motion of the ions becomes increasingly important. At some critical size, the floating potential is expected to approach the OML value and the assumption of radial motion becomes invalid. Further work is required to determine the range of validity of radial motion theory.

Abb. 2-74: „Floating“-Potential, η_f , gegen Staubradius, ξ_p , für zunehmenden Stossparameter, δ , in Argon. Ungefähre Werte der OML-Theorie sind am linken Rand der Abbildung gezeigt.

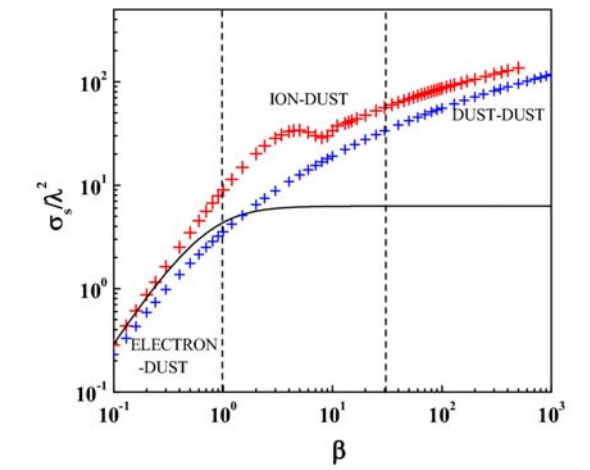
Fig. 2-74: Floating potential, η_f , versus dust radius, ξ_p , for increasing collisionality, δ , in argon. Approximate values from OML theory are indicated to the left of the figure.

Impulstransfer in komplexen Plasmen / Momentum transfer in complex plasmas

Der Impulstransfer zwischen unterschiedlich geladenen Komponenten wurde in einem komplexen Plasmen untersucht. Eine ausführliche Modellanalyse von Teilchen-Elektron-, Teilchen-Ion-, und Teilchen-Teilchen-Stößen wurde durchgeführt. Unter Annahme eines abgeschirmten Coulomb-Wechselwirkungspotentials wurde der Wirkungsquerschnitt für den Impulstransfer numerisch berechnet. In Abb. 2-75 sind diese Querschnitte als Funktion des sogenannten Streuparameters β gezeigt, welches das Verhältnis des Coulombradius zur Abschirmlänge darstellt. Es kann

The momentum transfer between different charged components in complex plasmas has been investigated. A detailed model analysis of grain-electron, grain-ion, and grain-grain collisions was performed. Assuming a screened Coulomb interaction potential the momentum-transfer cross sections were calculated numerically. In Fig. 2-75 these cross sections are shown as functions of the so called scattering parameter β , which is the ratio of the Coulomb radius to the screening length. It can be shown to be the unique parameter describing the scattering of point-like parti-

gezeigt werden, dass dies der eindeutige Parameter zur Beschreibung der Streuung von punktförmigen Teilchen ist, die über das Yukawa-Potential miteinander wechselwirken. Für typische Parameter in komplexen Plasmen findet man die folgenden charakteristischen Werte für β bei unterschiedlichen Arten von Stößen: Für Elektron-Teilchen $\beta \leq 1$, für Ion-Teilchen $1 \leq \beta \leq 30$, und für Teilchen-Teilchen $\beta \gg 30$. Dieses wird in Abb. 2-75 durch die vertikalen gestrichelten Linien veranschaulicht.



Nur für Elektron-Teilchen-Stöße ist die Coulomb-Streutheorie anwendbar, aber für Ion-Teilchen- und Teilchen-Teilchen-Stöße sollten andere Näherungen verwendet werden. Zusätzlich sollte der Effekt der endlichen Staubkorngröße in Betracht gezogen werden. Basierend auf unseren numerischen Berechnungen wurden die dazu notwendigen Näherungen entwickelt, die Rolle der endlichen Korngröße wurde untersucht, und analytische Näherungswerte für den Wirkungsquerschnitt bei Impulstransfer wurden vorgeschlagen. Letztere wurden verwendet, um die charakteristische Impulstransferrate in komplexen Plasmen abzuschätzen. Dies erlaubte uns, einen beträchtlichen Fortschritt beim Verständnis über die grundlegenden Kräfte zu erzielen, die mit der Impulsübertragung zwischen unterschiedlichen komplexen Plasmakomponenten zusammenhängen (insbesondere die Ionenreibungskraft), sowie über den Effekt der Staubkörner bezüglich Elektronen- und Ionen-Transporteigenschaften. Die Impulsübertragung bei Teilchen-Teilchen-Stößen aber auch bei Teilchen-Hintergrund-Stößen (Neutralgas in schwach ionisierten Plasmen) bestimmt die statischen und dynamischen Eigenschaften von komplexen Plasmen. Angesichts dessen ist ein tieferer Einblick in die möglichen Zustände von komplexen Plasmen durch unsere Untersuchung der Teilchen-Teilchen-Stöße gewonnen worden. Dieses ist in Abb. 2-76 graphisch veranschaulicht, die ein Zustandsdiagramm von komplexen Plasmen zeigt, abhängig von der Art des Impulstransfers. Der Übergang zu einem schwach gekoppelten Plasma (gasförmige Phase) ist bestimmt durch die Bedingung, dass der charakteristi-

cles interacting via the Yukawa potential. For typical complex plasma parameters the characteristic value of β for different types of collisions are: For electron-grain $\beta \leq 1$, for ion-grain $1 \leq \beta \leq 30$, and for grain-grain $\beta \gg 30$. This is illustrated in Fig. 2-75 by the vertical dashed lines.

Abb. 2-75: Impulstransfer Wirkungsquerschnitt σ_s , normiert zur quadrierten Abschirmlänge, λ^2 , gegen den Streuparameter β für anziehendes (rot) und abstoßendes (blau) Yukawa-Wechselwirkungspotential. Kreuze kennzeichnen unsere numerischen Berechnungen. Die durchgezogene Linie zeigt das Resultat aus der Coulomb-Streutheorie. Die Ergebnisse sind für punktförmige Teilchen gültig. Das Diagramm ist in drei Bereiche von β aufgeteilt, welche typisch für unterschiedliche Arten von Stößen sind.

Fig. 2-75: Momentum transfer cross sections σ_s , normalized to the squared screening length, λ^2 , versus the scattering parameter β for attractive (red) and repulsive (blue) Yukawa interaction potential. Crosses denote our numerical calculations. The solid line shows the result of the Coulomb scattering theory. The results are for pointlike particles. The diagram is divided into three ranges of β , which are typical for different types of collisions.

Only for electron-grain collisions the Coulomb scattering theory is applicable, but for ion-grain and grain-grain collisions different approaches should be used. In addition, the effect of the finite dust grain size should be taken into account. Based on our numerical calculations the required approaches were developed, the role of the finite grain size was investigated, and analytical approximations for the momentum transfer cross sections were proposed. The latter were used to estimate the characteristic momentum-transfer rates in complex plasmas. This allowed us to achieve considerable progress in the understanding of the basic forces associated with the momentum transfer between different complex plasma components (especially, *ion drag force*), as well as of the effect of dust grains upon electron and ion transport properties. The momentum transfer in grain-grain collisions and its competition with that in grain-background (neutral gas, in weakly ionized plasmas) collisions governs both static and dynamic properties of complex plasmas. In this light, more insight into possible states of complex plasmas has been gained by our investigation of grain-grain collisions. This is illustrated graphically in Fig. 2-76, which shows a *phase diagram of complex plasmas* based on the type of momentum transfer. The transition to a weakly coupled plasma (gaseous phase), is determined from the condition that the characteristic range of particle interaction (in terms of the momentum transfer) is about the interparticle distance. Above this line the interaction is essentially collective and the system behaves like a fluid. Dashed lines indicate the transition to regions where the system is similar to a

sche Bereich der Partikelwechselwirkung (ausgedrückt als Impulstransfer) in etwa dem Teilchenabstand entspricht. Oberhalb dieser Linie ist die Wechselwirkung im Wesentlichen kollektiv und das System verhält sich wie eine Flüssigkeit. Gestrichelte Linien zeigen den Übergang zu den Regionen an, in denen das System einem granularen Medium ähnlich ist: Unterhalb der unteren Kurve ist die elektrostatische Abhängigkeit schwach und der Impulsaustausch erfolgt aufgrund von (sich berührenden) Teilchen-Teilchen-Stößen. Über der oberen gestrichelten Kurve verringert sich die stark abgeschirmte elektrostatische Wechselwirkung asymptotisch zum „Harte-Kugel“-Grenzfall mit einem Radius $\propto \lambda$, und bildet ein granulares Yukawa-Medium. Ein Vergleich des Impulstransfers für Teilchen-Teilchen- (γ_{pp}) und Teilchen-Hintergrund- (γ_{pn}) Wechselwirkung hat gezeigt, dass komplexe Plasmen hauptsächlich wie „Ein-Phasen Flüssigkeiten“ ($\gamma_{pp}/\gamma_{pn} \gg 1$), oder „teilchengeladene Zweiphasenflüssigkeiten“ ($\gamma_{pp}/\gamma_{pn} < 1$) wirken. In Abb. 2-77 haben wir dieses veranschaulicht, durch Auftragung der Konturen von konstanten Verhältnissen von γ_{pp}/γ_{pn} in einem (Γ_{ES}, α) Diagramm für typische Parameter in komplexen Plasmen. Hier besetzen Zweiphasenflüssigkeiten den Bereich um $\gamma_{pp}/\gamma_{pn} \sim 1$ und teilchengeladene Flüsse werden beobachtet wenn $\gamma_{pp}/\gamma_{pn} < 1$. In dem extremen Grenzfall von sehr kleinen γ_{pp}/γ_{pn} Werten haben wir lediglich Indikatorpartikel im Hintergrundmedium. Abb. 2-77 zeigt, dass weite Bereiche existieren, in denen komplexe Plasmen Eigenschaften der einphasigen Flüssigkeiten haben, und solche die Zweiphasenflüssigkeiten entsprechen. Unsere Entdeckungen deuten daraufhin, dass komplexe Plasmen als Modellsysteme benutzt werden können, um Prozesse wie den Übergang von kinetischer zur flüssigen (korrelierten) Strömung, zu Nanoflüssigkeiten, zu Nanohydrauliksystemen, usw. auf dem kinetischen Niveau untersuchen.

granular medium: Below the lower curve the electrostatic interaction is weak and the momentum exchange is due to direct (touching) grain-grain collisions. Above the upper dashed curve, the strongly screened electrostatic interaction reduces asymptotically to the hard sphere limit with radius $\propto \lambda$, forming a “Yukawa granular medium”. A comparison of the momentum transfer rates for grain-grain (γ_{pp}) and grain-background (γ_{pn}) interactions has shown that complex plasmas can be operated as essentially a “one-phase fluid” ($\gamma_{pp}/\gamma_{pn} \gg 1$), or as a “particle laden two-phase flow” ($\gamma_{pp}/\gamma_{pn} < 1$). In Fig. 2-77 we have illustrated this by plotting contours of constant ratios of γ_{pp}/γ_{pn} in a (Γ_{ES}, α) diagram for typical complex plasma parameters. Here two-phase flows occupy the regime around $\gamma_{pp}/\gamma_{pn} \sim 1$ and particle-laden flows are obtained when $\gamma_{pp}/\gamma_{pn} < 1$. In the extreme limit of very small γ_{pp}/γ_{pn} we merely have tracer particles in the background medium. Fig. 2-77 shows that broad regimes exist where complex plasmas have the properties of one-phase fluids, and those of two-phase fluids. Our findings imply that complex plasmas can be used as model systems to investigate processes such as transition from kinetic to fluid (correlated) flows, nanofluidics, nanohydraulics etc. with observations at the kinetic level.

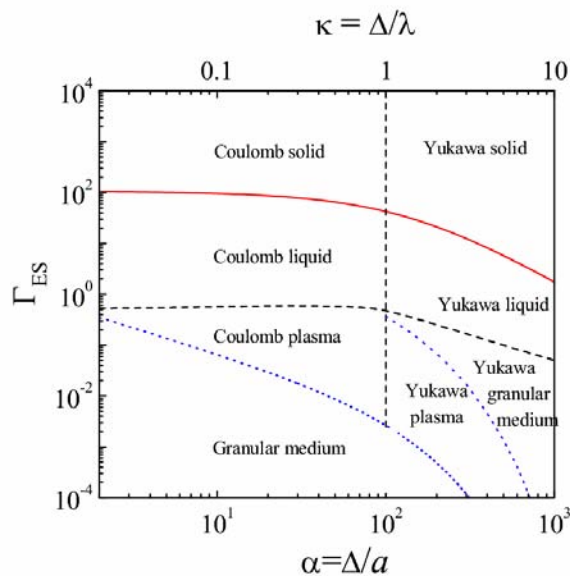


Abb. 2-76: Die Abbildung zeigt die elektrostatische Wechselwirkungsstärke Γ_{ES} (elektrostatische Potential/kinetische Energie) aufgetragen gegen den mittleren Teilchenabstand, normiert auf die Partikelgröße, $\alpha = \Delta/a$ und $\alpha/\lambda = 0.01$. Die vertikale Linie $\kappa \equiv \Delta/\lambda$ teilt das Diagramm in die schwach abgeschirmten (Coulomb) und stark abgeschirmten (Yukawa) Abschnitte. Die rote Linie kennzeichnet die Grenze zwischen kristallinen und flüssigen komplexen Plasmen (Schmelzlinie). Die schwarze Linie zeigt den Übergang zu einem schwach gekoppelten Plasma (gasförmige Phase).

Fig. 2-76: The figure shows the electrostatic interaction strength Γ_{ES} (electrostatic potential/kinetic energy) plotted against the mean particle separation normalized to the particle size, $\alpha = \Delta/a$ and $\alpha/\lambda = 0.01$. The vertical line $\kappa \equiv \Delta/\lambda$ divides the diagram into weakly screened (Coulomb) and strongly screened (Yukawa) parts. The red line marks the boundary between crystalline and liquid complex plasmas (melting line). The black line indicates the transition to a weakly coupled plasma (gaseous phase).

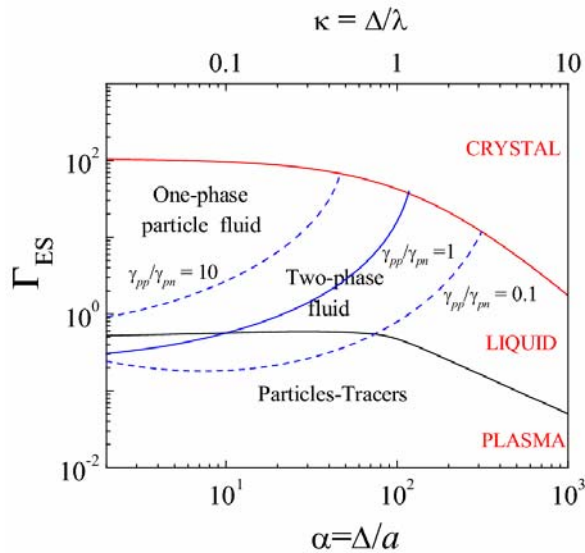


Abb. 2-77: Es sind typische Konturen gezeigt mit konstanten Verhältnissen von Impulsübertragungsraten bei Teilchen-Teilchen-Stößen zu Teilchen-Hintergrund-Wechselwirkungen. Die Werte $\gamma_{pp}/\gamma_{pn}=0.1, 1,$ und 10 sind in einem (Γ_{ES}, α) Diagramm für komplexe Plasmen und kolloidale Suspensionen dargestellt. Die Kurven, die den Phasenübergängen zwischen dem festen und dem flüssigen Zustand und dem flüssigen und dem Plasmazustand entsprechen, sind auch gezeigt (durchgezogene Kurven).

Fig. 2-77: Typical contours are shown of constant ratios of the momentum transfer rates in grain-grain collisions relative to grain-background interactions. The values $\gamma_{pp}/\gamma_{pn}=0.1, 1,$ and 10 are depicted in a (Γ_{ES}, α) diagram for complex plasmas and colloidal suspensions. Also shown in the figure are the lines corresponding to solid-liquid and liquid-plasma phase transitions (solid lines).

Schwach dissipative Staub-Ion-akustische Solitone / Weakly-dissipative dust-ion-acoustic solitons

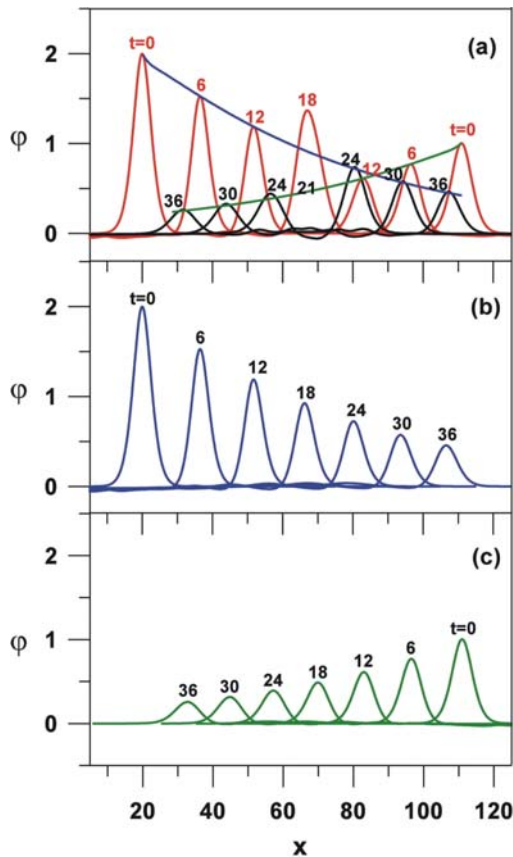


Abb. 2-78: Wechselwirkung von zwei schwach-dissipativen kompressiven Solitonen. In (a) zeigen wir die Abhängigkeit der Solitone, deren zeitliche Entwicklung (ohne Wechselwirkung) in (b) und in (c) gegeben ist. Rote und schwarze Linien entsprechen den Solitonprofilen vor beziehungsweise nach der Wechselwirkung zu $t=0, 6, 12, 18, 21, 24, 30, 36$ (die dimensionslose Zeit t ist normiert auf die inverse Ionenplasmafrequenz). Anfangs haben beide Störungen die Form von „konservativen“ Solitonlösungen. Blaue und grüne Kurven in (a) repräsentieren die Amplitudenentwicklung der einzelnen Solitone, die in (b) bzw. (c) gezeigt werden.

Fig. 2-78: Interaction of two weakly-dissipative compressive solitons. In (a) we show the interaction of the solitons whose temporal evolution (without interaction) is given in (b) and (c). Red and black lines correspond to the soliton profiles before and after the interaction, respectively, at $t=0, 6, 12, 18, 21, 24, 30, 36$ (the dimensionless time t is normalized to the inverse ion plasma frequency). Initially, both perturbations have the form of “conservative” soliton solutions. Blue and green curves in (a) represent the amplitude evolution of individual solitons shown in (b) and (c), respectively.

Die Möglichkeit für die Existenz von Staub-Ionen-akustischen (DIA) Solitonen wurde untersucht. Komprimierbare solitonähnliche Störungen der Ionendichte werden gedämpft und verlangsamt, hauptsächlich durch Absorption und Streuung an (bewegungslosen) Mikropartikeln. Wir haben die Entwicklung von solitonähnlichen DIA Störungen in komplexen Plasmen untersucht, unter Berücksichtigung von dissipativen Prozessen. Die Entwicklung der schwach-dissipativen Störungen tritt in folgender Weise auf: Die Störung ist gedämpft und ihre Geschwindigkeit (Mach-Zahl M) verringert sich monoton mit der Zeit und nähert sich

The possibility for the existence of dust ion-acoustic (DIA) solitons was investigated. Compressive soliton-like perturbations of ion density are damped and slowed down, mainly due to the absorption and scattering on (motionless) microparticles. We investigated the evolution of the soliton-like DIA perturbations in complex plasmas taking into account dissipation processes. The evolution of weakly-dissipative compressive perturbations occurs in the following manner: The perturbation is damped and its speed (Mach number M) decreases monotonically with time, approaching the DIA acoustic velocity ($M=1$). However, the form

der DIA akustischen Geschwindigkeit an ($M=1$). Jedoch ist die Form der sich entwickelnden Störung zu jeder Zeit durch die „konservative“ Solitonlösung für die momentane Mach-Zahl gegeben. Die Untersuchung der zwei DIA Störungen (Abb. 2-78) zeigt, dass nach der Wechselwirkung jede Störung ihre ursprünglichen Solitoneigenschaften beibehält. Diese Eigenschaften besitzen alle Solitone. Jedoch verringern sich die Gesamtenergie und der Gesamtimpuls monoton mit der Zeit, im Gegensatz zu den üblichen (nicht-dissipativen) Solitonen. Diese Berechnungen deuten die Möglichkeit der Existenz der sogenannten „schwach-dissipativen“ DIA komprimierbaren Solitone an. Die DIA Solitone stellen Potentialbarrieren für Elektronen dar. Berücksichtigt man dies, so kann man zeigen, dass die eingefangenen Elektronen die Eigenschaften solcher Solitone erheblich ändern können. Somit gibt es eine grundlegende Möglichkeit, die Rolle der eingefangenen Elektronen in der Solitonanordnung zu studieren, und die DIA Solitonmessungen können als Diagnosewerkzeug verwendet werden, um mikroskopische Eigenschaften der Elektronen zu erforschen.

of the evolving perturbation at any moment is given by the „conservative“ soliton solution for the momentary Mach number. The investigation of two DIA perturbations (Fig. 2-78) shows that after the interaction each perturbation retains its original soliton characteristics. This property is inherent to all solitons. However, in contrast to the usual (non-dissipative) solitons, the total energy and the total momentum decrease monotonically with time. These calculations show a possibility for the so-called „weakly-dissipative“ DIA compressive solitons to exist. The DIA solitons provide potential wells for electrons. Taking this into account one can show that the trapped electrons modify the properties of such solitons significantly. Hence, there is a principal possibility to study experimentally the role of trapped electrons in the soliton formation and the DIA soliton measurements can be used as a diagnostic tool to investigate microscopic properties of electrons.

Gekoppelte Staub-Gitter Solitone in Monolagen-Plasmakristallen / Coupled dust-lattice solitons in monolayer plasma crystals

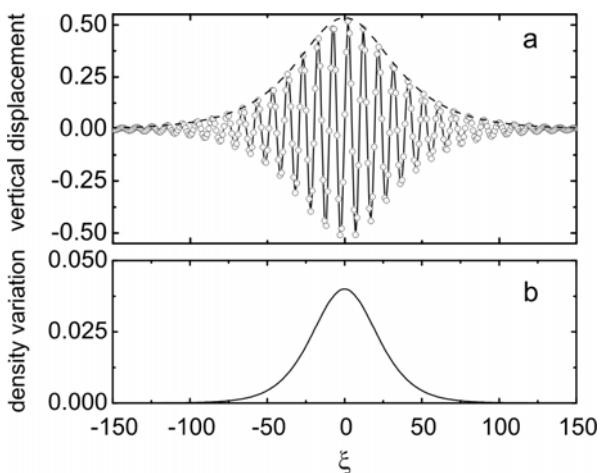


Abb. 2-79: (a) Verschiebung von Teilchen bei vertikalen Oszillationen gegen die horizontale Koordinate, wie aus Simulation erhalten (Punkte sind durch durchgezogene Kurve verbunden), und das theoretische Amplitudenprofil (gestrichelte Linie). (b) Durchschnittliche, in Simulationen erhaltene, Variation der Partikeldichte entlang der Kette. Sie stimmt mit der theoretischen Kurve auf $\sim 0.01\%$ überein.

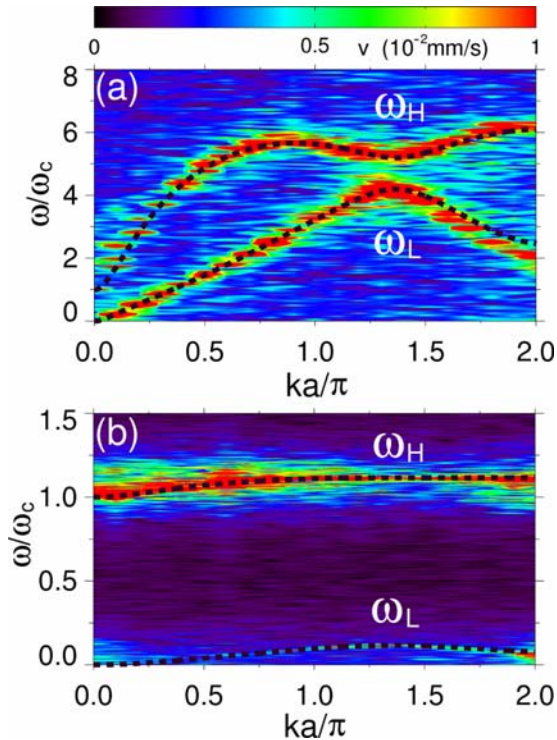
Fig. 2-79: (a) Displacements of particles in vertical oscillations versus the horizontal coordinate obtained in the simulation (dots connected by solid line) and the theoretical amplitude profile (dashed line). (b) Average variation of the particle density along the string obtained in the simulation. It coincides with the theoretical curve to an accuracy $\sim 0.01\%$.

Es wurden nichtlinear gekoppelte Staub-Gitter (DL) Wellen in Monolagen-Plasmakristallen theoretisch studiert. Dabei wurde gezeigt, dass transversale (vertikale) Oszillationen der Staubkörner lokalisierte Welleneinhüllende ausbilden können – Solitone gekoppelt mit „langsamen“ longitudinalen DL Störungen. Die Solitone entstehen durch gesättigte Modulationsinstabilitäten der gekoppelten DL Wellen: Man kann hochfrequente vertikale Oszillationen als Quasi-Teilchen-Oszillationen auffassen. Die Kraft, die auf die Oszillationen wirkt, beschleunigt diese in Regionen mit zunehmender Dichte. Ansammlung von Oszillationen in der Region mit höherer Dichte verursacht eine weitere Dichtezunahme und löst dementsprechend eine Modulationsinstabilität aus. Das theoretisch abgeleitete Solitonprofil wurde mit den Resultaten von molekular-dynamischen Simulationen für eine eindimensionale Partikelkette verglichen. Zu diesem Zweck haben wir die Bewegungsgleichungen für Teilchen, die über ein Yukawa-Potential miteinander wechsel-

Nonlinearly coupled dust-lattice (DL) waves in monolayer plasma crystals were studied theoretically. It is shown that the transverse (vertical) oscillations of dust grains can form localized wave envelopes – solitons coupled with „slow“ longitudinal DL perturbations. The solitons form due to saturated modulational instability of coupled DL waves: One can consider high-frequency vertical oscillations as quasi-particles – oscillatons. The force acting on oscillations accelerates them towards increasing density. Accumulation of oscillatons in the region with higher density causes further density increase and, hence, triggers a modulational instability. The theoretically derived soliton profile was compared with the results of molecular dynamic simulations in a one-dimensional particle string. For this purpose we solved the equations of motion for particles interacting via a Yukawa potential. Fig. 2-79 shows the profile of the transverse oscillations as well as the induced density variation along the string obtained in the simulations. The simulations

wirken, gelöst. Abb. 2-79 zeigt sowohl das aus den Simulationen erhaltene Profil von transversalen Oszillationen, als auch die induzierte Dichteveriation entlang der Teilchenkette. Die Simulationen zeigen, dass die abgeleitete Solitonlösung stabil ist.

Wellen-Dispersionsrelation eines Plasmakristalls in einem magnetischen Feld / Wave dispersion relation of a plasma crystal in a magnetic field



Mikroteilchen, die in eine Plasmaumgebung eingebracht werden, laden sich wegen der Ionen- und Elektronenbombardierung auf einen hohen negativen Wert auf. Resultierend aus der starken Coulomb-Wechselwirkung zwischen den Partikeln werden oft sogenannte Plasmakristalle gebildet. Diese Systeme zeigen eine Vielzahl von Wellenphänomenen, wie staubakustische Wellen, Staubscherwellen usw., die bislang nur teilweise untersucht worden sind. In dieser Studie wurde die Wellen-Dispersionsrelation in einem zweidimensionalen Plasmakristall mit Hilfe von theoretischen Analysen und molekular-dynamischer (MD) Simulationen analysiert, unter Einfluss eines magnetischen Feldes. Ein Ausdruck für die Wellen-Dispersionsrelation zeigt deutlich, dass die longitudinalen und transversalen Moden in einem Plasmakristall aufgrund der Lorentzkraft, die auf die Staubpartikeln wirkt, gekoppelt sind. Die Dispersionsrelation hat einen hochfrequenten Zweig ω_H und einen niederfrequenten Zweig ω_L . Der hochfrequente Zweig ω_H hat eine Grenzfrequenz bei der Staub-Zyklotron-Frequenz ω_c . Die Profile der Dispersionsrelationen, die aus der thermischen Partikelbewegung in zweidimensionalen MD-Simulationen erhalten wurden, sind in Übereinstimmung mit unseren theoretischen Vorhersagen, die durch die gestrichelten Linien für alle ω_c/ω_0 dargestellt sind, wobei ω_0 die Staubplasmafrequenz ist (Abb. 2-80).

show that the derived soliton solution is stable.

Abb. 2-80: Die Dispersionsrelation eines Plasmakristalls aus der thermischen Partikelbewegung in molekular dynamischen Simulationen bei (a) $\omega_c/\omega_0=0.52$ ($\omega_c/\omega_0 < 1$; ein schwach-magnetisierter Plasmakristall), $\Gamma=404$ (fester Zustand), $\kappa=1.0$, und (b) $\omega_c/\omega_0=5.25$ ($\omega_c/\omega_0 > 1$; ein stark-magnetisierter Plasmakristall), $\Gamma=276$ (fester Zustand), $\kappa=1.0$. Die gestrichelte Linie entspricht der Theorie.

Fig. 2-80: The dispersion relations of a plasma crystal from the thermal particle motion in molecular dynamics simulations at (a) $\omega_c/\omega_0=0.52$ ($\omega_c/\omega_0 < 1$; a weakly-magnetized plasma crystal), $\Gamma=404$ (solid state), $\kappa=1.0$, and (b) $\omega_c/\omega_0=5.25$ ($\omega_c/\omega_0 > 1$; a strongly-magnetized plasma crystal), $\Gamma=276$ (solid state), $\kappa=1.0$. The dashed line corresponds to the theory.

Microparticles that are introduced into a plasma environment charge up to a high negative value due to ion and electron bombardment. As a result of the strong Coulomb interaction between the particles often so-called "plasma crystals" are formed. These systems show a variety of wave phenomena like dust acoustic waves, dust shear waves, etc. that have been investigated only partially so far. In this study, the wave dispersion relation is analyzed in a two-dimensional plasma crystal under magnetic field influence using theoretical analysis and molecular dynamics (MD) simulation. An expression for the wave dispersion relation clearly shows that the longitudinal and the transverse modes in a plasma crystal are coupled due to the Lorentz force acting on dust particles. The dispersion relation has a high-frequency branch ω_H and a low-frequency branch ω_L , and the high-frequency branch ω_H has a cut-off at the dust cyclotron frequency ω_c . The profiles of the dispersion relations that were obtained from the thermal particle motion in two-dimensional MD simulations are in good agreement with our theoretical predictions described by the dashed lines for every ω_c/ω_0 , where ω_0 is the dust plasma frequency (Fig. 2-80).

**Polarisation von Wellenmoden in einem zwei-dimensionalen hexagonalen Gitter eines komplexen (staubigen) Plasmas /
Polarization of wave modes in a two-dimensional hexagonal lattice using a complex (dusty) plasma**

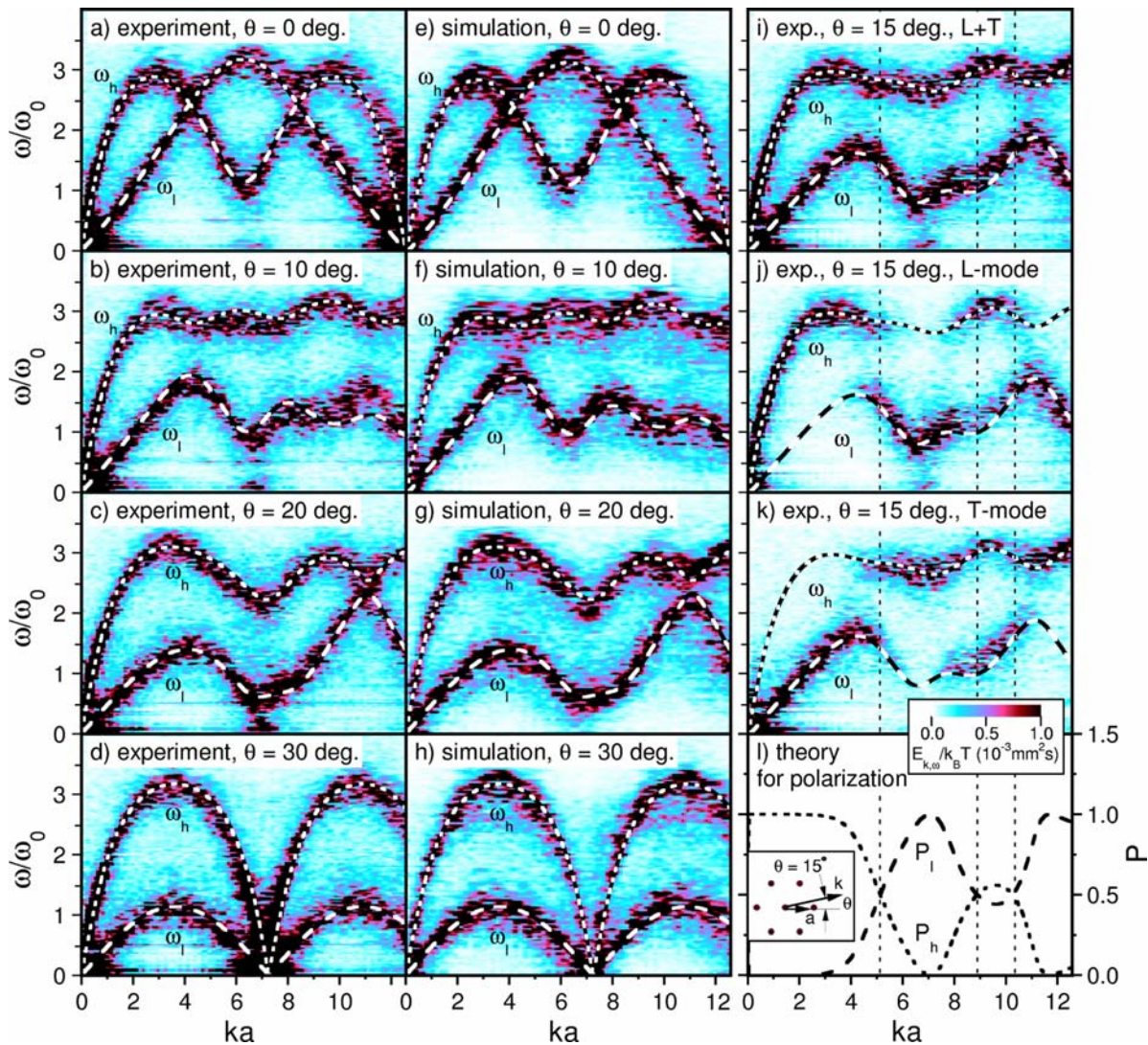


Abb. 2-81: Phononspektren von thermisch angeregten Wellen in der ersten und zweiten Brillouinzone bei unterschiedlichen Ausbreitungswinkeln, (a)-(d) Experiment und (e)-(h) Simulation. Die theoretischen Dispersionsrelationen sind überlagert: gepunktete und gestrichelte Linien.

Fig. 2-81: Phonon spectra of thermally excited waves in the first and second Brillouin zone at different angles of propagation, (a)-(d) experiment and (e)-(h) simulation. The theoretical dispersion relations are superimposed: dotted and dashed lines.

Die Wellenspektren (Phononen), die einer zufälligen Partikelbewegung in einem Monolagen-Yukawa-Kristall entsprechen, wurden für verschiedene Ausbreitungsrichtungen untersucht. Es wurde herausgefunden, dass es zwei Wellenmoden gibt mit einer Polarisation, die zwischen longitudinal und transversal variiert. Im Regime langer Wellenlängen werden die Moden vollständig longitudinal und transversal, wie bereits bekannt. Im kurzwelligen Wellenlängenregime jedoch hängen die Spektren und Polarisation stark von der Wellenlänge und der Ausbreitungsrichtung ab. (Abb. 2-81).

Wave spectra (phonons) corresponding to the random particle motion in a monolayer Yukawa crystal were studied for various directions of propagation. It was found that there are two wave modes with polarization alternating between longitudinal and transverse. In the long-wavelength regime, the modes become purely longitudinal and transverse, as was known before. In the short-wavelength regime, however, the spectra and polarization strongly depended on the wavelength and the direction of propagation. (Fig. 2-81).

[ANNARATONE, BRYANT, IVLEV, KHRAPAK, KONOPKA, MORFILL, NUNOMURA, POPEL, SAMSONOV, UCHIDA, YAROSCHENKO, ZHDANOV]

3 EXPERIMENTELLE ENTWICKLUNG UND PROJEKTE / EXPERIMENTAL DEVELOPMENT AND PROJECTS

3.1 PHYSIK DES ERDNAHEN WELTRAUMS / SPACE PHYSICS OF THE NEAR-EARTH ENVIRONMENT

In diesem Arbeitsbereich des Instituts untersuchen wir plasmaphysikalische Vorgänge im Sonnensystem. Für diese Untersuchungen werden Experimente eingesetzt, die das Studium solcher Vorgänge in-situ gestatten, vor allem in der Magnetosphäre der Erde und im interplanetaren Raum.

Die *Cluster* Mission ist, zusammen mit *SOHO*, der erste „Cornerstone“ des wissenschaftlichen Programms „Horizon 2000“ der ESA. Die Aufgabe von Cluster ist die Untersuchung von Prozessen an Plasma-Grenzschichten in der Magnetosphäre der Erde. Mit insgesamt vier Satelliten mit identischer Instrumentierung, die in einer variablen Tetraeder-Konfiguration fliegen, ist es zum ersten Mal möglich, dreidimensionale Strukturen und deren zeitliche Variation zu untersuchen und räumliche und zeitliche Variationen zu unterscheiden (s.a. Abschnitt 2.1.1).

Das MPE ist an zwei Instrumenten der wissenschaftlichen Nutzlast von Cluster wesentlich beteiligt, und zwar beim Elektronendrift-Instrument EDI und beim Cluster-Ionen-Spektrometer CIS. EDI misst die Konvektionsgeschwindigkeit des Plasmas, indem es zwei Elektronenstrahlen niedriger Intensität mit einer Energie von 1 keV in das umgebende Medium so injiziert, dass sie nach einer oder mehreren Gyrationen im Magnetfeld zum Satelliten zurückkehren. Zur Steuerung des Instrumentes wurde Software entwickelt, die die Informationen in einer Regelschleife weitgehend autonom verarbeitet. Wegen der Neuartigkeit der Technik und der Komplexität der Software werden die, während der Betriebsphase der Mission gewonnenen, Erkenntnisse genutzt, um zusätzlich zu präziseren Kalibrierungen immer wieder Verbesserungen in den Softwarealgorithmen vorzunehmen. Weitere Änderungen betreffen eine verbesserte Ausnutzung der Telemetrie nach dem Ausfall einer Elektronenkanone, sowie die Fähigkeit, anomale Betriebszustände zu erkennen und durch Abschalten von Hochspannungen und anschließendes Neukonfigurieren zu beheben, ohne dass ein manueller Eingriff vom Boden aus notwendig wäre.

CIS besteht aus zwei Sensoren, *CODIF* (Composition and Distribution Function Analyser, CIS-1) und *HIA* (Hot Ion Analyser, CIS-2). Aufgabe von CIS ist die Bestimmung der Verteilungsfunktion der häufigsten Ionen (H^+ , He^{2+} , He^+ , O^+) im erdnahen Weltraum (s.a. Jahresbericht 2002).

Im Juni und Juli dieses Jahres wurde das 4. Manöver zur Änderung der Konfiguration der Cluster-Flotte erfolgreich durchgeführt. Der Abstand der Satelliten

In this branch of the institute we are investigating plasma physical processes inside the solar system. For these studies, we develop scientific instruments for the in-situ investigation of these processes, for example in the magnetosphere of the Earth and in interplanetary space.

The *Cluster* mission, together with *SOHO*, is the first “cornerstone” of ESA's scientific program “Horizon 2000”. The prime purpose of Cluster is the identification and detailed study of the space-time structure of the processes in plasma boundaries. The four Cluster spacecraft with identical instrumentation fly in a tetrahedral formation when crossing regions of interest. This enables scientists for the first time to study three-dimensional and time-varying phenomena and makes it possible to distinguish between spatial and temporal variations (s.a. section 2.1.1).

MPE has been heavily involved in two instruments of the science payload: the *Electron-Drift Instrument*, *EDI*, and the *Cluster Ion Spectrometer*, *CIS*. EDI measures the plasma drift resulting from electric fields. The EDI technique is based on injecting two weak beams of 1-keV electrons into the plasma and measuring the returning electrons after one or several gyrations. The complex nature of EDI operations and data processing requires sophisticated on-board software for autonomous operation. Because of the novel technique and the complexity of the software, the data obtained during operation are continuously used for improving both, the calibration and the algorithms of the on-board software. Other changes implemented this year involved optimization of the telemetry after one electron gun failed, and the autonomous detection of anomalous operational conditions. It was also important to implement an autonomous recovery from anomalous operational conditions by switching off the high voltages, followed by a subsequent reconfiguration, without manual interference from the ground.

CIS consists of two sensors, *CODIF* (Composition and Distribution Function Analyser, CIS-1) and *HIA* (Hot Ion Analyser, CIS-2). The scientific objective of CIS is the determination of the distribution function of the most abundant ions (H^+ , He^{2+} , He^+ , O^+) in the near-Earth plasma environment (s.a. Annual Report 2002).

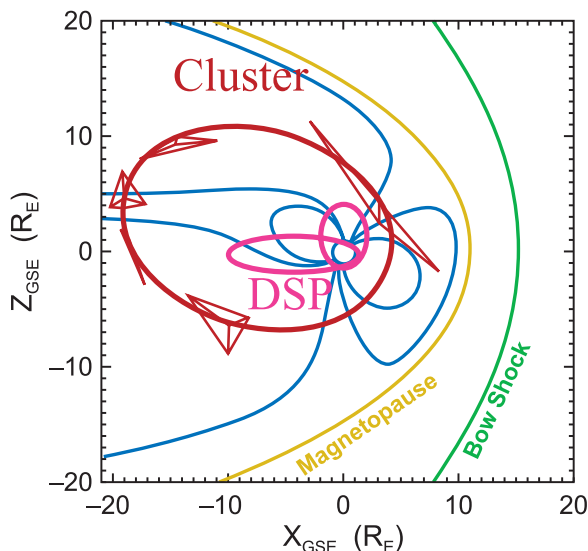
In June and July of this year, the 4th spacecraft constellation manoeuvres were successfully completed. The separation distance between the spacecrafts was

war danach 200 km und erlaubte die Untersuchung kleinskaliger Strukturen und die Messung von Strömen im Schweif der Erdmagnetosphäre. Nach der Inbetriebnahme einer weiteren Bodenstation im Jahre 2002 konnte die Datenüberdeckung auf durchschnittlich 99% gesteigert werden, was nun eine kontinuierliche Beobachtung während des gesamten Cluster Orbits gestattet.

Mit der Mission Double Star wird die Cluster Flotte in naher Zukunft um 2 weitere Satelliten erweitert. Nur 2.5 Jahre nach der Unterzeichnung eines Kooperationsvertrages zwischen ESA und CNSA (Chinese National Space Administration) werden beide Satelliten Ende 2003 und Mitte 2004 fertiggestellt sein. Wie der Name vermuten lässt, wird Double Star aus 2 Satelliten bestehen, die beide von der chinesischen Weltraumagentur (CNSA) entwickelt, gebaut und betrieben werden. Ein Satellit wird in einer polaren Umlaufbahn (700 x 39000 km), der andere in einer äquatornahen Bahn (500 x 67000 km) fliegen. Es ist geplant, die Bahnen mit den 4 Cluster Satelliten zu synchronisieren, damit alle 6 Satelliten zur gleichen Zeit das gleiche Gebiet des erdnahen Weltraums abdecken. Dadurch werden koordinierte Messungen in der Magnetosphäre mit Double Star und Cluster möglich, z.B. gleichzeitige Messungen im Schweif der Magnetosphäre (Abb. 3-1). Der polare Satellit wurde am 29. Dezember erfolgreich in Xichuan gestartet, der Start des äquatornahen Satelliten ist für Juni 2004 geplant.

Die Nutzlast von Double Star besteht aus je 8 Experimenten aus Europa und aus China. Sieben der 8 europäischen Experimente sind identisch zur Cluster Instrumentierung, z.B. das Experiment *HIA* (*Hot Ion Analyzer*), das Teil des *CIS* (*Cluster Ion Spectrometer*) Experimentes ist (s. oben).

Tail crossings



In diesem Jahr wurde mit den Vorbereitungen für das *CLUSTER-Archiv* begonnen. Dieses Langzeit-Archiv wird von ESA im Rahmen des *International Living with a Star (ILWS)* Programms finanziert und soll in den Jahren 2004 bis 2007 aufgebaut werden. Ziel ist

then 200 km to investigate structures on small scales and to measure the electric current in the magnetotail. After the installation of another ground station in 2002, the data return is now up to 99%, providing continuous coverage over the Cluster orbit.

With the Double Star mission the Cluster fleet will be complemented in the near future by 2 more spacecrafts. Only 2.5 years after the agreement between ESA and the Chinese National Space Administration (CNSA) to develop a joint mission named *Double Star*, both satellites will be completed at the end of 2003 and mid 2004, respectively. As its name suggests, Double Star involves two satellites - each designed, developed, launched, and operated by the Chinese National Space Administration (CNSA). One of these satellites will fly in a polar orbit (700 x 39000 km) and the other close to Earth's equator (500 x 67000 km). It is planned to synchronise these orbits with those of ESA's four Cluster satellites. Then all six spacecraft are studying the same region of near-Earth space at the same time. Double Star and Cluster will provide co-ordinated measurements in the magnetosphere, for example a joint exploration of the tail region (Fig. 3-1). The polar spacecraft was successfully launched on December 29, 2003 at Xichuan, the launch of the equatorial spacecraft is planned for June 2004.

The Double Star payload includes eight European instruments and eight Chinese instruments. Seven of the eight European instruments are identical to the ones on Cluster, including *HIA* (*Hot Ion Analyzer*), that is part of the *CIS* (*Cluster Ion Spectrometer*) experiment onboard Cluster (see above).

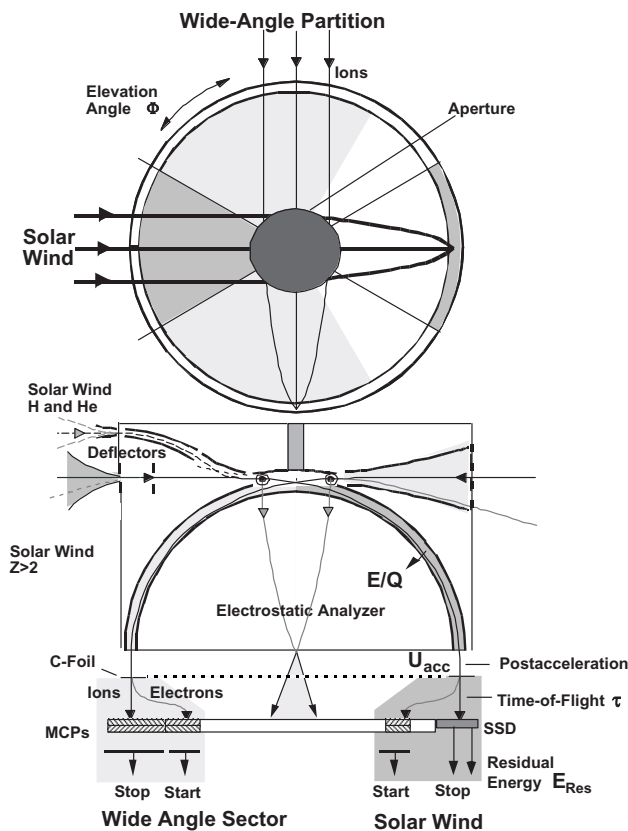
Abb. 3-1: Umlaufbahnen der 4 CLUSTER Satelliten und der beiden Satelliten der Double Star Mission. Es ist geplant, die Umlaufbahnen der Double Star Satelliten mit Cluster zu synchronisieren, um koordinierte Messungen im gleichen Gebiet der Magnetosphäre zu ermöglichen.

Fig. 3-1: Orbit of the 4 Cluster spacecraft and of the 2 satellites of the Double Star mission. It is planned to synchronise the Double Star orbit with Cluster so that co-ordinated measurements of all 6 spacecraft in the same region of the magnetosphere will be possible.

This year we started with the preparations for the *Cluster-Archive*. This long-term archive will be supported by ESA in the framework of the *International Living with a Star (ILWS)* program and will be implemented in the years 2004 to 2007. The purpose of the

es, alle relevanten Cluster Daten, insbesondere zur Untersuchung von Sonne-Erde Wechselwirkungen, einer möglichst großen internationalen wissenschaftlichen Gemeinde zur Verfügung zu stellen.

Das *German Cluster Science Data Center (GCDC)* am MPE ist eines der acht europäischen Datenzentren des *Cluster Science Data Systems (CSDS)*. Das GCDC verarbeitet die wissenschaftlichen Daten für die beiden in Deutschland beheimateten Instrumente, *RAPID (Research with Adaptive Particle Imaging Detectors)* des MPAe und EDI unseres Instituts. Die resultierenden Datensätze werden mit den anderen Datenzentren ausgetauscht, so dass jedes der Zentren im Besitz der Daten aller Cluster Instrumente ist. Diese Daten können dann von allen an der Cluster Mission beteiligten Wissenschaftlern in Deutschland über ein Internet-Interface abgerufen werden. Zur Zeit verzeichnet das GCDC durchschnittlich 1500 Zugriffe pro Monat mit einem Datentransfer von insgesamt 1 GByte. Darüber hinaus erzeugt das GCDC Übersichtsplots der Daten aller Cluster Instrumente, die an die anderen Zentren verteilt werden.



Das Experiment *PLASTIC (Plasma und Supra-Thermal Ion Composition)* ist der primäre Sensor für die Untersuchung des solaren Windes und suprathermischer Ionen bei der Mission *STEREO (Solar Terrestrial Relations Observatory)*. Der *PLASTIC* Sensor basiert auf dem *CIS-CODIF* Sensor auf Cluster, erweitert durch Halbleiterdetektoren zur Bestimmung der Energie der Ionen (Abb. 3-2). Diese zusätzliche Messgröße erlaubt die Bestimmung von Masse und Ionenladung, und damit die Messung einzelner Ladungszustände von schweren Ionen im Massenbereich C bis Fe. Außerdem wurde der Energiebereich bis 100

Cluster Archive is, to make all relevant Cluster data available for a large international scientific community, in particular data relevant for the study of sun-earth connections.

The *German Cluster Science Data Centre (GCDC)* located at MPE is one of the 8 National Data Centres building the *Cluster Science Data System (CSDS)*. The GCDC is responsible for processing of the scientific data for the German instruments, *RAPID (Research with Adaptive Particle Imaging Detectors)* from the MPAe and EDI from our institute. The resulting datasets are distributed among the various data centres such that each centre is in possession of the data from all Cluster instruments. The data can then be retrieved via a web-based interface from any scientist working in Germany and participating in the Cluster data analysis. Presently, there are, on average, about 1500 requests to the GCDC per month with a total transfer amount of about 1 GByte. The GCDC is also responsible for the production of survey plots of all Cluster instrument data that are distributed to the other data centres.

Abb. 3-2: Schematische Ansicht des *PLASTIC* Sensors für *STEREO*. Die Abbildung illustriert die Messtechnik. Mit dem elektrostatischen Analysator wird E/Q , mit der Flugzeitstrecke die Geschwindigkeit der Ionen ermittelt. Dieser Teil („Wide Angle Sector“) ist sehr ähnlich dem *CODIF* Sensor auf Cluster (s.a. Jahresbericht 2001). Im Solar Wind Sektor wird mit Halbleiterdetektoren zusätzlich die Energie der Ionen gemessen. Dies ermöglicht die Bestimmung von Masse und Ladung der Ionen im Sonnenwind und von suprathermischen Teilchen bis 100 keV/e.

Fig. 3-2: Schematic view of the *PLASTIC* sensor onboard *STEREO*. The schematic illustrates the measurement technique, using an electrostatic analyzer for E/Q determination and a time-of-flight section to determine the velocity. This section (the Wide Angle Sector) is very similar to the *CODIF* sensor onboard Cluster. The additional measurement of the ions' energy by solid state detectors in the Solar Wind section allows the determination of mass and ionic charge from solar wind energies up to ~ 100 keV/e.

The Plasma and Supra-Thermal Ion Composition (*PLASTIC*) experiment is the primary sensor on the Solar Terrestrial Relations Observatory (*STEREO*) for studying the Solar Wind and suprathermal particles. *PLASTIC* is based on the design of the *CIS-CODIF* sensor onboard Cluster. However, it includes in the Solar Wind section of the instrument also an energy measurement of the ions by solid state detectors (Fig. 3-2). This additional measurement allows the determination of mass and ionic charge to resolve individual ionic charge states of heavy ions in the solar wind for the mass range C to Fe. The energy range is

keV/e erweitert, um auch den Bereich suprathermischer Ionen, die an der Sonne oder im interplanetaren Raum beschleunigt werden, abzudecken. In diesem Jahr wurde die Flugzeitelektronik für die Flugmodelle zur Integration in die Sensoren an die University of New Hampshire ausgeliefert. Der Start von STEREO ist für Februar 2006 geplant.

Seit einigen Jahren ist das MPE auch an Experimenten zur Untersuchung der Wechselwirkung des Sonnenwindes mit planetaren und kleinen Körpern des Sonnensystems, sowie der Konstitution dieser Körper selbst, beteiligt. Hierbei stehen zur Zeit die Aktivitäten bei der *Rosetta-Mission* der ESA im Vordergrund. Durch Probleme mit der Ariane 5 Rakete wurde der Start auf 26. Februar 2004 verschoben. Das neue Ziel ist der Komet 67P / Churyumov-Gerasimenko.

COSIMA, das Analysegerät für kometaren Staub an Bord von Rosetta, bedurfte nach der Startverschiebung der Wartung seiner Flüssigmetall-Ionenerzeuger. Diese technisch einfache aber sehr verantwortungsvolle Operation wurde im Sommer von einer Gruppe von Wissenschaftlern und Technikern in Kourou erfolgreich erledigt. Fast alle am Projekt beteiligten Gruppen waren vor Ort. Zwischenzeitlich geht das *COSIMA* Referenzmodell, das zur Überprüfung der Telecommandos, zum Erhalt des Wissens über *COSIMA* und zur Weiterentwicklung der Flugsoftware benutzt wird, der Vollendung entgegen.

Das MPE ist ebenfalls an *RoLand*, dem Landemodul der Rosetta Mission beteiligt (s.a. Jahresbericht 2002). Nach der Startverschiebung mussten die vom MPE entwickelten Harpunen wegen der eingebauten pyrotechnischen Gasgeneratoren aus Sicherheitsgründen wieder ausgebaut werden. Re-Integration ist nun für Januar 2004 geplant.

Im Zuge von Umstrukturierungsmaßnahmen am MPE wurden die Rosetta Aktivitäten im Laufe des Jahres 2003 an das Max-Planck-Institut für Aeronomie (MPAe) verlegt und werden dort weitergeführt.

Das Projekt Cluster (EDI, CIS) wurde unterstützt von der ESA (1501073-2499). Die folgenden Projekte wurden von dem DLR unterstützt: Cluster: GCDS (50.OC.0104), EDI (50.OC.0001), CIS (550.OC.0102), Rosetta (50.QP.9701 und 50.QP.9706).

also extended to 100 keV/e, to cover suprathermal ions accelerated at the Sun and in interplanetary space. This year, the time-of-flight electronics for the 2 flight models have been delivered to the University of New Hampshire for integration and unit test. The launch of the 2 STEREO spacecrafts is presently planned for February 2006.

Since several years the MPE is also involved in experiments to study the interaction of the solar wind with planetary and small bodies of the Solar System, and of the constitution of these bodies itself. In this context the activities related to the *Rosetta* mission of ESA are presently of prime interest. Because of problems with the Ariane 5 rocket, the Rosetta launch was delayed to 26 February 2004. The new target is the comet 67P / Churyumov-Gerasimenko.

Due to the launch delay, *COSIMA*, the time-of-flight secondary ion mass spectrometer for the analysis of cometary dust for the Rosetta mission needed maintenance for the liquid metal ion emitters. A team of scientists and technicians in Kourou has successfully completed this technically simple operation, which, however, requires a lot of responsibility. Almost all groups involved in *COSIMA* were present. Meanwhile the *COSIMA* reference model, to be used for telecommand verification, for knowledge preservation and for improvements of the flight software, nears completion.

MPE is also involved in *RoLand*, the lander of the Rosetta mission (s.a. Annual Report 2002). Because of the pyrotechnical gas generators involved, the harpoons had to be dismounted after the launch delay for safety reasons. Re-integration is planned for January 2004.

In the course of some restructuring measures at MPE, all Rosetta related activities are being transferred this year to the Max-Planck-Institut für Aeronomie (MPAe) and will be continued there.

The project Cluster (EDI, CIS) has been supported by ESA (1501073-2499). The following projects have been supported by DLR: Cluster: GCDS (50.OC.0104), EDI (50.OC.0001), CIS (50.OC.0102), Rosetta (50.QP.9701 and 50.QP.9706).

3.2 INFRAROT/SUBMILLIMETER ASTRONOMIE / INFRARED/SUBMILLIMETER ASTRONOMY

Die ersten Beobachtungen mit unserem feldabbildenden Nahinfrarotspektrometer SPIFFI als Gastinstrument am Very Large Telescope (VLT) der ESO sind ein weiterer großer Schritt in unserem Instrumentierungsprogramm für 8m-Teleskope. Das große Potential hochauflösender, empfindlicher Nahinfrarotbeobachtungen wird in den spektakulären Beobachtungen des Zentrums unserer Milchstraße mit SPIFFI und NACO, und in dynamischen Studien naher und ferner Galaxien klar. Nächste Schritte unseres Instrumentierungsprogramms im nahen Infrarot sind 2004 die Inbetriebnahme der Kombination SINFONI von SPIFFI mit einer adaptiven Optik, sowie unseres PARSEC Lasers für den VLT Laserleitstern. Unser Instrumentierungsprogramm im fernen Infrarot ist das zweite Element in unserem Ansatz einige wissenschaftliche Schlüsselfragen, zum Beispiel in Bezug zur Galaxienentstehung, über einen weiten Bereich von Wellenlängen, spektralen und räumlichen Auflösungen zu untersuchen. Die großen Projekte sind hier PACS für das Herschel Space Observatory und FIFI-LS für das SOFIA Flugzeugobservatorium.



Anfang 2003 ging unser abbildendes Nahinfrarotspektrometer SPIFFI erstmals am Großteleskop VLT der ESO in Chile in Betrieb (Abb. 3-3). SPIFFI ermöglicht abbildende Spektroskopie eines zusammenhängenden, zweidimensionalen Bereichs von 32 x 32 Bildelementen im Wellenlängenbereich von 1.1-2.45 μm bei einer spektralen Auflösung von 1300-3500. Das Ergebnis ist ein simultaner Datenkubus mit zwei räumlichen und einer spektralen Dimension.

The first observations of our near-infrared integral field spectrometer SPIFFI as a guest instrument at ESO's Very Large Telescope (VLT) mark another significant step in our instrumentation program for 8m class telescopes. The great potential of high resolution, sensitive near-infrared observations is evident in the spectacular observations of the centre of our Galaxy with SPIFFI and NACO, as well as in dynamical studies of nearby and distant galaxies. The next steps in our near-infrared instrumentation program will be the 2004 commissioning of the SINFONI combination of SPIFFI with an adaptive optics system, as well as of our PARSEC laser for the VLT laser guide star facility. Our far-infrared instrumentation program is the second element in our approach to tackle a number of key scientific questions, for example related to the evolution of galaxies, over a wide range of wavelengths and spectral and spatial resolving powers. The major developments here are PACS for the Herschel Space Observatory, and FIFI-LS for the SOFIA airborne telescope.

Abb. 3-3: Das feldabbildende Nahinfrarotspektrometer SPIFFI als Gastinstrument am Cassegrainfokus des Very Large Telescope der ESO (Frühjahr 2003).

Fig. 3-3: The near-infrared integral field spectrometer SPIFFI operating as a guest instrument at the Cassegrain focus of ESO's Very Large Telescope (Spring 2003).

In the beginning of 2003, our near-infrared integral field spectrometer SPIFFI has seen first light at the ESO Very Large Telescope (VLT) in Chile (Fig. 3-3). SPIFFI offers imaging spectroscopy of a contiguous, two-dimensional field of 32x32 spatial pixels in the 1.1-2.45 μm wavelength range and a spectral resolving power of 1300-3500. As a result, the instrument delivers a simultaneous data-cube with two spatial dimensions and one spectral dimension. SPIFFI is the suc-

SPIFFI ist der Nachfolger des abbildenden Spektrometers 3D, des weltweit ersten Infrarotinstruments dieser Art, das Anfang der 90er Jahre am MPE entwickelt wurde. Mit der Einführung der neuen Generation von Detektoren mit 1024^2 Bildelementen Mitte der 90er Jahre wurde dann mit der Entwicklung von SPIFFI begonnen, das eine Größenordnung mehr räumliche und spektrale Kanäle als 3D bietet, und 20 bis 50 mal empfindlicher für Punktquellen ist. Das ganze Instrument wird in einem Badkryostaten mit flüssigem Stickstoff auf -190°C gekühlt.

Nach den abschließenden Tests im Dezember 2002 kam das Instrument am 9. Januar 2003 am Paranal-Observatorium an. Die Inbetriebnahme am Teleskop erfolgte in den Nächten vom 8. bis 13. Februar. Dank der sorgfältigen Konstruktion erschien das erste Objekt sofort, nur wenige Bogensekunden entfernt von der Gesichtsfeldmitte von SPIFFI. Die schärfsten Aufnahmen während der anschließenden Beobachtungen im März und April hatten eine Halbwertsbreite von nur 0.25 Bogensekunden. Mehr als 30% aller Photonen, die am Teleskop eintreffen, werden letztendlich auch detektiert. Mit dieser Lichtausbeute lässt SPIFFI seine Herausforderer weit hinter sich. SPIFFI lässt sich einfach bedienen und erfordert kein Expertenwissen über abbildende Spektroskopie. Dem Astronomen wird bereits während der Beobachtung ein rekonstruiertes Bild zur Verfügung gestellt. Da die Rohdaten eines abbildenden Spektrometers diverse Besonderheiten aufweisen, gibt es eine spezielle Datenreduktionssoftware für SPIFFI. Das Programmpaket hält alle Hilfsmittel für die Kalibration und Reduktion der SPIFFI Daten bereit, einschließlich Wellenlängenkalibration und Bildrekonstruktion. Nach 20 sehr erfolgreichen Beobachtungsnächten im März und April wurde SPIFFI dann zurück nach Deutschland transportiert, um es hier mit einer adaptiven Optik auszurüsten, die bei der ESO entwickelt wurde, und zusätzlich beugungsbegrenzte Beobachtungen ermöglicht.

Unser *PARSEC* Laser wird 2004 am VLT UT4 als Teil der Laserleitsterneinrichtung installiert werden. Er erzeugt einen stabilen leistungsstarken Laserstrahl, der in die Natriumschicht in der Mesosphäre projiziert wird. Dieser künstliche Leitstern wird den Instrumenten SINFONI und NACO mit adaptiver Optik sehr hohe räumliche Auflösung, selbst auf schwachen Zielen erlauben. Im letzten Jahr wurden alle Hauptkomponenten in das Lasersystem integriert. Erste Tests mit dem endgültigen Verstärker bestätigten die Vorhersage, dass eine Ausgangsleistung von 20 W erreicht werden kann, allerdings mit typischeren Werten um 15 W. Da im Normalbetrieb am Paranal nur 10-12 W benötigt werden, entsteht eine Reserve für verlässlichen Observatoriumsbetrieb. Um die Systemstabilität zu verbessern, haben wir die Phasenkopplung im Verstärker geändert. Sie ist jetzt wesentlich einfacher und robuster und benutzt nur den Referenzstrahl in der Natriumlinie um die Resonanzfrequenz des Hohlraums anzupassen. Bei der Suche nach der richtigen Einstellung läuft der Regelkreis langsam um den Rauschabstand zu maximieren. Wenn gekoppelt, läuft der Re-

cessor to the MPE integral field spectrometer 3D, the world's first infrared integral field spectrometer developed in the early 1990s. When the new generation of 1024^2 pixels, near-infrared detectors became available in the mid-1990's, we started the development of SPIFFI, for an order of magnitude increase in the number of spatial and spectral elements over 3D, and a factor of 20 to 50 improvement in point source sensitivity. The entire instrument is cooled in a bath cryostat with liquid nitrogen to the temperature of -190°C .

After its final tests at MPE in Garching in December 2002, the instrument arrived on the Paranal Observatory on 9 January 2003. During the nights from February 8 through 13, SPIFFI was commissioned. Thanks to the careful design of the instrument, the first target appeared immediately within a few arcseconds of the SPIFFI field centre. The best images, taken during science operation in March and April, had a full width at half maximum of only 0.25 arcsec. More than 30% of all photons arriving at the telescope are eventually detected. With this overall efficiency, SPIFFI significantly outperforms competing integral field spectrometers. SPIFFI's operation is straightforward, and requires no in-depth knowledge of integral field spectroscopy. A quick-look image reconstruction allows the instantaneous display of the reconstructed image during acquisition and observing. Because of the various peculiarities of the raw data from integral field spectroscopy, SPIFFI has its own data reduction software. This package provides all tools for the calibration and reduction of SPIFFI data, including wavelength calibration and image reconstruction. After 20 nights of very successful observations, SPIFFI was shipped back to Germany for the integration with an adaptive optics developed at ESO. This will then also allow diffraction limited observations starting 2004.

PARSEC is our laser which will be installed on the VLT UT4 in 2004 as part of the Laser Guide Star Facility. It provides a stable high power laser beam which will be projected into the mesospheric sodium layer. This artificial guide star will allow the adaptive optics instruments NACO and SINFONI to achieve very high spatial resolution even on faint targets. Over the past year all the major components have been assembled and integrated into the laser system. Initial tests with the final amplifier confirmed the predictions that an output power of 20 W can be achieved, however with more typically values around 15 W. Since only 10-12 W are needed during normal operation at Paranal, a reserve, leading to more reliable performance at the observatory is available. In order to optimise the stability of the system, we have redesigned the phase locking scheme for the amplifier. It is now much simpler and more robust than before, using only the injected sodium line beam to adjust the resonance frequency of the cavity. When searching for the right setting, the control loop runs slowly to maximise the signal to noise; when locked, the loop runs fast to

gelkreis schnell um Längenänderungen des Hohlraums zu minimieren.

Die Softwareentwicklung war sehr erfolgreich, ein bemerkenswerter Grad von Autonomie und Fernbedienung konnte erzielt werden. Die Startsequenz für den Referenzlaser enthält jetzt sowohl die Leistungsregelung durch Anpassung der Ausrichtung der Hohlraumspiegel bis zum Erreichen der maximalen Ausgangsleistung, als auch die Frequenzsuche bis zum Erreichen und Kopplung an die Natriumlinie. Dadurch ist es jetzt möglich den Laser durch Fernbedienung mit wenigen Ja/Nein-Entscheidungen zu starten. Wir arbeiten derzeit an der Einbeziehung des Verstärkers. Dieser hohe Grad der Fernbedienung wird den Betrieb des Lasers nach der Installation auf dem Paranal sehr vereinfachen.

Das *Large Binocular Telescope (LBT)* auf Mt. Graham in Arizona ist ein Teleskop mit zwei 8.4-Meter Hauptspiegeln an dem fünf deutsche Institute, darunter MPE, mit 25% beteiligt sind. Mit der Lieferung des letzten Satzes Hardpoints für die Hauptspiegel wurde der MPE Beitrag zum Teleskop abgeschlossen. Die Teleskop-Montierung wurde in diesem Jahr auf dem Berg installiert und der erste Hauptspiegel geliefert. Damit sind wesentliche Voraussetzungen dafür gegeben, dass das Teleskop Mitte 2004 erstes Licht sieht.

LUCIFER kombiniert Nahinfrarotkamera und Spektrograph im Bereich von 1 bis 2.5 μm , für beugungs- und seeing-begrenzte Beobachtungen am LBT. Das Instrument wird von einem deutschen Konsortium unter Führung der Landessternwarte Heidelberg gebaut. In diesem Jahr haben wir die Konstruktionsphase des Instruments abgeschlossen und mit dem Bau der Komponenten begonnen. Am MPE wurden wesentliche Komponenten der Multi-Objekt-Einheit (MOS-Einheit) gebaut und mit der System-Integration begonnen. Der für Tests erforderliche Kryostat wurde von einer Firma in Zusammenarbeit mit dem MPE konstruiert und gebaut. Eine erste Version der Steuer Elektronik für die MOS-Einheit wurde vom Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg beige stellt. Die zum Wechsel der Masken-Magazine erforderlichen Hilfskryostaten wurden auch konstruiert.

minimise cavity length deviations.

The software development has been very successful, and a remarkable degree of automatisaton and remote control could be implemented. The “powertrack”, which adjusts the pointing of the cavity mirrors until the maximum output power is reached, and the “autotune”, which tunes the frequency of the laser until it reaches that of the sodium line and then locks it there, have both been implemented into the start-up template for the master laser. This means that it is now possible to start the laser from a remote location by making only a few “yes/no” decisions. We are in the process of extending this to the amplifier. Such a high degree of remote control over the laser will greatly simplify its operation once it is installed at Paranal.

The *Large Binocular Telescope (LBT)* on Mt. Graham in Arizona is a twin 8.4 meter telescope, in which five German institutes, including MPE, hold a 25% share. With the delivery of the last set of hard points for the primary mirrors, the MPE contribution to the telescope has been completed. This year, the telescope mount has been installed on the mountain, and the first primary mirror has been delivered. Thus, essential prerequisites for first light in mid 2004 are now fulfilled.

LUCIFER is a near-infrared (1 to 2.5 μm) camera and spectrograph for seeing and diffraction limited observations at the LBT, which is being built by a German consortium led by the Landessternwarte at Heidelberg. This year, we have finished the design of the instrument, and started component manufacturing. At MPE, essential components of the multi-object unit (MOS unit) have been built, and the system-integration started. The test cryostat has been designed and built by a collaboration of MPE and an external company. A preliminary version of the MOS unit control electronics has been provided by the Max-Planck-Institut für Astronomie at Heidelberg. The auxiliary cryostats, required for the mask cabinet exchange, have also been designed.

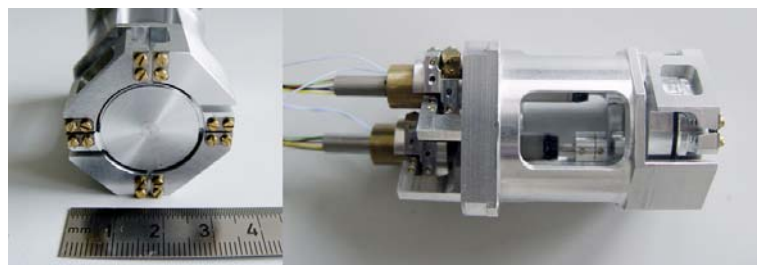


Abb. 3-4: Die erste Version einer Kippspiegel-Einheit für KMOS. Links die Spiegelattrappe in ihrer kardanischen Aufhängung. In der Seitenansicht rechts sind die beiden Nanomotoren in den Durchbrüchen der Struktur zu erkennen; rechts die kardanische Spiegel-Aufhängung, links die beiden Positionssensoren.

Fig. 3-4: The first version of a steering mirror unit for KMOS. The left image is a front view showing the mirror dummy in its gimballed mount. The right image is a side view showing the Nanomotors inside the structure; the gimballed mirror mount is the rightmost part; the two tubes at the left side are the position sensors.

KMOS ist ein multi-feldabbildender Nahinfrarot-spektrograph (1-2.5 μm) der zweiten Generation für

KMOS is a second-generation near-infrared (1-2.5 μm) multi-integral-field spectrograph for the VLT. In Sep-

das VLT. Im September erhielt unser, von der Universitäts-Sternwarte München geführtes, Konsortium, mit Beteiligung der Infrarotgruppe und der Gruppe interpretative Astronomie des MPE sowie britischer Gruppen, den Zuschlag von ESO für den Bau des Instruments. Wir haben sowohl Komponenten des Referenzentwurfs, in dem Arme feldabbildende Optiken (IFUs) aus Bildfeldzerlegern positionieren, als auch Alternativen untersucht. Der Prototyp eines kryogenen Mechanismus zur Positionierung der IFUs wurde gebaut. Die Charakterisierung von Glasfasern wurde auf das K-Band ausgedehnt. Rockwell hat im Auftrag des MPE ein- und zweidimensionale Mikrolinsen-Arrays mit runden Linsen von 0.15 mm Durchmesser bzw. hexagonalen Linsen von 0.3 mm Breite gefertigt. Probleme bereitet weiter die Verbindung der Mikrolinsen mit den 0.1 mm dicken Glasfasern. Wegen dieser Probleme haben wir alternativ den Prototyp eines kryogenen Kippspiegels konstruiert, gebaut und erfolgreich getestet (Abb. 3-4). Diese Einheit kann einen Spiegel von bis zu 2 cm Durchmesser um zwei Achsen in seiner Oberfläche um einige Grad kippen. Der Antrieb sind Nanomotoren, die einen Hub von etwa 1 cm mit einer Auflösung im Nanometer-Bereich besitzen. Diese Motoren und die Positionssensoren sind für einen Betrieb bei 4 K ausgelegt.

Für das *Herschel Space Observatory* der ESA, das im Jahr 2007 gestartet werden soll, trägt das MPE, als PI-Institut innerhalb eines europäischen Konsortiums von 14 Instituten aus 6 Ländern, die Verantwortung für den Bau und Betrieb eines der drei Fokalebeneinstrumente. *PACS (Photodetector Array Camera & Spectrometer)* ist ein abbildendes, kombiniertes Photo/Spektrometer für den Wellenlängenbereich 57–210 μm .

Im Photometriebetrieb arbeitet PACS gleichzeitig in zwei Wellenlängenbändern, 60–85 oder 85–130 μm und 130–210 μm . Dazu werden zwei Bolometer-Arrays mit 16x32 bzw. 32x64 Pixel eingesetzt. Die überlegene Empfindlichkeit und Winkelauflösung wird vor allem bei tiefen Durchmusterungen zum Tragen kommen, die uns einzigartige Information über die Entstehung von Galaxien im frühen Universum und die Sternentstehung im Innern von Molekülwolken geben werden. Im Spektroskopiemodus wird PACS ein Gesichtsfeld von $\sim 50'' \times 50''$ abdecken und dabei für jeden der 5x5 Bildpunkte gleichzeitig ein Linienspektrum mit einer Auflösung von ~ 170 km/s erzeugen. Dies wird ermöglicht durch einen optischen Bildfeldzerleger in Verbindung mit einem Gitterspektrographen. Als Detektoren dienen zweidimensionale Detektorarrays aus 25x16 gedrückten Germanium-Photoleitern. Damit sind z.B. detaillierte Untersuchungen an Galaxien und ihren Kerne möglich bis hin zu einer Bestimmung der Energiequellen hoch rotverschobener, ultraleuchtkräftiger Objekte.

Zum Jahresende musste das Qualifikationsmodell (QM) von PACS für die Anfang 2004 beginnenden Tests auf Instrumentenebene bereit sein. Dazu wurde Anfang des Jahres das mechanisch mit der Flugeinheit identische Strukturmodell auf der Testanlage des MPE einem Schütteltest bei Raumtemperatur unterzogen.

Im September, ESO selected for building the instrument our consortium led by the Universitäts-Sternwarte München, including the infrared and interpretative astronomy groups at MPE and several British groups. We have studied components for the baseline design which is using arms to position integral field units (IFUs) based on image slicers, as well as design alternatives. The prototype of a cryogenic mechanism for IFU positioning has been built. The characterisation of optical fibres has been extended into the K-band. Rockwell has produced one- and two-dimensional micro-lens arrays with circular cross sections of 0.15 mm diameter and hexagonal cross sections of 0.3 mm width, respectively. The connection of these micro-lenses to the optical fibres with 0.1 mm diameter is still an unsolved problem. Because of this problem, we have investigated an alternative way of source selection by stationary steering mirrors. We have designed, built, and successfully tested the prototype of a cryogenic steering mirror unit (Fig. 3-4). This unit can tilt a mirror of up to 2 cm diameter by a few degrees in two axes in its surface. The motion is driven by so called Nanomotors with a maximum stroke of about 1 cm and a resolution in the nanometer range. The motors as well as the position sensors are specified for operation at 4 K.

For the *Herschel Space Observatory*, an ESA cornerstone mission to be launched in 2007, MPE as the PI-institute in a European consortium of 14 institutes from 6 countries, is taking the lead in the construction and operation of one of the three focal plane instruments. *PACS (Photodetector Array Camera & Spectrometer)* will be a combined imaging photo/spectrometer for the wavelength range 57–210 μm .

In photometry mode, PACS will image simultaneously in two wavelength bands, 60–85 or 85–130 μm and 130–210 μm . This is facilitated by two bolometer arrays with 16x32 and 32x64 pixels, respectively. The superior sensitivity and angular resolution will be crucial, particularly for deep surveys which will give us unique information about the formation of galaxies and about star formation inside nearby molecular clouds. In spectroscopy mode PACS will cover a field-of-view of $\sim 50'' \times 50''$ and simultaneously produce a line spectrum for each of the 5x5 spatial pixels with a spectral resolution of ~ 170 km/s. This is feasible by an optical image slicer which is feeding a grating spectrograph. As detectors we use two-dimensional arrays of 25x16 stressed germanium photoconductors. This allows, e.g., detailed studies of galaxies and their nuclei including a discrimination of the energy sources in highly redshifted, ultraluminous objects.

By the end of this year, the qualification model (QM) of PACS had to be ready for the instrument level tests starting in early 2004. To reach this goal we performed ambient temperature vibration tests on the structural model, which is mechanically identical with the flight model, at the MPE test facility early this

Damit wurde die Übereinstimmung der dynamischen Analyse mit den gemessenen Lasten an den Schnittstellen zu den Untereinheiten des Instruments nachgewiesen. Nach Aufrüstung der Struktureinheit zum Struktur- und Thermalmodell erfolgte zur Jahresmitte die Qualifikation in der Kryo-Schüttelanlage des Centre Spatial de Liège, Belgien (Abb. 3-5). Das insgesamt sehr positive Ergebnis dieser Kampagne war, dass lediglich die Bolometereinheit einer separaten Nachqualifikation unterzogen werden muss. Die meisten Untereinheiten des QM sind bereits beim MPE angekommen und in die Struktur integriert worden. Die engen Toleranzen bei der Justage der komplexen Optik des Instruments konnten eingehalten werden. Die Tieftemperatur-Mechanismen erfüllen ihre Spezifikationen und sind nach ESA-Standard qualifiziert.

year. With this test we could demonstrate agreement between the dynamical analysis and the measured transfer loads at the interfaces to the subunits of the focal plane unit. After an upgrade of the structural model to a full structural and thermal model the qualification of the focal plane unit was performed at the cryo-vibration facility of the Centre Spatial de Liège, Belgium (Fig. 3-5). The result of the generally very successful campaign was that only the bolometer unit needs to undergo a separate requalification. Most subunits of the QM have already been arrived at MPE and have been integrated into the structure. The tight tolerances with the alignment of the complex optics of the instrument could be met. The cryo-mechanisms fulfil their specifications and have been qualified according to ESA standards.

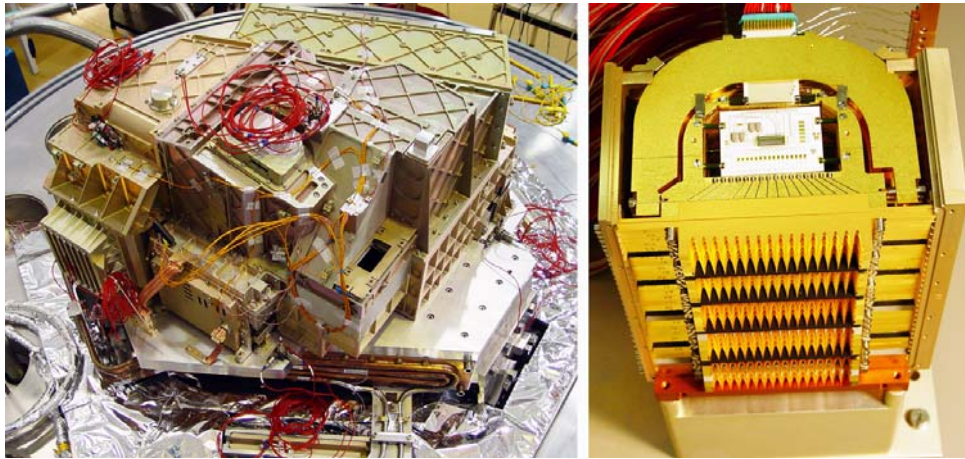


Abb. 3-5 links: Struktur- und Thermalmodell des PACS-Fokalinstruments auf dem Helium-gekühlten Schütteltisch am Centre Spatial de Liège. Rechts: Gedrücktes Ge:Ga Detektorarray mit Lichtsammelhörnern und integrierter Kryo-Ausleseelektronik.

Fig. 3-5 left: Structural/thermal model of the PACS focal plane unit on the liquid helium cooled shaker table at the Centre Spatial de Liège. Right: Stressed Ge:Ga detector array with light cones and integrated cryogenic readout electronics.

Die Fertigung der Module für die zweidimensionalen Germanium-Detektorarrays bei ASTEQ (Kelkheim) wurde für das QM abgeschlossen; alle Module wurden getestet und danach in die Detektorgehäuse integriert (Abb. 3-5). Die kryogene Ausleseelektronik für die Detektoren, die bei IMEC (Leuven) entwickelt wird, konnte entscheidend verbessert werden; insbesondere konnte das kritische Eingangsstromrauschen um eine Größenordnung reduziert werden. Wir erwarten nun, dass wir mit PACS die durch das Teleskop bedingte Empfindlichkeit erreichen werden.

The manufacture of the modules for the two-dimensional germanium detector arrays at ASTEQ (Kelkheim) has been completed for the QM; all modules have been tested and subsequently been integrated in the detector housings (Fig. 3-5). The cryogenic readout electronics for the detectors which is being developed by IMEC (Leuven) has been improved dramatically. Particularly, the critical input current noise could be reduced by an order of magnitude. Now we can expect PACS to reach the sensitivity limit as set by the telescope.

Der Zusammenbau der Bolometereinheit bei CEA (Saclay), einschließlich des 0,3K-Kühlers, ist nahezu abgeschlossen. Im Sommer konnte die Funktion der gesamten Signalkette, von den Bolometern über die Verstärkerstufen bei 0,3 K und 2 K bis zur flugähnlichen warmen Elektronik, demonstriert werden. Bandbreite und Rauschwerte der kalten Elektronik im Zusammenspiel mit der gemessenen Bolometer-Empfindlichkeit lassen erwarten, dass wir mit dem Photometer die geforderte Empfindlichkeit sogar übertreffen werden.

The assembly of the bolometer unit at CEA (Saclay) including the 0.3 K cooler is nearly finished. During the summer of this year the operation of the entire signal chain, starting with the bolometers through the 0.3 K and 2 K amplifier stages up to the flight-similar warm electronics, could be demonstrated. Bandwidth and noise of the cold electronics together with the measured bolometer responsivity indicate that the bolometer sensitivity may even surpass the requirements.

Als wichtige Untereinheiten der Fokalebene-Einheit

Two important subunits of the focal plane unit, the

werden am MPIA (Heidelberg) der Chopper und bei CSL (Liege) die Gitterbaugruppe entwickelt. Für diese beiden kryogenen Präzisionsmechanismen wurden die Qualifikationsmodelle erfolgreich getestet; insbesondere konnte das geforderte dynamische Verhalten beider Einheiten nachgewiesen werden. Das Qualifikationsmodell des Beugungsgitters wurde nach seiner Fertigstellung optisch getestet und erfüllt alle Anforderungen.

Die Ingenieurmodelle für die warmen Elektronikeinheiten, die bei unseren Partnern IAC (Teneriffa), IFSI (Rom) und CSL (Liege) entwickelt werden, wurden auf Instrumentenebene am MPE umfassend getestet. Dabei traten eine Reihe von Problemen mit Hardware und Software auf, die inzwischen zum größten Teil behoben wurden. Die Charakterisierung und Eichung des Instruments erfolgt in der Verantwortung des MPE. Die Fertigung aller benötigten Eich- und Testeinrichtungen ist weitgehend abgeschlossen. Der große Testkryostat zur Eichung des Gesamtinstrumentes wurde bei Cryovac (Troisdorf) fertig gestellt und mit dem am MPE gefertigten Kryo-Kabelbaum versehen. Die notwendige Haltezeit konnte nach einer Konstruktionsänderung erreicht werden.

Die Zusammenarbeit mit Alcatel (Cannes) als Hauptauftragnehmer für das Herschel/Planck-Projekt sowie Astrium (Friedrichshafen) als Unterauftragnehmer für den Herschel-Kryostaten wurde verlängert; in der Zwischenzeit haben wir gemeinsam nahezu alle Schnittstellen geklärt. Zusammen mit ESA und dem Satellitenkonsortium haben wir uns auf einen Gesamtzeitplan für den Bau und die Tests auf Instrumenten- und Systemebene geeinigt, der einen Start im Jahr 2007 sicherstellen soll.

MPE beheimatet auch das Instrument Control Center (ICC) für PACS, verantwortlich für Softwareentwicklung, Eichung und Betrieb. In diesem Jahr war ein Hauptschwerpunkt unserer Arbeit die Vorbereitung der Eichverfahren, Kommandoprozeduren und Software für die Instrument Level Tests sowie eines Instrumentsimulators. Weiterhin wurde eine Softwareumgebung geschaffen, die die an Bord stattfindende Datenreduktion und Kompression, unabhängig von der Flughardware testet, und somit eine bessere Unterstützung der, bei unseren Partnern in Wien (Universitätssternwarte und TU Wien), laufenden Flugsoftwareentwicklung erlaubt. Eine erste Version der Benutzersoftware für „Quicklook“ und interaktive Analyse der wissenschaftlichen Daten liegt vor. Damit können die Tests des gesamten Instruments planmäßig beginnen.

Das MPE ist mit *SOFIA* (Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy) weiterhin aktiv an der Flugzeuggestützten Astronomie beteiligt. Mit den 2003 erzielten Fortschritten liegt das *SOFIA* Projekt im Zeitplan (erster Flug im Sommer 2005). Das aus Deutschland stammende 2.7 m Teleskop wurde in das *SOFIA* Flugzeug (Boeing 747SP) eingebaut und wird zur Zeit eingehenden Tests unterzogen.

Das MPE entwickelt mit *FIFI-LS* (Field-Imaging Far-Infrared Line Spectrometer) eines der beiden deutschen Instrumente der ersten Generation für *SOFIA*. Erstmals wird für Beobachtungen im fernen Infrarot

chopper and the grating assembly, are being developed at MPIA (Heidelberg) and CSL (Liege), respectively. For both high-precision cryo-mechanisms the qualification models have been successfully tested. Notably, the required dynamic performance could be demonstrated for both subunits. The qualification model of the diffraction grating has been measured optically and mechanically after manufacture. It fulfills all requirements.

MPE is responsible for the complete characterization and calibration phase of the instrument. The engineering models for the warm electronics units, developed by our consortium partners, IAC (Tenerife), IFSI (Rome), and CSL (Liege), have been finished and extensive instrument level tests have been performed at MPE. A number of problems with hardware and software occurred, most of which have been corrected in the meantime. The manufacture of all required test- and calibration equipment is nearly complete. The construction of the large test cryostat for the calibration of the integrated instrument has been accomplished at Cryovac (Troisdorf), and the cryo-harness manufactured at MPE has been integrated. After a design change the required “hold time” has been achieved.

The collaboration with Alcatel (Cannes) as the Prime Contractor for the Herschel/Planck project and with Astrium (Friedrichshafen) as the subcontractor for the Herschel cryostat has been extended; meanwhile we have, together with industry, clarified almost all critical interfaces and have agreed on an integrated schedule for the development and tests on instrument and system level to ensure a launch in the year 2007.

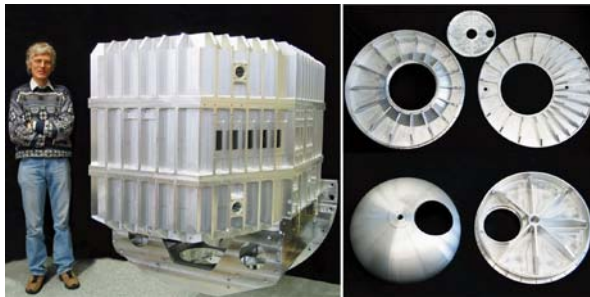
MPE also hosts the Instrument Control Center (ICC) for PACS, responsible for software development, calibration and operations. This year, a main focus of our work was the preparation of calibration methods, command procedures and software to be used in the Instrument Level Tests and of an instrument simulator. Also, a software environment has been created which allows tests of the on-board data reduction and compression algorithms independently of the on-board hardware, thus enabling a better support of the ongoing flight software development at our partner institutes in Vienna (University Observatory and Technical University of Vienna). A first version of the user software for Interactive Analysis and Quick-Look Analysis of the science data is available now so that the instrument level tests can commence on schedule.

MPE is continuing its active involvement in airborne astronomy with *SOFIA* (Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy). The *SOFIA* project is proceeding on a schedule (first flights in summer 2005) with significant progress during 2003. In particular, the German 2.7 meter telescope was installed into the *SOFIA* airplane (Boeing 747SP) and is undergoing detailed qualification tests.

The MPE is developing one of the two, first generation German instruments for *SOFIA*: *FIFI-LS* (Field-Imaging Far-Infrared Line Spectrometer). We use for the first time in the far-infrared an integral field spec-

ein feldabbildendes Spektrometer aufgebaut. Das Instrument besitzt zwei unabhängige Gitterspektrometer mit mittlerer Auflösung ($R \sim 2500$), welche zwei großflächige Ge:Ga Detektorarrays von jeweils 25×16 Pixel ausleuchten. Das langwellige Detektorarray für den Wellenlängenbereich $110\text{--}210 \mu\text{m}$ wurde erfolgreich ersten kryogenen Tests unterzogen. Die im Aufbau leicht modifizierten kurzwelligen Detektorarrays für den Bereich $42\text{--}110 \mu\text{m}$ werden zur Zeit integriert.

Weil SOFIA als Zivilluftfahrzeug betrieben wird, müssen auch die wissenschaftlichen Instrumente eine Lufttauglichkeitszulassung durch die amerikanische Flugaufsichtsbehörde (FAA) aufweisen. Diese Zulassung wurde 2003 für viele Komponenten von FIFI-LS erteilt, unter anderem für das Kryostatengehäuse, die Haltestruktur des Instrumentes sowie die kryogenen Behälter (Abb. 3-6). Danach konnte ein Großteil dieser Komponenten gefertigt und ersten Tests unterzogen werden. Mit Lieferung der Einzelteile wurde außerdem mit der Integration von FIFI-LS begonnen.



trometer with two independent, separate medium resolution ($R \sim 2500$) grating spectrometers with common fore-optics, feeding two large format Ge:Ga arrays of 25×16 pixels each. This year we performed first cryogenic tests on the long wavelength detector array for the wavelength range $110\text{--}220 \mu\text{m}$, the blue array for the $42\text{--}110 \mu\text{m}$ range is being assembled with slight design modifications.

SOFIA will be operated as a civil aircraft, which requires design approval for all science instruments by the American Federal Aviation Agency (FAA). Many important parts of FIFI-LS, including vacuum vessel, instrument mount, and cryogen vessels, have been approved by FAA in 2003 (Fig. 3-6). Most of those components have been manufactured and are undergoing qualification and compliance tests. With delivery of instrument components the assembly of FIFI-LS was started.

Abb. 3-6 links: Das Kryostatengehäuse von FIFI-LS zusammen mit der Haltestruktur, mit der das Instrument am Instrumentenflansch des SOFIA Teleskops montiert wird. Rechts: Einzelteile der kryogenen Behälter für flüssigen Stickstoff (oben) und flüssiges Helium (unten).

Fig. 3-6 left: The FIFI-LS vacuum vessel together with the cradle structure which is required to mount the instrument onto the SOFIA telescope flange. Right: Component parts of the cryogenic vessels holding liquid nitrogen (top) and liquid helium (bottom).

Wesentliche Fortschritte sind auch bei der Entwicklung und Fertigung der FIFI-LS Elektronik zu verzeichnen. Das Design der zum Betrieb der Detektoren benötigten Elektronikkomponenten wurde nahezu abgeschlossen. Ein wesentlicher Teil der Komponenten ist bereits zur Fertigung vergeben. Somit kann Anfang 2004 mit ersten Tests des vollständigen Signalpfades, einschließlich des kryogenen Teils der Detektorausleseelektronik, begonnen werden.

In Zusammen mit der University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC) wurde auch die Instrumentensoftware weiterentwickelt. Die Steuerung des Instrumentes und des Teleskops steht unter Verantwortung der UIUC. Vom MPE wird die Entwicklung der Datenaufnahmesoftware sowie die Datenreduktion und -visualisierung übernommen.

Wir haben unsere Aktivitäten zur Entwicklung von Ferninfrarot-Detektoren auf der Basis von *n*-leitendem Galliumarsenid in Zusammenarbeit von MPE, UCB (University of California, Berkeley), LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory) und der Naval Postgraduate School in Monterey fortgesetzt. Mit der Genehmigung unseres Forschungsantrages an die NASA im Oktober wurde für drei weitere Jahre die nötige Finanzierung des ehrgeizigen Entwicklungsvorhabens gesichert. Die vorgeschlagenen Arbeiten zur Realisierung eines Photodetektors, der bis $320 \mu\text{m}$ Wellenlänge empfindlich ist, konzentrieren sich auf drei Punkte: (1) Auf die Herstellung extrem reiner Schichten mit Hilfe der Flüssigphasen-Epitaxie-Zentrifuge an der UCB,

Considerable progress has been made in the development and manufacture of the FIFI-LS electronics. The design of electronic components required for the operation of the detector arrays is nearing completion. Many components are in manufacture; first test of the complete signal chain, including the cryogenic read out electronics, are expected early 2004.

Software development is performed in cooperation with the University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC). UIUC holds responsible for the instrument and telescope control software, while the data acquisition software as well as data reduction and visualization software is developed at MPE.

We continued our activities concentrating on the development of far infrared photoconductive detectors based on *n*-type gallium arsenide material, in collaboration between MPE, UCB (University of California, Berkeley), LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory) and the Naval Postgraduate School in Monterey. Approval of our NASA research proposal in October this year has assured the necessary funding for this ambitious development program for a period of three more years. The main part of the proposed work to realize a photodetector sensitive up to $320 \mu\text{m}$ wavelength will concentrate on three topics: (1) manufacture of high purity layers using the liquid phase epitaxy centrifuge at UCB, (2) growth of a Te-doped

(2) auf die Herstellung der Te-dotierten infrarot-aktiven, photoleitenden Absorptionsschicht mit sehr niedriger Kompensation und (3) auf die Herstellung einer Detektorstruktur aus vier höchst unterschiedlich dotierten GaAs Schichten. Hiermit lässt sich dann die angestrebte Version eines „Blocked Impurity Band“ Detektors (BIB) verwirklichen. Die Arbeiten im vergangenen Jahr konnten in einigen Teilbereichen wesentliche Fortschritte erzielen wie z.B. den Nachweis der breitbandigen FIR Absorption einer Schicht mit Störstellenband-Leitung. Mit der zugesagten Finanzierung sollen neben der prinzipiellen Realisierung dieses Detektortyps auch die technischen Voraussetzungen zur späteren Verwirklichung eines zweidimensionalen Detektorarrays erprobt werden.

Das *ISO-Spektrometerdatenzentrum (ISOSDC)* am MPE ist Mitglied im Koordinierungsausschuss für die aktive Archivphase (AAP), der vom ISO Datenzentrum in Villafranca (Spanien) geleitet wird. Die AAP soll bis 2006 optimalen Zugang zu den ISO-Daten für die wissenschaftliche Analyse und die Vorbereitung der Folgeprojekte, z.B. Herschel, bieten. Das ISOSDC unterstützt die Nutzung und weitere Verbesserung des Archivs der ISO-Mission, sowohl durch Benutzerbetreuung als auch durch Beiträge zur Dokumentation in der ISO Explanatory Library. Zusammen mit SRON (Groningen) und K.U. Leuven, entwickeln und verbessern wir Methoden zur Datenreduktion, einschließlich der „Open SWS Interactive Analysis Software“ (OSIA), die Wissenschaftlern die Reduktion der SWS-Daten an ihren Heimatinstitutionen erlaubt. Die vierte Version von OSIA wurde im Dezember freigegeben. „Highly processed data products“ (HPDP) aus unseren Untersuchungen wissenschaftlich motivierter Stichproben aus dem Archiv werden dort verfügbar sein. Das erste kurzfristige HPDP Projekt ist mit Unterstützung von ESA bereits durchgeführt worden (Aug.-Sept. 2003).

Das *UCB/MPG Center for International Exchange in Astrophysics and Space Science* ist eine gemeinsame Einrichtung der MPG und der University of California, Berkeley. Ziel ist die Zusammenarbeit auf allen Gebieten der Astrophysik, Astronomie und extraterrestrischen Forschung. Wissenschaftleraustausch, Arbeitsaufenthalte und Konferenzen werden ergänzt durch gemeinsame Projekte wie SOFIA und die Detektorentwicklung für das ferne Infrarot. MPE koordiniert dieses Projekt, getragen von sieben Max-Planck-Instituten. Im Jahre 2003 gab es etwa 30 Besuche von Max-Planck-Mitarbeitern an der UCB und umgekehrt.

DLR fördert Herschel/PACS (50 OF 9901 1 und 50 OF 0101) und das ISO-Spektrometerdatenzentrum (50 QI 0202). Die Europäische Union unterstützt die Projekte POE und EURO3D (HPRN-CT-2000-00138, HPRN-CT-2002-00305). Wir erhalten Unterstützung der Verbundforschung für ISO und Lucifer (50 OR 9913 7, 05 AL9EE1 7, 05 AL2EEA1). Die Entwicklung von KMOS wird von ESO gefördert.

infrared active impurity band conductive absorption layer with very low compensation ratio, and (3) manufacture of a detector structure consisting of four layers with quite different doping concentrations to form the required type of a “blocked impurity band” (BIB) detector. Activities in the past year could demonstrate considerable progress in specific areas like verification of the extended and broad wavelength range of an impurity band conductive layer. The granted funds will be used not only to verify the principle of this detector type, but also to prove the technical prerequisites to produce later on a two-dimensional detector array.

The *ISO Spectrometer Data Centre (ISOSDC)* at MPE is member of the ISO Active Archive Phase (AAP) Co-ordination Committee lead by the ISO Data Centre (Villafranca, Spain). The AAP, lasting until the end of 2006, has the primary aims of providing optimal access to ISO data for scientific analysis and preparation for subsequent projects, e.g. Herschel. Under the AAP, the ISOSDC continues to promote and support the ISO Data Archive (IDA) and through providing user support and training as well as contributing to the documents comprising the ISO Explanatory Library. In collaboration with SRON (Groningen) and K.U. Leuven, we also undertake the development and improvement of data reduction methods including the Open SWS Interactive Analysis software (OSIA) which allows scientists to process SWS data to high quality at their home institutes. The fourth version of OSIA was released in December. Highly Processed Data Products (HPDP) obtained from our active research on scientifically oriented samples will be ingested into and available from the ISO Data Archive. The first short-term HPDP data reduction project, supported by ESA, has been completed (Aug.-Sept. 2003).

The *UCB/MPG Center for International Exchange in Astrophysics and Space Science* is a joint project of MPG and the University of California, Berkeley. Its goal is cooperation in all fields of astrophysics, astronomy and space sciences. Exchange of scientists, visits and conferences are supplemented by joint projects like SOFIA and the detector development for the far-infrared. MPE is coordinating this project of seven Max-Planck institutes. In 2003 were approximately thirty visits of Max Planck staff to UCB and vice versa under the auspices of the program.

DLR supports Herschel/PACS (50 OF 9901 1 and 50 OF 0101) and the ISO spectrometer data centre (50 QI 0202). The European Union supports the projects POE and EURO3D (HPRN-CT-2000-00138, HPRN-CT-2002-00305). We receive support from Verbundforschung for ISO and LUCIFER (50 OR 9913 7, 05 AL9EE1 7, 05 AL2EEA1). KMOS development is supported by ESO.

3.3 RÖNTGENASTRONOMIE / X-RAY ASTRONOMY

Noch immer ist das Röntgenobservatorium *ROSAT*, selbst 5 Jahre nach Ende der Mission, eine unerschöpfliche Quelle an wertvollen wissenschaftlichen Daten. Im Jahre 2003 wurden knapp 300 neue Veröffentlichungen geschrieben, die Hälfte davon in referierten Zeitschriften. Wir unterhalten weiterhin einen Beratungsdienst und warten kontinuierlich die Auswertungssoftware EXSAS, die im MPE auch teilweise bei anderen Projekten angewendet wird. Neben den Originaldaten besitzen auch die häufig genutzten Kataloge eine Bedeutung für Statistiken und aktuelle Röntgenmissionen. Kataloge, Himmelskarten, Original- und prozessierte Daten sowie die große Bildersammlung sind mit bequemen Browser-Interfaces im Web abrufbar. *ROSAT* Quellen werden u. a. auch mit Hilfe des *SLOAN Digital Sky Survey (SDSS)* identifiziert. Diese optische Durchmusterung eines 8.000 Quadratgrad großen Feldes am Nordhimmel sowie eines kleineren Feldes am Südhimmel ist zu 78% vervollständigt, das begleitende Spektroskopieprojekt etwa zur Hälfte.

Seit vier Jahren ist nun der europäische Röntgensatellit *XMM-Newton (X-ray Multi-Mirror)* im Orbit. Mit bisher fast 400 referierten Publikationen entwickelt sich dieses Observatorium zu einem Arbeitspferd der Röntgenastronomie überhaupt, besonders aber für das MPE: Immerhin ist unsere Gruppe an 27% aller Publikationen weltweit beteiligt. Neben der Analyse von Beobachtungsdaten ist unsere Gruppe kontinuierlich mit der Überwachung und der Kalibrierung der im Haus gebauten *EPIC pn-CCD* Kamera beschäftigt. Probleme mit unserer Kamera gab es keine, jedoch mussten die Instrumente wegen der hohen Sonnenaktivität im November für drei Orbits abgeschaltet werden. Die (ohnehin kleine) Degradierung der Ladungstransfereffizienz verlangsamte sich 2003 entsprechend den Vorhersagen weiter. Nach fast vier Jahren im Orbit kann die Kalibrierung des *EPIC-pn* Detektors auf eine große Datenbasis mit einer Vielzahl von Spektren zurückgreifen. Spektren von Supernova-Überresten mit Emissionslinien werden benutzt, um die Energieskalierung des Instruments zu überprüfen. Kontinuumsspektren von Aktiven Galaktischen Kernen (AGN) zeigen die instrumentellen Absorptionskanten von Sauerstoff, Silizium und Gold. Überarbeitete Quanteneffizienten zusammen mit Fits an Daten von hellen AGN brachten einen großen Fortschritt im Verständnis der Diskrepanzen im Bereich der Sauerstoff K-Kante (Abb. 3-7). Ausgangspunkt dafür waren Labormessungen an 25 μm dicken SiO_2 Schichten auf Silizium-Wafern, wie sie für die Produktion der *CCD*-Detektoren verwendet werden. Die *EPIC-pn* Kamera ist besonders sensitiv gegenüber niederenergetischer Röntgenstrahlung. Bei Energien unterhalb von etwa 200 eV ist aber auch das Detektorrauschen besonders hoch. Messdaten, die in einem Zeitraum von über zwei Jahren für insgesamt 40 Stunden bei geschlossener Filterposition aufgenommen wurden, zeigen, dass dieses Rauschen zwar orts- und energieabhängig, aber zeitlich weitgehend konstant ist. Damit wurde es möglich, einen Algorithmus zur Unterdrückung des Detek-

Even five years after the end of its mission is the X-ray observatory *ROSAT* still an inexhaustible harvest of valuable scientific data. Almost 300 new papers have been published in 2003, half of them in refereed journals. We continue our effort in consulting support and we are also maintaining the analysis-software EXSAS which is partly used at MPE also for other projects. Besides the primary data also the frequently used catalogues are of particular interest for statistical studies and for current X-ray missions. Catalogues, sky-charts, primary or processed data as well as the large image gallery are accessible via the web using a convenient browser interface. *ROSAT* sources are also identified using the *SLOAN Digital Sky Survey (SDSS)*. The optical survey of an 8.000 squaredegree large field in the northern sky and a smaller field in the southern sky is almost complete (78%). In addition, half of the accompanying spectroscopy project has been completed.

The European X-ray satellite *XMM-Newton (X-ray Multi-Mirror)* is in orbit since four years. With up to now almost 400 publications in refereed journals, this observatory became a working horse for X-ray astronomy in general and particularly for MPE: Our group is participating in 27% of all publications worldwide. Besides the analysis of observational data, our group continues the surveillance and calibration of the *EPIC pn-CCD* camera which was designed and built in house. There were no problems with our camera, however the instruments had to be switched off in November for three consecutive orbits due to the strong solar activity. The (anyway small) degradation of the charge transfer efficiency slowed down further in 2003 according to the predictions. Nearly four years after launch, the in-flight calibration of the spectral response of the *EPIC-pn* detector can make use of a large data base of X-ray spectra with large variety in shape. Spectra with emission lines from supernova remnants are used to verify the energy scale of the instrument as well as smooth continuum spectra from Active Galactic Nuclei (AGN) which reveal the instrumental edges of Oxygen, Silicon and Gold. A large step forward in the understanding of large residuals around the Oxygen K-edge in fits to high statistical quality spectra of bright AGN came with the availability of revised quantum efficiencies (Fig. 3-7). These are taken from laboratory measurements of 25 μm thick SiO_2 layers on silicon wafers used for the in-flight *CCD* detector. The *EPIC-pn* camera is particularly sensitive for low-energetic X-rays. On the other hand, the detector noise is very high at energies below 200 eV. Measurements, taken at the closed filter position for totally 40 hours over a period of two years show that this noise is dependent on the detector location and photon energy but is almost constant over time. This behaviour allowed to develop an algorithm in order to suppress the detector noise. Datasets processed in this manner allow to extend the usable energy bandpass to lower energies. An additional improve-

torrauschens zu entwickeln. Mit den damit behandelten Datensätzen kann der nutzbare Energiebereich nach unten hin ausgedehnt werden. Eine weitere Verbesserung betrifft die Korrektur von Verschiebungen in der Energieskala um einige Elektronenvolt, die dort auftreten, wo vor dem Beginn der eigentlichen Beobachtung die Berechnung der „offset-map“ durch ionisierende Teilchen gestört wurde.

ment regards the correction of energy shifts of a few electronvolts. These occur whenever the on-board calculation of the so called offset map was distorted by ionising particles prior to an observation.

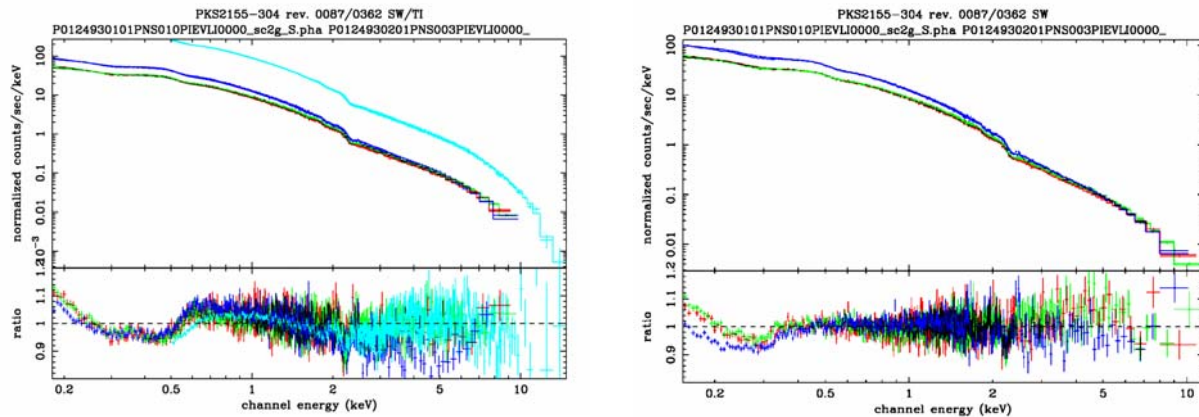


Abb. 3-7: EPIC-pn Spektren des AGN PKS2155-304 angepasst mit einem einfachen Potenzgesetz und photoelektrischer Absorption. Links drei Spektren im „small window mode“ und eines im „timing mode“ (türkis) unter Benutzung der vorläufigen Kalibrationsdaten kurz nach dem Start. Rechts nach überarbeiteter Quanteneffizienz des Detektors, die eine signifikante Verbesserung der Anpassung im Bereich der Sauerstoffkante bei 531 eV bringt.

Fig. 3-7: EPIC-pn spectra of the AGN PKS2155-304 fitted with a simple power-law model and photoelectric absorption. Left three spectra taken in “small window readout mode” and one in “timing mode” (turquoise) with using preliminary calibration data shortly after launch., Right with using a revised quantum efficiency which significantly improves the fit around the oxygen edge at 531 eV.

Das XMM-Survey Science Centre (SSC) erstellt das von Benutzern und der Pipeline benutzte Analysesystem „SAS“. Wir haben EPIC- und speziell pn-spezifische Auswertprogramme an die verbesserte Kalibrierung angepasst. Die von uns verteilten Programme zur Qualitätskontrolle der Pipelineprodukte wurden weiter verbessert. Wir selbst überprüften mit diesen Programmen bis jetzt die Pipelineprodukte von 500 Beobachtungen. Das SSC Konsortium erstellte im Auftrag der ESA den ersten XMM-Newton Quellkatalog, der im April 2003 veröffentlicht wurde. Er basiert auf 585 XMM-Newton EPIC Beobachtungen, die zwischen März 2000 und Mai 2002 durchgeführt wurden und enthält mehr als 28.000 entdeckte Röntgenquellen. Wir waren an der allgemeinen Konsistenzkontrolle beteiligt und überprüfen für diesen Katalog die Quelllisten von 100 Beobachtungen.

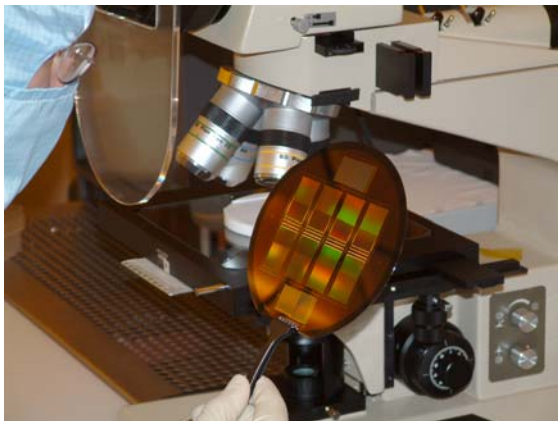
The XMM-Newton Survey Science Centre (SSC) creates the analysis system “SAS” which is used by observers and the pipeline. We have adapted EPIC- and particularly pn-specific programs to the improved calibration. Our programs for the quality control of pipeline products have been further improved. With these routines we have checked up to now the pipeline products of more than 500 individual observations. On order of ESA the SSC consortium generates the first XMM-Newton source catalogue which was published in April 2003. It is based on 585 XMM-Newton EPIC observations which were carried out between March 2000 and May 2002. The catalogue contains more than 28.000 detected X-ray sources. We contributed to the general consistency check and verified for this catalogue the source lists of 100 observations.

Das NASA Observatorium *Chandra* wurde 1999 gestartet. Mit seinem 1.2 m Teleskop erhält es Bilder mit sehr hoher räumlicher Auflösung. Das MPE hat zusammen mit dem niederländischen Institut SRON das Niederenergie-Transmissionsgitter (LETG) Spektrometer entwickelt. Zusammen mit SRON und dem Chandra X-ray Center (CXC) verbessern wir weiterhin die Eichung der Instrumente über die ursprünglich spezifizierten Toleranzen hinaus. Beobachtungen mit hoher Statistik und Vergleiche mit anderen Instrumenten (z.B. XMM-Newton) zeigen, dass weitere Verbesserungen möglich sind. Reguläre Eichmessungen im Orbit wiesen darauf hin, dass die Quanteneffizienz des

The NASA X-ray observatory *Chandra* which was launched in 1999 was designed to obtain high resolution X-ray images with its 1.2 m diameter telescope. MPE and the Dutch Space Research Organisation SRON jointly developed and built the low energy transmission grating spectrometer (LETG). Together with SRON and the Chandra X-ray Center (CXC) we are continuing to improve the in-orbit calibration beyond the originally specified tolerances. High signal to noise observations and cross calibration with other instruments (XMM-Newton) indicate that further improvements are possible. Results from regular in-orbit calibration measurements indicate that quantum

CCD-Detektors ACIS bei niedrigen Energien seit dem Start langsam degradiert, möglicherweise als Folge von Kontaminationen auf dem Lichtfilter vor der Kamera. Hochaufgelöste Spektren mit der ACIS-LETG Kombination belegen dies.

Nicht zuletzt wegen der Columbia-Katastrophe zu Beginn des Jahres und des damit verbundenen „Startverbots“ für Space Shuttles sind alle Aktivitäten zum Ausbau der Internationalen Raumstation ISS verzögert. Dies betrifft auch *ROSITA* (Röntgen Survey with an Imaging Telescope Array), mit der wir eine vollständige Himmelsdurchmusterung bei mittleren Röntgenenergien (0.5-10 keV) planen. Dazu soll ein Teleskop aus 7 einzelnen Wolterspiegeln und einer CCD-Kamera auf einer externen Plattform des europäischen Columbus-Moduls der ISS installiert werden. Wir haben das Konzept für *ROSITA* weiter ausgearbeitet, vor allem in Hinblick auf die schwierigen thermischen Umgebungsbedingungen der Raumstation. Dazu wurde eine Studie an die Industrie vergeben. Es zeigt sich, dass wir mit einer rein passiven Kühlung nicht auskommen werden. Daher haben wir jetzt dazu über Heatpipes angeschlossene Stirling-Kühler vorgesehen. Auch das Design der Kamera wurde weiter detailliert. Dies betrifft einmal das elektronische Konzept, zum anderen auch die thermisch-mechanische Anbindung der CCDs an ihre Umgebung. Verschiedene Keramikmaterialien wurden dazu untersucht.



In unserem Halbleiterlabor (s. u.) wurden erste erfolgreiche Tests an CCD-Prototypen (Abb. 3-8) zur Charakterisierung der Detektoreigenschaften durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen deutliche Verbesserungen des frame-store pn-CCD genannten Detektors gegenüber dem für XMM-Newton entwickelten pn-CCD. Die Messungen zeigen, dass die Spezifikationen an den Detektoren erreicht werden.

Im Rahmen des SMEX- (Small Explorer) Programms der NASA haben wir, zusammen mit amerikanischen Kollegen, einen Vorschlag zur Untersuchung der „Dunklen Energie“ gemacht. *DUO* (Dark Universe Observatory) soll während einer zweijährigen Basismission ein größeres Feld am Nordhimmel entsprechend dem SDSS (s.o.) sowie ein kleineres Feld am Südhimmel im Röntgenbereich durchmusteren. Das Instrument ist praktisch identisch zu *ROSITA*, nutzt aber weniger den gegenüber *ROSAT* erweiterten

efficiency of the ACIS CCD detectors at low energies has gradually been decreasing since launch. This is most likely caused by the slow build-up of contaminants on the ACIS optical blocking filter. This hypothesis was proven by using high signal-to-noise LETG spectra.

Due to the Columbia catastrophe and the subsequent hold of the shuttle program, activities to extend the International Space Station (ISS) are delayed. This concerns also *ROSITA* (Röntgen Survey with an Imaging Telescope Array) which should carry out an all-sky survey at medium X-ray energies (0.5-10 keV). To reach that goal we plan to mount a telescope consisting of seven individual Wolter mirrors and a CCD camera on an external platform of the European Columbus module. We further developed the *ROSITA* concept, specifically regarding the complicated thermal environmental conditions of the Space Station. For this purpose an industrial study was made. It showed that we can no longer do this with passive cooling alone. Instead, we plan now the use of Stirling coolers connected via heatpipes. We have also made progress in designing the camera itself, both regarding the electronics layout as well as the thermal-mechanical connection of the CCDs with their environment. Various ceramics have been studied.

Abb. 3-8: 6" Silizium-Wafer mit „framestore“ CCDs für ROSITA und DUO bei der visuellen Inspektion.

Fig. 3-8: 6" Silicon wafer with framestore CCDs for ROSITA and DUO during visual inspection.

Our semiconductor laboratory (see below) performed first successful tests on prototype CCDs (Fig. 3-8) in order to characterise detector properties. The results show a significant improvement of the “frame store pn-CCD” over the pn-CCD which was developed for XMM-Newton. The measurements demonstrate that the specifications for the detectors will be met.

Together with colleagues from the U.S. we have proposed a mission within the Small Explorer (SMEX) program of NASA in order to study the “Dark Energy”. During its two years basic mission, *DUO* (Dark Universe Observatory) will scan the sky in X-rays within two fields, a larger field in the northern sky corresponding to the SDSS (see above) and a smaller field in the southern sky. The instrument is almost identical to *ROSITA* but makes use of the better point response function rather than the extended energy

Energiebereich, sondern die verbesserte Punktbildfunktion aus. Dies gestattet, mehr als 10.000 Galaxienhaufen zu entdecken und ihre Temperatur und Helligkeit zu bestimmen. Mit den aus dem SDSS gewonnenen Rotverschiebungen können wir so die dreidimensionale Verteilung der Galaxienhaufen messen, was gestattet die Zustandsgleichung der Dunklen Energie (neben der Dunklen Materie und „normaler“ baryonischer Materie die bedeutendste Komponente des Universums), und auch deren zeitliche Entwicklung zu bestimmen. Im November 2003 hat die NASA neben vier weiteren Missionen DUO für eine Phase-A Studie ausgewählt, die bis Juni 2004 dauern wird. Danach fällt die endgültige Entscheidung über die zwei Experimente, die dann geflogen werden sollen.

range (with respect to ROSAT). This will allow us to detect more than 10.000 clusters of galaxies, and to measure their temperatures and brightness. Together with their redshifts determined by SDSS, we will be able to measure the three-dimensional distribution of clusters of galaxies. This will allow to determine not only the equation of state of the Dark Energy (together with Dark Matter and “normal” baryonic matter the main constituent of the universe) but also its evolution in time. In November 2003 NASA has selected DUO, together with four other proposals, for a phase-A study which will last until June 2004. Then the final decision will be made on which two missions will be flown.

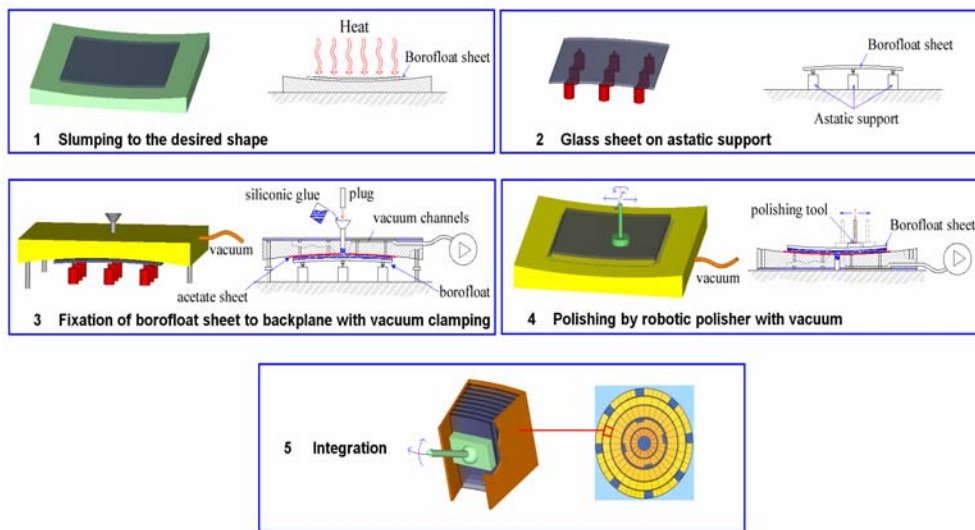


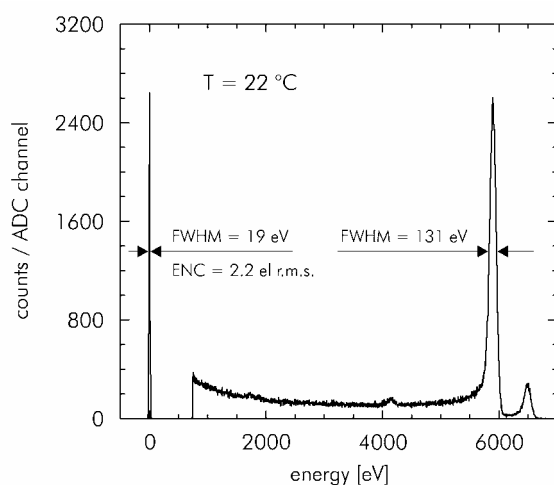
Abb. 3-9: Schematische Darstellung der einzelnen Herstellungsprozesse der XEUS Spiegelschalen, beginnend mit der Glasscheibe bis zum Spiegelsektor.

Fig. 3-9: Schematic drawing of the individual fabrication steps of the XEUS mirrors, starting from the original glass plate up to the mirror sector.

Das ESA Projekt XEUS (X-ray Evolving Universe Spectroscopy) gehört zur nächsten Generation von Röntgenobservatorien. Eine Besonderheit dieser Mission ist, dass das Spiegelsystem vom Typ Wolter I und die Detektoren auf getrennten Satelliten in einem Abstand von 50 m installiert sind. Das Spiegelsystem, das sich aus vielen Spiegelsektoren zusammensetzen wird, soll eine Sammelfläche von 30 m² haben. Zur Zeit werden 2 Typen von Detektoren diskutiert, ein „Narrow Field-Instrument“ und ein „Wide Field Instrument“. Die Entwicklung des Spiegelsystems für XEUS ist eine große technische Herausforderung. Verschiedene Möglichkeiten der Spiegelherstellung werden diskutiert und in experimentellen Studien teilweise auch verifiziert. Wir verfolgen in Kollaboration mit dem Osservatorio Astronomico di Brera und den Firmen Schott und Zeiss die Idee, die Spiegelschalen aus dünnen Floatglasscheiben herzustellen (Abb. 3-9). Für den Wide Field Imager an Bord von XEUS werden an unserem Halbleiterlabor großflächige aktive Pixelsensoren (APS) entwickelt. Sie erlauben im Gegensatz zu CCD-Detektoren das selektive Auslesen von Bildzellenbereichen. Auch entfällt ein Transfer der Signalladung und der damit verbundene Signal-

The ESA project XEUS (X-ray Evolving Universe Spectroscopy) belongs to the next generation of X-ray observatories. The peculiarity of this mission is the fact that mirror system and detectors will fly on separate spacecrafts at a distance of 50 m. The mirror system assembled from many individual sectors will have a collecting area of 30 m². Currently two detector types are discussed, a “Narrow Field-“ and a “Wide Field Instrument”. The development of the XEUS mirror system is technically very challenging. Various ways of fabricating the mirrors are discussed, and are by experimental studies already partly verified. In collaboration with the Osservatorio Astronomico di Brera and the industrial companies Schott and Zeiss, we are developing the concept of manufacturing the mirror shells out of thin float glass (Fig. 3-9). Our semiconductor laboratory develops large area Active Pixel Sensors (APS) for the Wide Field Imager on board of XEUS. Unlike CCD detectors they allow the selective readout of individual image pixels. This avoids furthermore the transfer of signal charge and the resulting charge loss. In 2003 we have fabricated the first prototypes with 64×64 pixels with a pixel size of 75 μm × 75 μm. Noise measurements on an isolated

höhenverlust. Die Fertigung der ersten Prototypen erfolgte in diesem Jahr (Matrixgröße: 64×64 Pixel, $75 \mu\text{m} \times 75 \mu\text{m}$ Pixelgröße). Messungen am APS mit einem isolierten Pixel ergaben einen Rauschwert von 2 Elektronen bei Raumtemperatur (Abb. 3-10). Die Fertigung erfolgte erstmals mit 3 on-chip Verdrahtungsebenen (2 Polysilizium- und 1 Metallebene) und in so genannter selbstjustierender Technologie. Das Auslesesystem für den APS ist aufgebaut und wird bis Ende des Jahres in Betrieb genommen. Des Weiteren ist für XEUS ein $19 \times 5 \text{ mm}^2$ großer Mehrkanaldrift-detektor geplant. Damit sollen Röntgenphotonenraten bis $10^6/\text{s}$ gemessen werden. Der „fast-timing“ Detektor soll Beobachtungen auf XEUS mit einer Zeitauflösung von $10 \mu\text{s}$ erlauben. In einem ersten Test wurde ein Einkanaldriftdetektor mit einer Größe von 5 mm^2 untersucht.



pixel of the APS revealed a noise of 2 electrons at room temperature (Fig. 3-10). For the first time, we have manufactured chips with three on-chip conducting layers (two polysilicon and one metal layer) and in a so-called self adjusting technology. The readout system for the APS has been built and will be operational at the end of this year. In addition a $19 \times 5 \text{ mm}^2$ large multi channel drift detector is planned for XEUS in order to measure photon event rates up to $10^6/\text{sec}$. This “fast timing” detector on XEUS should allow observations with a time resolution of $10 \mu\text{sec}$. In a first test a single channel drift chamber with a size of 5 mm^2 had been studied.

Abb. 3-10: Spektrum einer ^{55}Fe Quelle mit Mn K_α und K_β Linien (5.9, 6.5 keV) sowie dem Rauschpeak bei 0 eV, aufgenommen an einem isoliertem DEPFET Pixel bei Raumtemperatur. Der Niederenergie Hintergrund wird durch Ladungsteilung an den Pixelgrenzen hervorgerufen.

Fig. 3-10: Spectrum of a ^{55}Fe source with the Mn K_α and K_β lines (5.9, 6.5 keV) and the noise peak (0 eV) recorded with an isolated DEPFET pixel at room temperature. The noise in terms of equivalent noise charge is 2.2 el. rms. The low energy background is caused by charge splitting at the pixel borders.

Im Rahmen einer europäischen Kollaboration beteiligt sich das Institut an der Diskussion eines neuen Hochenergie-Röntgensatelliten *SIMBOL-X*, einer kleinen Version des Projekts XEUS, d. h. zwei kleinen Satelliten im Formationsflug, welche im Energiebereich von 0.5 bis 70 keV operieren. Der Spiegel-Satellit trägt ein Wolter-Teleskop mit 100 genesteten Spiegelschalen, welche zusammen eine effektive Fläche von ca. 580 cm^2 haben. Die Fokallänge ist 30 m, die räumliche Auflösung 30 Bogensekunden. Als Detektor ist ein Sandwich aus einem Pixeldetektor für den Energiebereich von 0.5 bis 20 keV und einem Mosaik von Cd(Zn)Te Detektoren für den Energiebereich von 5 bis 70 keV vorgesehen. Unsere Beteiligung an der Hardware wird im Pixelsensor bestehen.

Wir beschäftigen uns mit den theoretischen Möglichkeiten einer beugungsbegrenzten Abbildung, welche wegen der kurzen Wellenlängen im Röntgenbereich ein Auflösungsvermögen von besser als $1/1000$ Bogensekunde ermöglichen würde. Fresnellinsen erlauben prinzipiell Effizienzen von nahe 100%, besitzen aber starke chromatische Fehler, die wir durch Konstruktion von Achromaten zu verringern versuchen.

Axionen wurden bereits vor mehr als 25 Jahren vorgeschlagen, um das Problem der Verletzung der CP Symmetrie in der starken Wechselwirkung zu lösen. Diese Elementarteilchen sollen am CERN mit dem CAST Experiment (CERN Axion Solar Telescope)

Within a European collaboration the institutes contributes to a discussion about a new high energy X-ray satellite *SIMBOL-X*. This will be a smaller version of XEUS, i.e. two smaller satellites in formation flight which operate in the energy band between 0.5 and 70 keV. The mirror spacecraft carries a Wolter telescope with 100 nested mirror shells having an effective collecting area of 580 cm^2 in total. The focal length is 30 m and the angular resolution 30 arcsec. A sandwich comprising a pixel sensor for the energy range between 0.5 and 20 keV and a mosaic of Cd(Zn)Te detectors for the energy range between 5 and 70 keV is foreseen as detector. Our contribution to the hardware will be the pixel sensor.

We are investigating the theoretical limit of diffraction limited imaging. Due to the short wavelengths in X-rays, this allows in principle an angular resolution of better than $1/1000$ arcsec. Special Fresnel lenses have efficiencies of almost 100%, but, on the other hand, have the disadvantage of serious chromatic errors which we try to reduce by the design of an achromatic optics.

The existence of axions has been suggested already more than 25 years ago, in order to solve the problem of the violation of CP symmetry in strong interaction. These particles should be detected at CERN with the CAST experiment (CERN Axion Solar Telescope), at

nachgewiesen werden, zumindest aber die Parameter Axionen-Masse und -Kopplungskonstante eingeschränkt werden. Dazu wird ein Prototyp eines supraleitenden Magneten verwendet, der für den LHC (Large Hadron Collider, CERN) entwickelt wurde. Dieser Magnet kann bei einer Temperatur von 1.8 K auf einer Länge von 9 m ein lineares Magnetfeld von etwa 9 Tesla erzeugen. Analog zum Primakoff-Effekt im Sonneninneren sollen die Axionen im Magnetfeld wieder zu Röntgenphotonen umgewandelt werden, die dann mit konventionellen Röntgendetektoren nachgewiesen werden können. Da die Axionen nur dann effizient konvertiert werden können, wenn Sie parallel zum Magnetfeld in den Magneten treffen, muss der Magnet der Sonne nachgeführt werden. Dies ist mit dem Aufbau am CERN jeweils für 1,5 Stunden am Morgen und am Abend eines Tages möglich. Der Magnet bietet Messplätze für vier Detektoren, von denen einer ein ROSITA-Röntgenteleskop in Kombination mit einem ortsauflösenden pn-CCD Detektor ist (Abb. 3-11). Der pn-CCD Detektor ist ein Vorläufermodell unserer Kamera auf XMM-Newton. Im Juli 2002 hat das CAST Experiment den regulären Messbetrieb aufgenommen und wird seitdem kontinuierlich betrieben.

least the parameters axion mass and coupling constant should be better constrained. CAST makes use of a prototype of a superconducting bending magnet which was developed for the Large Hadron Collider (LHC). At a temperature of 1.8 K this magnet is able to produce to magnetic field of 9 Tesla over a length of 9 m. Analogue to the Primakoff effect in the core of the sun, axions should be converted into X-ray photons in the magnetic field. Conventional X-ray detectors or telescopes can be used to detect these photons. Since axions can only be converted efficiently to photons if they arrive in parallel to the magnetic field, the magnet has to follow the sun. With the mounting at CERN, this is possible for 1.5 hours, both in the morning and evening. The magnet provides sites for four detectors. One of these is a ROSITA X-ray telescope in combination with a position sensitive pn-CCD detector, a smaller prototype of our camera on board XMM-Newton (Fig. 3-11). The CAST experiment started its regular operation in July 2002 and is operating continuously since then.

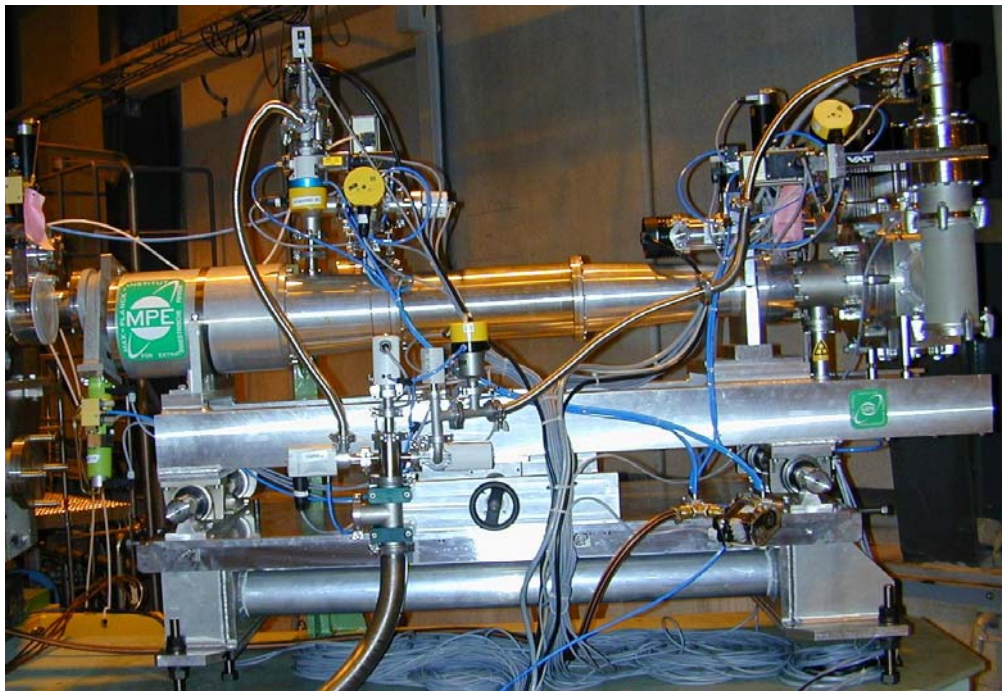


Abb. 3-11: Das Röntgenteleskop und der CCD Detektor (rechts) nach ihrem Einbau am Magneten am CERN.

Fig. 3-11: The X-ray telescope with the CCD detector (right) attached to the magnet at CERN.

GAVO (German Astrophysical Virtual Observatory) soll den gleichen Zugang zu Simulations-Archiven wie zu archivierten Beobachtungsdaten bieten. Mittlerweile wurde das erste Jahr der Pilotphase beendet. Wir haben eine Software Infrastruktur geschaffen, die den Online Zugang zu astronomischen Archiven sowie Such- und Analysediensten gestattet (siehe <http://www.g-vo.org>). Zum Beispiel sind die ROSAT Kataloge für helle und schwache Quellen unter Benutzung standardisierter Protokolle aufrufbar. Ein völlig neues Produkt sind Photon-Event-Dateien: Alle während der ROSAT Himmelsdurchmusterung beobachteten Pho-

The goal of GAVO (German Astrophysical Virtual Observatory) is to enable access to simulation archives in much the same way as access is provided to observational archives. GAVO has finished the first year of its pilot phase. We have created a software infrastructure, which enables online access to astronomical archives and provides search and analysis services (see <http://www.g-vo.org>). For example are the ROSAT bright and faint source catalogues queryable by using standard protocols. A completely new data product is the photon event file. All photons observed in ROSAT's all-sky survey mode are stored in a Postgres

tonen sind in einer Postgres relationalen Datenbank gespeichert und können mittels so genannter cone-search Aufrufe für einen spezifiziertem Himmelsausschnitt extrahiert werden. Die Arbeit an einem Dienst, der es GAVO Benutzern ermöglicht, Übereinstimmungen zwischen verschiedenen Quell-Katalogen zu finden, ist nahezu beendet.

Im *Wissenschaftlichen Datenzentrum für die Röntgenastronomie* am MPE findet zur Zeit hauptsächlich die Auswertung der Daten der XMM-Newton Mission und der Chandra Mission statt. Für diese und weitere Projekte wird Auswertesoftware entwickelt und gewartet. Außerdem unterhalten wir im Web Informationsseiten zu den verschiedenen Projekten der Röntgengruppe.

Die Testanlage *PANTER*, die einzige ihrer Art in Europa, spielt eine wichtige Rolle bei Entwicklung, Bau und abschließender Kalibration fast aller nationalen und internationalen Röntgenmissionen. Für den japanischen Astro-E Satelliten (Start 2005) wurden hochgenestete Röntgenspiegel vermessen und geeicht, für das Röntgenteleskop der NASA-Mission SWIFT führten wir Nachkalibrierungen durch und für XMM wurden verschiedene Messungen mit der im PANTER installierten pn-CCD Ersatzkamera durchgeführt, um Abläufe der Kommandierung an Bord von XMM-Newton sowie Unstimmigkeiten bei der Auswertung der Flugkamera-Daten zu bereinigen. Bei der Auswertung von Daten, die mit der EPIC-pn CCD-Kamera auf XMM-Newton gewonnen wurden, stellte sich eine leichte Diskrepanz des Flusses in Abhängigkeit vom Instrumentmodus heraus. Als mögliche Ursache wurde ein „Pile-Up“ Effekt in den CCD-Pixeln, selbst bei Objekten niedriger Flächenhelligkeit, vermutet. Messungen an der PANTER-Anlage mit vergleichbaren CCD-Kameras bestätigen diese Vermutung. Die Testanlage selbst wurde an Anforderungen zukünftiger Missionen weiter angepasst. Untersuchungen zur Brennfleckgröße der Röntgenquelle wurden angestellt, und die Monochromasie der Strahlung durch den Einsatz von Reflexionsgitter- und Kristall-Spektrometern weiter verbessert.

Zum Test von Röntgenteleskopen benötigt man annähernd paralleles Licht. Für zukünftige Teleskope (XEUS) reicht dazu eine punktförmige Quelle in 130 m nicht mehr aus, sondern es werden zusätzliche Optiken benötigt. In einem ersten Schritt soll dazu das Ingenieurmodell des CDS-Spiegels (SOHO) benutzt werden. Ein aufwendiger Manipulator wurde gebaut, der das Spiegelsystem linear in drei Achsen sowie in Drehung und Kippung fein bewegen kann, um seinen Fokus auf die Röntgenquelle zu justieren.

In der kleineren Röntgentestanlage *PUMA* wurde im letzten Jahr u. a. der CCD-Detektor für CAST geeicht und darüber hinaus eine Miniaturröntgenquelle getestet. Solche Röntgenquellen sollen in Zukunft radioaktive ^{55}Fe Präparate für Eichungen von Satellitendetektoren im Orbit ersetzen. Weiterhin werden Filter hergestellt und vermessen.

Neben den oben erwähnten Detektorentwicklungen für ROSITA, DUO und XEUS verfolgt das *MPI Halbleiterlabor (HLL)* weitere Entwicklungen und

relationalen database. So-called cone-search queries can be executed, returning all photons in a specified part of the sky. Work is furthermore nearly finished on a service, which will enable GAVO users to determine matches between different source catalogues.

The *Science Data Centre of the X-ray astronomy group* at MPE is at present mostly occupied with the analysis of data from the XMM-Newton and the Chandra missions. For these and other missions we develop and maintain evaluation software. In addition we maintain in the web pages for the different projects of the X-ray group.

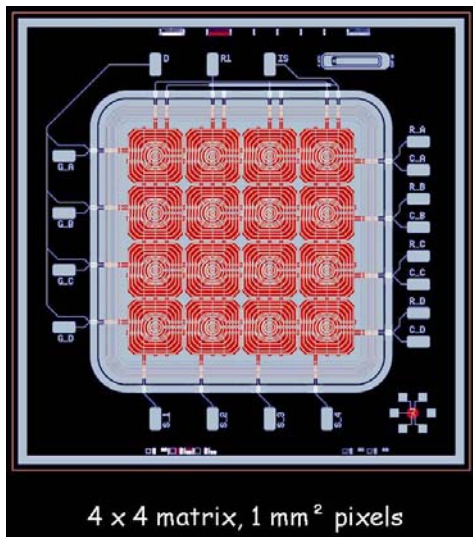
The X-ray test facility *PANTER*, unique in Europe, plays an important role in development, construction and calibration of almost all national and international X-ray missions. For the Japanese satellite ASTRO-E (launch in 2005) the highly nested X-ray mirrors were tested and calibrated, for the X-ray telescope of the NASA mission SWIFT cross calibration of the monitor counters were done in order to solve problems in the interpretation of the calibration results, and for XMM-Newton tests of the command sequences and cross checks on the flight camera data were performed. The analysis of data which were taken with the EPIC pn-camera on board of XMM-Newton revealed slight discrepancies in photon flux dependent on the instrument mode. As possible cause we have suspected the “pile up” effect, even at objects with low surface brightness. Calibration runs at the PANTER facility showed that pile-up effects are responsible for the observed discrepancies. We have also modified the test facility according to the requirements of future missions. Studies of the spot size of the X-ray source have been made, and the monochromasy of the radiation could be further improved by making use of reflection- and crystal spectrometers.

Approximately parallel light is required for testing X-ray telescopes. A point like source in 130 m distance is no longer sufficient for future telescopes e.g. XEUS. Instead, additional optics is needed. In a first step in doing this, the engineering model of the CDS mirror system (SOHO) will be use. We have designed and built a sophisticated manipulator which allows to align CDS in three axes, and in addition to tilt and rotate it in order to let its focus match precisely with the X-ray source.

The smaller X-ray testfacility *PUMA* served last year for test and calibration of the CCD-detector of CAST. Furthermore a miniature X-ray source was tested. In future such X-ray sources should replace the radioactive ^{55}Fe sources for in-orbit calibration of satellite detectors. In addition we continue the production and metrology of filters.

Beside the above mentioned detector developments for ROSITA, DUO and XEUS, the *MPI semiconductor laboratory (HLL)* is investigating new detector con-

Untersuchungen: (1) Einzelpixel-Detektoren (Macro-Pixel) enthalten neu entwickelte großflächige Bildzellen mit integriertem Auslesetransistor DEPFET, derzeit mit einer Pixelgröße von $1\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ in einer 4×4 Pixelmatrix angeordnet (Abb. 3-12). Anwendung könnten z.B. für die vorgeschlagenen Missionen SIMBOL-X und ECLAIR sein. (2) Messungen mit dem pn-CCD zeigten, dass im Standardbetriebsmodus eine Ladungsmenge von mehr als $3.7 \cdot 10^5$ Elektronen pro Bildzelle gespeichert werden kann, was einem Photonensignal von etwa 1.4 MeV entspricht. (3) Neben bisher bereits gefertigten und getesteten pn-CCDs mit Pixelgrößen von $150\text{ }\mu\text{m} \times 150\text{ }\mu\text{m}$ sowie $75\text{ }\mu\text{m} \times 75\text{ }\mu\text{m}$, wurden in diesem Jahr erstmals auch pn-CCDs mit $50\text{ }\mu\text{m} \times 50\text{ }\mu\text{m}$ Bildzellengröße erfolgreich getestet. Entwickelt wurden sie für Experimente, die eine höhere Ortsauflösung erfordern. (4) Getestet wurden verschiedene Varianten eines schnelleren ladungsempfindlichen Vorverstärker- und Multiplexer-Chips (CAMEX) mit 128 Kanälen zur Auslese von CCDs und APS-Detektoren. Eine Auslesegeschwindigkeit von bis zu 8 MPixel/s ist erreicht worden.



Die Projekte der Röntgenastronomie wurden wie folgt gefördert: Das DLR unterstützte XMM (50.OX.9601.7, 50OX.9302.5, 50OX.9701.5). ESA/ESTEC förderte XEUS (15851/01/NL/HB) und XMM (10469/93/NL/RE und 8873/90). DESY unterstützte CAST (05CC2EEA/9) und GAVO (05Ä2EE1/4). Wir erhielten auch Mittel von der Verbundforschung (50.OR.0207), von der Dr. Johannes Heidenhain Stiftung und aus der EU-Förderung (FMGE-CT98-0106).

cepts: (1) Singlepixel detectors (macro-pixel) contain large scale image pixel with integrated readout transistor DEPFET, currently with a pixel size of $1\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ arranged in a 4×4 matrix (Fig. 3-12). Possible applications are foreseen for SIMBOL-X and ECLAIR. (2) Measurements with the pn-CCD show that a total charge of more than $3.7 \cdot 10^5$ electrons can be stored in an image pixel in standard operation, corresponding to a photon signal of about 1.4 MeV. (3) Apart from previously fabricated and tested pn-CCDs with pixel sizes of $150\text{ }\mu\text{m} \times 150\text{ }\mu\text{m}$ and $75\text{ }\mu\text{m} \times 75\text{ }\mu\text{m}$, also pn-CCDs with $50\text{ }\mu\text{m} \times 50\text{ }\mu\text{m}$ have been tested successfully. They have been developed for experiments which require a higher spatial resolution. (4) We have tested various models of a faster charge sensitive preamplifier and multiplexer chips (CAMEX) with 128 read out channels necessary for the readout of CCDs and APS detectors. We have achieved a readout speed of up to 8 MPixel/sec.

Abb. 3-12: Prototyp eines Aktiven Pixel Sensors (APS) mit 4×4 Bildelementen.

Fig. 3-12: Prototype of an Active Pixel Sensor (APS) with 4×4 image pixels.

The projects of the X-ray astronomy group were supported as follows: DLR is funding XMM (50.OX.9601.7, 50OX.9302.5, 50OX.9701.5), ROSITA (50OZ0101). ESA/ESTEC supports XEUS (15851/01/NL/HB) and XMM (10469/93/NL/RE and 8873/90). DESY supports CAST (05CC2EEA/9) and GAVO (05Ä2EE1/4). We also received funds from the Verbundforschung (50.OR.0207), from the Dr. Johannes Heidenhain Stiftung and from EU-projects (FMGE-CT98-0106).

3.4. GAMMA-ASTRONOMIE / GAMMA-RAY ASTRONOMY

In Anbetracht der gegenwärtig allgemein angespannten finanziellen Situation wurde vom Direktorium des Instituts im Oktober des Berichtjahres beschlossen, die Hardware-Aktivitäten für noch nicht genehmigte, mögliche Zukunftsprojekte der Gamma-Astronomie (wie z.B. MEGA) zu beenden. Alle derzeit laufenden bzw. genehmigten Projekte werden jedoch weitergeführt.

Der Hauptdatenlieferant für die Gamma-Gruppe ist derzeit INTEGRAL. Die Instrumente an Bord von INTEGRAL, insbesondere das unter Beteiligung unseres Instituts gebaute Spektrometer SPI, funktionieren nach über einem Jahr Missionsbetrieb zu unser aller Zufriedenheit. Die Germanium Kamera von SPI wurde im Berichtsjahr dreimal erfolgreich getempert, um die durch Strahlenbelastung verursachte Degradation der Energieauflösung wieder auf die Ausgangswerte zurückzubringen. Von den insgesamt 91 Front-End-Elektroniken der Antikoinzidenz ist eine Einheit im Sommer 2003 ausgefallen. Wegen der eingebauten Redundanz entstanden dadurch jedoch keine negativen Auswirkungen auf die Funktionsweise der Antikoinzidenz. ESA hat im November 2003 beschlossen, die so erfolgreiche Mission nach Ende der nominellen Missionsdauer (Dezember 2004) um vier weitere Jahre zu verlängern.

Ebenfalls im November des Berichtsjahres erschien eine Spezialausgabe von „Astronomy and Astrophysics“ mit insgesamt 75 INTEGRAL-Publikationen, in denen es um eine Beschreibung der Mission im Allgemeinen, der vier Instrumente sowie erster gamma-astronomischer Ergebnisse geht. An 32 der Publikationen ist unser Institut durch Co-Autorenschaft beteiligt. Bei 8 Publikationen stammt der Erst-Autor aus unserem Institut. Themen, mit denen sich Wissenschaftler unseres Instituts hauptsächlich beschäftigt haben, sind Morphologie und Linienprofile der 511 keV Annihilationslinie und der 1.809 MeV Linie von radioaktiven ^{26}Al , der Ursprung der Röntgen- und Gamma-Emission aus der Scheibe der Milchstraße, sowie die Eigenschaften von Gamma-Bursts, die sich entweder im Gesichtsfeld der INTEGRAL-Teleskope ereigneten oder die vom SPI-Antikoinzidenz-Subsystem registriert wurden.

Die übrigen Aktivitäten in der Gamma-Gruppe galten im Berichtsjahr hauptsächlich der Vorbereitung zukünftiger Missionen. Eine der Missionen ist GLAST (Gamma-ray Large Area Space Telescope). Es soll die erfolgreichen Messungen der CGRO-Experimente EGRET und BATSE fortführen. GLAST besteht aus zwei Instrumenten, dem Large-Area Telescope (LAT) und dem GLAST-Burstmonitor (GBM). Das LAT soll unter anderem die Spektren von Gammastrahlenbursts bei hohen Energien messen. Damit soll vor allem das hochenergetische Nachleuchten untersucht werden, das von EGRET bei einigen Gammastrahlenbursts beobachtet wurde. Die Aufgabe des GBM wird es sein, diese Messungen zu niedrigeren Energien hin zu erweitern. Während drei Wissenschaftler des Instituts

In view of the present generally critical financial situation, it was decided by the institute's directorate, in October of this report year, to end the hardware activity for those future projects in gamma-ray astronomy, such as MEGA, which are not yet approved. All currently running and approved projects will however be continued.

The main source of data for the gamma-ray group is at present INTEGRAL. The instruments on board INTEGRAL, in particular the spectrometer SPI, built with the involvement of our institute, are all functioning to our full satisfaction. The Germanium Camera of SPI was successfully annealed three times this year, in order to recover the energy resolution which is degraded by radiation damage. Of the 91 anticoincidence front-end electronics, one unit failed in Summer 2003. On account of the built-in redundancy, this has no influence on the functionality of the anticoincidence. In November 2003, ESA decided to extend this successful mission by four years beyond the nominal mission duration (Dec. 2004).

Also in November of this report year, a special edition of Astronomy and Astrophysics appeared with a total of 75 INTEGRAL publications, covering a description of the mission in general, the four instruments, and first gamma-ray astronomy results. Our institute is represented through co-authorship in 32 of these papers. 8 papers have a first author from our institute. Topics which have principally occupied scientists from our group are the morphology and line profile of the 511 keV annihilation line and the 1.809 MeV line of radioactive ^{26}Al , the origin of the X-ray and gamma-ray emission from the ridge of the Galaxy, as well as the properties of the gamma-ray bursts which occurred either in the field of view of the INTEGRAL telescopes, or which were detected by the SPI Anticoincidence Subsystem.

The other activities of the gamma-ray group this year were mainly dedicated to preparation for future missions. One of these missions is GLAST (Gamma-ray Large Area Space Telescope), which will follow up the successful measurements of the CGRO experiments EGRET and BATSE. GLAST consists of two instruments, the large-area telescope LAT and the GLAST Burst Monitor (GBM). The LAT will measure the spectra of gamma-ray bursts at high energies. Thus the high-energy afterglows will be studied, following their detection in a few bursts by EGRET. The goal of GBM will be to extend these measurements to lower energies. Three institute scientists are involved in the LAT as Associate Investigators, who will develop software for the calibration and data analysis and con-

als „Associate Investigators“ am LAT beteiligt sind und Software für die Kalibrierung und die Auswertung der Daten entwickeln sowie Simulationen über den diffusen galaktischen Hintergrund durchführen werden, besteht beim GBM eine direkte Hardware-Beteiligung. So wird das MPE die Detektoren sowie die Nieder- und Hochspannungsversorgung des GBM bauen und liefern. Für GBM konnte im Frühjahr 2003 Phase B erfolgreich abgeschlossen werden. Wegen administrativer und finanzieller Probleme konnte aber mit der Phase C nicht unmittelbar nach Ende der Phase B begonnen werden, was zu einem Zeitverzug von einem viertel Jahr führte. Seit Juli 2003 arbeitet die Firma Jena-Optronik daran, die Qualifikationsmodelle für die beiden Detektortypen zu bauen und zu testen. Erste Ergebnisse dieser Arbeit wurden der NASA im Dezember bei einem Critical Design Review vorgestellt. Mit den zwei GLAST-Instrumenten werden Energiespektren von Gammastrahlenbursts über ~ 6 Energiedekaden (von ~ 10 keV bis ~ 500 GeV) gemessen. Es wird somit zum ersten Mal möglich sein, die hochenergetische Emission in Bezug zur niederenergetischen zu setzen, was eine genauere Bestimmung der Energie E_p , bei der die maximale Emission eines Bursts stattfindet, zulassen wird. Da E_p im Standard-Feuerballmodell stark von der Expansionsgeschwindigkeit der explodierenden Sternmaterie abhängt, wird es möglich sein, dieses Modell zu testen.

Ein weiteres amerikanisches Gamma-Burst Experiment mit deutscher Beteiligung ist SWIFT. Es enthält 3 Instrumente: einen GRB-Detektor (BAT: 10-150 keV), ein Röntgenteleskop (0.5-10 keV) und ein UV/optisches Teleskop (170-650 nm). Nach der erfolgreichen Kalibration des Röntgenteleskops im Herbst 2002 an der PANTER-Anlage (siehe Jahresbericht 2002) erfolgte mittlerweile die Integration des Röntgenteleskops auf dem Satellitenbus. Zusammen mit dem optischen/UV Teleskop wurden 2003 umfangreiche Tests durchgeführt, die alle erfolgreich bestanden wurden. Wegen Verzögerungen beim Bau des Burst-Detektors BAT wurde der Starttermin von SWIFT auf Mitte 2004 verschoben.

Die Entwicklung von GROND (Gamma-ray Burst Optical and Near-infrared Detector; siehe Jahresbericht 2002) hat in 2003 deutliche Fortschritte gemacht. Es wurde ein Grossteil der Konstruktion der Kamera abgeschlossen und der Bau der ersten Teile sowie die Entwicklung der Elektronik begonnen. Im Oktober wurde unter Beteiligung der ESO ein Critical Design Review abgehalten. Über die Randbedingungen des Beobachtungsbetriebes am 2.2 m Teleskop in Chile ab voraussichtlich 2005 wurde mit der ESO ein Vertrag abgeschlossen, der sofortige Beobachtungen innerhalb von 10-20 Minuten nach einem Gamma-ray Burst erlaubt. GROND wird in enger Zusammenarbeit mit der Thüringer Landessternwarte Tautenburg entwickelt und gebaut.

Unter der Bezeichnung MEGA (Mittel Energie Gammastrahlen Astronomie) haben wir in den letzten 10 Jahren ein Teleskop für den Gammaenergiebereich 0.4–50 MeV bis zu einem voll funktionsfähigen Prototypen entwickelt. Ein Satellitenteleskop auf der Basis

struct models of the diffuse Galactic emission; the GBM on the other hand is a direct hardware involvement. Thus MPE will build and deliver the detectors and the low and high-voltage supplies. The GBM Phase B was successfully completed in spring 2003. On account of administrative and financial problems however, it was not possible to begin Phase C directly after the end of Phase B, which led to a three month delay. The firm Jena-Optronik has been working since July 2003 on building and testing the qualification model for both detectors types. First results of this work were presented to NASA at a Critical Design Review in December. The two GLAST instruments will measure energy spectra of gamma-ray bursts over 6 decades of energy (from ~ 10 keV to ~ 500 GeV). It will thus be possible for the first time to relate the high- to the low-energy emission, allowing an exact determination of the energy E_p at which the maximum emission of bursts occurs. Since in the standard fireball model E_p depends strongly on the expansion velocity of the exploding stellar material, it will be possible to test this model.

Another American gamma-ray burst experiment with German involvement is SWIFT. It has 3 instruments: a GRB detector (BAT: 10-150 keV), an X-ray telescope (0.15-10 keV) and a UV/optical telescope (170-650 nm). Following the successful calibration of the X-ray telescope in autumn 2003 in the PANTER facility (see Annual report 2002), the integration of the Satellite bus took place. In 2003 extensive tests were carried out including the optical/UV telescope, and these were all successfully completed. Because of delays in the construction of the burst detector BAT, the launch of SWIFT has been postponed to mid-2004.

The development of GROND (Gamma-ray Burst Optical and Near-infrared Detector; see Annual Report 2002) made clear advances in 2003. The main part of the construction of the camera was completed and the building of the first mechanical parts and development of the electronics was started. A Critical Design Review was held in October with ESA involvement. A contract on the conditions for the observational operations at the 2.2 m telescope in Chile was signed with ESO, allowing immediate observation 10-20 minutes after a gamma-ray burst. GROND is being developed and built in close cooperation with the Thüringer Landessternwarte Tautenburg.

Under the name MEGA (Medium Energy Gamma-ray Astronomy) we have, over the last 10 years, developed a fully functional telescope for the energy range 0.4-50 MeV. A satellite-borne telescope on the basis of MEGA technology could realise the next step in this

der MEGA Technologie könnte den nächsten Schritt in der Gammastrahlenastronomie in diesem bisher wenig erforschten Spektralbereich realisieren. Der MEGA Prototyp besteht aus zwei Detektoreinheiten: einem bildgebenden Si Streifenzähler und einem Kalorimeter aus CsI Szintillatoren mit PIN Dioden. Insgesamt werden ca. 12000 Messkanäle aus diesen Teilchendetektoren elektronisch erfasst. Eine spezielle programmierbare Koinzidenzelektronik bewertet die Daten nach den Kriterien für gute Compton- oder Paarereignisse und startet im Erfolgsfall die Datenaufzeichnung. Zur Auswertung der Daten wurde eine bildgebende Software entwickelt, die sowohl Compton- als auch Paarereignisse analysiert und für die Rekonstruktion der Verteilung der Gammaquellen nutzt. Der MEGA Prototyp ist gegenwärtig das weltweit am weitesten fortgeschrittene Messgerät zur Abbildung von Gammastrahlung in dem oben genannten Energiebereich.

Zur Verifikation des Messprinzips wurden zuerst Eichmessungen mit radioaktiven Quellen im Labor durchgeführt. Ein illustratives Beispiel für die Fähigkeit auch ausgedehnte Gammaquellen mit MEGA abzubilden ist in Abb. 3-13 dargestellt. In dieser Messung wurde eine Quelle (^{88}Y , 898 und 1836 keV) kreisförmig im Gesichtsfeld bewegt. Der Ring in der rekonstruierten Abbildung entspricht einer Winkelausdehnung von ca. 30° .

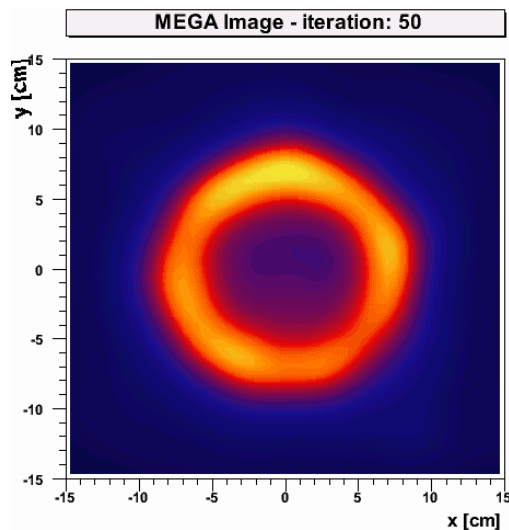


Abb. 3-13: Abbildung einer kreisförmig bewegten radioaktiven Quelle (^{88}Y) bei einer Photonenenergie von 1.8 MeV. Dieses Ergebnis demonstriert, dass die MEGA Kamera auch ausgedehnte Strahlungsquellen erfolgreich abbilden kann.

Fig. 3-13: Image of a radioactive source (^{88}Y) at a photon energy of 1.8 MeV, moved on a circle. This result demonstrates that the MEGA camera can also successfully image extended sources.

Im April/Mai 2003 wurde MEGA in einer Eichung am Beschleuniger der Duke University, NC, USA mit Gammaphotonen bestrahlt. Die „High Intensity Gamma-ray Source (Hi γ S)“ des Free Electron Lasers liefert in der Energie einstellbare monoenergetische Photonen im Bereich 0.7 bis 50 MeV ($\Delta E/E < 2\%$) welche

little-studied spectral range of gamma-ray astronomy. The MEGA-prototype consists of two detector units: an imaging Silicon strip detector and a calorimeter of CsI scintillators with PIN diodes. A total of 12000 channels are electronically read out of these particle detectors. A special programmable coincidence electronics checks the data according to the criteria for good Compton or pair-creation events, and if met the data transfer is started. For the data analysis, imaging software has been developed which analyses both Compton and pair events and uses these for the reconstruction of the sources. The MEGA prototype is at present the most advanced detector worldwide for the imaging of gamma radiation in the above-mentioned energy range.

For the verification of the measurement principle, calibration measurements were first made in the laboratory with radioactive sources. An illustrative example for the potential to image extended sources also with MEGA is shown in Fig. 3-13. In this measurement a source (^{88}Y , 898 and 1836 keV) was moved on a circle in the field-of-view. The ring in the reconstructed image corresponds to an angular extent of about 30° .

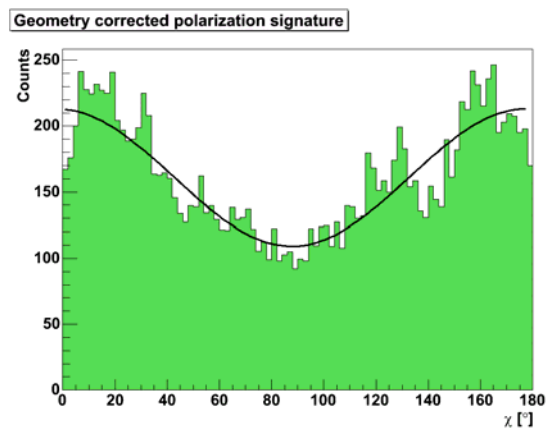


Abb. 3-14: Modulation der azimuthalen Streuverteilung für Compton-Wechselwirkungen bei 710 keV für einen 100% polarisierten Eichstrahl.

Fig. 3-14: Modulation of the azimuthal scattering distribution for Compton interactions at 710 keV for a 100% polarized calibration beam.

In April/May 2003 MEGA was calibrated with a photon beam at the accelerator of Duke University, NC, USA. The “High Intensity Gamma-ray Source (Hi γ S)” of the free electron laser produces selectable monoenergetic photons in the range 0.7 to 50 MeV ($\Delta E/E < 2\%$) which are 100% polarized. During the

100% polarisiert sind. Während der Eichung wurden ca. 15 Millionen Ereignisse bei unterschiedlichen Energien und Einfallswinkeln aufgezeichnet. Wie erwartet wurde das große Gesichtsfeld (ca. 160° Durchmesser) bestätigt und die Winkelauflösung bei allen Energien vermessen. Besonders im Bereich der Paarerzeugung (>10 MeV) ist MEGA etwa um einen Faktor 2 besser in der Definition von Punktquellen als es das EGRET Teleskop war. Von besonderem astrophysikalischem Interesse ist die Messung der Polarisation. In der Abb. 3-14 ist die Modulation in der azimuthalen Streuverteilung von Compton-Ereignissen bei 710 keV dargestellt. Die Kurve entspricht der Modulation, die man für einen 100% polarisierten Strahl erwartet. Damit sind die polarimetrischen Eigenschaften von MEGA experimentell bestätigt. Ein Ballonflug des Prototypeteleskops war für 2004 in Vorbereitung um die Hintergrundunterdrückung in einer orbit-ähnlichen Strahlungsumgebung zu testen. Diese Planung, zusammen mit eventuellen Weiterentwicklungen des Detektors, wurde im Oktober durch einen Beschluss des Direktoriums beendet. MEGA soll jetzt als „wissenschaftliches Modell“ an die University of New Hampshire übergeben werden um die Bewerbung für eine MidEx Mission der NASA im Jahr 2004 unter der Führung der UNH Gruppe zu unterstützen.

Das optische Hochgeschwindigkeits-Photometer OPTIMA, das der Beobachtung von Gamma-Quellen im Optischen dient, wurde im Jahr 2003 in drei Messkampagnen eingesetzt. Im Mai wurden am SAAO (South African Astronomical Observatory) Binärsysteme mit schwarzen Löchern (Cir X-1, XTE J1746-32) gleichzeitig im optischen und Röntgenbereich (RXTE) beobachtet. Die Quelle Cyg X-1 wurde ebenfalls zusammen mit RXTE im September vom Skinakas Observatorium aus gemessen. Bei dieser Kampagne wurde auch eine gemeinsame Messung der Crab Lichtkurve im optischen und weichen Röntgenbereich (Chandra, XMM) realisiert. Ende November nahm OPTIMA, konfiguriert als Polarimeter, an einer Multifrequenzkampagne (Radio-optisch-TeV) zur Beobachtung von sog. „Giant Radio Pulses“ des Crab Pulsars teil. Diese Messung wurde am 2.5m Teleskop des NOT (Nordic Optical Telescope) auf La Palma durchgeführt. Für 2004 bereiten wir einen Umbau von OPTIMA vor, um am Skinakas Observatorium zeitlich hochaufgelöste Beobachtungen von SWIFT-getriggerten Gammabursts zu ermöglichen.

Im Rahmen des OPTICON Konsortiums wurde bei der EU ein Antrag auf die Entwicklung von sehr schnellen pn-CCDs gestellt und genehmigt. Dieses Projekt soll vom MPE/HLL zusammen mit der Firma PN-Sensors durchgeführt werden.

INTEGRAL wird von der DLR unter 50.OG.9503.0, und der GLAST-Burst-Monitor unter 50.QV.0003 gefördert.

calibration about 15 million events with different energy and direction were registered. As expected the wide field-of-view (160°) was confirmed and the angular resolution was measured at all energies. Especially in the pair production range (>10 MeV) MEGA is about a factor 2 better than EGRET in the location of point sources. The measurement of polarization is of particular astrophysical interest. Fig. 3-14 shows the modulation in the azimuthal scattering distribution of Compton events at 710 keV. The curve corresponds to the modulation which is expected for a 100% polarized beam. Thus the polarimetric capabilities of MEGA are experimentally confirmed. A balloon-flight of the prototype telescope was in preparation for 2004 to test the background rejection in an orbit-like radiation environment. This plan, as well as possible further development of the detector, was ended by a decision of the directorate in October. MEGA will now be delivered to the University of New Hampshire (UNH) as “Scientific Model”, to support the application in 2004 for a NASA MidEx Mission under the leadership of the UNH group.

The optical high-speed photometer OPTIMA, which serves to observe gamma-ray sources in the optical, was deployed in three observing campaigns in 2003. In May, at SAAO (South African Astronomical Observatory), binary systems with black holes (Cir X-1, XTE J1746-32) were simultaneously observed in optical and X-rays (RXTE). The source Cyg X-1 was also observed simultaneously with RXTE in September from the Skinakas Observatory. In this campaign a combined observation of the Crab light curve in optical and soft X-rays (Chandra, XMM) was also made. At the end of November, OPTIMA, configured as a polarimeter, took part in a multifrequency campaign (radio-optical-TeV) to measure the so-called “Giant Radio Pulses” from the Crab pulsar. This measurement was made from the 2.5 m telescope of NOT (Nordic Optical Telescope) on La Palma. For 2004 we will prepare a modification of OPTIMA to allow high time-resolved measurements of SWIFT-triggered gamma-ray bursts from the Skinakas Observatory.

In the context of the OPTICON consortium, an application for the development of very fast pn-CCDs was made to the EU and accepted. This project will be carried out by MPE/HLL together with the firm PN-Sensors.

INTEGRAL is supported by DLR under 50.OG.9503.0 and the GLAST Burst Monitor under 50.QV.0003.

3.5 KOMPLEXE PLASMEN / COMPLEX PLASMAS

Die hier zusammengefassten Labor- und Weltraumaktivitäten wurden im Rahmen des „CIPS“ (Centre for Interdisciplinary Plasma Science) durchgeführt – eine gemeinsame Initiative zwischen dem MPE und dem Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP).

CIPS wurde formal im Januar 2000 gestartet und wird zentral aus speziellen MPG Geldern finanziert, sowie auch aus den beiden Instituten. Die zentrale Finanzierung von CIPS endet im Dezember 2004. Natürlich ist das gesamte Spektrum der CIPS-Aktivitäten breiter als die Auszüge, die hier gegeben sind (insbesondere die IPP-basierten Aktivitäten sind nicht im MPE-Report enthalten). Es wird einen speziellen CIPS „Abschlussbericht“ geben, herauszugeben im Oktober 2004 rechtzeitig für das CIPS-Fachbeirat Treffen, welches für November 2004 geplant ist. Dieser Schlussbericht wird natürlich übergreifend sein.

PKE-Nefedov ist nun schon das dritte Jahr auf der Internationalen Raumstation ISS in Betrieb. In 2003 wurden 4 Missionen mit jeweils drei Experimenterserien durchgeführt, die unterschiedlichen wissenschaftlichen Themen gewidmet waren. Die Experimente im Januar und April wurden von Kosmonaut Nicolay Budarin (s. Abb. 3-15) durchgeführt. Die Mission im Juli hat Kosmonaut Yuri Malenchenko (Abb. 3-16) begleitet, und die bereits 10. Mission mit *PKE-Nefedov* auf der ISS wurde von dem Kosmonauten Alexander Kaleri im Dezember durchgeführt. Damit ist *PKE-Nefedov* das erfolgreichste und am meisten benutzte Experiment auf der ISS.



Abb. 3-15: Kosmonaut Nicolay Budarin, der zwei Experiment-Serien mit PKE-Nefedov durchführte, beim Audiokontakt von der ISS zum Boden.

Fig. 3-15: Cosmonaut Nicolay Budarin, who carried out two experiment series with PKE-Nefedov, during an audio contact from the ISS to ground.

Jeder Kosmonaut, der unser Experiment durchführte, wurde von unseren russischen Kollegen im Umgang mit unserer Apparatur trainiert. Während der Durchführung der Experimente auf der ISS wurden sie von einer Gruppe von wissenschaftlichen und technischen Spezialisten aus dem Kontrollzentrum in Korolev begleitet. Die direkte Übertragung der Experimentda-

The laboratory and space activities summarised here were carried out within the “CIPS” (Centre for Interdisciplinary Plasma Science) – a joint initiative between MPE and the Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP).

CIPS was started formally in January 2000 and is supported centrally from a special MPG project fund as well as from the two institutes. The central founding for CIPS will finish in December 2004. Of course, the whole spectrum of CIPS activities is broader than the excerpts given here (in particular the IPP-based activities are not included in this MPE-Report). There will be a special CIPS “Final Report” issued in October 2004, in time for the CIPS Fachbeirat meeting, which is scheduled for November 2004. The final report will, of course, be comprehensive.

PKE-Nefedov is now in its third year of operation on the International Space Station ISS. In 2003 four missions with three experimental series each were performed, dedicated to different scientific topics. The experiments in January and April were carried out by cosmonaut Nicolay Budarin (Fig. 3-15). The mission in July was accompanied by cosmonaut Yuri Malenchenko (Fig. 3-16), and the 10th mission with *PKE-Nefedov* on the ISS was performed by the experienced cosmonaut Alexander Kaleri in December. This makes *PKE-Nefedov* the most successful and most widely used experiment on the ISS.



Abb. 3-16: Kosmonaut Yuri Malenchenko mit unserer, in der Transferkammer der ISS montierten, Experimenteinheit.

Fig. 3-16: Cosmonaut Yuri Malenchenko with our experimental unit mounted in the transfer chamber of the ISS.

Each cosmonaut, who carried out our experiments, was trained by our Russian colleagues in the control of our apparatus. During the course of the experiments on the ISS they were accompanied by a group of scientific and technological specialists from the control center in Korolev. The direct transmission of the experimental data and the contact to the cosmonauts via

ten und der Kontakt mit dem Kosmonauten über Audio ermöglichen eine direkte Kontrolle des Experimentfortganges und ein manuelles Eingreifen bei Fehlentwicklungen oder komplizierten Experimentabläufen.

Das Trainingsmodell, das sich in Moskau befindet, wurde nach über drei Jahren intensiver Nutzung vor der Mission im Juli demontiert, die Plasmakammer gereinigt und die Ressourcen (Gas und Mikropartikel) wieder aufgefüllt. Einige zusätzliche Tests, die nur im geöffneten Zustand möglich waren und die Informationen über wichtige Komponenten lieferten, wurden durchgeführt. Diese Informationen sind wichtig für das Nachfolgeprojekt PK-3 Plus.

Die Entwicklung und der Bau des Nachfolgeexperimentes auf der ISS, *PK-3 Plus*, befindet sich im Zeitplan, mit einem voraussichtlichen Start Mitte 2005. Dieses Jahr wurde das Ingenieursmodell aufgebaut und eingehend getestet. Dazu wurde auch eine Parabelflugkampagne im Oktober durchgeführt. Weiterhin wurde das Preliminary (Juni) und das Critical (Oktober) Design Review abgehalten. Neben der eigentlichen Experimenteinheit wurde auch beschlossen einen neuen Steuer- und Datenerfassungsrechner zu entwickeln, der mehr Bedienungskomfort bietet und wissenschaftlich einen höheren Nutzen bedeutet. Damit besteht nun ein Gesamtkonzept für PK-3 Plus, das einen großen wissenschaftlichen Fortschritt verspricht.



Die Parabelflugkampagne, die 35. ESA Kampagne, war das herausragende Ereignis in diesem Jahr. Sie lieferte nützliche Informationen über die Funktionalität der Apparatur unter Schwerelosigkeit und brachte zudem interessante wissenschaftliche Ergebnisse. Zusätzlich wurde das Ingenieursmodell fertig gestellt, so dass Tests und Experimente mit einer nahezu flugfertigen Experiment- und Elektronik-Hardware durchgeführt werden konnten (Abb. 3-17). Ein wichtiges technologisches Ziel der Kampagne galt der Überprüfung, dass unter Schwerelosigkeit keine Mikropartikel die Experimenthardware verlassen. Dies konnte erfolgreich gezeigt werden. Allerdings wurde festgestellt, dass Mikropartikel unter den besonderen Bedingungen auf den Parabelflügen, also den mehrfachen Hoch-g und Null-g Phasen und deren Übergängen, die Experimentkammer verlassen und sich an dem Nadelventil des Druckreglers absetzen. Für normale Partikelgrößen von einigen μm stellt dies kein Problem dar,

audio allows the direct control of the experimental procedure and manual intervention in case of problems or for executing unplanned and complicated experiment procedures.

The training model, located in Moscow, was disassembled after more than three years of intensive use before the July mission. The plasma chamber was cleaned and the resources (gas and microparticles) were refilled. Some additional tests, only possible in the open configuration, were performed to obtain information on key components. This information is important for the follow-up project PK-3 Plus.

The development and construction of the follow-up experiment on the ISS *PK-3 Plus* is in the time schedule, with an estimated launch in the middle of 2005. This year the engineering model was built and tested exhaustively. A parabolic flight campaign in October was performed to test the microgravity behavior of the instrument. Also Preliminary (June) and Critical (October) Design Reviews were held this year. Beside the actual experimental unit it was decided to develop a new control and data storage computer which provides more comfort to the user and improves the scientific return. Thus a total concept exists for PK-3 Plus that promises great scientific progress.

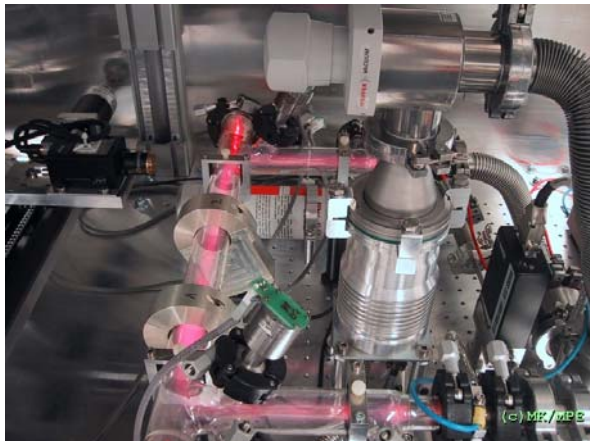
Abb. 3-17: Das Foto zeigt das, aus mittlerweile einem hochintegrierten Rack bestehende, PK-3 Plus Ingenieursmodell (Hintergrund) und die PK-4 Hardware (Vordergrund) in den Airbus A300 eingebaut zum Test auf Parabelflügen.

Fig. 3-17: The image shows the, in the meantime, highly integrated rack consisting of PK-3 Plus engineering model in the back and the PK-4 hardware in the front assembled into the Airbus A300 for test on parabolic flights.

The parabolic flight campaign, the 35th ESA campaign, was the major event this year. It provided useful information on the functionality of the apparatus under low-gravity conditions and delivered interesting scientific results. The engineering model was completed, so that the experiments could be performed with a nearly finished "flight ready" experiment and electronic hardware (Fig. 3-17). One important technical goal of the campaign was to check that microparticles cannot escape from the experimental hardware under low-gravity conditions. This could be verified. However, it was noticed that microparticles can leave the experimental chamber under the special conditions of the parabolic flights, the multiple high-g and low-g phases and their transitions, and that they can settle on the needle valve of the pressure regulator. For usual particle sizes of some μm this causes no problem. However for particles of 0.2 mm diameter, which were tested on the flights, it does. They blocked the needle valve and

jedoch für die, auf den Flügen getesteten, Partikel von 0.2 mm Durchmesser. Sie haben das Nadelventil blockiert und damit eine genaue Druckregelung unmöglich gemacht. Als Konsequenz werden wir bei dem ISS-Experiment auf Teilchengrößen von über 20 µm verzichten und noch einen zusätzlichen Filter einbauen, der das Nadelventil vor jeglicher Verschmutzung schützt. Letzteres muss nochmals unter der besonderen Beanspruchung auf Parabelflügen getestet werden.

Erheblicher Fortschritt konnte auch bei dem, DLR-finanzierten, *PK-4* Vorentwicklungs-Projekt erreicht werden. *PK-4* ist die Weiterführung der, mit PKE-Nefedov gestarteten, erfolgreichen Serie von Schwerelosigkeitsexperimenten. Es besteht aus einer Röhre von 3 cm Durchmesser, in der das DC-Entladungs-Plasma erzeugt wird. Ebenfalls bedeutend sind die zwei RF-Spulen, welche eine lokale induktive Entladung entlang der Röhre erzeugen (Abb. 3-18). Teilchen werden in den Seitenarmen der Röhre injiziert und durch das elektrische DC-Feld in die Hauptröhre transportiert. Die Partikel können von den eingeschalteten RF-Spulen eingefangen werden. Die Teilchen werden mit der beweglichen Kamera, gezeigt in der oberen linken Ecke von Abb. 3-18, sichtbar gemacht. Ein großer Teil des Ingenieursaufwands in diesem Jahr galt dem Design des Kamera/Laser-Beobachtungssystems, sowie der Computer-Kontrolle des Gesamtsystems in Vorbereitung der Parabelflugkampagne.



Das *PK-4* Projekt hat mit seiner ersten Parabelflugkampagne im Oktober einen bedeutenden Meilenstein erreicht. Die Parabelflugeinheit ist in Abb. 3-17 gezeigt. Die Kampagne, zusammen mit *PK-3 Plus* durchgeführt, gab uns die Möglichkeit mehrere kritische Systemkomponenten zu testen, darunter die Teilchendispendoren, die Gasfluss-Regelung und die Teilchenverteilung im RF- und DC-Betrieb. Zusätzlich haben wir den in Wellenanregung resultierenden Teilchenfluss im reinen DC-Betrieb, sowie Wolkenkollisionen und sich durchdringende Teilchenflüsse untersucht. Einige interessante Phänomene konnten bei letzteren Experimenten beobachtet werden, darunter groß- und kleinräumige Linienbildung und Teilcheneinfang in Wellenfronten.

Einige technische Schwierigkeiten mit dem Experimentapparat wurden festgestellt. Die schwerwiegendste war die ungenügende elektrische Isolation der Teilchendispendoren. Diese technischen Probleme wurden

therefore made an exact pressure control impossible. As a consequence we will not use particles of sizes more than 20 µm and install an additional filter, which should protect the needle valve from any pollution. This design modification will be tested under the special parabolic flight conditions once more.

Significant progress has also been made in the, DLR financed, *PK-4* predevelopment phase project. *PK-4* is the continuation of the successful line of microgravity experiments that started with PKE-Nefedov. It consists of a 3 cm diameter tube in which a DC glow discharge plasma is maintained. Also significant are two RF coils which induce local inductive discharges along the tube (Fig. 3-18). Particles are injected from the side-arms of the tube and transported to the main central tube by the DC electric field. The particles can be trapped by the RF coil fields, when turned on. The particles are visualized with the movable camera shown in the upper left corner of Fig. 3-18. A large fraction of the engineering effort during the last year went into the design of the camera/laser visualization system, as well as into computer control of the whole system, to be prepared for the parabolic flight campaign.

Abb. 3-18: Überblick über die PK-4 Plasmakammer. Gezeigt ist die Turbopumpe mit Ventil (zentraler Turm), die Entladungsröhre mit dem brennenden DC-Plasma, einen Teilchendispendor (zentral links unten), zwei RF-Spulen und die Kamera (oben links).

Fig. 3-18: Overview of PK-4 experiment chamber. Shown are the turbo pump and valve (central tower), the discharge tube with dc plasma burning, one dust dispenser (centre-left-bottom), the 2 RF coils and the camera (upper left.).

The *PK-4* project reached a significant milestone in October, its first parabolic flight campaign. The parabolic flight apparatus is shown in Fig. 3-17. The campaign, jointly carried out with *PK-3 Plus*, gave us a chance to test several critical system components, specifically the particle injectors, gas flow regulation, and particle distribution in RF and DC experiment regimes. In addition, we observed particle flows resulting in wave excitation in the pure DC regime as well as cloud collisions and interpenetrating particle flows. Several interesting phenomena were observed during the interpenetrating flows including large and small scale lane formation and particle trapping in wave fronts.

We encountered several technical difficulties with the experiment apparatus. The most significant one was the insufficient electrical isolation of the particle dispensers. These technical problems have been corrected

behalten und das Experiment wird wieder auf der ESA-Frühjahrskampagne 2004 fliegen.

Nach der Entscheidung in 2002, dass *IMPF* ("International Microgravity Plasma Facility") mit der *ICAPS* ("Interactions in Cosmic and Atmospheric Particle Systems") Facility kombiniert wird, wurde auf einem Treffen in ESTEC im Februar dem neuen gemeinsamen Projekt der Name *IMPACT* ("International Microgravity Plasma, Aerosol and Cosmic Dust Twin" Laboratory) gegeben. Während des Treffens trafen sich die beiden Wissenschaftsgemeinschaften zum ersten Mal und informierten die jeweils andere über ihr wissenschaftliches Programm. Möglichkeiten zur zukünftigen Zusammenarbeit wurden diskutiert. Durch die Verschmelzung zu einem einzelnen Labor an Bord der ISS, d.h. die Benutzung einer gemeinsamen Infrastruktur für beide Experiment-Einschübe, ergibt sich eine starke Kostenverringerung, die die Chancen für die Realisierung der Projekte erheblich vergrößert. Während einer Phase B Studie, finanziert von ESA und gestartet im Oktober diesen Jahres, soll unser Industriepartner Kayser-Threde, zusammen mit einem gemeinsamen Facility Science Team, Design und Verwirklichung von *IMPACT* an Bord der ISS untersuchen. Das Ziel eines weiteren Treffens in ESTEC im November, war die Zusammenstellung und Koordination der Experiment-Voraussetzungen der unterschiedlichen beteiligten wissenschaftlichen Gruppen.

Neben der Durchführung von ersten grundlegenden Experimenten wurde die Entwicklung des Magnetsystems und der experimentunterstützenden Einrichtungen im *Hoch-Feldlabor* weitergeführt. Es wurde eine geeignete Experimenthalterungs-Struktur konstruiert, welche es ermöglicht, eine Plasmakammer, mit all der ihr zugeordneten Diagnostik und Manipulationsmöglichkeiten, über eine Rechnerkontrolle in ihrer Position entlang der Magnetachse zu verschieben. Zusätzlich kann die Kammer auch relativ zur Magnetachse gedreht werden. Zusammen mit einer neuen, speziell für dieses Magnetsystem angepassten Plasmakammer, ist auch ein weiterer Teil zur ferngesteuerten Manipulation der Orientierung der Plasmakammer in Konstruktion gegangen. Im Zusammenspiel mit der bereits gefertigten Experimenthalterungs-Struktur wird es möglich sein, nicht nur die Kammer entlang der Magnetachse zu bewegen, um zwischen homogenen und stark inhomogenen Magnetfeldumgebungen zu wählen, sondern auch die Orientierung der Plasmakammer relativ zum Gravitationsvektor für jede gewünschte Magnetfeldorientierung frei einzustellen.

Die Plasmakammer für das *Paramagnet-Labor* wurde umkonfiguriert. Die neue Kammer beinhaltet eine große (18 cm im Durchmesser) wassergekühlte untere Elektrode und wahlweise eine obere Elektrode oder ein Fenster. Sie ist aus nichtmagnetischem Material gefertigt. Zusätzlich zu den magnetischen Hauptspulen wurden vier kleinere wassergekühlte Spulen eingebaut, zwei oberhalb der Kammer und zwei unterhalb. Die neuen Spulen können mit Gleich- oder Wechselstrom betrieben werden, und die magnetische Feldkonfiguration kann durch Umschalten der Spulen verändert werden. Eine neue RF-Leistungsversorgung mit

and the experiment will fly again on the ESA campaign Spring 2004.

After the decision in 2002 that *IMPF* ("International Microgravity Plasma Facility") will be combined with the *ICAPS* ("Interactions in Cosmic and Atmospheric Particle Systems") facility, the name *IMPACT* ("International Microgravity Plasma, Aerosol and Cosmic Dust Twin" Laboratory) was chosen for this joint project at an ESTEC meeting in February 2003. During this meeting the two science communities met for the first time and informed each other about their science programmes. Possibilities for future collaborations were discussed. The merging into a single facility on board the ISS, using a common infrastructure for both experiment inserts, leads to a large cost reduction which enhances the chances for a realization of these projects significantly. In a phase B study, financed by ESA and started in October 2003, our industrial partner, Kayser-Threde, accompanied by a Facility Science Team, investigates the design and the realization of *IMPACT* on board the ISS. The goal of a further meeting at ESTEC in November 2003, the so-called (Concurrent Design Facility) CDF-meeting, was to collect and coordinate the experiment requirements of the various participating research groups as input for this study. After this phase B, to be finished in the middle of 2004, ESA will decide about the future of *IMPACT*.

Concurrent with the first basic experiments the development of the magnet system and the experiment supporting devices was continued for the *High-Field Laboratory*. The construction of an appropriate experiment rack structure was implemented, which allows the experimenter to move the plasma chamber, with all its dedicated diagnostics and manipulation devices, computer controlled to any desired position along the magnetic axis. Additionally, the chamber can be rotated relative to the magnetic axis. Together with the new plasma chamber, specially designed for the large magnetic field system, another part for the remote-controlled manipulation of the orientation of the plasma chamber went into construction. In combination with the, already manufactured, experiment supporting device it will be possible to move the chamber not only along the magnetic axis to choose between homogenous and inhomogeneous magnetic field environments but also to freely adjust the orientation of the plasma chamber relatively to the gravitational vector for any desired orientation of the magnetic field.

The discharge chamber for the *Paramagnetic Laboratory* was redesigned. The new chamber features a large (18 cm in diameter) water cooled lower electrode and a choice of an upper electrode or a top window. It is made of nonmagnetic materials. In addition to the main magnet coils, four smaller water-cooled magnet coils were installed, two above the chamber and two below. The new coils can be powered by AC or DC and the magnetic field configuration can be changed by switching the coils. A new RF power supply with a matching network was installed. An argon ion laser was equipped with galvanometer scanning mirrors to

einem Anpassungsnetzwerk wurde installiert. Ein Argon-Ionen-Laser wurde mit einem Galvanometer-Spiegel ausgestattet, um eine 2D Verschiebung mit Intensitätsvariation zu ermöglichen. Eine Videokamera mit Blickfeld von oben wurde auf einem in drei Achsen computerkontrollierten Verschiebetisch montiert.

Die Laborarbeiten am *Adaptive Elektroden* Projekt (AE) wurden mehrgleisig durchgeführt. Die Charakterisierung der Plasmaeigenschaften der neuen Kammer wurde mit Spektroskopie und Langmuir-Sonden weitergeführt. Die wissenschaftliche Untersuchung und die theoretische Simulation für die DC und RF Kontrolle von Pixelelektroden im Gleichgewicht wurden vervollständigt. Eine hohe RF erzeugt Divergenzen und zusätzliche Ionisation in der AE-Randschicht, was durch im Plasma gewachsene Nanopartikel sichtbar gemacht werden kann. Experimente mit isolierten AE's haben die Anwendbarkeit für einen weiten Bereich dielektrischer Materialien bestätigt. Eine Anzahl von Gleichgewichtspositionen für wenige Partikel kann erreicht werden durch den Feinabgleich von DC und RF auf einem einzelnen Pixel, wobei die benachbarte Randschicht kontrolliert wird. Dies ermöglicht die Erzeugung von 3-D Clustern. Zusammengefasst ermöglichen die speziellen einzigartigen Eigenschaften der adaptiven Elektrode neue Teilchen- und Plasmakontroll-Mechanismen für die Grundlagenforschung und Anwendung. Wir haben die AE in elektro-negativen Entladungen eingesetzt. Die vorgeladene Randschicht wurde simuliert und die Levitationskraft der Partikel wurde in guter Übereinstimmung mit den experimentellen Daten berechnet.

Der Aufbau für PAGE (PARTicle Growth Experiment) im *Diamant-Labor*, ausgestattet mit einem Elektronen-Temperatur-Kontroll- und Heizungssystem für das Wachstum von Diamantteilchen, wurde installiert und fortwährend verbessert. Die Keimbildung und das Wachstum von kohlenstoffhaltigen Teilchen wurden erfolgreich gezeigt und eine Reihe von Parameterstudien wurde durchgeführt. Bis jetzt wurde die Apparatur bis zu einer Arbeitstemperatur von 800 K getestet. Eine Erweiterung auf 1200 K ist derzeit in Entwicklung. Das Schweben von bis zu 10 μm großen Teilchen konnte durch die thermophoretische Kraft erreicht werden. Auch konnten wir kürzlich die Bildung von neuen Partikeln auf der Oberfläche von Diamant-(Keim)-Teilchen (mittlere Größe von $\sim 2.8 \mu\text{m}$) in einem H_2/CH_4 Plasma beobachten. Die Größe der neuen Partikel nach 8 Stunden Plasmabehandlung bei 800 K liegt bei bis zu 100 nm.

Das *GEC-Labor* besteht aus zwei GEC-RF-Reference Plasmakammern, die für die Durchführung von Experimenten der Grundlagenphysik auf dem Gebiet der komplexen Plasmen entworfen wurden. Im letzten Jahr wurde eine hochauflösende Hochleistungs-Digitalvideoaufzeichnungs-Diagnostik installiert. Diese Megapixel-Videos werden mit 30 Bildern pro Sekunde direkt auf der Festplatte gespeichert, wobei die Speicherzeit nur durch den vorhandenen Festplattenspeicher limitiert ist. Diese einmalige Eigenschaft erlaubte Langzeitserien (bis zu 28000 Bildern) von

provide a 2D scan with intensity modulation. A top view video camera was mounted on a 3D computer controlled translation stage.

The laboratory work on the project *Adaptive Electrode* (AE) has proceeded along several lines. The characterisation of the plasma properties of the new chamber has continued using spectroscopy and Langmuir probes. The scientific assessment and the theoretical modelling have been completed both for DC and RF control of Pixel(s) electrodes in the steady state. A high level of RF introduces divergences and extra ionisation in the AE sheath that can be visualised by plasma-grown nanoparticles. Experiments with insulated AE have confirmed the applicability to a large range of dielectrics materials. A variety of equilibrium positions for small particle clusters can be achieved by fine balancing of DC and RF on a single pixel and by controlling the neighbouring sheath. This allows the study of three-dimensional clusters. In summary, the specific and unique properties of the adaptive electrode system provide new possibilities for particle and plasma control for fundamental research and application. We have applied the AE in electronegative discharges. The biased sheath has been simulated, the levitation force of the particles has been calculated and is found to be in good agreement with the experimental data.

The PAGE (PARTicle Growth Experiment) setup in the *Diamond Laboratory*, including an electron temperature control and heating system for diamond particle growth, was installed and continuously improved. Nucleation and growth of carbonaceous particles was successfully demonstrated and a number of parameter studies were conducted. So far, the device was tested up to operating temperatures of 800 K. An extension up to 1200 K is presently under development. Levitation of particles up to a few 10 μm in size by the thermophoretic force was demonstrated. Recently we observed nucleation of new particles on the surface of diamond seed particles (average size $\sim 2.8 \mu\text{m}$) in H_2/CH_4 plasmas. The size of the new particles after 8 hours plasma exposure at 800 K is up to 100 nm.

The *GEC-Laboratory* consists of two GEC-RF-Reference plasma chambers designed for conducting fundamental science experiments in the field of complex plasmas. During the last year, a high-resolution, high-capacity digital video capture diagnostic has been installed. These mega-pixel cameras capture images directly onto a hard disk at 30 frames per second. The capture duration is only limited by the available hard disk space. This unique ability has been utilized to study very long time-series (up to 28000 frames) of medium sized (~ 100 particles) plasma crystal clusters.

Plasmakristall-Clustern mittlerer Größe (~100 Teilchen) aufzunehmen. Die Langzeitserien ermöglichten sowohl die statistische Untersuchung der Teilchendiffusion über einen langen Zeitraum, als auch die Untersuchung der Gültigkeit der Ergodenhypothese bei stark gekoppelten komplexen Plasmen.

Zusätzlich wurden erste Untersuchungen eines speziellen Manipulators, des so genannten „Torsionsoszillators“, durchgeführt. Er wurde zur Messung der Scherviskosität in Plasmakristall-Clustern entworfen. Der Torsionsoszillator besteht aus einem hohlen zylindrischen Glas, das an einem dünnen Draht befestigt ist. Die Rotationsbewegung des Oszillators wird optisch aufgenommen. Die angeregten Rotationen des Oszillators werden über Neutralgasreibung an das Cluster übertragen und die Impedanz, hervorgerufen durch die Scherviskosität der Partikelwolke, koppelt zurück auf die Rotationsmessungen. Weitere Tests mit diesem einzigartigen Werkzeug sind in Vorbereitung.

Die Projekte PKE-Nefedov (Förderkennzeichen FKZ 50 WM 9852), IMPF-Vorentwicklung (FKZ 50 WM 0038), PK-3 Plus (FKZ 50 WB 0203), PK4 (FKZ 50 WB 0204) und Adaptive Elektrode (FKZ 50 RT 0207) werden vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR gefördert.

These long time series have facilitated the statistical study of particle diffusion over a large time period, as well as statistical investigations on the validity of the ergodic hypothesis for strongly coupled complex plasmas.

Additionally, initial studies were conducted of a special device called “torsion oscillator”. It is designed to measure the shear viscosity of plasma crystal clusters. The torsion oscillator consists of a short hollow cylindrical glass supported by a thin wire. The rotational movement of the oscillator is picked up optically. Driven rotations of the oscillator are coupled to the dust cluster via neutral gas friction and the impedance, due to the shear viscosity of the particle cloud, feeds back to the rotational measurements. Further tests, using this unique device are in preparation.

The projects PKE-Nefedov (Förderkennzeichen FKZ 50 WM 9852), IMPF-Pre-Development (FKZ 50 WM 0038), PK-3 Plus (FKZ 50 WB 0203), PK4 (FKZ 50 WB 0204) and Adaptive Electrodes (FKZ 50 RT 0207) are supported by the German Aerospace Center DLR.

3.6 OPTISCHE UND INTERPRETATIVE ASTRONOMIE / OPTICAL AND INTERPRETATIVE ASTRONOMY

ASTRO-WISE (*ASTRO*nomical *Wide-field Imaging System for Europe*) ist eine Initiative, die die Software- und Analyseprogramme liefern wird, die notwendig sind, um die beträchtlichen Datenmengen die von OmegaCam und anderen Großfeld-Kameras produziert werden, zu verarbeiten. Diese neuen Instrumente bringen die astronomische Forschung an die Grenzen der modernen Informationstechnologie. Für OmegaCam erwarten wir eine jährliche Datenrate von ungefähr 30 Terabyte (1 Tbyte = 1000 Gbyte) allein durch die unbearbeiteten Himmelsaufnahmen. Weitere 10 Terabytes/Jahr werden durch die Datenverarbeitung entstehen. Jedes einzelne OmegaCam Bild enthält ungefähr 10000 astronomische Objekte, und die daraus erzeugten Tabellen, welche die Eigenschaften dieser Objekten enthalten (Helligkeit, Position, Farbe, Form, usw.) ergeben ein weiteres Terabyte jedes Jahr.

Wir entwickeln die Software (sogenannte „Pipeline“) und stellen die nötige Hardware zusammen, mit denen Astronomen Quellen von den Weitfeld-Kameras kalibrieren, analysieren und extrahieren können. Das Astro-Wise Programm hat ehrgeizige Ziele: Datenreduktion in Echtzeit, das Erstellen von extrem großen Datenbanken, das Entwerfen und Herstellen eines dynamischen Archivs, und der Vereinigung der Datenbanken der verschiedenen nationalen Rechenzentren (Deutschland, Niederlande, Italien und Frankreich). Astro-Wise wird weltweit eines der ersten funktionsfähigen virtuellen Observatorien sein.

Das im Januar 2001 begonnene Projekt hat jetzt etwa Halbzeit. Zur Zeit haben wir eine funktionierende Reduktions-Software, die Rohdaten bearbeitet und daraus Objektlisten erzeugt. Die Software ist mit großen Datenvolumen existierender Geräte (WFI, FORS, INT, BTC) geprüft worden. Alle Daten werden zuerst in eine Datenbank eingelesen, von der die Pipeline sie zurückholt, eine Operation durchführt und schließlich die Produkte mit ihren Qualitätseinschätzungen wieder darin abspeichert. Die extrahierten Objektlisten werden ebenfalls in die Datenbank geschrieben. Dadurch kann jeder Pipeline-Benutzer die Verarbeitung seiner Daten oder die Ergebnisse bzgl. einer beliebigen Quelle komplett zurückverfolgen, oder sogar von einem beliebigen Pipelineschritt beginnend neu auswerten. Eine gemeinsame Nutzung von Inhalt und Zugang der Datenbank ist zwischen der Universitäts-Sternwarte München (USM) und der Universität von Groningen erfolgreich getestet worden. Ein Prototypprogramm (SAssociate) wurde entwickelt um umfangreiche Objektlisten, die mit der Astro-Wise pipeline erzeugt wurden miteinander zu vergleichen und zu verknüpfen. Diese Routine arbeitet innerhalb der Datenbank und kann zwei Quelllisten mit jeweils mehr als 1000000 Objekten innerhalb weniger Sekunden miteinander korrelieren.

Ausführlichere Information finden Sie auf der Astro-Wise homepage: <http://www.Astro-Wise.org/>.

The *ASTRO-WISE* (*ASTRO*nomical *Wide-field Imaging System for Europe*) is a program that will provide the software and analysis routines necessary to reduce and mine the vast quantities of data produced by OmegaCam and other wide-field sky survey cameras. These wide-field imagers bring astronomical research to the edge of modern information technology. For OmegaCam, an annual rate of about 30 Terabytes (1 Tbyte = 1000 Gbyte) of raw science image data is expected, which after reduction will deliver about 10 Terabytes/year of image data ready for scientific research. Each OmegaCam image will contain about 10000 astronomical objects and the estimated yearly production of tables containing the properties of these objects (brightness, position, colour, shape, etc.) will be of the order of 1 Terabyte each year.

We are developing the software tools and computing hardware infrastructure with which users can calibrate, analyse, and extract sources from wide-field images. The program has ambitious goals in terms of on-the-fly-reprocessing, parallel processing, data-basing of extremely large data volumes, designing and creating dynamic archives, and federating data volumes over the various national data centers involved (Germany, The Netherlands, Italy, and France). Astro-Wise will become one of the first operational Virtual Observatory systems.

Begun in January 2001, we are now at the half-way point with Astro-Wise. Currently, we have a working pipeline that bias corrects, flat-fields, photometrically calibrates, performs quality control on each image, and extracts sources. The pipeline has been tested using large data sets from already operating instruments (WFI, FORS, INT, BTC). All data is first ingested into the associated data-base, from which the pipeline retrieves it, performs an operation, and returns the products and quality assessment to it. The extracted source tables are also written to the data-base. Thus, any user can retrace the exact processing done to any data, or any detected source, and even reprocess the data from any pipeline step with any user-defined data attributes. A sharing of data-base content and access (federation) has been successfully tested between the Universitäts-Sternwarte München (USM) and Groningen. A prototype routine (SAssociate) has also been developed and tested that finds matches between the sources in very large object lists within the data-base. SAssociate can correlate two source lists, each with 1000000 or more sources, in a few seconds.

For more detailed information, please see the Astro-Wise homepage at <http://www.Astro-Wise.org/>.

OmegaCam, das einzige Messinstrument des 2.6 m VLT Survey Telescope (VST), ist eine optische Kamera mit einem Gesichtsfeld von einem Quadratgrad. Die Kamera wird in einer Zusammenarbeit von Instituten aus Deutschland, den Niederlanden und Italien gebaut und soll im Juni 2005 ihren Betrieb am Paranal Observatorium der ESO aufnehmen.

OmegaCam und das VST dienen als ein reines Durchmusterungsinstrument. Während seiner 10-jährigen Lebensdauer wird *OmegaCam* einen großen Teil (ungefähr 30000 Quadratgrad) des in Chile sichtbaren Himmels ablichten. Um diese außerordentliche Überdeckung zu erzielen, kombiniert *OmegaCam* 32 CCD Detektoren mit einer gesamten Belichtungsfläche von 16384 x 16384 Pixeln (Abb. 3-19). Mit einem beispiellosen Gesichtsfeld von einem Quadratgrad (gleichwertig mit 4 Vollmondbildern) wird *OmegaCam* die größte digitale Kamera der Welt (Abb. 3-20). Würde man eine einzelne *OmegaCam*-Belichtung mit Standard-Computermonitorauflösung darstellen, so wäre eine Fläche von mehr als 20 Quadratmeter nötig, während die Größe der vorgeschlagenen gesamten Durchmusterung fast einem Quadratkilometer entspräche.

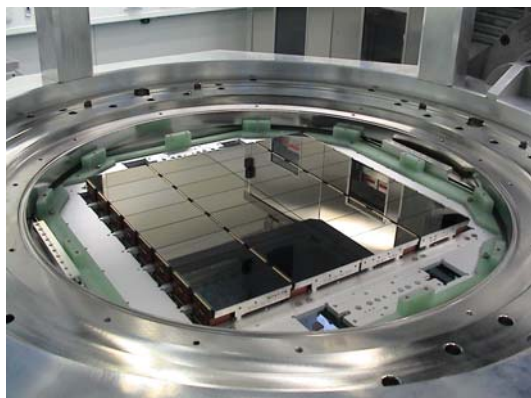


Abb. 3-19: Die Belichtungsfläche von *OmegaCam* gedeckt mit 32 mechanischen CCD-Platzhaltern.

Fig. 3-19: The mosaic plate fully tiled with 32 mechanical CCD samples.

Aufgrund der großen Anzahl astronomischer Objekte, die *OmegaCam* erfassen wird, werden außerordentlich genaue statistische Untersuchungen sowie das Auffinden von sehr seltenen Objekten möglich sein. Neben der generellen Rolle als Durchmusterungsinstrument sind viele spezielle Wissenschaftsprogramme vorgesehen. Diese beinhalten die Suche nach Objekten des Kuiper-Gürtels und der Oort'schen Wolke, Objekte hoher Eigenbewegung, optische Gegenstücke von Gamma-ray Bursts, Supernovae, sowie Studien der

OmegaCam is a 1 square degree wide-field, optical camera that will be the sole instrument for the 2.6 m VLT Survey Telescope (VST). It is being built by a consortium of institutes from Germany, the Netherlands, and Italy, and should complete its commissioning at ESO's Paranal observatory and become operational in June 2005.

OmegaCam and the VST will act as a pure survey instrument. During its 10 year mission *OmegaCam* will map a large fraction (about 30000 square degrees) of the sky visible in Chile. To achieve this extraordinary area, *OmegaCam* combines 32 CCD detectors to create a 16384 x 16384 pixel array (Fig. 3-19). This implies an unprecedented field-of-view of one square degree (equivalent to 4 full moons), making *OmegaCam* the world's largest digital camera (Fig. 3-20). Expressed in standard computer monitor resolution, a single *OmegaCam* exposure would result in a picture measuring more than 20 square meters, whereas the size of the total proposed surveys would be almost one square kilometer.

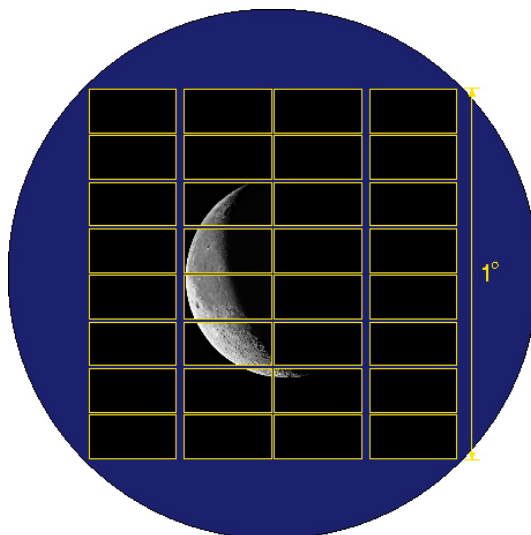


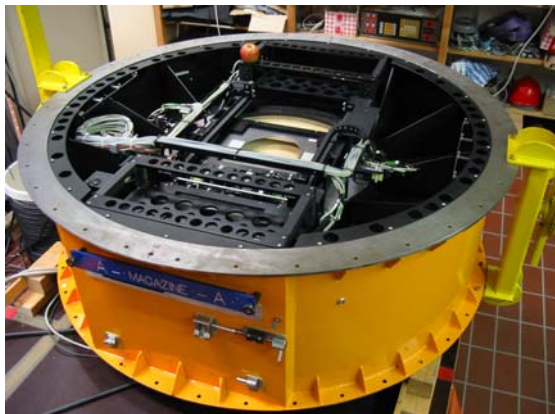
Abb. 3-20: *OmegaCam*'s Detektorfläche bestehend aus 32 CCD's mit einer Gesamtmenge von 256 Megapixeln. Das große Bildfeld dieser 1-Quadratgradkamera wird offensichtlich, wenn man es mit dem Bild des abnehmenden Mondes vergleicht.

Fig. 3-20: *OmegaCam*'s detector plane composed of 32 CCD's with a total of 256 Megapixels. The large field of view of this 1-square-degree imager is apparent when compared to an image of the waning moon.

OmegaCam will be instrumental in providing statistics on large samples of objects, as well as finding unusual rare objects. Aside from its role in providing large area public surveys, a large number of individual science programs have been proposed. These include searches for supernovae, Kuiper belt and Oort cloud objects, gamma ray bursts, and high proper motion objects, as well as mapping large scale structures, Galactic halo populations, and high redshift galaxies and quasars. Clearly, the VST and *OmegaCam* will provide a veri-

großräumigen Struktur des Universums und von hochrotverschobenen Galaxien und Quasaren. OmegaCam und das VST werden also eine wahrhafte Flut von Objekten liefern, die dann mit den größeren VLT Teleskopen genauer untersucht werden können.

Am Kameragehäuse wurde in diesem Jahr an der Universitäts-Sternwarte München die mechanisch-elektronische Integration durchgeführt (Abb. 3-21). Test der Funktionalität des Kameraverschlusses sowie der verschiedenen Softwaremodule haben gezeigt, dass die bislang gefertigten Komponenten die Spezifikationen erfüllen. Der erste der 11 Filter, die für OmegaCam vorgesehen sind, wird Ende 2003 erwartet.



Das Projekt Astro-Wise wurde durch die Europäische Union gefördert und das OmegaCAM-Projekt durch das BMBF.

table flood of objects for follow-up observations with the VLT telescopes.

Currently, the camera housing has been machined and delivered to the Universitäts-Sternwarte München, where mechanical and electronic integration has recently been completed (Fig. 3-21). Tests of the camera shutter performance and the controlling software modules have also been completed and fulfill the specifications. The first of the 11 filters intended for OmegaCam is expected to be delivered by the end of 2003.

Abb. 3-21: Das Kameragehäuse während der Integration. Innerhalb des Gehäuses ist der Filterhalter und die Filter-Austauscheinheit sichtbar. Das Gesamtinstrument und die Elektronik wiegen mehr als 1100 kg und haben einen gesamten Durchmesser von fast 2 Metern. Ein Apfel verdeutlicht die Dimensionen der Kamera.

Fig. 3-21: The camera mounting during assembly. Visible within the mount is the filter holder and exchange mechanism. The total instrument and electronics will weight more than 1100 kg and have an overall diameter of almost 2 m. An apple is used for scale.

The project Astro-Wise was supported by the European Union, and the OmegaCAM-Project by BMBF.

3.7 TECHNOLOGIETRANSFER / KNOW-HOW TRANSFER

3.7.1 Komplexitätsanalyse / Complexity Analysis

Die Arbeitsgruppe „Komplexe Systeme“ beschäftigt sich mit der Entwicklung und dem Transfer wissenschaftlicher Datenanalyseverfahren in interdisziplinären Wissenschaftsprojekten. Die Methoden basieren insbesondere auf Elementen der nichtlinearen Datenanalyse, der Graphentheorie und der Informationstheorie.

The “complex systems” group works on the development and transfer of advanced data analysis methods in interdisciplinary scientific projects. The methods are based in particular on elements of nonlinear data analysis, of graph theory and information theory.

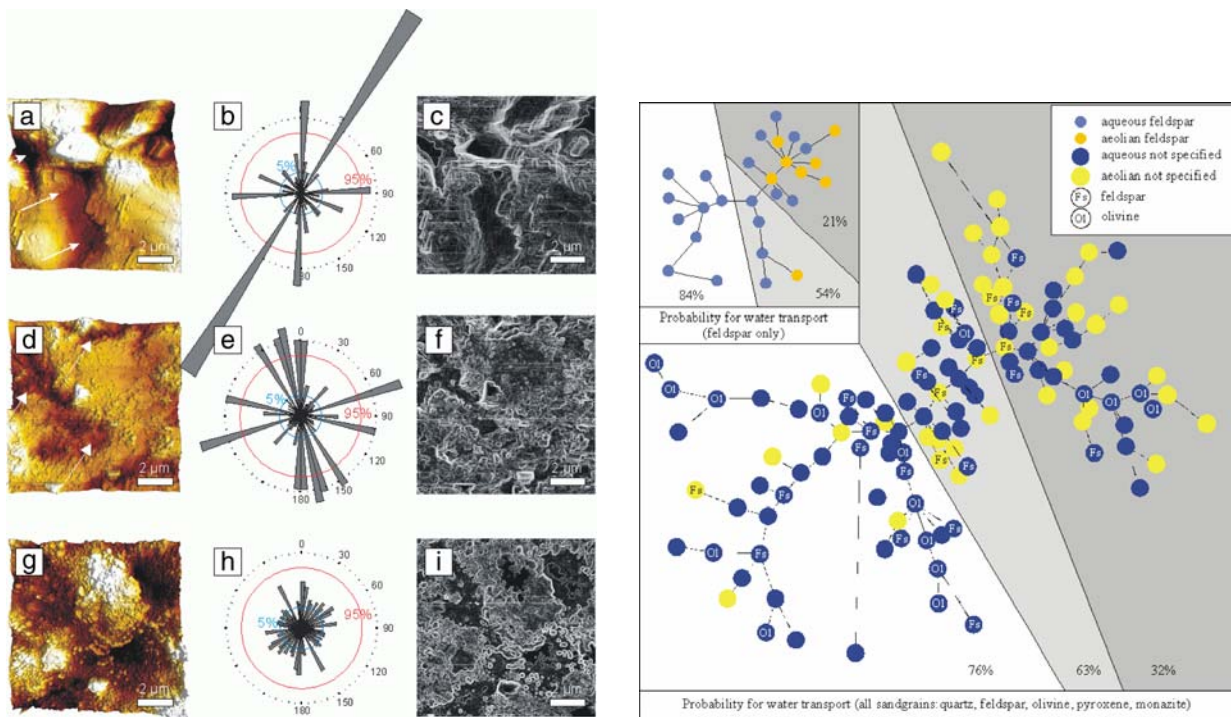


Abb. 3-22: Links: Vergleich von äolischem und aquatischem Quarzsand. (a,d,g) AFM Bilder eines Sandkorns typisch für aquatischen (a, d) und äolischen Transport (g). (c, f, g) Kantendetektion in den AFM-Bildern, (b, e, h) Verteilung der linearen Segmente. Rechts: Minimal aufspannender Baum der Ähnlichkeiten der 129 Messdaten aller 51 Proben. Der Grad der Ähnlichkeit zweier Messungen wird durch die Länge der Verbindungslinie angegeben. Der positiv-prädiktive Wert (PPV) für Wassertransport in jedem Bereich ist in Prozent angegeben.

Fig. 3-22: Left: Comparison of eolian and aquatic quartz sand. (a,d,g) AFM images of a sand grain typical for aquatic (a, d) and aeolian transport (g). (c, f, g) Edge detection of the AFM images, (b, e, h) Distribution of linear segments. Right: Minimal spanning tree showing the similarity of 129 measurements taken on all 51 specimens. The degree of affinity of two measurements is indicated by the length of the connecting line. The positive predictive value (PPV) for water transport in each portion of the trees is given in percent.

In den folgenden Abschnitten werden einige Beispiele der interdisziplinären Zusammenarbeiten vorgestellt, die sich von der zukünftigen Suche nach Wasser auf dem Mars (mit Geologen) bis hin zur Bewertung von Osteoporose (mit Medizinern) erstrecken. Parallel zu diesen konkreten Anwendungen wurden im Bereich der Datenanalyse die Methoden weiterentwickelt, so der Einsatz evolutionärer Strategien z.B. für die Teilchenverfolgung in Plasmakristallexperimenten oder die Entwicklung von Konzepten zur Partitionierung multivariater Zustandsräume. Ein anderes Beispiel ist die Analyse von Fourier-Phasen, die verschiedene Möglichkeiten eröffnet, Daten zu charakterisieren und

In the following sections some examples of interdisciplinary cooperations are given that extend from the future search for water on Mars (together with geologists) to the assessment of osteoporosis (together with clinicians). Parallel to these applications further developments have been made in the field of data analysis, for example in particle tracking problems using evolutionary strategies or in partitioning concepts of multivariate state spaces. Another example is the analysis of the Fourier phases, that offers various possibilities to learn more about the data sets and to detect possible nonlinear correlations. It has been applied to problems in cosmology and transferred to the time series analy-

nicht-lineare Korrelationen zu entdecken. Diese Technik wurde auf Fragestellungen in der Kosmologie angewandt und auf die Zeitreihenanalyse von Börsendaten übertragen.

Auf der Suche nach wasserhaltigen Standorten auf dem Mars steht der direkte Beweis für ehemaliges fließendes Wasser noch aus, obwohl durch Fernerkundung Hinweise auf junge Flusslandschaften geliefert wurden. In Zusammenarbeit mit dem Department für Geo- und Umweltwissenschaften der Universität München wurde ein Klassifikationsschema entwickelt, mit dem zwischen äolischem und aquatischem Transport in sedimentären Lagerstätten auf der Erde unterschieden werden kann. Die Oberflächen von natürlichen Quarzkörnern sowie von Olivin, Feldspat, Pyroxen und Monazit-Sanden von bekanntem terrestrischem Ursprung wurden mit dem Kraft-Mikroskop (AFM) abgebildet. Eine vollständig automatische Analyse der strukturellen Elemente der Oberfläche zeigt, dass windtransportierte Körner kurze lineare Segmente besitzen, die irregulär auf der Oberfläche verteilt sind, während die linearen Segmente von wasser-transportierten Körnern länger sind und Orientierungen besitzen, die die Mineral-Symmetrie widerspiegeln (Abb. 3-22, links).

Da die Oberflächenstrukturen, die man auf aquatischen Körnern findet, durch anisotrope Ätzung entstanden sind, können sie als diagnostische Fingerabdrücke für die Existenz eines heutigen oder vergangenen aquatischen Transportsystems benutzt werden. Kreuz-Korrelations-Abstände der Verteilungsmuster der Strukturen der Sandkörner wurden dazu benutzt, einen minimal aufspannenden Baum zu erzeugen, der die Beziehungen der verschiedenen auf der Erde gefundenen Sedimente wiedergibt (Abb. 3-22, rechts). Da Feldspat und Olivin-Sande sogar noch besser zur Diskriminierung geeignet sind als Quarz-Körner, ist die Anwendung der Methode auf zukünftigen Mars-Missionen vielversprechend.

Der sogenannte Duffing-Oszillator ist ein herausragendes Beispiel für chaotische Dynamik. Die Dynamik einer AFM-Spitze kann durch einen Duffing-Oszillator idealisiert werden und wird durch komplexe Dynamik beherrscht. In Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Biochemie und dem Department für Geo- und Umweltwissenschaften der Ludwig-Maximilians-Universität München wurden Experimente durchgeführt, um den Übergang zum chaotischen Verhalten eines AFM zu untersuchen. Um ein komplexes System zu charakterisieren, kann die so genannte Korrelationsdimension benutzt werden. Sie beschreibt die Dimensionalität einer eingebetteten Trajektorie in einem Phasenraum und ist eng mit dem Skalierungsindex verwandt. Innerhalb des regulären Regimes besitzt das System eine Korrelationsdimension nahe eins, während es im chaotischen Bereich Werte größer zwei zeigt (Abb. 3-23).

In vielen Anwendungen haben sich Verfahren bewährt, die durch Vorbilder aus der Natur motiviert sind wie beispielsweise künstliche neuronale Netze. So werden biologische Phänomene wie Mutation, genetische Rekombination und Selektion in sogenann-

sis in stock rates.

In the search for aqueous habitats on Mars direct proof for (ancient) flowing water is still lacking although remote sensing has provided indications for young fluvial systems. In collaboration with the Department for Geo- and Environmental-Sciences of the University Munich a classification scheme to distinguish between aeolian and aquatic transport in sedimentary deposits on Earth has been developed. The surfaces of natural quartz grains as well as olivine, feldspar, pyroxene, and monazite sands of known terrestrial origin have been imaged with the atomic force microscope (AFM). A fully automated analysis of the structural elements that build up the grain surfaces shows that wind transported grains have linear segments that are short and distributed irregularly on the surface whereas the linear segments of water transported grains are longer with orientations that reflect the mineral symmetry (Fig. 3-22, left).

Because the surface patterns found on aqueous grains are due to anisotropic etching, they can be used as diagnostic fingerprints for the existence of aqueous transport systems in present or past. Cross-correlation-distances of distribution patterns in the structures of sand grains have been used to build a minimal spanning tree, which reflects the relationship of the various sediments found on earth (Fig. 3-22, right). Since feldspar and olivine sands contribute even more to the discrimination than quartz grains, the method is promising for its application on future Mars missions.

The so called Duffing Oscillator is a prominent example exhibiting chaotic dynamics. The dynamics of an AFM-tip can be idealized as a Duffing Oscillator and is governed by very complex dynamics. In collaboration with the Max-Planck-Institut für Biochemie and the Department for Geo- and Environmental-Sciences of the Ludwig-Maximilians-Universität München experiments have been conducted in order to explore the route to chaotic behaviour in the AFM. In order to characterize a complex system, the so-called correlation dimension can be used. It serves as a dimensionality measure for an embedded trajectory in phase space and is closely related to the scaling indices. Within the regular regime the system has a correlation dimension near unity while in the chaotic region values beyond 2 are obtained (Fig. 3-23).

Methods that are motivated by nature have been applied successfully in many tasks, like e.g. artificial neural networks. Biological phenomena such as mutation, genetic recombination and selection are imitated in so-called evolutionary strategies in order to solve

ten *evolutionären Strategien* verwendet, um komplexe Optimierungsprobleme zu lösen. Dazu wird ein Pool von „Individuen“ erzeugt, von denen jedes eine mögliche Lösung des Problems darstellt. In jedem Iterationsschritt werden aus dieser Elterngeneration durch Rekombination und Mutation Nachkommen erzeugt. Die Güte der Problemlösung durch ein Individuum wird mit einer Fitnessfunktion bewertet. Ein Selektionsmechanismus garantiert, dass nur die fittesten Individuen (d.h. die besten Problemlösungen) die nächste Iteration erreichen. Diese Methode stellt somit eine interessante Alternative zu anderen Verfahren wie beispielsweise simuliertes Tempern dar.

complex optimisation problems. For that purpose a pool of “individuals” is generated, of which each represents a possible solution. In each iteration step, descendents are created based on this parent generation by recombination and mutation. The quality of a solution by an individual is evaluated with a fitness function. A selection mechanism guarantees that only the fittest individuals (i.e. the best solutions of the problem) attain the next iteration. Thus evolutionary strategies are an interesting alternative to other optimisation procedures as for example simulated annealing.

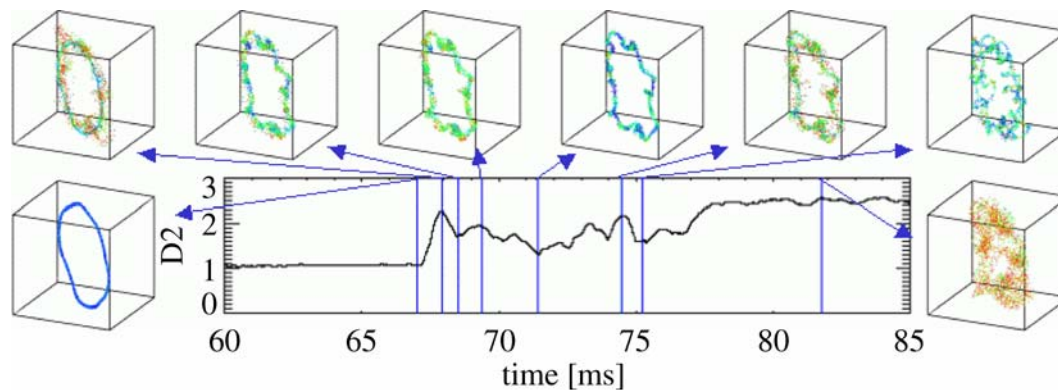


Abb. 3-23: 3D-Einbettungen der Amplitudendaten eines AFM mit Hilfe von Delay-Koordinaten für abnehmenden Spitze-Proben-Abstand. Der Skalierungsindex ist als Farbcode gezeigt, wobei blau, kleine Werte nahe eins beschreibt (reguläre Moden) und rot, Werte nahe zwei und höher (in der Nähe von chaotischen Fenstern). Ein auffälliges Merkmal ist die Periodenverdoppelung zwischen 70 und 76 ms.

Fig. 3-23: 3D-embeddings of the amplitude data of an AFM using delay coordinates for decreasing tip-sample distance. The scaling index is shown as colour code where blue denotes small values near one (regular modes) and red denotes large values near two and higher (close to chaotic windows). A very prominent feature is the period doubling in the range between 70 and 76 ms.

Ein typisches Problem ist die Identifizierung der Trajektorien sich bewegender Objekte (*particle tracking*). Es wurde untersucht, ob sich evolutionäre Strategien zum *particle tracking* bei Plasmakristall-Experimenten eignen. Ein Individuum im Sinne der evolutionären Strategien ist dabei eine Menge von Pfaden. Jeder dieser Pfade verbindet ein Partikel in aufeinander folgenden Zeitschritten. In numerischen Experimenten konnten damit gute Ergebnisse erzielt werden. Problematisch erscheinen allerdings die Vielzahl freier Parameter und die damit verbundene hohe Rechenzeit. Um die Dimensionalität des Problems zu verringern, ist es notwendig, kompaktere Beschreibungen der Individuen zu formulieren. Durch Parallelisierung der Algorithmen kann dann die Rechenzeit erheblich reduziert werden.

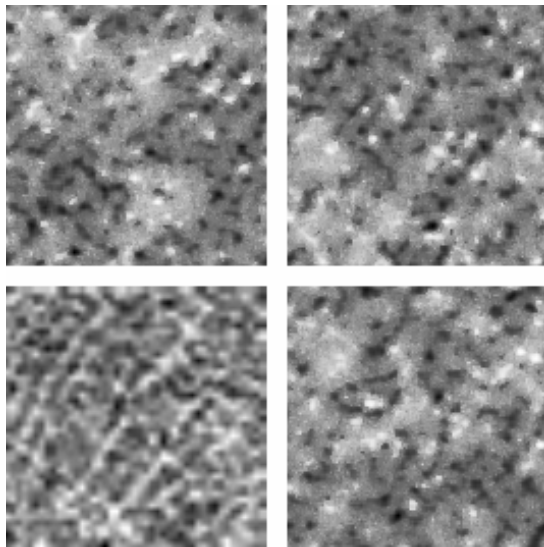
A typical problem is the identification of the trajectories of moving objects (*particle tracking*). It was examined whether evolutionary strategies are suitable to particle tracking in the analysis of the plasma crystal experiments. An individual in the sense of the evolutionary strategies is thereby a set of paths. Each of these paths connects a particle in successive time steps. In numeric experiments good results could be obtained. However the multiplicity of free parameters appears problematic because of the high computation time needed. In order to reduce the dimensionality of the problem, a more compact description of the individuals is necessary. The computation time can substantially be reduced by parallelisation of the algorithms.

Die Studien zur Analyse von Knochenstrukturen, auf der Basis von tomographischen bildgebenden Verfahren dienen der Verbesserung der Diagnose von Osteoporose sowie des damit einhergehenden Risikos für Knochenbrüche. Sie wurden in Rahmen eines sog. *Tandem-Projektes* der MPG in Zusammenarbeit mit dem Institut für Röntgendiagnostik der Technischen Universität München durchgeführt. Osteoporose lässt sich sowohl durch den Verlust von Knochendichte (bone mineral density BMD) als auch die strukturelle

Our studies concerning the analysis of bone structures as displayed in tomographic images improve the assessment of osteoporosis and the risk of fractures. These studies were conducted within the framework of a so-called *tandem-project* in collaboration with the Institute of Radiology of the Technical University of Munich. Osteoporosis is characterised by low bone mass (bone mineral density BMD) and structural deterioration of bone tissue.

Zerstörung von Knochengewebe charakterisieren

Wir benutzten Minkowski-Funktionale und Schätzer für lokale Skalierungseigenschaften der Daten, um die Mikroarchitektur der Knochen zu beschreiben. Es wurde gezeigt, dass es sowohl für gesunde als auch für osteoporotische Knochenstrukturen durch Anwendung von Verfahren des simulierten Temperns möglich ist, Ersatzdaten (sog. Surrogate) zu erzeugen (Abb. 3-24), bei denen die Minkowski-Funktionale mit denen der Originaldaten übereinstimmen. Mit Hilfe der Skalierungsindexmethode war jedoch eine klare Unterscheidung zwischen Original- und Surrogatdaten möglich. Dieses Ergebnis zeigt, dass die Minkowski-Funktionale und die Skalierungsindizes eine komplementäre Beschreibung der Daten liefern.



In mehreren in vitro und in vivo Studien untersuchten wir die Korrelation von Strukturmaßen mit makroskopischen biomechanischen Eigenschaften (z.B. maximale Druckfestigkeit) und dem Frakturrisiko. Es konnte gezeigt werden, dass in allen Fällen die Strukturmaße wesentlich besser mit den makroskopischen Größen korrelieren als die Knochendichte (BMD).

Für ausgewählte Studien wurden die Ergebnisse validiert. Dabei konnten wir durch die Anwendung von sog. Bootstrap- und Jackknife-Techniken zeigen, dass der (Bootstrap-) Fehler für die Unterscheidungsstärke bei der Verwendung von konventionellen Beschreibungsmethoden doppelt so groß ist wie bei Verwendung von Strukturmaßen. Dies zeigt, dass die neu entwickelten Strukturmaße nicht nur hinsichtlich ihrer Diskriminierungsstärke sondern auch in ihrer statistischen Stabilität erheblich verbesserte Resultate liefern.

3.7.2 Wissenstransfer aus dem Fertigungsbereich / Know-How Transfer from the MPI Semiconductor Laboratory to Industry

Das Halbleiterlabor (MPI-HLL) des Max-Planck-Instituts für extraterrestrische Physik und des Max-Planck-Instituts für Physik besteht in seiner jetzigen Form seit 1991. Seine zentralen Aufgaben sind Entwicklung und Fertigung von Halbleiterdetektoren für die Röntgen-astronomie und für die Hochenergiephysik.

We used Minkowski-functionals and estimators for the local scaling properties of the data to quantify the microarchitecture of the bones. It was shown that for both healthy and osteoporotic bones, the generation of surrogates, which preserve the Minkowski functionals, is possible by applying simulated annealing (Fig. 3-24). By applying the scaling-index-method a discrimination between the original data and surrogates was possible indicating that the Minkowski functionals and the scaling indices complement each other.

Abb. 3-24: Bild einer Knochenstruktur, wie sie sich mit Kernspintomographie darstellt (unten links) und drei dazugehörige Surrogatbilder mit gleichen Minkowski-Funktionalen. Mit bloßem Auge ist eine klare Trennung zwischen Original und Surrogaten möglich. Die Skalierungsindizes sind auf diese Unterschiede sensitiv.

Fig. 3-24: Image of bone structure as obtained with MR imaging (lower left) and three corresponding surrogates preserving the Minkowski-functionals. By eye-inspection a clear discrimination is possible. The scaling indices can account for these differences.

In various in vitro and in vivo studies we investigated the correlation of structure measures with macroscopic biomechanical properties (e.g. maximal compressive strength) and the risk of fractures. It could be shown that in all cases the structure measures correlated much better with the macroscopic bone quantities than the bone density (BMD).

The results for some of our studies were validated. By applying bootstrap- and jackknife-resampling methods we could show that the (bootstrap-) error of the discrimination power is twice as large for conventional measures characterizing the bone density as for our nonlinear measure, which quantifies the trabecular bone structure. These results show that the structure measures not only have a better predictive power but also yield statistically more stable results.

The semiconductor laboratory (MPI-HLL) of the “Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik” and “Max-Planck-Institut für Physik” exists in its present form since 1991. Its main task is the development and production of semiconductor detectors for X-ray astronomy and high energy physics.

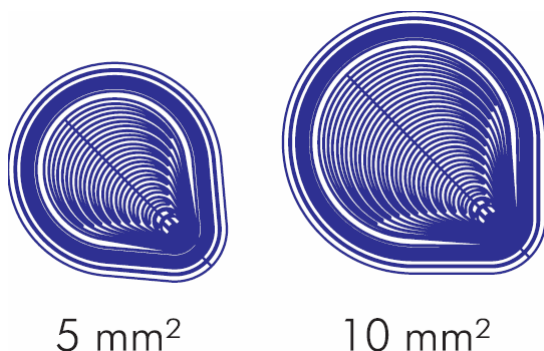
Die vor uns liegenden Hauptprojekte aus dem Bereich der Röntgenastronomie sind die Missionen DUO, ROSITA und XEUS. Für zeitlich hoch aufgelöste Messungen im optischen Wellenlängenbereich (zur Korrelation mit Röntgen- und Gammabeobachtungen) entwickeln wir zur Zeit eine Hochgeschwindigkeitskamera für den optischen und nahen Infrarotbereich (HTRA, High Time Resolution Astrophysics). Kleinere Studien wurden für die Missionen SIMBOL-X und ECLAIR gemacht, sowie für einen schnellen Röntgenphotonenzähler für die XEUS Mission.

Gemeinsam mit dem MPI für Physik sind wir an dem CAST Experiment am CERN beteiligt, um mit Hilfe eines supraleitenden Magneten (9 Tesla) solare Axionen nachzuweisen. Die Hauptentwicklungsprojekte des MPI für Physik sind die dünnen aktiven Pixel Sensoren (DEPFETs) für den zukünftigen Linearcollider TESLA zur präzisen Spurvermessung, Röntgendetektoren für Vorversuche zu einem Myonenbeschleuniger-Projekt und Avalanche-Detektoren für die EU-SO Mission auf der internationalen Raumstation ISS.

Neben diesen beiden Hauptlinien der beiden Institute, sorgt die Firma PNSensor, die auch federführend bei den Institutsprojekten mitarbeitet, für die wirtschaftliche Verwertung der im MPI-HLL entwickelten Detektorsysteme. Im folgenden soll der Spin-off für kommerzielle Anwendungen anhand ausgewählter Projekte dargestellt werden:

Siliziumdriftdetektoren (SDDs) für kompakte, schnelle, hochauflösende Röntgendetektion / Silicon Drift Detectors (SDDs) for compact, fast, and high resolution X-ray detection

Derzeit arbeiten weltweit etwa 3000 Systeme, die hauptsächlich in der Röntgenfluoreszenzanalyse eingesetzt werden. Die im MPI-HLL gefertigten Chips werden von OEM Partnerfirmen zu Modulen und schließlich in komplexe Endgeräte integriert. Einige Innovationen der letzten Zeit sollen kurz dargestellt werden.



(1) Tropfenförmige SDDs: Durch ihre spezielle Form, die durch die Integration der On-Chip Verstärker außerhalb der röntgensensitiven Fläche begründet ist, gelingt es fast „hintergrundfreie“ Spektren zu messen (Abb. 3-25). Dies hat zur Folge, dass Konzentrationen von Elementen gemessen werden können, die bis zu einem Faktor 10000 weniger oft in der Probe vorkommen als ihr Hauptbestandteil. Die Energieauflösung dieser Detektoren ist bereits bei Temperaturen von -10°C mit der von kryogenischen Halbleiterdetektoren vergleichbar und dies bei einer um den Faktor 10

The main future projects in X-ray astronomy are the missions DUO, ROSITA and XEUS. For highly time resolved measurement in the optical to correlate to X-ray and Gamma ray observations we currently develop a high speed camera for the optical and near infrared wavelengths (HTRA, High Time Resolution Astrophysics). Special studies have been performed for the potential missions SIMBOL-X and ECLAIR and for a high speed spectroscopic X-ray counter for the XEUS mission.

With the “MPI für Physik”, we share the participation in the CAST (CERN Axion Search Telescope) experiment. It is developed to search for solar axions by using a superconducting magnet (9 Tesla). The main projects of the “MPI für Physik” are: (1) the development of thin active pixel sensors (DEPFETs) for the future linear collider TESLA to precisely measure particle tracks, (2) X-ray detectors for studies towards a muon particle accelerator, and (3) avalanche detectors for the EUSO mission aboard the International Space Station ISS.

Beside those two major interests of the institutes, the company PNSensor, which has a leading role on the scientific research projects of the MPI-HLL, aims for a commercialization of the developed detector systems. In the following sections, the spin-off towards commercial applications will be reported:

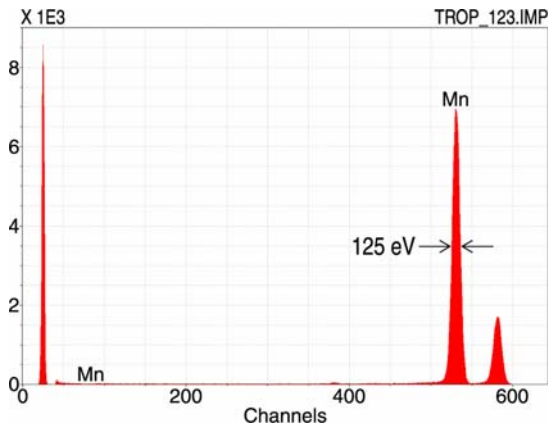
About 3000 systems, doing mainly X-ray fluorescence analysis are operating worldwide to date. The chips, manufactured at the MPI-HLL are integrated into more complex environments by additional OEM partners from industry. Some of the more recent innovations will be described in more detail.

Abb. 3-25: Siliziumdriftdetektoren in „Tropfenform“ mit sensitiven Flächen von 5 mm^2 und 10 mm^2 . Der On-Chip Verstärker liegt außerhalb der sensitiven Fläche und trägt deshalb nicht zur Verschlechterung des Spektrums durch unerwünschten Hintergrund bei.

Fig. 3-25: Silicon drift detectors in a droplet geometry with sensitive areas of 5 mm^2 and 10 mm^2 . The on-chip amplifier is located outside the sensitive area and therefore does not contribute to the degradation of the energy spectrum due to background events.

(1) SDD Droplets (SD3): Due to its special shape, the integration of the on-chip amplifier is outside of the X-ray sensitive area (Fig. 3-25), almost “background free” spectra can be measured. Therefore the concentrations of elements can be measured, which are up to a factor of 10000 less frequent than the main constituents of the sample to be analysed. The energy resolution of the SD3 detectors at temperatures around -10°C is already as good as the resolution of cryogenic semiconductor detectors, and the signal processing time of the SD3 detectors is a factor of 10 shorter

kürzeren Signalverarbeitungszeit (Abb. 3-26). (OEM Partner: PNSensor, KETEK, RÖNTEC, PGT, EDAX).



(2) Großflächige SDDs: Viele Kunden benötigen eine Kombination aus großer sensibler Fläche und schneller Signalverarbeitung. Eine gute Raumwinkelabdeckung hilft Messzeit sparen und damit Kosten reduzieren. Deshalb haben wir SDDs statt mit einer Fläche von 5 mm^2 auch mit einer sensiblen Fläche von 10 mm^2 , 20 mm^2 , 30 mm^2 (Abb. 3-27) oder gar 100 mm^2 ausgestattet. Die größere Fläche führt zu einem leicht erhöhten thermisch generierten Leckstrom, den man allerdings durch moderate Kühlung, z.B. mithilfe eines Peltier-Elementes kompensieren kann. 10 mm^2 große Detektoren dieses Typs werden derzeit auf den beiden Rovern Spirit und Opportunity der aktuellen NASA Marsmission eingesetzt. (PI: MPI für Chemie, Mainz, OEM Partner KETEK, Oberschleißheim).

(Fig. 3-26). (OEM partners: PNSensor, KETEK, RÖNTEC, PGT, EDAX).

Abb. 3-26: Röntgenspektrum der Mn-K α und Mn-K β Linie einer ^{55}Fe – Quelle. Die volle Halbwertsbreite beträgt 125 eV (FWHM) bei einer Betriebstemperatur von -10° C und ist damit bei einer 10-fach höheren Zählrate bereits den, bisher am häufigsten benutzten, Si(Li) Detektoren überlegen.

Fig. 3-26: X-ray spectrum of the Mn-K α and Mn-K β line of an ^{55}Fe – source. The full width at half maximum is 125 eV (FWHM) at an operating temperature of -10° C and at a 10 times higher count rate - therefore silicon drift detectors are already superior compared to the still popular Si(Li) detectors.

(2) Large area SDDs: Many customers need a combination of large sensitive area and fast signal processing. Good solid angle coverage saves measurement time and therefore reduces costs. SDDs with sensitive areas as large as 20 mm^2 , 30 mm^2 (Fig. 3-27) and even 100 mm^2 have been developed. The larger sensitive area leads to an increased leakage current due to thermal generation of charge carriers. By a thermoelectric cooler (Peltier element) the operating temperature can be lowered moderately, and subsequently the leakage current be reduced. 10 mm^2 large detectors of that type are actually being operated on the rovers Spirit and Opportunity on the NASA Mars exploration mission (PI: MPI für Chemie, Mainz, OEM Partner KETEK, Oberschleißheim).

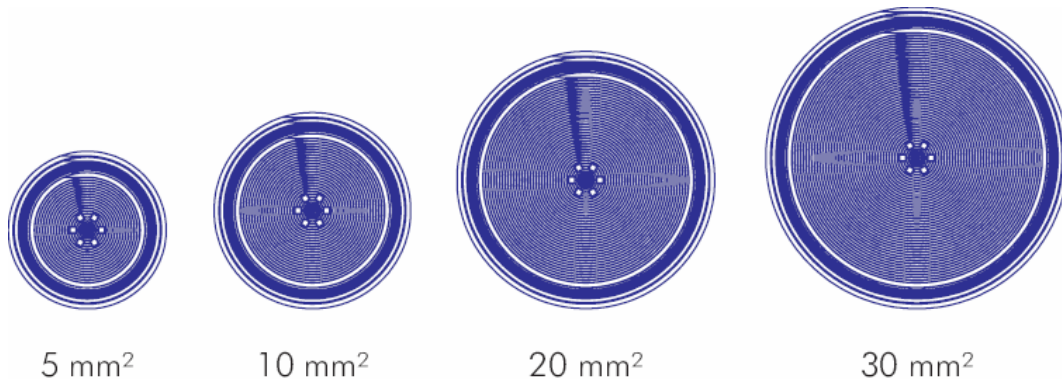


Abb. 3-27: Siliziumdriftdetektoren verschiedener sensibler Flächen zum Einsatz in der Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA).

Fig. 3-27: Silicon drift detectors with different sensitive areas to be used in X-ray fluorescence analysis (XRF).

(3) Felder von Siliziumdriftdetektoren für Gammastrahlung: Werden SDDs an Szintillationskristalle gekoppelt, so kann man mit ihnen, das von der Strahlung im Szintillator erzeugte Licht auslesen. Die Lichtmenge ist proportional zur Energie der einfallenden Strahlung und die Lichtverteilung lässt auf den Einfallsort der Strahlung schließen. Grob segmentierte SDD-Felder meistern mit relativ kleinem elektronischem Aufwand die Aufgabe, gleichzeitig die Energie und die Position der einfallenden Gammastrahlung zu messen. Für die medizinische Diagnostik wird derzeit ein System aufgebaut, welches aus 77 Einzelzellen besteht. Damit kann eine kollimatorlose Gammakamera für onkologische Untersuchungen gebaut werden,

(3) Silicon Drift Detector Arrays for Gamma-ray Detection: If coupled to scintillating crystals, SDDs are capable to detect the light of the scintillator, generated by the incident radiation. The amount of light is proportional to the energy of the impinging radiation and the spatial light distribution allows to positionally locate the radiation. A coarse segmentation of the SDDs of the order of tens of mm^2 results in a sub mm spatial resolution of e.g. Gamma rays. The electronic effort is relatively small. For medical applications a system is actually being set up, which consist of 77 individual SDDs. A collimatorless Gamma camera for oncological diagnosis can be build that way, having a position accuracy of about 0.5 mm . (Project partner:

die eine Ortsauflösung von etwa 0.5 mm hat. (Projektpartner: PNSensor, Politecnico di Milano, INFN).

(4) Mikroelektronik für Vielkanal-SDD Systeme: Im Rahmen des DLR First-Chance Programms haben wir mikroelektronische Signalprozessoren mit zeitkontinuierlichen Filtern, gemeinsam mit dem Ingenieurbüro Buttler, entwickelt. Sie ermöglichen die Auslese von bis zu 8 SDD Kanälen mit spektroskopischer Qualität. Für uns heißt dies, dass die Energieauflösung für Röntgenstrahlung bei 6 keV und bei -10° C besser als 150 eV (FWHM) sein muss. Prototypen dieser ASIC-Chips werden derzeit im MPI-HLL qualifiziert. Ziel dieser Studie ist es, Prototypen dieser analogen Verstärkermodule kommerziell verfügbar zu machen. Die Kosten pro Auslesekanal betragen bei der Fertigung mittlerer Stückzahlen lediglich wenige Euro.

PNSensor, Politecnico di Milano, INFN).

(4) Microelectronics for multichannel SDD systems: Within the First-Chance Programme of the German DLR, we have developed in collaboration with the engineering company Buttler, microelectronic signal processors with time continuous filters. They are capable to read-out in parallel 8 separate channels in spectroscopic quality. This means, that the energy resolution at 6 keV and at -10° C has to be better than 150 eV (FWHM). Prototypes of those ASIC chips are currently tested and integrated in a spectroscopic detector system. The aim of this study is to provide detector systems for commercial applications. The cost per readout channel for moderate quantities is just a couple of Euros.

2-D radiography and spectroscopy

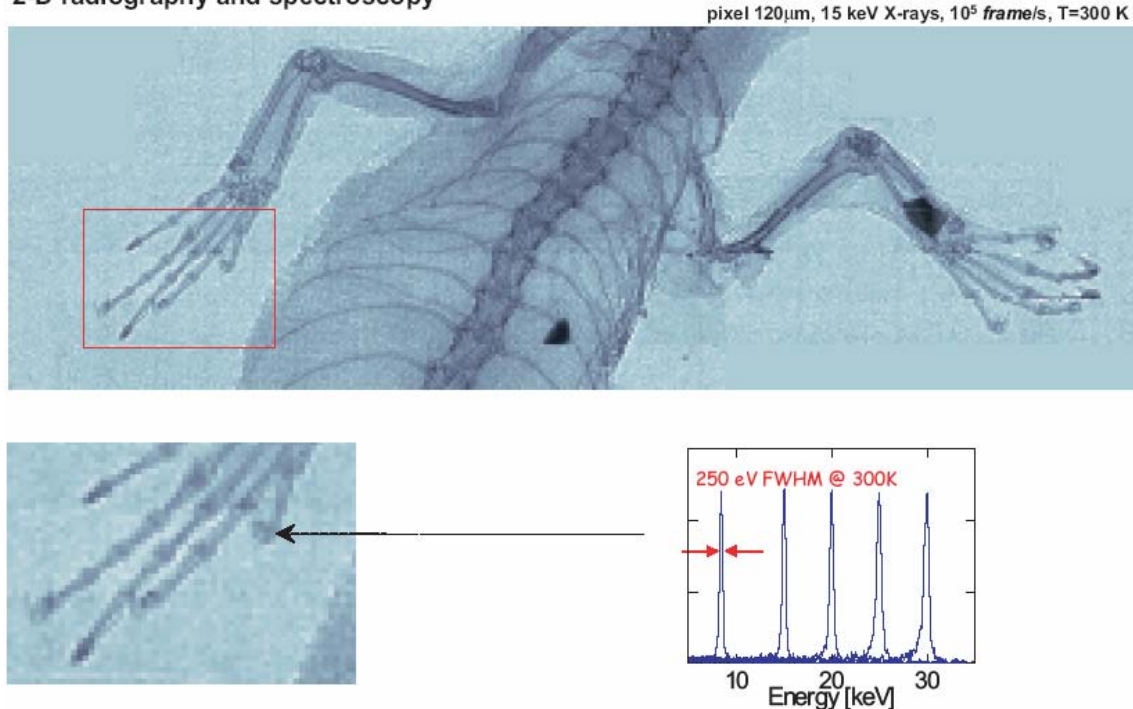


Abb. 3-28: Röntgenspektroskopische Bild eines Salamanders. Dieses Bild wurde mit einer Wiederholrate von 100.000 Bildern pro Sekunde am Synchrotron in Trieste von Mitarbeitern des Politecnico di Milano (A. Castoldi, C. Guazzoni) aufgenommen. Der hier verwendete kontrollierte CDD wurde gemeinsam von der Politecnico di Milano, BNL (USA) und der MPG patentiert.

Fig. 3-28: X-ray image of a lizard. The repetition rate was 100.000 images per second, taken at the synchrotron in Trieste by researchers of the Politecnico di Milano (A. Castoldi and C. Guazzoni). The used CDD was patented jointly by Politecnico di Milano, BNL (USA) and MPG.

(5) Kontrollierte Siliziumdriftdetektoren (CDDs): Gemeinsam mit den Universitäten Siegen, Erlangen, Rom, Mailand und London, sowie den Firmen Ortec und Siemens haben wir auf der Basis von kontrollierten SDDs mit der Entwicklung einer Compton-Kamera begonnen. Durch die präzise örtliche Vermessung des Compton-Vertex, der Energie und der Impulse der beteiligten Stosspartner, lässt sich die Einfallsrichtung des primären Gamma-Quants genau bestimmen. Bei der Wahl geeigneter geometrischer Parameter kann der Ursprung der Strahlung auf einige Hundert Mikrometer genau bestimmt werden, wiederum ohne Strahlung absorbierende Kollimatoren zu verwenden. Der kontrollierte Siliziumdriftdetektor dient

(5) Controlled Silicon Drift detectors (CDDs): In collaboration with the universities of Siegen, Erlangen, Rome, Milano and London as well as companies like Ortec, SIEMENS and PNSensors, we have started to develop a Compton camera for medical applications, on the basis of the controlled drift detectors. Via precise vertex reconstruction and the energy and momentum measurement of the related collision partners, the direction of the incident Gamma-ray can be reconstructed. Choosing adequate geometrical parameters, the origin of the primary radiation can be determined within a few hundreds of µm, again without using radiation absorbing collimators. The controlled drift detector serves in this application as the primary scat-

bei dieser Anwendung als Streudetektor, der Absorptionsdetektor für das gestreute Gammaquant wird voraussichtlich ein Szintillationszähler mit Photomultiplierauslese werden. Ein Anwendungsbeispiel ist in Abb. 3-28 gezeigt. (Partner: siehe oben.)

Röntgen-CCDs für die Hochgeschwindigkeitsphotographie / X-ray CCDs for high speed photography

Zunächst für die Röntgenastronomie entwickelt, werden heute die rückseitig beleuchteten pn-CCDs in vielen Experimenten der Grundlagenforschung eingesetzt. In letzter Zeit kommen aber auch Anwendungen in der optischen und nahen Infrarotastronomie hinzu. In der zeitlich hochaufgelösten optischen (und nahen IR) Astronomie sollen zum Studium transientser Phänomene bis zu 1500 Bilder pro Sekunde genommen werden, bei einem Format der CCDs von 256 x 256 Bildzellen, (Pixel = picture cell or picture element). Gleichzeitig darf das elektronische Rauschen aber 3 Elektronen (rms) nicht übersteigen. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit bis zu Wellenlängen von etwa 1.2 μm wird ein sensitives Volumen mit einer Dicke von etwa 0.5 mm benötigt, ebenso wie ein „antireflective coating“, um die Reflektion des einfallenden Lichtes an der Detektoroberfläche zu verringern. All diese Eigenschaften lassen sich mit den pn-CCDs ideal verwirklichen. Für die Europäische Südsternwarte (ESO) entwickeln wir derzeit ein pnCCD – System, welches in der adaptiven Optik ihrer Teleskope eingesetzt werden soll. Bei erfolgreicher Inbetriebnahme in etwa 2 Jahren soll die Firma PNSensor mehrere dieser Detektorsysteme für die Teleskope der ESO in Chile beistellen.

Alle oben aufgeführten Detektoren werden sowohl in der Grundlagenforschung als auch in industriellen Anwendungen eingesetzt werden. Im Berichtszeitraum wurden auch 4 Patente zur Herstellung, zum Betrieb und zum Funktionsprinzip verschiedener Halbleitersbauelemente angemeldet.

Die hier aufgeführten Arbeiten werden vom deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) gefördert, der Heidenhain Stiftung, der Fa. PNSensor, der Europäischen Raumfahrtagentur (ESA) und der Europäischen Union.

tering detector. The second absorption detector will be most probably a scintillation counter. An application example is shown in Fig. 3-28. (Partners: see above.)

Originally developed for X-ray astronomy, fully depleted, backside illuminated pn-CCDs are used nowadays in many experiments in basic science. Presently, applications in the optical and near infrared band followed. In the highly time resolved optical (and near IR) astronomy, transient phenomena shall be studied with up to 1500 frames a second having a format of 256 x 256 pixels. At the same time the electronic noise has to be smaller than 3 electrons (rms). To enhance the sensitivity for longer wavelengths up to 1.2 μm a fully depleted, sensitive thickness of 500 μm was chosen. In addition an antireflective coating was deposited on the entrance window to reduce the reflection of the incident light. All those special properties can be implemented easily in the pn-CCDs. For the European Southern Observatory we are currently developing a pn-CCD system, which will be applied as a wave front sensor to an adaptive optics system, integrated in a large telescope. If successfully commissioned in about two years, those wave front sensors are foreseen for the large ESO telescopes in Chile.

All of the above mentioned detectors will be operated in basic science experiments as well as in industrial applications. We have applied for 4 patents in the last year concerning the fabrication, the operation and the functional principles of the semiconductor elements.

The above described research projects are funded by the Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), the Heidenhain Foundation, the company PNSensor, the European Space Agency (ESA) and the European Union.

3.8 ZENTRALE BEREICHE / GENERAL SERVICES

3.8.1 Datenverarbeitung / Data Processing

Die Koordination der Datenverarbeitung am MPE übernimmt der sog. Datenverarbeitungs (DV)-Ausschuss, der aus Vertretern aller wissenschaftlichen Bereiche zusammengestellt ist. Ihm ist eine zentrale Datenverarbeitungsgruppe für System- und Programmierarbeiten zugeordnet. Die Hauptaufgabe des DV-Ausschusses besteht in der Koordination und Beurteilung von Hard- und Softwarebeschaffungen und in der Konzeption und Überwachung von zentralen Einrichtungen, wie das lokale Netzwerk des MPE und dessen Sicherheit, der Zugang zu externen Netzen und die allgemein zugänglichen Drucker. Außerdem koordiniert der DV-Ausschuss die Zusammenarbeit mit dem Rechenzentrum Garching (RZG) und organisiert die DV-Schulung der Mitarbeiter des MPE.

Die zentrale Datenverarbeitungsgruppe betreut die zentralen Einrichtungen (Netzwerk, Server-Workstations, Drucker) und die offiziellen WWW-Seiten mit aktuellen Informationen über das MPE (<http://www.mpe.mpg.de>). Zusätzlich sind die Mitarbeiter zu einem Teil ihrer Arbeitszeit in die Datenverarbeitung unserer Großprojekte XMM-Newton, INTEGRAL, Cluster, Herschel und komplexe Plasmen eingebunden. Dies gewährleistet den horizontalen Informationsfluss auch auf der Arbeitsebene.

Coordination of computing and data processing activities is handled by a data-analysis committee with representatives from all areas of the institute. It is supported by a central group for system support and programming. The main tasks of the data-analysis committee are the coordination and evaluation of new hardware and software procurement, the conception and control of central installations such as the local-area network and its security, the access to external networks and the public printers. In addition, the data-analysis committee is co-ordinating the collaboration with the Garching Computer Centre (RZG) and takes care of the computer-related training of MPE members.

The members of the central computing support group maintain the central installations, i.e. network, server workstations, printers and the official WWW pages with up-to-date information about the institute (<http://www.mpe.mpg.de>). They are also involved part-time in the data processing of our main science projects like XMM-Newton, INTEGRAL, Cluster, Herschel and complex plasmas. This guarantees the horizontal flow of information and experience.

3.8.2 Ingenieurbereich Elektronik / Electrical Engineering

Die Arbeit der experimentellen Gruppen am MPE spiegelt sich im Elektronikbereich wieder. An entscheidenden Stellen der Projekte arbeiten Mitglieder der Elektronikgruppe mit, unterstützt von den Mitgliedern der Elektrowerkstatt.

Hauptsächlich werden in unserer Elektronikwerkstatt die anspruchsvollen elektronischen Fertigungsarbeiten für die wissenschaftlichen Projekte am Institut, wenn nötig mit Unterstützung der einschlägigen Industrie, erledigt. In enger Zusammenarbeit mit der Werkstatt schaffen Ingenieure, Mechaniker und Techniker die Voraussetzung für die Weiterentwicklung unserer Fertigungseinrichtungen. Wir sind bestrebt, die wissenschaftlichen Experimente auch in Zukunft mit innovativer Technik unterstützen zu können.

Im einzelnen wurden folgende Projekte unterstützt: *ROSITA*, *DUO* (Röntgenastronomie), *GROND*, *MEGA*, *GBM*, *OPTIMA* (Gamma-Astronomie), *PK3+*, *PK4* (Komplexe Plasmen) und *PACS*, *SPIFFI*, *FIFI-LS*, *PARSEC* (IR/Submillimeter Astronomie). Eine Beschreibung der Projekte wird von den einzelnen Arbeitsgruppen in den Kapitel 3.1 bis 3.7 gegeben. Zusätzlich wurden die Röntgentestanlagen *PUMA* und *PANTER*, die Medientechnik am Institut, die elektrische Infrastruktur und die Haustechnik betreut.

The work structure in the Electronics division is defined by the tasks of the science groups. Members of the group play an essential role in the projects, supported by the electronic workshop.

The electronic workshop is concerned mainly with pretensions fabrications of electronic equipment for the scientific projects at the Institute, together with industry if necessary. Electronic and mechanic engineers and technicians together with the workshop, work on keeping the electronic tools up-to-date, in order to be able to support the scientific instruments with innovate techniques now and in future.

The following projects were supported by our group: *ROSITA*, *DUO* (X-ray Astronomy), *GROND*, *MEGA*, *GBM*, *OPTIMA* (Gamma-Astronomy), *PK3+*, *PK4* (Complex Plasmas) und *PACS*, *SPIFFI*, *FIFI-LS*, *PARSEC* (IR/Submillimeter Astronomie). These projects are described in Chapter 3.1 to 3.7 in detail. In addition, the X-ray test facilities *PUMA* and *PANTER* and the technical aspects of media and buildings at MPE were supported.

3.8.3 Ingenieurbereich Mechanik / Mechanical Engineering

Zum Ingenieurbereich Mechanik gehören die mechanische Konstruktion, die mechanischen Werkstätten einschließlich der Lehrwerkstatt, das Kunststofflabor und das Testlabor für Umwelttests.

In enger Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlern, den Elektronikern und auch der Industrie werden hier hauptsächlich Instrumente für die am Institut betriebene experimentelle Astrophysik entwickelt und teilweise auch gefertigt. Dabei handelt es sich um ein enorm breites Aufgabenspektrum, das vom Feingerätebau über den Sondermaschinenbau bis zum extremen Leichtbau reicht. Zum Aufgabenbereich gehören auch die Produktsicherung und die Verifikation durch Tests. Besondere Schwierigkeiten bei der Entwicklung stellen die oft extremen Anforderungen wie Reinheit, Vibrationsbelastungen beim Raketenstart oder der Betrieb der Instrumente unter Vakuum bei tiefsten Temperaturen (bis in die Nähe des absoluten Nullpunktes) dar. Bei der mechanischen Entwicklung werden sowohl *2D/3D-CAD* als auch FE-Programme eingesetzt. Für Umwelttests stehen im Testlabor ein Schüttler und zwei Thermovakuum-Kammern zur Verfügung. Die mechanische Werkstatt ist überwiegend mit NC-Maschinen ausgestattet, wobei *CAD/CAM* immer mehr eingebunden wird. Der Maschinenpark besteht gegenwärtig aus insgesamt 9 Fräsmaschinen und 3 Drehmaschinen.

Im Berichtsjahr wurden unter anderem folgende Projekte bearbeitet: *ROSETTA* (Ausbau und Einlagerung der Ankerharpunen), *HERSCHEL-PACS* (für 4K-Betrieb thermisch optimiert, Entwicklung externer Kalibrationsquellen), *DUO* (Untersuchung des Thermalverhaltens, Entwicklung eines Strukturkonzepts für die Kamera), *GROND* (Konzeptentwicklung für die IR-Detektoreinheit, den Closed Cycle Kühler und eines Taumelspiegels), *CAST* (Hebevorrichtung für Vakuumkammer) und *PK4* (konstruktive Unterstützung). Des Weiteren wurden die Röntgentestanlagen *PUMA* und *PANTER* (verschiedene Konstruktionen) und das Halbleiterlabor (Entwicklung einer CCD-Kühlmaske, diverse Änderungen an den Testanlagen) unterstützt, sowie der Versuchsaufbau für das Hochfeld-Labor zur Durchführung von Plasmakristallexperimenten im starken Magnetfeld fertig gestellt.

An der mechanischen Entwicklung der aufgeführten Projekte waren neben dem mechanischen Bereich auch externe Ingenieurbüros und Werkstätten beteiligt, die meist von unseren Ingenieuren betreut wurden. In der Ausbildungswerkstatt des Instituts waren im vergangenen Jahr 7 Auszubildende, die zum Industriemechaniker ausgebildet wurden, und im dritten Lehrjahr bereits wesentliche Beiträge zu unseren laufenden Projekten lieferten. Dazu hatten wir noch 11 Praktikanten, die ein Fach- oder Orientierungspraktikum machten.

Auch im abgelaufenen Jahr fanden wieder zahlreiche Umwelttests in unserem Testlabor statt. Es wurden 20 Vibrationstests und 12 Thermal-Vakuum-Testreihen durchgeführt, wobei die Tests für die Projekte *ISS*

The mechanical engineering department includes the design office, the mechanical workshops including the education workshop, the plastic laboratory, and the test facility for environmental tests.

In this department mainly instruments for the experimental astrophysics are developed and partly manufactured in close cooperation with scientists, electronic people and industry. A wide spectrum of tasks has to be handled, reaching from precision instrument engineering via special purpose machines to extreme lightweight construction. Also product assurance and verification by tests are included. Particular development problems result from mostly extreme requirements such as cleanliness, stress due to vibration loads during rocket launch or the operation of the instruments in vacuum at deepest temperatures near absolute zero. For design and development, *2D/3D-CAD* as well as FE-software are standard tools. For environmental tests one shaker and two thermal vacuum chambers can be utilized in the test facility. The mechanical workshop is mainly equipped with NC-machine tools. *CAD/CAM* is more and more included. The machinery consists now of 9 milling machines and 3 turning machines.

Among other activities, in 2003 the following projects were carried out or supported: *ROSETTA* (disassembly and storage of the anchor harpoons), *HERSCHEL-PACS* (thermally optimised for 4K operation, development of external calibration sources), *DUO* (studies on the thermal behaviour, development of a structural concept for the camera), *GROND* (development of a structural concept for the IR detector unit, the Closed Cycle Cooler, and the wobble mirror unit), *CAST* (hoisting device for the vacuum chamber), and *PK4* (designing support). In addition, we supported the X-ray test facilities *PUMA* and *PANTER* (several constructions) the MPI semiconductor laboratory (development of a CCD cooling mask, various modifications at the test facilities), and we completed the experimental setup for the High-Field Laboratory for plasma crystal experiments in a strong static magnetic field.

The people of the mechanical engineering department participated in the mechanical development of the above listed projects as well as external engineering offices and workshops, which are mostly supervised by our engineers. In the education workshop of the institute, 7 apprentices were instructed to become industrial mechanicians. The ones in their third training year provided already essential contributions to ongoing projects. In addition we had 11 trainees doing specialist- or information training.

In our test facility numerous tests have been performed this year. 20 vibration and 12 thermal vacuum tests have been carried out. The main share took the

PKE und *HERSCHEL-PACS* den Hauptanteil ausmachten.

tests for *ISS PKE* and *HERSCHEL-PACS*.

3.8.4 Verwaltung / Administration

Die Verwaltung unterstützt die geschäftsführenden Direktoren des Max-Planck-Instituts für Astrophysik und des Max-Planck-Instituts für extraterrestrische Physik bei der Erfüllung ihrer administrativen Aufgaben. Dies umfasst auch die Betreuung der zwei Außenstellen des Instituts für extraterrestrische Physik in Neuried (Testanlage) und in München-Neuperlach (Halbleiterlabor) sowie dessen Gästehaus in Berkeley, Kalifornien.

Arbeitsschwerpunkte liegen in der Betreuung der eigenen Mitarbeiter sowie des wissenschaftlichen Nachwuchses und der ausländischen Gastwissenschaftler. Ein weiterer Bereich umfasst die Beschaffung von wissenschaftlichen Geräten und sonstigen Ausstattungsgegenständen sowie die Organisation und Pflege der Infrastruktur unserer Institute. Die Planung und Bewirtschaftung der Mittel aus der institutionellen Förderung und der Drittmittelförderung sowie die ordnungsgemäße buchhalterische Abwicklung aller Einnahmen und Ausgaben, verbunden mit dem rechnungstechnischen Nachweis über die zutreffende Verwendung der Mittel bilden zusätzliche Aufgabengebiete. Dabei hat die Verwaltung auf die Einhaltung der für die Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute geltenden Gesetze, Rechtsverordnungen, Vorschriften und Richtlinien zu achten und die Direktoren bei deren Umsetzung zu beraten.

Zu den besonderen Aufgaben der Verwaltung im Berichtsjahr gehörten die Einführung der Kosten- und Leistungsrechnung für beide Institute einschließlich der Konzeptabstimmung mit der Generalverwaltung (GV), der Neuorganisation der Kostenstellenstrukturen sowie Mitarbeiterschulungen. Weitere Schwerpunkte waren die aktive Mithilfe bei der Verbesserung bzw. Abstimmung des neuen Personalverwaltungssystems der GV sowie die Mitarbeit in verschiedenen Gremien zur Vereinfachung der Haushaltsvoranschläge und der damit verbundenen Haushaltsabwicklungen.

Ferner wurden in diesem Jahr unsere Institute einer umfassenden Prüfung durch die Interne Revision der MPG unterzogen, wobei vor allem die Bereiche Rechnungswesen, technische Anlagen, Werkstätten, Bauunterhalt, Personal und Organisation eingehend untersucht wurden. Das abschließende Prüfungsergebnis steht noch aus.

Nach einer einjährigen erfolgreichen Erprobungsphase wurde die Gleitzeit für die Verwaltungsmitarbeiter bis auf weiteres eingeführt.

The Administration supports the managing directors of the Max Planck Institute for Astrophysics and the Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics in carrying out their executive duties. These activities also extend to the two branches of the MPI for Extraterrestrial Physics in Neuried (test facilities) and in München-Neuperlach (semiconductor laboratory), as well as its guest house in Berkeley, California.

The Administration's main areas of work involve the handling of personnel matters relating to its own staff as well as to junior researchers and foreign guest scientists, the procurement of scientific and other equipment, and the organization and maintenance of the institutes' infrastructure. Additional core tasks include the planning and administration of institutional and third-party funds, along with the due processing of receipts and disbursements, supplying proof of the correct usage of appropriated funds. In performing these functions, the Administration is required to comply with the laws, statutory instruments, legal provisions and guidelines applicable to the Max Planck Society and its institutes. In addition, the Administration advises the directors on the implementation of these rules and guidelines.

Specific activities of the previous year included the introduction of a new cost and results accounting scheme in both institutes, involving concept reconciliation with the Society's Administrative Headquarters (AH), the restructuring of cost centers and staff training. Additional focal points were the active assistance rendered to AH in improving and harmonizing its new personnel management system, as well as the participation in various committees aimed at simplifying budget proposals and related budgetary processing methods.

Furthermore, the institutes were subject to an extensive examination by the Society's Internal Auditing Department, with the main emphasis on accounting, technical facilities, workshops, building maintenance, personnel and organization. The final audit results are still pending.

Following a successful one-year trial phase, flexi-time has now been introduced for the administrative staff until further notice.

3.8.5 Publikumsunterstützung und Druckerei / Publications Services and Print Shop

Die hauseigene Druckerei stellt im wesentlichen Berichte, Broschüren und Vorabdrucke von Veröffentlichungen des MPE und anderer, vor allem im Norden von München angesiedelter Max-Planck-Institute her. Des weiteren werden auch Vierfarbdr-

The institute's print shop owns all the machinery necessary for the production of reports, brochures and preprints for the MPE and other Max-Planck-Institutes primarily located in the northern part of München. In addition, it prints business products such as stationary

cke, Formulare, Briefbögen und Briefumschläge für diese Institute und die Generalverwaltung gedruckt.

Unsere Grafikgruppe ist in der Lage, alle Grafiken für Veröffentlichungen, auch für Broschüren und Poster, herzustellen.

and envelopes, and reproduces colour copies for these institutes and the central administration of the MPG.

Our graphic group is capable to prepare all kinds of graphics and images for publications, brochures and posters.

3.8.6 Bibliothek / Library

Die Astrobibliothek ist die gemeinsame Präsenzbibliothek der Max-Planck-Institute für Astrophysik und für extraterrestrische Physik. Aber wir arbeiten auch mit befreundeten Instituten und Wissenschaftlern zusammen und helfen bei Literaturwünschen, die nur wir abdecken können. Bei 240 laufenden Zeitschriften und einem Bestand von ca. 22.000 Monographien (Zuwachs ca. 400 pro Jahr) und 23.000 Zeitschriftenbänden (Zuwachs ca. 600 pro Jahr) sind wir eine eher kleine Spezialbibliothek zur Benutzung für unsere Mitarbeiter und Gäste.

Unsere Bestände sind elektronisch erschlossen. An Sondersammlungen finden sich bei uns Observatoriumspublikationen, Reports und Preprints sowie eine Dia-, Film- und Videosammlung. Sonderdrucke, Reports und Preprints der beiden Institute werden von uns verwaltet und verschickt.

The Astrobibliothek is the joint library for the Max-Planck-Institutes für Astrophysik and für extraterrestrische Physik. We also work together with related institutes and their scientists and help with literature requests that only we can fulfil. With a stock of 240 current journals and about 22,000 monographs (increase of about 400 per year) and 23,000 journal volumes (increase of about 600 per year) we are a rather small specialized library for the use of our colleagues and guests.

Our stock is registered electronically. Among our special collections are observatory publications, reports and preprints as well as slides, films and videos. We also manage and mail reprints, reports and preprints from both institutes.

4 VERÖFFENTLICHUNGEN, LEHRVERANSTALTUNGEN / PUBLICATIONS, TEACHING

4.1 REFERIERTE PUBLIKATIONEN / REFEREED PUBLICATIONS

- Abazajian K., and the Sloan-Team including W. Voges: The first data release of the Sloan Digital Sky Survey. *AJ* **126**, 4, 2081-2086 (2003).
- Anderson, S.F., W. Voges, B. Margon, J. Trümper, M.A. Agüeros, A. Marcel, J. Annis, Th. Boller, M.J. Matthew, L. Homer, G. Stinson, M.A. Strauss, P. Gó, P.B. Hall, R.C. Nichol, G.T. Richards, D.P. Schneider, B. Vanden, E. Daniel, X. Fan, Z. Ivezić, J.A. Munn, H.J. Newberg, M.W. Richmond, D.H. Weinberg, B. Yanny, N.A. Bahcall, J. Brinkmann, M. Fugugita and D.G. York: A large, uniform sample of X-ray-emitting AGNs: selection approach and an initial catalog from the ROSAT All-Sky and Sloan Digital Sky Surveys. *AJ* **126**, 2209-2229 (2003).
- Andreani, P., S. Cristiani, A. Grazian, F. La Franca and P. Goldschmidt: The dusty environment of quasars: far-infrared properties of optical quasars. *AJ* **125**, 444-458 (2003).
- Annaratone, B.M., M. Glier, T. Stuffer, H. Thomas, M. Raif and G. E. Morfill: The plasma-sheath boundary near the adaptive electrode as traced by particles. *New Journal of Physics* **583**, 3, 92.1-92.12 (2003).
- Annaratone, B.M. and G. Morfill: On the motion of particles in plasma in absence of external forces. *J. Phys. D: Applied Physics* **36**, 2853-2858 (2003).
- Attié, D., B. Cordier, M. Gros, Ph. Laurent, S. Schanne, G. Tauzin, P. von Ballmoos, L. Bouchet, P. Jean, J. Knödlseher, P. Mandrou, Ph. Paul, J.-P. Roques, G. Skinner, G. Vedrenne, R. Georgii, A. von Kienlin, G. Lichti, V. Schönfelder, A. Strong, C. Wunderer, C. Shrader, S. Stürner, B. Teegarden, G. Weidenspointner, J. Kiener, M.-G. Porquet, V. Tatischeff, S. Crespín, S. Joly, Y. André, F. Sanchez' and P. Leleux: INTEGRAL/SPI ground calibration. *A&A* **411**, 1, L71-L79 (2003).
- Bahcall, N.A., T.A. McKay, J. Annis, R.S.J. Kim, F. Dong, S. Hansen, T. Goto, J.E. Gunn, C. Miller, R.C. Nichol, M. Postman, D. Schneider, J. Schroeder, W. Voges, J. Brinkmann and M. Fugugita: A merged catalog of clusters of galaxies from early Sloan digital sky survey data. *Ap. J. Suppl. Ser.* **148**, 243-274 (2003).
- Baker, A.J., R.I. Davies, M.D. Lehnert, N.A. Thatte, W.D. Vacca, O.R. Hainaut, M.J. Jarvis, G.K. Miley and H.J.A. Röttgering: Galaxies in Southern Bright Star Fields I. Near-infrared imaging. *A&A* **406**, 593-601 (2003).
- Barr, J.M., M.N. Bremer, J.C. Baker and M.D. Lehnert: The cluster environments of radio-loud quasars at $0.6 < z < 1.1$. *MNRAS* **346**, 1, 229-250 (2003).
- Becker, W., D.A. Swartz, G.G. Pavlov, R.F. Elsner, R. Mignani, A.F. Tennant, D. Backer, V. Testa and M.C. Weisskopf: Chandra X-Ray Observatory Observations of the Globular Cluster M28 and its Millisecond Pulsar PSR B1821-24. *Ap. J. Lett.* **594**, 798-811 (2003).
- Beckmann, V., J. Borkowski, T.J.-L. Courvoisier, D. Götz, R. Hudec, F. Hroch, N. Lund, S. Mereghetti, S.E. Shaw, A. von Kienlin and C. Wigger: Time resolved spectroscopy of GRB 030501 using INTEGRAL. *A&A* **411**, 1, L327-L330 (2003).
- Best, P.N., M.D. Lehnert, G.K. Miley and H.J.A. Röttgering: Red galaxy overdensities and the varied cluster environments of powerful radio sources with $z \sim 1.6$. *MNRAS* **343**, 1, 1-21 (2003).
- Best, P.N., J.A. Peacock, M.H. Brookes, R.E. Dowsett, H.J.A. Röttgering, J.S. Dunlop and M.D. Lehnert: The final two redshifts for radio sources from the equatorial BRL sample. *MNRAS* **346**, 3, 1021-1024 (2003).
- Bloser, P., F. Schopper, R. Andritschke, G. Kanbach, A. Zoglauer and P. Lechner: Development of silicon strip detectors for a medium energy gamma-ray telescope. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. (A)* **512**, 220-228 (2003).
- Boehm, H.F., C. Räh, R.A. Monetti, D. Mueller, D. Newitt, S. Majumdar, E. Rummeny, G. Morfill and T.M. Link: Local 3D scaling properties for the analysis of trabecular bone extracted from high-resolution magnetic resonance imaging of human trabecular bone. *Investigative Radiology* **38**, 269-280 (2003).
- Boese, F.G. and W.J. Luther: Accurate Enclosure of the Zero Set of Multivariate Polynomials. *BIT Numerical Mathematics* **43**, 245-261 (2003).
- Boller, Th., R. Keil, G. Hasinger, E. Costantini, R. Fujimoto, N. Anabuki, I. Lehmann and L. Gallo: XMM-Newton observation of the ULIRG NGC 6240. The physical nature of the complex Fe K line emission. *A&A* **411**, 2, 63-70 (2003).
- Boller, Th., W. Voges, M. Dennefeld, I. Lehmann, P. Predehl, V. Burwitz, E. Perlman, L. Gallo, I.E. Papadakis and S. Anderson: 1ES 1927+654: Persistent and rapid X-ray variability in an AGN with low intrinsic neutral X-ray absorption and narrow optical emission lines. *A&A* **397**, 557-564 (2003).
- Boller, Th., Y. Tanaka, A. Fabian, W.N. Brandt, L. Gallo, N. Anabuki, Y. Haba and S. Vaughan: XMM-Newton spectral properties of the narrow-line Seyfert 1 galaxy IRAS 13224-3809. *MNRAS* **343**, 4, L89-L93 (2003).
- Boonman, A.M.S., E.F. van Dishoeck, F. Lahuis, S.D. Doty, C.M. Wright and D. Rosenthal: Gas-phase CO₂, C₂H₂, and HCN toward Orion-KL. *A&A* **399**, 3, 1047-1061 (2003).
- Botzler, C.S., J. Snigula, R. Bender, N. Drory, G. Feulner, G.J. Hill, U. Hopp, C. Maraston and C. Mendes de Oliveira: Large-Scale Structure in the NIR-

- selected MUNICS Survey. *Astrophys. Space Sci.* **284**, 393-396 (2003).
- Bouchet, L., E. Jourdain, J.P. Roques, P. Mandrou, P. von Ballmoos, S. Boggs, P. Caraveo, M. Cassé, B. Cordier, R. Diehl, P. Durouchoux, A. von Kienlin, J. Knödlseeder, P. Jean, P. Leleux, G.G. Lichti, J. Matteson, F. Sanchez, S. Schanne, V. Schönfelder, G. Skinner, A. Strong, B. Teegarden, G. Vedrenne and C. Wunderer*: SPI/INTEGRAL observation of the Cygnus region. *A&A* **411**, L377-L382 (2003).
- Bouhram, M., M. Malingre, J.R. Jasperse, N. Dubouloz and J.-A. Sauvaud*: Modeling transverse heating and outflow of ionospheric ions from the dayside cusp/cleft. 2 Applications. *Ann. Geophysicae* **21**, 1773-1791 (2003).
- Brandt, S., C. Budtz-Jørgensen, N. Lund, N.J. Westergaard, I.L. Rasmussen, K.H. Andersen, J. Chenevez, A. Hornstrup, P.A. Jensen, S. Laursen, K. Omø, C.A. Oxborrow, S.M. Pedersen, J. Polny, H. Andersson, T. Andersson, O. Vilhu, J. Huovelin, S. Maisala, M. Morawski, G. Juchnikowski, E. Costa, M. Feroci, A. Rubini, M. Rapisarda, E. Morelli, F. Frontera, C. Pellicciari, G. Loffredo, V. Carassiti, V. Reglero, S. Martínez Núñez, S. Larsson, R. Svensson, A.A. Zdziarski, A. Castro-Tirado, M. Goría, G. Giulianelli, M. Rezazad, F. Cordero, M. Schmidt, R. Carli, P.L. Jensen, G. Sarri, C. Gomez, A. Orr, R. Much, H.W. Schnopper and P. Kretschmar*: JEM-X inflight performance. *A&A* **411**, L243-L252 (2003).
- Brinkmann, W., D. Grupe, G. Branduardi-Raymond and E. Ferrero*: XMM-Newton observation of PG 0844-309. *A&A* **398**, 81-87 (2003).
- Brinkmann, W., I.E. Papadakis, J.W.A. den Herder and F. Haberl*: Temporal variability of Mrk 421 from XMM-Newton observations. *A&A* **402**, 929-947 (2003).
- Brinkmann, W., I. Papadakis, J.W. den Herder and F. Haberl*: Temporal variability of Mrk 421 from XMM-Newton observations. *New Astronomy Reviews* **47**, 673-675 (2003).
- Brooks, K.J., P. Cox, N. Schneider, J.W.V. Storey, A. Poglitsch, N. Geis and L. Bronfman*: The Trumpler 14 photodissociation region in the Carina Nebula. *A&A* **412**, 751-765 (2003).
- Brownlee, D.E., P. Tsou, J.D. Anderson, M.S. Hanner, R.L. Newburn, Z. Sekanina, B.C. Clark, F. Hörz, M.E. Zolensky, J. Kissel, J.A.M. McDonnell, S.A. Sandford and A.J. Tuzzolino*: Stardust: Comet and interstellar dust sample return mission. *J. Geophys. Res.* **108**, 8111 (2003).
- Bryant, P.*: Floating potential of spherical probes and dust grains in collisional plasmas. *J. Phys. (D)* **36**, 2859-2868 (2003).
- Burgdorf, M., G.S. Orton, G.R. Davies, S.D. Sidher, H. Feuchtgruber, M.J. Griffin and B.M. Swinyard*: Neptune's far-infrared spectrum from the ISO long-wavelength and short-wavelength spectrometers. *Icarus* **164**, 244-253 (2003).
- Burwitz, V., F. Haberl, R. Neuhäuser, P. Predehl, J. Trümper and V.E. Zavlin*: The thermal radiation of the isolated neutron star RX J1856.5-3754 observed with Chandra and XMM-Newton. *A&A* **399**, 1109-1114 (2003).
- Butler, D., R.I. Davies, M. Redfern, N. Ageorges and H. Fews*: Measuring the Absolute Height and Profile of the Mesospheric Sodium Layer using a Continuous Wave Laser. *A&A* **403**, 775-785 (2003).
- Caraveo, P.A., G.F. Bignami, A. DeLuca, S. Mereghetti, A. Pellizzoni, R. Mignani, A. Tur and W. Becker*: Geminga's tails: a pulsar bow shock probing the interstellar medium. *Science* **301**, 1345-1348 (2003).
- Castoldi, A., A. Galimberti, C. Guazzoni, P. Rehak, L. Strüder and R.H. Menk*: Energy resolved X-ray radiography with controlled drift detectors at Sincrotrone Trieste. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. (A)* **510**, 1-2, 57-62 (2003).
- Castoldi, A., C. Guazzoni, A. Galimberti, P. Rehak and L. Strüder*: X-ray imaging and spectroscopy with Controlled Drift Detectors: experimental results and perspectives. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. (A)* **512**, 1-2, 250-256 (2003).
- Castro-Tirado, A.J., J. Gorosabel, S. Guziy, D. Reverte, J.M. Castro Cerón, A. de Ugarte Postigo, N. Tanvir, S. Mereghetti, A. Tiengo, J. Buckle, R. Sagar, S.B. Pandey, V. Mohan, N. Masetti, F. Mannucci, S. Feltzing, I. Lundstrom, H. Pedersen, C. Riess, S. Trushkin, J. Vilchez, N. Lund, S. Brandt, S. Martínez Núñez, V. Reglero, M.D. Pérez-Ramírez, S. Kloze, J. Greiner, J. Hjorth, L. Kaper, E. Pian, E. Palazzi, M.I. Andersen, A. Fruchter, J.P.U. Fynbo, B.L. Jensen, C. Kouveliotou, J. Rhoads, E. Rol, P.M. Vreeswijk, R.A.M.J. Wijers and E. van den Heuvel*: GRB 030227: The first multiwavelength afterglow of an INTEGRAL GRB. *A&A* **411**, L315-L320 (2003).
- Chakraborty, P., M.G. Mustafa and M.H. Thoma*: Quark Number Susceptibility, Thermodynamic Sum Rule, and Hard Thermal Loop Approximation. *Phys. Rev. (D)* **68**, 085012-1-085012-5 (2003).
- Chakraborty, P., M.G. Mustafa and M.H. Thoma*: Chiral Susceptibility in Hard Thermal Loop Approximation. *Phys. Rev. (D)* **67**, 114004-1-114004-9 (2003).
- Chen, Y., Y. Ikebe and H. Böhringer*: X-Ray Spectroscopy of the Cluster of galaxies PKS 0745-191 with XMM-Newton. *A&A* **407**, 41-50 (2003).
- Churazov, E., W. Forman, C. Jones and H. Böhringer*: XMM-Newton observations of the Perseus Cluster I: The temperature and surface brightness structure. *Ap. J.* **590**, 225-237 (2003).
- Ciliegi, P., G. Zamorani, G. Hasinger, I. Lehmann, G. Szokoly and G. Wilson*: A deep VLA survey at 6 cm in the Lockman Hole. *A&A* **398**, 3, 901-918 (2003).
- Clément, D., H. Mutschke, R. Klein and Th. Henning*: New Laboratory Spectra of Isolated beta-SiC Nanoparticles: Comparison with Spectra taken by the Infrared Space Observatory. *Ap. J.* **594**, 642-650 (2003).
- Collins, C., S. Brough, D. Burke, R. Mann and P. Lynam*: The evolution of brightest cluster galaxies. *Astrophysics and space science* **285**, 51-60 (2003).
- Comerón, F., M. Fernández, I. Baraffe, R. Neuhäuser and A.A. Kaas*: New low-mass members of the Lupus 3 dark cloud: further indications of pre-main-sequence evolution strongly affected by accretion. *A&A* **406**, 1001-1017 (2003).

- Constantinescu, O.D., K.-H. Glassmeier, R. A. Treumann and K.-H. Fornacon: Magnetic mirror structures observed by Cluster in the magnetosheath. *Geophys. Res. Lett.* **30**, 15 1802 (2003).
- Courvoisier, T.J.-L., R. Walter, V. Beckmann, A.J. Dean, P. Dubath, R. Hudec, P. Kretschmar, S. Mereghetti, T. Montmerle, N. Mowlavi, S. Paltani, A. Preite Martinez, N. Produit, R. Staubert, A.W. Strong, J.-P. Swings, N.J. Westergaard, N. White, C. Winkler and A. A. Zdziarski : The INTEGRAL Science Data Centre (ISDC). *A&A Lett.* **411**, L53-L58 (2003).
- Coustonis, A., A. Salama, B. Schulz, S. Ott, E. Lellouch, Th. Encrenaz, D. Gautier and H. Feuchtgruber: Titan's atmosphere from ISO mid-infrared spectroscopy. *Icarus* **161**, 383-403 (2003).
- Coustonis, A., Th. Encrenaz, E. Lellouch, A. Salama, Th. Müller, M.J. Burgdorf, B. Schmitt, H. Feuchtgruber, B. Schulz, S. Ott, Th. De Graauw, M.J. Griffin, M.F. Kessler: Observations of planetary satellites with ISO. *Adv. Space Res.* **30**, 1971-1977 (2002).
- Cruddace, R., W. Voges, H. Böhringer, C.A. Collins, A.K. Romer, H. MacGillivray, D. Yentis, P. Schuecker, H. Ebeling, S. De Grandi: Erratum: "The ROSAT all-sky survey: a catalog of clusters of galaxies in a region of 1 Steradian around the south galactic pole" (*ApJS*, 140, 239 [2002]). *APJ Suppl.Ser.* **144**, 299-300 (2003).
- Cushing, M.C., J.T. Rayner, S.P. Davis and W.D. Vacca: FeH absorption in the near-infrared spectra of late M and L dwarfs. *Ap. J.* **582**, 2, 1066-1072 (2003)
- Davies, R.I., A. Sternberg, M. Lehnert and L. Tacconi-Garman: Molecular Hydrogen Emission in Ultraluminous Galaxies. *Ap. J.* **597**, 907-922 (2003).
- Dennefeld, M., Th. Boller, D. Rigopoulou and H.W.W. Spoon: ISO observations of four active galaxies. *A&A* **406**, 527-534 (2003).
- Diehl, R., J. Knödseder, G.G. Lichti, K. Kretschmer, S. Schanne, V. Schönfelder, A.W. Strong, A. von Kienlin, G. Weidenspointner, C. Winkler and C. Wunderer: SPI measurements of Galactic ^{26}Al . *A&A* **411**, 1, L451-L455 (2003).
- Diehl, R., N. Baby, V. Beckmann, P. Connell, P. Dubath, P. Jean, J. Knödseder, J.-P. Roques, S. Schanne, C. Shrader, G. Skinner, A. Strong, S. Sturmer, B. Teegarden, A. von Kienlin and G. Weidenspointner: SPI-specific analysis method and software overview. *A&A* **411**, L113-L116 (2003).
- Diehl, R.: Gamma-Ray Line Observations from Cosmic Nuclei. *Nucl. Phys. A* **718**, 52c-60c (2003).
- Dotto, E., M.A. Barucci, T.G. Mueller, A.D. Storrs and P. Tanga: Observations from Orbiting Platforms. Asteroids III. (Eds.) W.F. Bottke, A. Cellino, P. Paolicchi, R.P. Binzel. The University of Arizona Press, Tucson, 219-234 (2002).
- Drory, N., R. Bender, G. Feulner, U. Hopp, C. Maraston, J. Snigula and G.J. Hill: The Munich Near-Infrared Cluster Survey. II. The K-Band Luminosity Function of Field Galaxies to $z \sim 1.2$. *Ap. J.* **595**, 698-711 (2003).
- Eggert, T., P. Goldstrass, J. Kemmer and A. Pahlke: Analysis of background events in Silicon Drift Detectors. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. (A)* **512**, 1-2, 257-264 (2003).
- Eisenhauer, F., R. Schödel, R. Genzel, T. Ott, M. Tecza, R. Abuter, A. Eckart and T. Alexander: A Geometric Determination of the Distance to the Galactic Center. *Ap. J.* **597**, L121-L124 (2003).
- Encrenaz, Th., P. Drossart, G. Orton, H. Feuchtgruber, E. Lellouch and S.K. Atreya: The rotational temperature and column density of H_3^+ in Uranus. *Planet. Space Sci.* **51**, Elsevier, Amsterdam, 1013-1016 (2003).
- Ferrero, E. and W. Brinkmann: XMM-Newton observations of four high-z quasars. *A&A* **402**, 465-476 (2003).
- Feuchtgruber, H. and Th. Encrenaz: The infrared spectrum of Neptune at 3.5-4.1 microns: Search for H_3^+ and evidence for recent meteorological variations. *A&A Lett.* **403**, L07-L10 (2003).
- Feulner, G., R. Bender, N. Drory, U. Hopp, J. Snigula and G.J. Hill: The Munich Near-Infrared Cluster Survey (MUNICS) - V. The evolution of the rest-frame K-band and J-band galaxy luminosity functions to $z \sim 0.7$. *MNRAS*, **342**, 605-622 (2003).
- Figer, D.F., D. Gilmore, S.S. Kim, M. Morris, E.E. Becklin, I.S. McLean, A.M. Gilbert, J.R. Graham, J.E. Larkin, N.A. Levenson and H.I. Teplitz: High-Precision Stellar Radial Velocities in the Galactic Center. *Ap. J.* **599**, 1139-1156 (2003).
- Finoguenov, A., A. Burkert and H. Böhringer: Role of Clusters of Galaxies in the Evolution of the Metal Budget in the Universe. *Ap. J.* **594**, 136-143 (2003).
- Finoguenov, A., S. Borgani, L. Tornatore and H. Böhringer: Reproducing the entropy structure in galaxy groups. *A&A Lett.* **398**, L35-L39 (2003).
- Finoguenov, A., U.G. Briel and J.P. Henry: XMM-Newton discovery of a X-ray filament in Coma. *A&A* **410**, 777-784 (2003).
- Fiorini, C., A. Longoni, F. Perotti, E. Rossi, P. Lechner, H. Soltau and L. Strüder: A monolithic array of silicon drift detectors coupled to a single scintillator for gamma-ray imaging with sub-millimeter position resolution. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. (A)* **512**, 265-271 (2003).
- Förster Schreiber, N. M., R. Genzel, D. Lutz and A. Sternberg: The nature of starburst activity in M82. *Ap. J.* **599**, 193-217 (2003)
- Förster Schreiber, N.M., M. Sauvage, V. Charmandaris, O. Laurent, P. Gallais, I.F. Mirabel and L. Vigroux: ISOCAM view of the starburst galaxies M 82, NGC 253 and NGC 1808. *A&A* **399**, 833-855 (2003)
- Fortov, V.E., O.S. Vaulina, O.F. Petrov, V.I. Molotkov, A.M. Lipaev, V.M. Torchinsky, H.M. Thomas, G.E. Morfill, S.A. Khrapak, Y.P. Semenov, A.I. Ivanov, S.K. Krikalev, A.Y. Kalery, S.V. Zaletin and Y.P. Gidzenko: Transport of microparticles in weakly ionised gas-discharge plasmas under microgravity conditions. *Phys. Rev. Lett.* **90**, 245005-1-245005-4 (2003).
- Fortov, V.E., O.S. Vaulina, O.F. Petrov, V.I. Molotkov, A.V. Chernyshev, A.M. Lipaev, G. Morfill, H. Thomas, H. Rothermel, S.A. Khrapak, Y.P. Semenov, A.I. Ivanov, S.K. Krikalev and Y.P. Gidzenko: Dynamics of macroparticles in a dusty plasma under microgravity conditions. *Journal of Experimental and Theoretical Physics* **96**, 4, 704-718 (2003).

- Fouchet, Th., E. Lellouch and H. Feuchtgruber:* The hydrogen ortho-to-para ratio in the stratospheres of the giant planets. *Icarus* **161**, 127-143 (2003).
- Franceschini, A., S. Berta, D. Rigopoulou, H. Aussel, C.J. Cesarsky, D. Elbaz, R. Genzel, E. Moy, S. Oliver, M. Rowan-Robinson and P.P. van der Werf:* Infrared spectroscopy of faint 15 mm sources in the Hubble Deep Field South: First hints at the properties of the sources of the IR background. *A&A* **403**, 501-522 (2003).
- Fuchs, Y., J. Rodriguez, I.F. Mirabel, S. Chaty, M. Ribó, V. Dhawan, P. Goldoni, P. Sizun, G.G. Pooley, A.A. Zdziarski, D.C. Hannikainen, P. Kretschmar, B. Cordier and N. Lund:* Simultaneous multi-wavelength observations of GRS 1915+105. *A&A* **409**, L35-L39 (2003).
- Gaensler, B.M., N.S. Schulz, V.M. Kaspi, M.J. Pivovarov and W. Becker:* XMM-Newton Observations of PSR B1823-13: An Asymmetric Synchrotron Nebula around a Vela-like Pulsar. *Ap. J.* **588**, 441-451 (2003).
- Garcia-Burillo, S., F. Combes, L.K. Hunt, F. Boone, A.J. Baker, L.J. Tacconi, A. Eckart, R. Neri, S. Leon, E. Schinnerer and P. Englmaier:* Molecular Gas in NUClei of GALaxies (NUGA) I. The counter-rotating LINER NGC4826. *A&A* **407**, 485-502 (2003).
- Gebhardt, K., D. Richstone, S. Tremaine, T.R. Lauer, R. Bender, G. Bower, A. Dressler, S.M. Faber, A.V. Filippenko, R. Green, C. Grillmair, L.C. Ho, J. Kormendy, J. Magorrian and J. Pinkney:* Axisymmetric Dynamical Models of the Central Regions of Galaxies. *Ap. J.* **583**, 92-115 (2003).
- Genzel, R., A.J. Baker, L.J. Tacconi, D. Lutz, P. Cox, S. Guilloteau and A. Omont:* Spatially Resolved Millimeter Interferometry of SMM J02399-0136: A Very Massive Galaxy at $z = 2.8$. *Ap. J.* **584**, 2, 633-642 (2003).
- Genzel, R., R. Schödel, T. Ott, A. Eckart, T. Alexander, F. Lacombe, D. Roua and B. Aschenbach:* Near-IR Flares from Accreting Gas Near the Last Stable Orbit Around the Supermassive Black Hole in the Galactic Centre. *Nature* **425**, 934-937 (2003).
- Genzel, R., R. Schödel, T. Ott, F. Eisenhauer, R. Hofmann, M. Lehnert, A. Eckart, T. Alexander, A. Sternberg, R. Lenzen, Y. Clénet, F. Lacombe, D. Rouan, A. Renzini and L.E. Tacconi-Garman:* The Stellar Cusp Around the Supermassive Black Hole in the Galactic Center. *Ap. J.* **594**, 812-832 (2003).
- Gerger, A., W. Stolz, R. Pompl and J. Smolle:* Automated epiluminescence microscopy - tissue counter analysis using CART and 1-NN in the diagnosis of Melanoma. *Skin Research and Technology* **9**, 105-110 (2003).
- Gezari, S., J. Halpern, S. Komossa, D. Grupe and K. Leighty:* Follow-Up Hubble Space Telescope Spectroscopy of three Candidate Tidal Disruption Events. *Ap. J.* **592**, 42-51 (2003).
- Gilli, R., A. Cimatti, E. Daddi, G. Hasinger, P. Rosati, G. Szokoly, P. Tozzi, C. Norman and R. Giacconi:* Large scale structure sheets in the Chandra Deep Field South. *Ap. J.* **592**, 721-727 (2003).
- Gioia, I.M., J.P. Henry, C.R. Mullis, H. Böhringer, U.G. Briel, W. Voges and J.P. Huchra:* The ROSAT North Ecliptic Pole Survey: the Optical Identifications. *Ap. J. Suppl. Ser.* **149**, 29-51 (2003).
- Goldwurm, A., E. Brion, P. Goldoni, P. Ferrando, F. Daigne, A. Decourchelle, R.S. Warwick and P. Predehl:* A New X-Ray Flare from the Galactic Nucleus Detected with the XMM-Newton Photon Imaging Cameras. *Ap. J.* **584**, 751-757 (2003).
- Gorosabel, J., L. Christensen, J. Hjorth, J.U. Fynbo, H. Pedersen, B.L. Jensen, M.I. Andersen, N. Lund, A.O. Jaunsen, J.M. Castro Cerón, A.J. Castro-Tirado, A. Fruchter, J. Greiner, E. Pian, P. M. Vreeswijk, I. Burud, F. Frontera, L. Kaper, S. Klose, C. Kouveliotou, N. Masetti, E. Palazzi, J. Rhoads, E. Rol, I. Salamanca, N. Tanvir, R.A.M.J. Wijers and E. van den Heuvel:* A multi-colour study of the dark GRB 000210 host galaxy and its environment. *A&A* **400**, 127-136, (2003).
- Gorosabel, J., S. Klose, L. Christensen, J.P.U. Fynbo, J. Hjorth, J. Greiner, N. Tanvir, B.L. Jensen, H. Pedersen, S.T. Holland, N. Lund, A.O. Jaunsen, J.M. Castro Cerón, A.J. Castro-Tirado, A. Fruchter, E. Pian, P. M. Vreeswijk, I. Burud, F. Frontera, L. Kaper, C. Kouveliotou, N. Masetti, E. Palazzi, J. Rhoads, E. Rol, I. Salamanca, R.A.M.J. Wijers and E. van den Heuvel:* The blue host galaxy of the red GRB 000418. *A&A* **409**, 123-133 (2003).
- Gozadinos, G., A.V. Ivlev and J.P. Boeuf:* A fluid model for colloidal plasmas under microgravity conditions. *New Journal of Physics* **5**, 32.1-32.9 (2003).
- Grandi, P., M. Fiocchi, C.G. Perola, M.C. Urry, L. Maraschi, E. Massaro, G. Matt, A. Preite-Martinez, H. Steinle and W. Collmar:* BeppoSAX Observations of Centaurus A: The Hard Continuum and the Iron-Line Feature. *Ap. J.* **593**, 160-168 (2003).
- Greiner, J., M. Orío and N. Scharrel:* XMM-Newton observations of Nova LMC 2000. *A&A* **405**, 703-710 (2003).
- Greiner, J., S. Klose, K. Reinsch, H.M. Schmid, R. Sari, D.H. Hartmann, C. Kouveliotou, A. Rau, E. Palazzi, C. Straubmeier, B. Stecklum, S. Zharikov, G. Tovmassian, O. Bärnbantner, C. Ries, E. Jehin, A. Henden, A.A. Kaas, T. Grav, J. Hjorth, H. Pedersen, R.A.M.J. Wijers, A. Kaufer, H.-S. Park, G.G. Williams, O. Reimer:* The evolution of the polarization of the gamma-ray burst GRB 030329. *Nature* **426**, 157-159 (2003).
- Greiner, J., S. Klose, M. Salvato, A. Zeh, R. Schwarz, D.H. Hartmann, N. Masetti, B. Stecklum, G. Lamer, N. Lodieu, R.D. Scholz, C. Sterken, J. Gorosabel, I. Burud, J. Rhoads, I. Mitrofanov, M. Litvak, A. Sanin, V. Grinkov, M.I. Andersen, J.M. Castro Cerón, A.J. Castro-Tirado, A. Fruchter, J.U. Fynbo, J. Hjorth, L. Kaper, C. Kouveliotou, E. Palazzi, E. Pian, E. Rol, N.R. Tanvir, P.M. Vreeswijk, R.A.M.J. Wijers and E. van den Heuvel:* GRB 011121: A collimated outflow into wind-blown surroundings. *Ap. J.* **599**, 1223-1237 (2003).
- Gridneva, E.A., V.A. Kurnaev, N.N. Trifonov and S.K. Zhdanov:* Molecular Effect in the Formation of the Energy Spectrum upon the Transmission of Low-Energy Hydrogen Ions through Ultrathin Carbon Foils. *JETP Letters* **77**, L12-L14 (2003).

- Grogin, N.A., A.M. Koekemoer, E.J. Schreier, J. Bergeron, R. Giacconi, G. Hasinger, L. Kewley, C. Norman, P. Rosati, P. Tozzi and A. Zirm: Hubble Space Telescope imaging in the Chandra deep field-south. III. Quantitative morphology of the 1 million second Chandra counterparts and comparison with the field population. *Ap. J.* **595**, 685-697 (2003).
- Grosso, N., J. Alves, K. Wood, R. Neuhauser, T. Montmerle and J.E. Bjorkman: Spatial study with VLT of a new resolved edge-on circumstellar dust disk discovered at the periphery of the rho Ophiuchi dark cloud. *Ap. J.* **586**, 296-305 (2003).
- Guazzoni, C., M. Chiesa, M. Sampietro and P. Lechner: High Stability X-ray spectroscopy system with on-chip front-end in charge amplifier configuration. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. (A)* **512**, 1-2, 207-212 (2003).
- Guenther, E.W. and G. Wuchterl: Companions of old brown dwarfs, and very low mass stars. *A&A* **401**, 677-683 (2003).
- Haberl, F., A.D. Schwope, V. Hambaryan, G. Hasinger and C. Motch: A broad absorption feature in the X-ray spectrum of the isolated neutron star RBS1223 (1RXS J130848.6+212708). *A&A Lett.* **403**, L19-L23 (2003).
- Haberl, F., K. Dennerl and W. Pietsch: Deep XMM-Newton observation of a northern LMC field I. Selected X-ray sources. *A&A* **406**, 471-481 (2003).
- Heidt, J., I. Appenzeller, A. Gabasch, K. Jaeger, S. Seitz, R. Bender, A. Boehm, J. Snigula, K.J. Fricke, U. Hopp, M. Kuemmel, C. Moellenhoff, T. Szeifert, B. Ziegler, N. Drory, D. Mehlert, A. Moorwood, H. Nicklas, S. Noll, R.P. Saglia, W. Seifert, O. Stahl, E. Sutorius, S.J. Wagner: The FORS deep field: field selection, photometric observations and photometric catalog. *A&A* **398**, 49-61 (2003).
- Heidt, J., K. Jaeger, K. Nilson, U. Hopp, J.W. Fried and E. Sutorius: PKS 5037-441: extended [OII] emission and a binary QSO? *A&A* **406**, 565-577 (2003).
- Heinz, S., E. Churazov, W. Forman, C. Jones and U.G. Briel: Ram pressure stripping and the formation of cold fronts. *MNRAS* **346**, 13-17 (2003).
- Hjorth, J., J. Sollerman, P. Møller, J.P.U. Fynbo, S.E. Woosley, C. Kouveliotou, N.R. Tanvir, J. Greiner, M.I. Andersen, A.J. Castro-Tirado, J.M. Castro Cerón, A. S. Fruchter, J. Gorosabel, P. Jakobsson, L. Kaper, S. Klose, N. Masetti, H. Pedersen, K. Pedersen, E. Pian, E. Palazzi, J.E. Rhoads, E. Rol, E.P.J. van den Heuvel, P.M. Vreeswijk, D. Watson and R.A.M.J. Wijers: A very energetic supernova associated with the γ burst of 29 March 2003. *Nature* **423**, 847-850 (2003).
- Hofsäss, H., U. Vetter, C. Ronning, M. Uhrmacher, K. Bharuth-Ram, R. Hartmann and L. Strüder: Electron emission channeling spectroscopy using X-ray CCD detectors. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. (A)* **512**, 378-385 (2003).
- Hopp, U., R.E. Schulte-Ladbeck and J. Kerp: Searching for Stars in Compact High-Velocity Clouds. I. First Results from VLT and 2MASS. *MNRAS* **339**, 33-46 (2003).
- Huovelin, N.J., S. Maisala, J. Schultz, N.J. Westergaard, C.A. Oxborrow, P. Kretschmar and N. Lund: JEM-X background models. *A&A* **411**, 1, L253-L256 (2003).
- Ivlev, A.V., A.G. Khrapak, S.A. Khrapak, B.M. Annaratone, G. Morfill and K. Yoshino: Rodlike particles in gas discharge plasmas: Theoretical model. *Phys. Rev. (E)* **68**, 026403-1-026403-10 (2003).
- Ivlev, A.V., M. Kretschmer, M. Zuzic, G. Morfill, H. Rothermel, H. Thomas, V.E. Fortov, V.I. Molotkov, A.P. Nefedov, A.M. Lipaev, O.F. Petrov, Y.M. Baturin, A.I. Ivanov and J. Goree: Decharging of complex plasmas: First kinetic observations. *Phys. Rev. Lett.* **90**, 5, 055003 (2003).
- Ivlev, A.V., S.K. Zhdanov and G.E. Morfill: Coupled dust-lattice solitons in monolayer plasma crystals. *Phys. Rev. (E)* **68**, 066402-1-066402-4 (2003).
- Ivlev, A.V., U. Konopka, G.E. Morfill and G. Joyce: Melting of monolayer plasma crystals. *Phys. Rev. (E)* **68**, 026405-1-026405-4 (2003).
- Jean, P., G. Vedrenne, J.P. Roques, V. Schönfelder, B.J. Teegarden, A. von Kienlin, J. Knödlseeder, C. Wunderer, G.K. Skinner, G. Weidenspointner, D. Attié, S. Boggs, P. Caraveo, B. Cordier, R. Diehl, M. Gros, P. Leleux, G.G. Lichti, E. Kalemci, J. Kiener, V. Lonjou, P. Mandrou, Ph. Paul, S. Schanne and P. von Ballmoos: SPI instrumental background characteristics. *A&A* **411**, 1, L107-L112 (2003).
- Jean, P., J. Knödlseeder, V. Lonjou, M. Allain, J.-P. Roques, G.K. Skinner, B.J. Teegarden, G. Vedrenne, P. von Ballmoos, B. Cordier, P. Caraveo, R. Diehl, Ph. Durouchoux, P. Mandrou, J. Matteson, N. Gehrels, V. Schönfelder, A.W. Strong, P. Ubertini, G. Weidenspointner and C. Winkler: Early SPI-INTEGRAL measurements of 511 keV line emission from the 4th quadrant of the Galaxy. *A&A Lett.* **407**, L55-L58 (2003).
- Joergens, V., M. Fernandez, J.M. Carpenter and R. Neuhauser: Rotational periods of very young brown dwarfs and very low-mass stars in Chal. *Ap. J.* **594**, 971-981 (2003).
- Kalemci, E., J. Tomsick, R.E. Rothschild, K. Pottschmidt, S. Corbel, R. Wijnands, J.M. Miller and P. Kaaret: X-ray temporal properties of XTE J1650-500 during outburst decay. *Ap. J.* **586**, 419-426 (2003).
- Kawaharada, M., K. Makishima, I. Takahashi, K. Nakazawa, K. Matsushita, K. Shimazaki, Y. Fukazawa and H. Xu: A new candidate for the dark group of galaxies, RX J0419+0225. *Publications of the Astronomical Society of Japan* **55**, 573-577 (2003).
- Kerber, F., R.P. Mignani, F. Guglielmetti and A. Wicenc: Galactic planetary nebulae and their central stars. I. An accurate and homogeneous set of coordinates. *A&A* **408**, 3, 1029-1035 (2003).
- Khrapak, S.A., D. Samsonov, G. Morfill, H. Thomas, V. Yaroshenko, H. Rothermel, T. Hagl, V. Fortov, A. Nefedov, V. Molotkov, O. Petrov, A. Lipaev, A. Ivanov and Y. Baturin: Compressional waves in complex (dusty) plasmas under microgravity conditions. *Phys. Plasmas* **10**, 1, L1-L4 (2003).
- Khrapak, S.A., A.V. Ivlev, G.E. Morfill, H.M. Thomas, S.K. Zhdanov, U. Konopka, M.H. Thoma and R.A. Quinn: Comment on „Measurement of the ion drag force on falling dust particles and its relation to the void formation on complex (dusty) plasmas” *Physics of plasmas* **10**, 1278, 4579-4581 (2003).

- Khrapak, S.A. and V.V. Yaroshenko*: Low-frequency waves in collisional complex plasmas with an ion drift. *Phys. Plasmas* **10**, 12, 4616-4621 (2003).
- Khrapak, S.A., A.V. Ivlev, G.E. Morfill and S.K. Zhdanov*: Scattering in the Attractive Yukawa Potential in the Limit of Strong Interaction. *Phys. Rev. Lett.* **90**, 225002-1-225002-4 (2003).
- Kissel, J., A. Glasmachers, E. Grün, H. Henkel, H. Höfner, G. Haerendel, H. von Hoerner, K. Hornung, E.K. Jessberger, F.R. Krueger, D. Möhlmann, J.M. Greenberg, Y. Langevin, J. Silén, D. Brownlee, B.C. Clark, M.S. Hanner, F. Hoerz, S. Sandford, Z. Sekanina, P. Tsou, N.G. Utterback, M.E. Zolensky and C. Heiss*: Cometary and Interstellar Dust Analyzer, for comet Wild 2. *J. Geophys. Res.* **108**, 10, 8114 (2003).
- Klein, R., D. Apai, I. Pascucci, Th. Henning and L.B.F.M. Waters*: First Detection of Millimeter Dust Emission from Brown Dwarf Disks. *Ap. J. Lett.* **593**, L57-L60 (2003).
- Klose, S., A.A. Henden, J. Greiner, D.H. Hartmann, N. Cardiel, A.J. Castro-Tirado, J.M. Castro Cerán, J. Gallego, J. Gorosabel, B. Stecklum, N. Tanvir, U. Thiele, F.J. Vrba and A. Zeh*: The very faint K-band afterglow of GRB 020819 and the dust extinction hypothesis of the dark bursts. *Ap. J.* **592**, 1025-1034 (2003).
- Klumov, B.A., A.V. Ivlev and G. Morfill*: The role of negative ions in experiments with complex plasma. *JETP Letters* **78**, 300-304 (2003).
- Knödseder, J., V. Lonjou, P. Jean, M. Allain, P. Mandrou, J.-P. Roques, G.K. Skinner, G. Vedrenne, P. von Ballmoos, G. Weidenspointner, P. Caraveo, B. Cordier, V. Schönfelder and B.J. Teegarden*: Early SPI/INTEGRAL constraints on the morphology of the 511 keV line emission in the 4th galactic quadrant. *A&A* **411**, 1, L457-L460 (2003).
- Komossa, S., V. Burwitz, G. Hasinger, P. Predehl, J. Kaastra and Y. Ikebe*: Discovery of a binary AGN in the ultraluminous infrared galaxy NGC6240 using Chandra. *Ap. J.* **582**, L15-L19 (2003).
- König, B., R. Neuhäuser, E.W. Guenther and V. Hambaryan*: Flare stars in the TW Hydrae association: the HIP 57269 system. *Astron. Nachr.* **324**, 516-522 (2003).
- Kong, A.K.H., R. DiStefano, M.R. Garcia and J. Greiner*: Chandra studies of the X-ray point source luminosity functions of M31. *Ap. J.* **585**, 298-304 (2003).
- Korn, A.J., J. Shi and T. Gehren*: Kinetic equilibrium of iron in the atmospheres of cool stars. III. The ionization equilibrium of selected reference stars. *A&A* **407**, 691-703 (2003).
- Kretschmer, K., R. Diehl and D.H. Hartmann*: Line shape diagnostics of Galactic ²⁶Al. *A&A* **412**, L47-L51 (2003).
- Kucharek, H., E. Möbius, W. Li, C.J. Farrugia, M.A. Popecki, A.B. Galvin, B. Klecker, M. Hilchenbach and P.A. Bochsler*: On the source and acceleration of energetic He⁺: A long-term observation with ACE/SEPICA. *J. Geophys. Res.* **108**, 10, 8040, (2003).
- LaBelle, J., R.A. Treumann, P.H. Yoon and M. Karlicky*: A model of zebra emission in solar type IV radio bursts. *Ap. J.* **593**, 1195-1207 (2003).
- Lechner, P., R. Hartmann, P. Holl, G. Lutz, N. Meidinger, R.H. Richter, H. Soltau and L. Strüder*: X-ray imaging spectrometers in present and future satellite missions. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*, **509**, 1-3, 302-314 (2003).
- Lefloch, B., J. Cernicharo, S. Cabrit, A. Noriega-Crespo, A. Moro-Martin and D. Cesarsky*: Warm Molecular Hydrogen and Ionized Neon in the HH 2 Outflow. *Ap. J. Lett.* **590**, L41-L44 (2003).
- Lefloch, B., L. F. Rodriguez, J. Cernicharo, M.A. Miville-Deschenes, D. Cesarsky and A. Heras*: The Photoionization of a Star-forming Core in the Trifid Nebula. *Ap. J.* **581**, 335-356 (2003).
- Le Floch 'h, E., P.-A. Duc, I.F. Mirabel, D.B. Sanders, G. Bosch, R.J. Diaz, C.J. Donzelli, I. Rodrigues, T.J.-L. Courvoisier, J. Greiner, S. Mereghetti, J. Melnick, J. Maza and D. Minniti*: Are the hosts of gamma-ray bursts sub-luminous and blue galaxies? *A&A* **400**, 499-510 (2003).
- Lehnert, M.D. and M.N. Bremer*: Luminous Lyman Break Galaxies at z>5 and the Source of Reionization. *Ap. J.* **593**, 630-639 (2003).
- Lindner, F., W. Stremme, M.G. Schätzel, F. Grasborn, G.G. Paulus, H. Walther, R. Hartmann and L. Strüder*: High-order harmonic generation at a repetition rate of 100 kHz. *Phys. Rev. (A)* **68**, 013814 (2003).
- Livina, V. N., Y. Ashkenazy, P. Braun, R.A. Monetti, S. Havlin and A. Bunde*: Non-linear Volatility of River Flux Fluctuations. *Phys. Rev. (E)* **67**, 042101 (2003).
- Looney, L.W., W. Raab, A. Poglitsch and N. Geis*: Realizing Integral Field Spectroscopy in the Far-Infrared. *Ap. J.* **597**, 628-643 (2003).
- Lucek, E.A., T.S. Horbury, M.W. Dunlop, P.J. Cargill, S.J. Schwartz, A. Balogh, P. Brown, C. Carr, K.-H. Fornacon and E. Georgescu*: Cluster magnetic field observations at a quasi-parallel bow shock. *Ann. Geophysicae* **20**, 1699-1710 (2002).
- Luhman, M.L., S. Satyapal, J. Fischer, M.G. Wolfire, E. Sturm, C.C. Dudley, D. Lutz and R. Genzel*: The [C II] 158 Micron Line Deficit in Ultraluminous Infrared Galaxies Revisited. *Ap. J.* **594**, 758-775 (2003).
- Lund, N., C. Budtz-Jørgensen, N.J. Westergaard, S. Brandt, I.L. Rasmussen, A. Hornstrup, C.A. Oxborrow, J. Chenevez, P.A. Jensen, S. Laursen, K.H. Andersen, P.B. Mogensen, I. Rasmussen, K. Omø, S.M. Pedersen, J. Polny, H. Andersson, T. Andersson, V. Kämäräinen, O. Vilhu, J. Huovelin, S. Maisala, M. Morawski, G. Juchnikowski, E. Costa, M. Feroci, A. Rubini, M. Rapisarda, E. Morelli, V. Carassiti, F. Frontera, C. Pellicciari, G. Loffredo, S. Martínez Núñez, V. Reglero, T. Velasco, S. Larsson, R. Svensson, A.A. Zdziarski, A. Castro-Tirado, P. Attina, M. Gorla, G. Giulianelli, F. Cordero, M. Rezazad, M. Schmidt, R. Carli, C. Gomez, P.L. Jensen, G. Sarri, A. Tiemon, A. Orr, R. Much, P. Kretschmar and H.W. Schnopper*: JEM-X: The X-ray monitor aboard INTEGRAL. *A&A Lett.* **411**, L231-L238 (2003).
- Lundin, R., J.-A. Sauvaud, H. Reme, A. Balogh, I. Dandouras, J.M. Bosqued, C. Carlson, G.K. Parks, E. Möbius, L.M. Kistler, B. Klecker, E. Amata, V. Formisano, M. Dunlop, L. Eliasson, A. Korth, B. Lavraud and M. McCarthy*: Evidence for impulsive

- solar wind plasma penetration through the dayside magnetopause. *Ann. Geophysicae* **21**, 457-472 (2003).
- Lutz, D., E. Sturm, R. Genzel, H.W.W. Spoon, A.F.M. Moorwood, H. Netzer and A. Sternberg: ISO spectroscopy of star formation and active nuclei in the luminous infrared galaxy NGC 6240. *A&A* **409**, 867-878 (2003).
- Malaguti, G., A. Bazzano, V. Beckmann, A.J. Bird, M. Del Santo, G. Di Cocco, L. Foschini, P. Goldoni, D. Götz, S. Mereghetti, A. Paizis, A. Segreto, G. Skinner, P. Ubertini and A. von Kienlin: GRB 021125: The first GRB imaged by INTEGRAL. *A&A* **411**, L307-L310 (2003).
- Malzac, J., T. Belloni, H.C. Spruit and G. Kanbach: The optical and X-ray flickering of XTE J1118+480. *A&A* **407**, 335-345 (2003).
- Maraston, C., L. Greggio, A. Renzini, S. Ortolani, R.P. Saglia, T.H. Puzia and M. Kissler-Patig: Integrated spectroscopy of bulge globular clusters and fields. II. Implications for population synthesis models and elliptical galaxies. *A&A* **400**, 823-840 (2003).
- Mareghetti, S., D. Götz, V. Beckmann, A. von Kienlin, P. Ubertini, A. Bazzano, L. Foschini and G. Malaguti: GRB 021219: The first Gamma-Ray Burst localized in real time with IBAS. *A&A* **411**, L311-L314 (2003).
- Marion, G.H., P. Höflich, W.D. Vacca and J.C. Wheeler: Near-infrared spectra of type Ia supernovae. *Ap. J.* **591**, 316-333 (2003).
- Martínez Nuñez, S., P. Reig, P. Blay, P. Kretschmar, N. Lund and V. Reglero: JEM-X observations of the Be/X-ray binary EXO 2030+375. *A&A* **411**, L411-L414 (2003).
- Masetti, N., E. Palazzi, E. Pian, A. Simoncelli, L.K. Hunt, E. Maiorano, A.J. Levan, L. Christensen, E. Rol, S. Savaglio, R. Falomo, A.J. Castro-Tirado, J. Hjorth, A. Delsanti, M. Pannella, V. Mohan, S.B. Pandey, R. Sagar, L. Amati, I. Burud, J.M. Castro Ceron, F. Frontera, A. Fruchter, J.P.U. Fynbo, J. Gorosabel, L. Kaper, S. Klose, C. Kouveliotou, L. Nicastro, H. Pedersen, J.E. Rhoads, I. Salamanca, N.R. Tanvir, P.M. Vreeswijk, R.A.M.J. Wijers and E.P.J. van den Heuvel: Optical and near-infrared observations of the GRB020405 afterglow. *A&A* **404**, 2, 465-481 (2003).
- Mas-Hesse, J.M., A. Giménez, J.L. Culhane, C. Jamar, B. McBreen, J. Torra, R. Hudec, J. Fabregat, E. Meurs, J.P. Swings, M.A. Alcacera, A. Balado, R. Beiztegui, T. Belenguier, L. Bradley, M. D. Caballero, P. Cabo, J. M. Defise, E. Diaz, A. Domingo, F. Figueras, I. Figueroa, L. Hanlon, F. Hroch, V. Hudcova, T. García, B. Jordan, C. Jordi, P. Kretschmar, C. Laviada, M. March, E. Martín, E. Mazy, M. Menéndez, J.M. Mi, E. de Miguel, T. Muñoz, K. Nolan, R. Olmedo, J.Y. Plesseria, J. Polcar, M. Reina, E. Renotte, P. Rochus, A. Sánchez, J.C. San Martín, A. Smith, J. Soldan, P. Thomas, V. Timón and D. Walton: OMC: An Optical Monitoring Camera for INTEGRAL - Instrument description and performance. *A&A* **411**, L261-L268 (2003).
- Matsui, H., J.M. Quinn, R.B. Torbert, V.K. Jordanova, W. Baumjohann, P. Puhl-Quinn and G. Paschmann: Electric field measurements in the inner magnetosphere by Cluster EDI. *J. Geophys. Res.* **108**, 9, 1352, (2003).
- Matsukiyo, S. and M. Scholer: Modified two-stream instability in the foot of high Mach number quasi-perpendicular shocks. *Journal of Geophys. Research* **108**, 1459, (2003).
- Matsushita, K., A. Finoguenov and H. Böhringer: XMM observation of M87 II. Abundance structure of interstellar and intergalactic medium. *A&A* **401**, 443-461 (2003).
- Mazelle, C., K. Meziane, D. LeQuéau, M. Wilber, J.P. Eastwood, H. Rème, J.A. Sauvaud, J.M. Bosqued, I. Dandouras, M. McCarthy, L.M. Kistler, B. Klecker, A. Korth, M.B. Bavassano-Cattaneo, G. Pallochia, R. Lundin and A. Balogh: Production of gyrating ions from nonlinear wave-particle interaction upstream from the Earth's bowshock: A case study from Cluster-CIS. *Planet. Space Sci.* **51**, 785-795 (2003).
- McCrary, N., A.M. Gilbert and J.R. Graham: Kinematic Masses of Super-Star Clusters in M82 from High-Resolution Near-Infrared Spectroscopy. *Ap. J.* **596**, 240-252 (2003).
- Mehlert, D., D. Thomas, R.P. Saglia, R. Bender and G. Wegner: Spatially Resolved Spectroscopy of Coma Cluster Early-Type Galaxies. III. The Stellar Population Gradients. *A&A* **407**, 423-435 (2003).
- Meidinger, N., S. Bonerz, R. Eckhardt, J. Enghauser, R. Hartmann, G. Hasinger, P. Holl, N. Krause, G. Lutz, R. Richter, H. Soltau, L. Strüder and J. Trümper: First measurements with a frame store PN-CCD X-ray detector. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A* **512**, 341-349 (2003).
- Mereghetti, S., D. Götz, A. Tiengo, V. Beckmann, J. Borkowski, T.J.-L. Courvoisier, A. von Kienlin, V. Schönfelder, J.P. Roques, L. Bouchet, P. Ubertini, A. Castro-Tirado, F. Lebrun, J. Paul, N. Lund, J.M. Mas-Hesse, W. Hermsen, P.R. den Hartog and C. Winkler: INTEGRAL and XMM-Newton Observations of the Weak Gamma-Ray Burst GRB 030227. *Ap. J. Lett.* **590**, L73-L77 (2003).
- Metz, S, H. Daldrup-Link, T. Richter, C. Räh, W. Ebert, M. Settles, E. Rummeny, T.M. Link and M. Piert: Detection and quantification of breast tumor necrosis with MR imaging: Value of the necrosis-avid contrast agent Gadophrin-3. *Academic Radiology* **10**, 484-490 (2003).
- Mignani, R., A. DeLuca, O. Kargaltsev, G.G. Pavlov, S. Zaggia, P.A. Caraveo and W. Becker: Search for the Optical Counterpart of the Vela Pulsar X-Ray Nebula. *Ap. J.* **594**, 419-427 (2003).
- Mikikian, M., L. Boufendi, A. Bouchoule, H.M. Thomas, G.E. Morfill, A.P. Nefedov, V.E. Fortov and the PKE-Nefedov team: Formation and behaviour of dust particle clouds in a radio-frequency discharge: results in the laboratory and under microgravity conditions. *New Journal of Physics* **5**, 3, 19.1-19.12, (2003).
- Milvang-Jensen, B., A. Aragon-Salamanca, G.K.T. Hau, I. Jørgensen and J. Hjorth: The Tully-Fisher relation of cluster spirals at $z = 0.83$. *MNRAS Lett.* **339**, L1-L5 (2003).
- Monetti, R A. and E.V. Albano: Study of crossover from non-equilibrium stationary states to quasi-equilibrium states in a driven diffuse system under influence of an oscillatory field. *International Journal of Modern Physics B* **16**, 4165-4174 (2002).

- Monetti, R.A., S. Havlin and A. Bunde: Long term persistence in the sea surface temperature fluctuations. *Physica (A)* **320**, 581-589 (2003).
- Morfill, G.E., V.N. Tsytovich and H.M. Thomas: Complex Plasmas: II. Elementary Processes in Complex Plasmas. *Plasma Physics Reports* **29**, 1, 1-30 (2003).
- Morrison G.E., F.N. Owen, M.J. Ledlow, W.C. Keel, J.M. Hill, W. Voges and T. Herter: Radio-selected Galaxies in Very Rich Clusters at $z < 0.25$: I. Multi-wavelength Observations and Data Reduction Techniques. *Ap. J.S*, **146**, 2, 267-298 (2003).
- Moskalenko, I.V., A.W. Strong, S.G. Mashnik and J.F. Ormes: Challenging cosmic-ray propagation with antiprotons: evidence for a „fresh“ nuclei component. *Ap. J.* **586**, 1050-1066 (2003).
- Motch, C., V.E. Zavlin and F. Haberl: The proper motion and energy distribution of the isolated neutron star RX J0720.4-3125. *A&A* **408**, 323-330 (2003).
- Mouchet, M., J.-M. Bonnet-Bidaud, E. Roueff, K. Beuermann, D. de Martino, J. M. Desert, R. Ferlet, R.E. Fried, B.T. Gänsicke, S.G. Howell, K. Mukai, D. Porquet and P. Szkody: The surprising Far-UV spectrum of the polar BY Camelopardalis. *A&A* **401**, 1071-1076 (2003).
- Moy, E., P. Barmby, D. Rigopoulou, J.-S. Huang, S.P. Willner and G.G. Fazio: H-band observations of the Chandra Deep Field South. *A&A* **403**, 2, 493-499 (2003).
- Muench, A.A., E.A. Lada, C.J. Lada, R.J. Elston, J.F. Alves, M. Horrobin, T.H. Huard, J.L. Levine, S.N. Raines and C. Román-Zuñiga: A Study of the Luminosity and Mass Functions of the Young IC 348 Cluster Using FLAMINGOS Wide-Field Near-Infrared Images. *AJ* **125**, 2029-2049 (2003).
- Napolitano, N.R., M. Pannella, M. Arnaboldi, O. Gerhard, J.A. Aguerrri L., K.C. Freeman, M. Capaccioli, S. Ghigna, F. Governato, T. Quinn and J. Stadel: Intracluster Stellar Population Properties from N-Body Cosmological Simulations. I. Constraints at $z = 0$. *Ap. J.* **594**, 172-185 (2003).
- Nefedov, A.P., G.E. Morfill, V.E. Fortov, H.M. Thomas, H. Rothermel, T. Hagl, A.V. Ivlev, M. Zuzic, B.A. Klumov, A.M. Lipaev, V.I. Molotkov, O.F. Petrov, Y.P. Gidzenko, S.K. Krikalev, W. Shepherd, A.I. Ivanov, M. Roth, H. Binnenbruck, J.A. Goree and Y.P. Semenov: PKE-Nefedov: plasma crystal experiments on the International Space Station. *New Journal of Physics* **5**, 3, 33.1-33.10 (2003).
- Narita, Y., K.-H. Glassmeier, S. Schäfer, U. Motschmann, K. Sauer, I. Dandouras, K.-H. Fornaçon, E. Georgescu and H. Rème: Dispersion analysis of ULF waves in the foreshock using cluster data and the wave telescope technique. *Geophys. Res. Lett.* **30** (13), 1710, (2003).
- Neri, R., R. Genzel, R.J. Ivison, F. Bertoldi, A.W. Blain, S.C. Chapman, P. Cox, T.R. Greve, A. Omont and D.T. Frayer: Interferometric Observations of Powerful CO Emission from Three Submillimeter Galaxies at $z = 2.39$, 2.51, and 3.35. *Ap. J.* **597**, L113-L116 (2003).
- Ness, J.-U., S. Starrfield, V. Burwitz, R. Wichmann, P. Hauschildt, J.J. Drake, R.M. Wagner, H.E. Bond, J. Krautter, M. Orio, M. Hernanz, R.D. Gehrz, C.E. Woodward, Y. Butt, K. Mukai, S. Balman and J.W. Truran: A Chandra Low Energy Transmission Grating Spectrometer Observation of V4743 Sagittarii: A Supersoft X-Ray Source and a Violently Variable Light Curve. *Ap. J. Lett.* **594**, L127-L130 (2003).
- Neuhäuser, R., E.W. Guenther, J. Alves, N. Huélamo, T. Ott and A. Eckart: An infrared imaging search for low-mass companions to members of the young nearby β Pic and Tucana/Horologium associations. *Astron. Nachr.* **324**, 6, 535-542 (2003).
- Neumann, D.M., D. Lumb, G.W. Pratt and U.G. Briel: The dynamical state of the Coma cluster with XMM-Newton. *A&A* **400**, 811-821 (2003).
- Nilsson, K., T. Pursimo, J. Heidt, L.O. Takalo, A. Sillanpää and W. Brinkmann: R-band imaging of the host galaxies of RGB BL Lacertae objects. *A&A* **400**, 95-118 (2003).
- Noda, H., W. Baumjohann, R. Nakamura, K. Torkar, G. Paschmann, H. Vaith, P. Puhl-Quinn, M. Förster, R. Torbert and J.M. Quinn: Tail lobe convection observed by Cluster EDI. *J. Geophys. Res.* **108**, 7, 1288, (2003).
- Nodes, C., G.T. Birk, H. Lesch and R. Schopper: Particle acceleration in three-dimensional tearing configurations. *Physics of Plasmas* **10**, 3, 835-844 (2003).
- Numomura, S., S. Zhdanov, G.E. Morfill and J. Goree: Nonlinear longitudinal waves in a two-dimensional screened Coulomb crystal. *Phys. Rev. (E)* **68**, 026407-7 (2003).
- Omont, A., G.F. Gilmore, C. Alard, B. Aracil, T. August, K. Baliyan, S. Beaulieu, S. Begon, X. Bertou, J.A.D.L. Blommaert, M. Burgdorf, B. Caillaud, C. Cesarsky, A. Chitre, E. Copet, B. de Batz, M.P. Egan, D. Egret, N. Epchtein, M. Felli, P. Fouqué, S. Ganesh, R. Genzel, I.S. Glass, R. Gredel, M.A.T. Groenewegen, R. Guglielmo, H.J. Habing, P. Hennebelle, B. Jiang, U.C. Joshi, S. Kimeswenger, M. Messineo, M.A. Miville-Deschenes, A. Moneti, M. Morris, D.K. Ojha, R. Ortiz, S. Ott, M. Parthasarathy, M. Perault, S.D. Price, A.C. Robin, M. Schultheis, F. Schuller, G. Simon, A. Soive, L. Testi, D. Teyssier, D. Tiphene, M. Unavane, J.T. van Loon and R. Wyse: ISOGAL: A Deep Survey of the Obscured Inner Milky Way with ISO at 7 mm and 15 mm and with DENIS in the Near-Infrared. *A&A* **403**, 975-992 (2003).
- Orio, M., W. Hartmann, M. Still and J. Greiner: An XMM-Newton observation of nova LMC 1995: a bright supersoft X-ray source. *Ap. J.* **594**, 435-442 (2003)
- Petrukovich, A.A., W. Baumjohann, R. Nakamura, A. Balogh, T. Mukai, K.-H. Glassmeier, H. Rème and B. Klecker: Plasma sheet structure during strongly northward IMF. *J. Geophys. Res.* **108**, 6, 1258, (2003).
- Pfeffermann, E., U.G. Briel and M.J. Freyberg: Design and in-orbit-performance of the position sensitive proportional counter onboard the X-ray astronomy satellite ROSAT. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. (A)* **515**, 65-69 (2003).
- Phan, T., H.U. Frey, S. Frey, L. Peticolas, S. Fuselier, C. Carlson, H. Rème, J.-M. Bosqued, A. Balogh, M. Dunlop, L. Kistler, C. Mouikis, I. Dandouras, J.-A.

- Sauvaud, S. Mende, J. McFadden, G. Parks, E. Möbius, B. Klecker, G. Paschmann, M. Fujimoto, S. Petrinec, M.F. Marcucci, A. Korth and R. Lundin:* Simultaneous Cluster and IMAGE observations of cusp reconnection and auroral proton spot for northward IMF. *Geophys. Res. Lett.* **30** (10), 1509 (2003).
- Pierini, D. and C.S. Möller:* Dust emission in the far-infrared as a star formation tracer at $z=0$: systematic trends with luminosity. *MNRAS* **346**, 818-824 (2003).
- Pierini, D., C.C. Popescu, R.J. Tuffs and H.J. Völk:* The far-infrared/radio correlation in the ISO era. The warm and cold far-infrared/radio correlations. *A&A* **409**, 907-916 (2003).
- Pierini, D., K.J. Leech and H.J. Völk:* [C II] emission and star formation in late-type galaxies. II. A model. *A&A* **397**, 871-881 (2003).
- Pietsch, W., F. Haberl and A. Vogler:* RX J004717.4-251811: The first eclipsing X-ray binary outside the Local Group. *A&A* **402**, 457-464 (2003).
- Pinkney, J., K. Gebhardt, R. Bender, G. Bower, A. Dressler, S.M. Faber, A.V. Filippenko, R. Green, L.C. Ho, J. Kormendy, T.R. Lauer, J. Magorrian, D. Richston and S. Tremaine:* Kinematics of 10 Early-Type Galaxies From Hubble Space Telescope and Ground-based Spectroscopy. *Ap. J.* **596**, 903-929 (2003).
- Pokhotelov, O.A., I. Sandberg, R.Z. Sagdeev, R.A. Treumann, O.G. Onishchenko, M.A. Balikhin and V.P. Pavlenko:* Slow drift mirror mode in finite electron-temperature plasma: Hydrodynamic and kinetic drift mirror instabilities. *J. Geophys. Res.* **108**, 3, 1098, (2003).
- Pokhotelov, O.A., O.G. Onishchenko, R.Z. Sagdeev and R.A. Treumann:* Nonlinear dynamics of inertial Alfvén waves in the upper ionosphere: Parametric generation of electrostatic convective cells. *J. Geophys. Res.* **108**, 7, 1291 (2003).
- Ponman, T.J., A.J.R. Sanderson and A. Finoguenov:* The Birmingham-CfA cluster scaling project - III. Entropy and similarity in galaxy systems. *MNRAS* **343**, 1, 331-342 (2003).
- Popel, S.I., A.P. Golub, T.V. Losseva, A.V. Ivlev, S.A. Khrapak and G. Morfill:* Weakly dissipative dust-ion-acoustic solitons. *Phys. Rev. E* **67**, 056402 (2003).
- Porquet, D. and J.N. Reeves:* An intense and broad Fe $K\alpha$ line observed in the X-ray luminous quasar Q 0056-363 with XMM-Newton. *A&A* **408**, 119-125 (2003).
- Porquet, D., P. Predehl, B. Aschenbach, N. Grosso, A. Goldwurm, P. Goldoni, R.S. Warwick and A. Decourchelle:* XMM-Newton observation of the brightest X-ray flare detected so far from Sgr A*. *A&A* **407**, L17-L20 (2003).
- Porro, M., C. Fiorini and L. Strüder:* Theoretical comparison between two different filtering techniques suitable for the VLSI spectroscopic amplifier ROTOR. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. (A)* **512**, 179-190 (2003).
- Pottelette, R., R.A. Treumann, M. Berthomier and J. Jasperse:* Electrostatic shock properties inferred from AKR fine structure. *Nonlinear Processes in Geophysics* **10**, 87-92 (2003).
- Pottschmidt, K., J. Wilms, M. Chernyakova, M.A. Nowak, J. Rodriguez, A.A. Zdziarski, V. Beckmann, P. Kretschmar, T. Gleissner, G.G. Pooley, S. Martínez-Núñez, T.J.-L. Courvoisier, V. Schönfelder and R. Staubert:* INTEGRAL-RXTE Observations of Cygnus X-1. *A&A* **411**, L383-L388 (2003).
- Pottschmidt, K., J. Wilms, M.A. Nowak, G.G. Pooley, T. Gleissner, W.A. Heindl, D.M. Smith, R. Remillard and R. Staubert:* Long Term Variability of Cygnus X-1 I. X-ray spectral-temporal correlations in the hard state. *A&A* **407**, 1039-1058 (2003).
- Treumann, R.A., M. Berthomier and J. Jasperse:* Electrostatic shock properties inferred from AKR fine structure. *Nonlin. Proc. Geophys.* **10**, 87-92 (2003).
- Raassen, A.J.J., R. Mewe, J.-U. Ness, R.L.J. van der Meer, V. Burwitz and J.S. Kaastra:* Chandra-LETGS X-ray observation of Centauri: A nearby (G2V + K1V) binary system. *A&A* **400**, 671-678 (2003).
- Räth, C. and P. Schuecker:* Analysing large-scale structure: II. Testing for primordial non-Gaussianity in CMB maps using surrogates. *MNRAS* **344**, 115-128 (2003).
- Rau, A. and J. Greiner:* Comptonization and reflection of X-ray radiation and the X-ray-radio correlation in the chi-states of GRS 1915+105. *A&A* **397**, 711-722 (2003).
- Rau, A., J. Greiner and M.C. McCollough:* The 590 Day Long-Term Periodicity of the Microquasar GRS 1915+105. *Ap. J. Lett.* **590**, L37-L40 (2003).
- Reid, M.J., K.M. Menten, R. Genzel, T. Ott, R. Schödel and A. Eckart:* The Position of Sagittarius A*. II. Accurate Positions and Proper Motions of Stellar SiO Masers near the Galactic Center. *Ap. J.* **587**, 208-220 (2003).
- Richter, R., L. Andricek, P. Fischer, K. Heinzinger, P. Lechner, G. Lutz, I. Peric, M. Reiche, G. Schaller, M. Schnecke, F. Schopper, H. Soltau, L. Strüder, J. Treis, M. Trimpl, J. Ulrici, N. Wermes:* Design and technology of DEPFET pixel sensors for linear collider applications. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. (A)* **511**, 250-256 (2003).
- Riffeser, A., J. Fliri, R. Bender, S. Seitz and C.A. Goessl:* The Wendelstein Calar Alto Pixellensing Project (WeCAPP): First MACHO Candidates. *Ap. J. Lett.* **599**, L17-L20 (2003).
- Roques, J.P., S. Schanne, A. von Kienlin, J. Knödlseeder, R. Briet, L. Bouchet, Ph. Paul, S. Boggs, P. Caraveo, M. Cassé, B. Cordier, R. Diehl, P. Durouchoux, P. Jean, P. Leleux, G. Lichti, P. Mandrou, J. Matteson, F. Sanchez, V. Schönfelder, G. Skinner, A. Strong, B. Teegarden, G. Vedrenne, P. von Ballmoos and C. Wunderer:* SPI/INTEGRAL in-flight performance. *A&A* **411**, L91-L110 (2003).
- Runov, A., R. Nakamura, W. Baumjohann, R.A. Treumann, T.L. Zhang, M. Volwerk, Z. Vörös, A. Balogh, K. Glassmeier, B. Klecker, H. Rème and L. Kistler:* Current sheet structure near magnetic X-line observed by Cluster. *Geophys. Res. Lett.* **30** (10), 1579 (2003).
- Runov, A., R. Nakamura, W. Baumjohann, T.L. Zhang, M. Volwerk, H.U. Eichelberger and A. Balogh:* Cluster observations of a bifurcated current sheet. *Geophys. Res. Lett.* **30** (2), 1036 (2003).

- Ryde, F., L. Borgonovo, S. Larsson, N. Lund, A. von Kienlin and G. Lichti: Gamma-ray bursts observed by the INTEGRAL-SPI anticoincidence shield: A study of individual pulses and temporal variability. *A&A* **411**, 1, L331-L342 (2003).
- Rypdal, K. and S. Ratynskaia: Statistics of low-frequency plasma fluctuations in a simple magnetized torus. *Phys. Plasmas* **10**, 7, 2686-2695 (2003).
- Sakano, M., R.S. Warwick, A. Decourchelle and P. Predehl: The discovery of a new non-thermal X-ray filament near the Galactic Centre. *MNRAS* **340**, 474-751 (2003).
- Salimullah, M., P.K. Shukla and G.E. Morfill: Wake potentials in plasmas containing elongated dust rods. *Journal of plasma physics* **69**, 4, 363-369 (2003)
- Salimullah, M., P. K. Shukla, I. Sandberg and G.E. Morfill: Excitation of dipole oscillons in a dusty plasma containing elongated dust rods. *New Journal of Physics* **5**, 3, 40.1-40.7 (2003)
- Samsonov, D, G. Morfill, H. Thomas, T. Hagl, H. Rothermel, V. Fortov, A. Lipaev, V. Molotkov, A. Nefedov, O. Petrov, A. Ivanov and S. Krikalev: Kinetic measurements of shock wave propagation in a three-dimensional complex (dusty) plasma. *Phys. Rev. (E)* **67**, 036404 (2003).
- Samsonov, D., S. Zhdanov, G. Morfill and V. Steinberg: Levitation and agglomeration of magnetic grains in a complex (dusty) plasma with magnetic field. *New Journal of Physics* **5**, 3, 24.1-24.10 (2003).
- Sanderson, A.J.R., T.J. Ponman, A. Finoguenov, E.J. Lloyd-Davies and M. Markevitch: The Birmingham-CfA cluster scaling project - I. Gas fraction and the M-TX relation. *MNRAS* **340**, 989-1010 (2003).
- Saracco, P., M. Longhetti, P. Severgnini, R. Della Ceca, F. Mannucci, R. Bender, N. Drory, G. Feulner, F. Ghinassi, U. Hopp, C. Maraston: Massive $z \sim 1.3$ Evolved Galaxies Revealed. *A&A* **398**, 127-132 (2003).
- Sasaki, M., W. Pietsch and F. Haberl: XMM-Newton observations of High Mass X-ray Binaries in the SMC. *A&A* **403**, 901-916 (2003).
- Sato, Y., K. Kawara, L.L. Cowie, Y. Taniguchi, D.B. Sanders, H. Matsuhara, H. Okuda, K. Wakamatsu, Y. Sofue, R.D. Joseph and T. Matsumoto: A deep 6.7 μm survey in the SSA13 field with ISO. *A&A* **405**, 833-849 (2003).
- Schödel, R., T. Ott, R. Genzel, A. Eckart, N. Mouawad and T. Alexander: Stellar Dynamics in the Central Arcsecond of our Galaxy. *Ap. J.* **596**, 1015-1034 (2003).
- Schödel, R., R. Genzel, T. Ott, and A. Eckart: The Galactic Center stellar cluster: the central arcsecond. *Astron. Nachr.* **324**, 535-541 (2003).
- Scholer, M., H. Kucharek and I. Shinohara: Short large-amplitude magnetic structures and whistler wave precursors in a full-particle quasi-parallel shock simulation. *J. Geophys. Res.* **108**, 1273 (2003).
- Scholer, M., I. Shinohara and S. Matsukiyo: Quasi-perpendicular shocks: Length scale of the cross-shock potential, shock reformation, and implication for shock surfing. *J. Geophys. Res.* **108**, 1014 (2003).
- Scholer, M., I. Sidorenko, C. H. Jaroschek, R. A. Treumann and A. Zeiler: Onset of collisionless magnetic reconnection in thin current sheets: Three-dimensional particle simulations. *Phys. Plasmas* **10**, 3521-3527 (2003).
- Schuecker, P., H. Böhringer, C.A. Collins and L. Guzzo: The REFLEX galaxy cluster survey. VII Ω_m and σ_8 from cluster abundance and large-scale clustering. *A&A* **398**, 3, 867-877 (2003).
- Schuecker, P., R.R. Caldwell, H. Böhringer, C.A. Collins, L. Guzzo and N.N. Weinberg: Observational constraints on general relativistic energy conditions, cosmic matter density and dark energy from X-ray clusters of galaxies and type-Ia supernovae. *A&A* **402**, 53-63 (2003).
- Seigar, M.S., P.D. Lynam and Chorney: A triple nucleus in the brightest cluster galaxy in Abell 193. *MNRAS* **344**, 1, 110-114 (2003).
- Sergeev, V., A. Runov, W. Baumjohann, R. Nakamura, T.L. Zhang, M. Volwerk, A. Balogh, H. Rème, J.A. Sauvaud, M. André and B. Klecker: Current sheet flapping motion and structure observed by Cluster. *Geophys. Res. Lett.* **30**, 6, 1327 (2003).
- Severgnini, P., A. Caccianiga, V. Braito, R. Della Ceca, T. Maccacaro, A. Wolter, K. Sekiguchi, T. Sasaki, M. Yoshida, M. Akiyama, M.G. Watson, X. Barcons, F.J. Carrera, W. Pietsch and N.A. Webb: XMM-Newton observations reveal AGN in apparently normal galaxies. *A&A* **406**, 483-492 (2003).
- Shaposhnikov, N., L. Titarchuk and F. Haberl: The Bursting Behavior of 4U 1728-34: The Parameters of a Neutron Star and the Geometry of a Neutron Star-Disk System. *Ap. J. Lett.* **593**, L35-L38 (2003).
- Shen, S.Y., H.J. Mo, S.D.M. White, M.R. Blanton, G. Kauffmann, W. Voges, J. Brinkmann and I. Csabai: The size distribution of galaxies in the Sloan Digital Sky Survey. *MNRAS* **343**, 978-994 (2003).
- Shiohara, K., W. Baumjohann and G. Paschmann: Bi-directional electrons in the near-Earth plasma sheet. *Ann. Geophysicae* **21**, 7, 1497-1507 (2003).
- Snellen, I.A.G., M.D. Lehnert, M.N. Bremer and R.T. Schilizzi: Fundamental galaxy parameters for radio-loud active galactic nuclei and the black hole-radio power connection. *MNRAS* **342**, 889-900 (2003).
- Spoon, H.W.W., A.F.M. Moorwood, K.M. Pontoppidan, J. Cami, M. Kregel, D. Lutz and A.G.G.M. Tielens: Detection of strongly processed ice in the central starburst of NGC 4945. *A&A* **402**, 499-507 (2003).
- Springer, S. and W. Bunk: Basics of biosignal analysis of ECG and EEG with chaos theoretical methods. *Neuroendocrinology Letters* **24** (Suppl 1), 232-235 (2003).
- Staubert, R., S. Friedrich, K. Pottschmidt, S. Benlloch, S.L. Schuh, P. Kroll, E. Splitgerber and R. Rothschild: The near-synchronous polar V1432 Aql (RX J1940.1-1025): Accretion geometry and synchronization timescale. *A&A* **407**, 987-998 (2003).
- Stelzer, B. and V. Burwitz: Castor A and Castor B resolved in a simultaneous Chandra and XMM-Newton observation. *A&A* **402**, 719-728 (2003).
- Stelzer, B., V.M. Costa, J.F. Gamero, K. Grankin, A. Henden, E. Guenther, S. Mohanty, E. Flaccomio, V. Burwitz, R. Jayawardhana, P. Predehl and R.H. Durisen: The weak-line T Tauri star V410 Tau. I. A

- multi-wavelength study of variability. *A&A* **411**, 517-531 (2003).
- Stevens, J.A., M.J. Page, R.J. Ivison, I. Smail, I. Lehmann, G. Hasinger and G. Szokoly*: The nature of X-ray selected EROs. *MNRAS* **342**, 1, 249-258 (2003).
- Strateva, I.V., M.A. Strauss, L. Hao, D.J. Schlegel, P.B. Hall, J.E. Gunn, L.X. Li, Z. Ivezić, G.T. Richards, N.L. Zakamska, W. Voges, S.F. Anderson, R.H. Lupton, D.P. Schneider, J. Brinkmann and R.C. Nichol*: Double-peaked low-ionization emission lines in active galactic nuclei. *AJ* **126**, 1720-1749 (2003).
- Strong, A.W., L. Bouchet, R. Diehl, P. Mandrou, V. Schönfelder and B.J. Teegarden*: Diffuse continuum emission from the inner Galaxy: first results from INTEGRAL/SPI. *A&A* **411**, L447-L450 (2003).
- Strong, A.W.*: Maximum Entropy imaging with INTEGRAL/SPI data. *A&A* **411**, L127-L129 (2003).
- Strüder, L., J. Englhauser, R. Hartmann, P. Holl, N. Meidinger, H. Soltau, U. Briel, K. Dennerl, M. Freyberg, F. Haberl, G. Hartner, E. Pfeffermann, T. Stadlbauer and E. Kendziorra*: pn-CCDs on XMM-Newton - 42 months in orbit. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. (A)* **512**, 386-400 (2003).
- Sturmer, S.J., C.R. Shrader, G. Weidenspointner, B.J. Teegarden, D. Attié, B. Cordier, R. Diehl, C. Ferguson, P. Jean, A. von Kienlin, Ph. Paul, F. Sánchez, S. Schanne, P. Sizun, G. Skinner and C.B. Wunderer*: Monte Carlo simulations and generation of the SPI response. *A&A* **411**, 1, L81-L84 (2003).
- Suchkov, A.A., V.V. Makarov and W. Voges*: ROSAT view of Hipparcos F stars. *Ap. J.* **595**, 1206-1221 (2003).
- Sugai, H., R.I. Davies and M. Ward*: The Collimated Wind in NGC253. *Ap. J. Lett.* **584**, 1, L9-L12 (2003).
- Szkody P., O. Fraser, N. Silvestri, A. Henden, S.F. Anderson, J. Frith, B. Lawton, E. Owens, S. Raymond, G. Schmidt, M. Wolfe, J. Bochanski, K. Covey, H. Harris, S. Hawley, G.R. Knapp, B. Margon, W. Voges, L. Walkowicz, J. Brinkmann and D.Q. Lamb*: Cataclysmic Variables from SDSS II. The Second Year. *Astron. J.* **126**, 1499-1514 (2003)
- Szkody P., S.F. Anderson, G. Schmidt, P.B. Hall, B. Margon, A. Miceli, M. Subbarao, J. Frith, H. Harris, S. Hawley, B. Lawton, R. Covarrubias, K. Covey, X.H. Fan, T. Murphy, V. Narayanan, S. Raymond, A. Rest, M.A. Strauss, C. Stubbs, E. Turner, W. Voges, A. Bauer, J. Brinkmann, G.R. Knapp and D.P. Schneider*: Two rare magnetic cataclysmic variables with extreme cyclotron features identified in the Sloan Digital Sky Survey. *Ap.J.* **583**, 902-906 (2003)
- Tachihara, K., R. Neuhäuser, S. Frink and E. Guenther*: Proper motion and X-ray selected search for new members of the young TW Hya association. *A&A* **324**, 6, 543-551 (2003).
- Tanaka, Y., Y. Ueda and Th. Boller*: ASCA observation of a dip of GRO J1655-40: evidence for partial covering and its implication. *MNRAS Lett.* **338**, L1-L6 (2003).
- Thomas, D. and C. Maraston*: The impact of alpha/Fe enhanced stellar evolutionary tracks on the ages of elliptical galaxies. *A&A* **401**, 429-432 (2003).
- Thomas, D., C. Maraston and R. Bender*: New Clues on the Calcium Underabundance in Early-Type Galaxies. *MNRAS* **343**, 1, 279-283 (2003).
- Thomas, D., C. Maraston and R. Bender*: Stellar population models of Lick indices with variable element abundance ratios. *MNRAS* **339**, 3, 897-911 (2003).
- Thomas, D., R. Bender, U. Hopp, C. Maraston and L. Greggio*: Kinematics and Stellar Populations of 17 Dwarf Early-Type Galaxies. *Astrophys. Space Sci.* **284**, 599-602 (2003).
- Thomas, H., G.E. Morfill, and V.N. Tsytovich*: „Komplex plasmas: III. Experiment on Strong Coupling and Long Range Interactions“. *Plasma Phys. Rep.* **29**, 895-954 (2003).
- Torres, G., E.W. Guenther, L.A. Marschall, R. Neuhäuser, D.W. Latham and R.P. Stefanik*: Radial velocity survey of members and candidate members of the TW Hydrae association. *AJ* **125**, 2, 825-841 (2003).
- Torres, G., J.A. Mader, L.A. Marschall, R. Neuhäuser and A. Duffy*: Optical photometry and X-ray monitoring of the “cool Algol” BD +05°706: determination of the physical properties. *AJ* **125**, 3237-3251 (2003).
- Tovmassian, G., S. Zharikov, R. Michel, V. Neustroev, J. Greiner, D.R. Skillman, D.A. Harvey, R.E. Fried and J. Patterson*: FS Aurigae: a new class of cataclysmic variables or the missing link between intermediate polars and SW Sextantis objects? Publication of the Astronomical Society of the Pacific **115**, 725-738 (2003).
- Trattner, K.J., S.A. Fuselier, T.K. Yeoman, A. Korth, M. Franz, C. Mouikis, H. Kucharek, L.M. Kistler, C.P. Escoubet, H. Réme, I. Dandouras, J.A. Sauvaud, J.M. Bosqued, B. Klecker, C. Carlson, T. Phan, J.P. McFadden, E. Amata, and L. Eliasson*: Cusp structures: combining multi-spacecraft observations with ground-based observations. *Ann. Geophysicae* **21**, 10, 2031-2941 (2003).
- Treumann, R.A. and R. Pottelette*: Particle acceleration in the magnetosphere and its immediate environment. *Adv. Space Res.* **30** (7), 1623-1628 (2003).
- Trimpl, M., L. Andricek, P. Fischer, G. Lutz, R. Richter, L. Strüder, J. Ulrici and N. Wermes*: A Fast Readout using switched current techniques for a DEPFET pixel vertex detector at TESLA. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A* **511**, 257-264 (2003).
- Trinchieri, G., J. Sulentic, D. Breitschwerdt and W. Pietsch*: Stephan's Quintet: The X-ray Anatomy of a Multiple Galaxy Collision. *A&A* **401**, 173-183 (2003).
- Tsyтович, V.N., G.E. Morfill and A.V. Ivlev*: Van der Waal's approach in the theory of phase transitions in complex plasmas. *Contrib. Plasma Phys.* **43**, 439-446 (2003).
- Tsyтович, V.N., N. Sato and G.E. Morfill*: „Note on the charging and spinning of dust particles in complex plasmas in a strong magnetic field“. *New. J. Phys.* **5**, 43.1-43.9 (2003).
- Tsyтович, V.N., A.P. Nefedov, V.E. Fortov, O.F. Petrov and G.E. Morfill*: „Effects of ultraviolet radiation on dusty plasma structures at microgravity“. *Phys. Plasmas* **10**, 2633-2642 (2003).

- Tsytovich, V.N., G. Morfill, U. Konopka and H. Thomas:* Collision-dominated dust sheaths and voids-observations in micro-gravity experiments and numerical investigation of the force balance relations. *New journal of physics* **5**, 66.1-66.28 (2003).
- Vacca, W.D., M.C. Cushing and J.T. Tayner:* A method of correcting near-infrared spectra for telluric absorption. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **115**, 389-409 (2003).
- Vedrenne, G., J.-P. Roques, V. Schönfelder, P. Mandrou, G.G. Lichti, A. von Kienlin, B. Cordier, S. Schanne, J. Knödlseeder, G. Skinner, P. Jean, F. Sanchez, P. Caraveo, B. Teegarden, P. von Ballmoos, L. Bouchet, P. Paul, J. Matteson, S. Boggs, C. Wunderer, P. Leleux, G. Weidenspointner, Ph. Durouchoux, R. Diehl, A. Strong, M. Cassé, M.A. Clair and Y. André :* SPI: The spectrometer aboard INTEGRAL. *A&A* **411**, L63-L70 (2003).
- Verheest, F., M. Hellberg and V.V. Yaroshenko:* Electrostatic modes in dusty plasma with continuous size distributions. *Phys. Rev. (E)* **67**, 1, 016406-1-016406-4 (2003).
- Verheest, F., P.K. Shukla, G. Jacobs and V.V. Yaroshenko:* Jeans instability in partially ionized self-gravitating dusty plasmas. *Phys. Rev. (E)* **68**, 027402 (2003).
- Verma, A., D. Lutz, E. Sturm, A. Sternberg, R. Genzel and W. Vacca:* A mid-infrared spectroscopic survey of starburst galaxies: Excitation and abundances. *A&A* **403**, 829-846 (2003).
- Vilhu, O., L. Hjalmsdotter, A.A. Zdziarski, A. Paizis, M.L. McCollough, V. Beckmann, T.J.-L. Courvoisier, K. Ebisawa, P. Goldoni, P. Hakala, D. Hannikainen, P. Kretschmar and N.J. Westergaard:* First INTEGRAL observations of Cygnus X-3. *A&A* **411**, L405-L410 (2003).
- Vladimirov, S.V., G.E. Morfill, V.V. Yaroshenko and N.F. Cramer:* Oscillatory modes of magnetized grains in a plasma. *Phys. Plasmas* **10**, 7, 2659-2662 (2003).
- Vladimirov, S.V., K. Ostrikov, M.Y. Yu and G.E. Morfill:* Ion-acoustic waves in a complex plasma with negative ions. *Physical review E* **67**, 036406-036406 (2003).
- Volwerk, M., K.-H. Glassmeier, A. Runov, W. Baumjohann, R. Nakamura, T.L. Zhang, B. Klecker, A. Balogh and H. Rème:* Kink mode oscillation of the current sheet. *Geophys. Res. Lett.* **30**, 6, 1320 (2003).
- Volwerk, M., R. Nakamura, W. Baumjohann, R.A. Treumann, A. Runov, Z. Vörös, T.L. Zhang, Y. Asano, B. Klecker, I. Richter, A. Balogh and H. Rème:* A statistical study of compressional waves in the tail current sheet. *J. Geophys. Res.* **108**, 12, 1429 (2003).
- von Kienlin, A., V. Beckmann, A. Rau, N. Arend, K. Bennett, B. McBreen, P. Connell, S. Deluit, L. Hanlon, K. Hurley, M. Kippen, G.G. Lichti, L. Moran, R. Preece, J.-P. Roques, V. Schönfelder, G. Skinner, A. Strong and R. Williams:* INTEGRAL Spectrometer SPI's GRB detection capabilities - GRBs detected inside SPI's FoV and with the anticoincidence system ACS. *A&A* **411**, L299-L306 (2003).
- von Kienlin, A., V. Beckmann, S. Covino, D. Götz, G.G. Lichti, D. Malesani, S. Mereghetti, E. Molinari, A. Rau, C.R. Shrader, S.J. Sturmer and F. Zerbi:* INTEGRAL results on GRB 030320: A long gamma-ray burst detected at the edge of the field of view. *A&A Lett.* **411**, L321-L326 (2003).
- Vörös, Z., W. Baumjohann, R. Nakamura, A. Runov, T.L. Zhang, M. Volwerk, H.U. Eichelberger, A. Balogh, T.S. Horbury, K.-H. Glassmeier, B. Klecker and H. Rème:* Multi-scale magnetic field intermittence in the plasma sheet. *Ann. Geophysicae* **21**, 1955-1964 (2003).
- Wang, J., T. Yaqoob, T.G. Szokoly, R. Gilli, L. Kewley, V. Mainieri, M. Nonino, P. Rosati, P. Tozzi and W. Zheng:* A Puzzling X-Ray Source Found in the Chandra Deep Field-South. *Ap. J.* **590**, L87-L90 (2003).
- Wang, P. and C.R. Vidal:* Dissociation of multiply ionized carbonyl sulfide due to electron impact. *Journal of Chemical Physics* **118**, 5383-5389 (2003).
- Weidenspointner, G., J. Kiener, M. Gros, P. Jean, B.J. Teegarden, C. Wunderer, R.C. Reedy, D. Attié, R. Diehl, C. Ferguson, M.J. Harris, J. Knödlseeder, P. Leleux, V. Lonjou, J.-P. Roques, V. Schönfelder, C. Shrader, S. Sturmer, V. Tatischeff and G. Vedrenne:* First identification and modelling of SPI background lines. *A&A* **411**, 1, L113-L116 (2003).
- Westergaard, N.J., P. Kretschmar, C. A. Oxborrow, S. Larsson, J. Huovelin, S. Maisala, S. Martínez Núñez, N. Lund, A. Hornstrup, S. Brandt, C. Budtz-Jørgensen and I.L. Rasmussen:* JEM-X science analysis software. *A&A Lett.* **411**, 1, L257-L260 (2003).
- Winkler, C., N. Gehrels, V. Schönfelder, J.-P. Roques, A.W. Strong, C. Wunderer, P. Ubertini, F. Lebrun, A. Bazzano, M. Del Santo, N. Lund, N.J. Westergaard, V. Beckmann, P. Kretschmar and S. Mereghetti:* First results from the INTEGRAL galactic plane scans. *A&A* **411**, 1, L349-L355 (2003).
- Winkler, C., T.J.-L. Courvoisier, G. Di Cocco, N. Gehrels, A. Giménez, S. Grebenev, W. Hermsen, J.M. Mas-Hesse, F. Lebrun, N. Lund, G.G.C. Palumbo, J. Paul, J.-P. Roques, H. Schnopper, V. Schönfelder, R. Sunyaev, B. Teegarden, P. Ubertini, G. Vedrenne and A.J. Dean:* The INTEGRAL mission. *A&A* **411**, 1, L1-L6 (2003).
- Wold, M., L. Armus, G. Neugebauer, T.H. Jarrett and M.D. Lehnert:* Overdensities of Extremely Red Objects in the Fields of High-Redshift Radio-Loud Quasars. *Astron. J.* **126**, 1776-1786 (2003).
- Wu, J.H., X.T. He, Y. Chen and W. Voges:* Discovery of five Narrow-Line Seyfert 1 galaxies and implications on the NLS1 model. *Chinese Journal of Astronomy and Astrophysics* **3**, 5, 423-430 (2003).
- Wuchterl, G. and W.M. Tscharnuter:* From clouds to stars - Protostellar collapse and the evolution to the pre-main sequence - 1. Equations and evolution in the Hertzsprung-Russell diagram. *A&A* **398**, 3, 1081-1090 (2003).
- Wunderer, C.B., P. Connell, J.W. Hammer, V. Schönfelder and A.W. Strong:* Testing SPI imaging of high-energy and extended sources. *A&A* **411**, L101-L105 (2003).
- Xu, D., S. Komossa, J. Wei, Y. Qian and X. Zheng:* An AGN Sample with High X-ray-to-optical Flux Ratio from RASS. II. Optical Emission Line Properties of Seyfert 1 Type AGN. *Ap. J.* **590**, 73-85 (2003).

- Yaroshenko, V.V., G.E. Morfill, D. Samsonov and S.V. Vladimirov:* Mutual interactions of magnetized particles in complex plasmas. *New Journal of Physics* **5**, 18.1-18.8 (2003).
- Yaroshenko, V.V., F. Verheest and M. Hellberg:* Dust-acoustic instability in inhomogeneous complex plasmas. *Phys. Plasmas* **10**, 10, 3834-3840 (2003).
- Zhdanov, S., S. Nunomura, D. Samsonov and G. Morfill:* Polarization of wave modes in a two-dimensional hexagonal lattice using a complex (dusty) plasma. *Phys. Rev. (E)* **68**, 035401-1-035401-4 (2003).
- Zhdanov, S., R.A. Quinn, D. Samsonov and G.E. Morfill:* Large-scale steady-state structure of a 2D plasma crystal. *New Journal of Physics* **5**, 74.1-74.11 (2003).
- Zickgraf F.-J., D. Engels, H.-J. Hagen, D. Reimers and W. Voges:* The Hamburg/RASS Catalogue of optical identifications. Northern high-galactic latitude ROSAT Bright Source Catalogue X-ray sources. *A&A* **406**, 535-553 (2003).
- Zimmermann, H.-U. and B. Aschenbach:* XMM-Newton observation of SN 1993J in M81. *A&A* **406**, 969-974 (2003).

4.2 REFERIERTE PROCEEDINGS / REFEREED PROCEEDINGS

- Bamert, K., R.F. Wimmer-Schweingruber, R. Kallenbach, M. Hilchenbach and B. Klecker:* Charge-to-mass fractionation during injection and acceleration of suprathermal particles associated with the Bastille Day event: SOHO/CELIAS/HSTOF data. In: 10th Solar Wind Conference. (Eds.) M. Velli, R. Bruno, F. Malara. *AIP Conference Proceedings* **679**, American Institute of Physics, Melville, 668-671 (2003).
- Bloser, P.F., F. Schopper, R. Andritschke, G. Kanbach, A. Zoglauer and P. Lechner:* Development of silicon strip detectors for a medium energy gamma-ray telescope. In: 9th European Symposium on Semiconductor Detectors. (Eds.) P.F. Bloser et al. *NIM A* **512**, Elsevier, 220-228 (2003).
- Boehm, H., R.A. Monetti, D. Mueller, D. Newitt, S. Majumdar, E. Rummeny, T. Link and C. R ath:* Characterization of bone mechanical properties: application of the Hough-transform to High Resolution MRI of human trabecular bone in vitro. In: *SPIE Medical Imaging: Image Process.* (Eds.) M. Sonka, J.M. Fitzpatrick. *Progress in Biomedical Optics and Imaging* **5032**, SPIE-The International Society for Optical Engineering, Bellingham, Washington, 470-479 (2003).
- Boehm, H.F., C. R ath, R. A. Monetti, D. Mueller, D. Newitt, S. Majumdar and T.M. Link:* Prediction of the biomechanical strength of bone by analysis of local 3D scaling properties extracted from HR MRI of human trabecular bone in comparison with bone mineral density in vitro. In: *Meeting of the international bone and mineral society.* (Ed.) I. Reid. *Bone* **32**, No. 5 (S), Elsevier, 78 (2003).
- Boehm, H.F., C. R ath, R. A. Monetti, D. Mueller, S. Majumdar and T. M. Link:* Predicting the mechanical strength of human trabecular bone specimens in vitro by application of non-linear structural parameters based on topological properties (Minkowski functionals) to high resolution magnetic resonance images. In: *The 89th annual meeting of the RSNA. Supplement to Radiology* **229**, Radiological Society of North America, Chicago, 517 (2003).
- Boese, F.G.:* Enclosure of Algebraic Functions and Bounded-Input Bounded-Output Stability of Linear Time-Discrete Scalar Bivariate Dynamical Systems. *Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics* **2**, 537-538 (2003).
- Collmar, W.:* AGN: The Gamma-Ray Status after CGRO. In: *The Multiwavelength View on AGN.* (Eds.) J. Wei, S. Komossa, F. Cheng, G. Hasinger. *Publications of the Yunnan Observatory, Chinese Academy of Sciences, Yunnan, China*, 121-125 (2003).
- Cushing, M.C., J.T. Rayner and W.C. Vacca:* A near-infrared spectral sequence of late M, L, and T dwarfs. In: *Brown Dwarfs.* (Ed.) E.L. Martin. *IAU Symposium* **211**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 389-392 (2003).
- Diehl, R.:* Gamma-Rays from Supernovae. In: *ESO/MPA/MPE Workshop on the Physics of Supernovae.* (Eds.) W. Hillebrandt, B. Leibundgut. *ESO Astrophysics Symposia* **XVII**, Springer, Berlin, 280-286 (2003).
- Dogiel, V.A., K. Masai, H. Inoue, V. Sch onfelder and A.W. Strong:* The origin of the X-ray flux from the galactic ridge. *Astron. Nachr.* **324**, 1-2, 65-68, (2003).
- Genzel, R., T. Ott, R. Sch odel and A. Eckart:* The Galactic Center Black Hole. In: *XXI Symposium on Relativistic Astrophysics "Texas in Tuscany".* (Eds.) R. Bandiera, R. Maiolino, F. Mannucci. *World Scientific Publications, New Jersey, London, Singapore, Hong Kong*, 221-233 (2003).
- Guenther, E. and G. Wuchterl:* Searching for planets of brown dwarfs. In: *Brown Dwarfs.* (Ed.) E.L. Martin. *IAU Symposium* **211**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco. 225-232 (2003)
- Hasinger, G. and CDF-S Team:* The X-Ray Background (Deep Fields, Luminosity Functions and Type-II Quasars). In: *The Multiwavelength View on AGN.* (Eds.) J. Wei, S. Komossa, F. Cheng, G. Hasinger. *Publications of the Yunnan Observatory, Chinese Academy of Sciences, Yunnan, China*, 136-146 (2003).
- Hilchenbach, M., H. Sierks, B. Klecker, K. Bamert, and R. Kallenbach:* Velocity Dispersion Of Energetic Particles Observed By SOHO/CELIAS/STOF. In: 10th Solar Wind Conference. (Eds.) M. Velli, R. Bruno, F. Malara. *AIP Conference Proceedings* **679**, American Institute of Physics, Melville, 106-109 (2003).
- Joergens, V., R. Neuhauser, E.W. Guenther, M. Fern andez and F. Comeron:* Multiplicity, kinematics and rotation rates of very young brown dwarfs in ChaI. In: *Brown Dwarfs.* (Ed.) E.L. Martin. *IAU Symposium*

- 211**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 233-240 (2003).
- Komossa, S.*: X-ray imaging and spectroscopy of (radio-quiet) AGN: highlights from Chandra and XMM-Newton. In: The Multiwavelength View on AGN. (Eds.) J. Wei, S. Komossa, F. Cheng, G. Hasinger. Publications of the Yunnan Observatory, Chinese Academy of Sciences, Yunnan, China, 56-68 (2003).
- Kucharek, H., E. Möbius, W. Li, C. Farrugia, M. Popecki, A. Galvin, B. Klecker, M. Hilchenbach, and P. Bochslers*: Relative Abundance Variations of Energetic He⁺/He²⁺ in CME Related SEP Events. In: 10th Solar Wind Conference. (Eds.) M. Velli, R. Bruno, F. Malara. AIP Conference Proceedings **679**, American Institute of Physics, Melville, 648-651 (2003).
- Lamer, G., S. Wagner, G. Zamorani, M. Mignoli, G. Hasinger, K. Giedke and R. Staubert*: Optical identifications in the Marano field XMM-Newton survey. In: Astron. Nachr. **324**, 1-2, 16-19, (2003).
- Mainieri, V., P. Rosati, M. Nonino, G.P. Szokoly, J. Bergeron, G. Hasinger, I. Lehmann, P. Tozzi and CDFS-team*: Chandra Deep Field South: the optically faint population. Astron. Nachr. **324**, 20-23 (2003).
- Mishin, V.M. D.Sh. Shirapov, V.P. Golovkov and M. Förster*: Field-aligned currents of Region 0 as electric shield of the polar cap ionosphere. In: Proceedings of International Symposium „Auroral Phenomena and Solar-Terrestrial Relations“, IKI, Moscow, 250-256 (2003).
- Mishin, V.M., V.V. Mishin, D.Sh. Shirapov, V.P. Golovkov and M. Förster*: Electric field and field-aligned currents of Region 1 and Region 0 generators during the substorm load phase. In: Proceedings of International Symposium „Auroral Phenomena and Solar-Terrestrial Relations“, IKI, Moscow, 105-112 (2003).
- Monetti, R.A., H. Boehm, D. Mueller, D. Newitt, S. Majumdar, E. Rummeny, T. Link and C. R  th*: Scaling index method: a novel non-linear technique for the analysis of High Resolution MRI of human bones. In: SPIE Medical Imaging: Image Processing. (Eds.) M. Sonka, J. M. Fitzpatrick. Progress in Biomedical Optics and Imaging Vol. **4**, SPIE-The International Society of Optical Engineering, Bellingham, Washington, 1777-1786 (2003).
- Mueller, D., T.M. Link, R.A. Monetti, J. Bauer, E. Rummeny and C. R  th*: Structure analysis of the distal radius using the scaling index algorithm in the prediction of osteoporotic spine fractures. In: 25th annual meeting of the American society of bone and mineral research. (Eds.) J. A. Eisman et al. Journ. of Bone and Mineral Research **18** (Suppl. 2), 254 (2003).
- Mueller, D., T.M. Link, R. A. Monetti, J. Bauer, E.J. Rummeny and C. R  th*: Age-related changes of 3D-trabecular structure parameters in comparison with bone mineral density. In: The 89th annual meeting of the RSNA. Supplement to Radiology **229**, Radiological Society of North America, Chicago, 572-573 (2003).
- Mueller, D., T.M. Link, R.A. Monetti, G.E. Morfill, E.J. Rummeny and C. R  th*: 3D structure analysis of high-resolution magnetic resonance imaging of the proximal femur in relationship with biomechanical bone strength in vitro. In: The 89th annual meeting of the RSNA. Supplement to Radiology **229**, Radiological Society of North America, Chicago, 518 (2003).
- Mustafa, M.G. and M.H. Thoma*: Can Van Hove Singularities be observed in Relativistic Heavy Ion Collisions? In: International Conference on Physics and Astrophysics of Quark-Gluon Plasma (ICPAQGP 2001). Pramana Vol. **60**, 711-724 (2003).
- Neuh  user, R., E. Guenther and W. Brandner*: VLT spectra of the companion candidate Cha H   5/cc 1. In: Brown Dwarfs. (Ed.) E.L. Martin. IAU Symposium **211**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 309-310 (2003).
- Pietsch, W., M. Ehle, F. Haberl, Z. Misanovic and G. Trinchieri*: Deep XMM-Newton survey of M33. Astron. Nachr. **324**, 1-2, 85-88 (2003).
- Predehl, P., E. Costantini, G. Hasinger and Y. Tanaka*: XMM-Newton observation of the galactic centre - evidence against the X-ray reflection nebulae model? Astron. Nachr. **324**, 1-2, 73-76 (2003).
- Predehl, P., P. Friedrich, G. Hasinger and W. Pietsch*: ROSITA. Astron. Nachr. **324**, 1-2, 128-131 (2003).
- Qureshi, M.N.S., G. Pallochcia, R. Bruno, M.B. Cattaneo, V. Formisano, H. Reme, J.M. Bosqued, I. Dandouras, J.A. Sauvaud, L.M. Kistler, E. M  bius, B. Klecker, C.W. Carlson, J.P. McFadden, G.K. Parks, M. McCarthy, A. Koth, R. Lundin, A. Balogh, and H.A. Shah*: Solar Wind Particle Distribution Function Fitted via the Generalized Kappa Distribution Function: Cluster Observations. In: 10th Solar Wind Conference. (Eds.) M. Velli, R. Bruno, F. Malara. AIP Conference Proceedings **679**, American Institute of Physics, Melville, 489-492 (2003).
- R  th, C., R. Monetti, D. Mueller, H. Boehm, E. Rummeny and T.M. Link*: Selecting texture measures for quantifying trabecular bone structures using surrogates. In: European Congress of Radiology. (Eds.) C. Masciocchi et al. European Radiology **13** (S), Springer, Berlin, 278-279 (2003).
- Ruell, T., R. Brosow, C. R  th, M. Bruegel, I. Becker, E. Rummeny and T. M. Link*: CT-volumetry for response evaluation of neoadjuvant therapy in esophageal squamous cell cancer. In: European Congress on Radiology 2003. (Eds.) S.K. Morcos et al. European Radiology **13** (S), Springer, Berlin, 159 (2003).
- Saul, L., E. M  bius, Y. Litvinenko, P. Isenberg, H. Kucharek, M.A. Lee, H. Gr  nwaldt, F.M. Ipavich, B. Klecker, and P. Bochslers*: SOHO CTOF Observations of Interstellar He⁺ Pickup Ion Enhancements in Solar Wind Compression Regions. In: 10th Solar Wind Conference. (Eds.) M. Velli, R. Bruno, F. Malara. AIP Conference Proceedings **679**, American Institute of Physics, Melville, 778-781 (2003).
- Stelzer, B. and R. Neuh  user*: X-ray emission from old and intermediate age brown dwarfs. In: Brown Dwarfs. (Ed.) E.L. Martin. IAU Symposium **211**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 443-446 (2003).
- Sturm, E.*: Mid-Infrared Diagnostic Diagrams and the Starburst-AGN Connection. In: The Multiwavelength View on AGN. (Eds.) J. Wei, S. Komossa, F. Cheng, G. Hasinger. Publications of the Yunnan Observatory,

- Chinese Academy of Sciences, Yunnan, China, 15-19 (2003).
- Watson, M.G., J.P. Pye, M. Denby, J.P. Osborne, D. Barret, T. Boller, H. Brunner, M.T. Ceballos, R. Della Ceca, D.J. Fyfe, G. Lamer, T. Maccacaro, L. Michel, C. Motch, W. Pietsch, R.D. Saxton, A.C. Schröder, I.M. Stewart, J.A. Tedds and N. Webb:* The XMM-Newton serendipitous source catalogue. *Astron. Nachr.* **324**, 1-2, 89-92 (2003).
- Xu, D., S. Komossa, J. Wei, Y. Qian and X. Zheng:* A spectral analysis of 155 Seyfert 1 galaxies. In: *The Multiwavelength View on AGN.* (Eds.) J. Wei, S. Komossa, F. Cheng, G. Hasinger. Publications of the Yunnan Observatory, Chinese Academy of Sciences, Yunnan, China, 42-45 (2003).
- Zhang, S., W. Collmar and V. Schönfelder:* MeV Properties of the Gamma-Ray Blazars PKS 1622-297, 3C 454.3 and CTA 102. In: *The Multiwavelength View on AGN.* (Eds.) J. Wei, S. Komossa, F. Cheng, G. Hasinger. Publications of the Yunnan Observatory, Chinese Academy of Sciences, Yunnan, China, 126-130 (2003).

4.3 NICHTREFERIERTE PUBLIKATIONEN / NON-REFEREED PUBLICATION

- Alcala, J.M., E. Covino, S. Wachter, D.W. Hoard, M.F. Sterzik, R.H. Durisen, M.J. Freyberg and K. Cooksey:* X-ray and Optical Observations of NGC 1788. In: *Galactic star formation across the stellar mass spectrum.* (Eds.) J.M. De Buizer, N.S. van der Bliek. ASP Conference Series **287**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 140-145 (2003).
- Annaratone, B.M., M. Glier, M. Raif, T. Stuffer, H. Thomas and G.E. Morfill:* The plasma sheath in front of an adaptive electrode. In: *International Conference on Plasma and Ionised Gases.* (Ed.) J. Meichsner. International Conference on Plasma and Ionised Gases, Greifswald, 1-2 (2003).
- Baker, A.J., S. Joglee, K. Sakamoto and N.Z. Scoville:* The OVRO MAIN survey: molecular gas in active and inactive nuclei. In: *Active Galactic Nuclei: from Central Engine to Host Galaxy.* (Eds.) S. Collin, F. Combes, I. Shlosman, ASP Conference Series **290**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 479-480 (2003).
- Begum, A., J.N. Chengalur and U. Hopp:* The little galaxy that could: Kinematics of Camelopardalis B. *New Astronomy* **8**, 267-280 (2003).
- Bender, R. and J. Kormendy:* Supermassive blackholes in galaxy centers. In: *Astronomy, cosmology and fundamental physics: Proceedings of the ESO/CERN/ESA Symposium.* (Eds.) P.A. Shaver, L. DiLella, A. Giménez, ESO astrophysics symposia, Springer, Berlin, 262-266 (2003).
- Böhringer, H., K. Matsushita and A. Finoguenov:* X-ray observations of galaxy clusters and cosmological implications. In: *Matter and energy in clusters of galaxies:* (Eds.) S. Bowyer, C.-Y. Hwang. ASP Conf. Ser. 301, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 73-84 (2003).
- Böhringer, H., K. Matsushita, E. Churazov and A. Finoguenov:* Self regulated AGN interaction with cluster cooling core regions: the metallicity distribution as diagnostics. In: *The riddle of cooling flows in galaxies and clusters of galaxies: Charlottesville 2003.* (Eds.) T.H. Reiprich, J.C. Kempner, N. Soker, online:<http://www.astro.virginia.edu/coolflow/proc.php?regID=197> (2003).
- Böhringer, H. and P. Schuecker:* Cosmology with galaxy clusters. In: *Workshop on galaxies and clusters of galaxies.* (Eds.) T. Ohashi, N. Yamasaki. Japan society for promotion of science, Tokyo, 177-182 (2003).
- Böhringer, H. and P. Schuecker:* Testing Cosmological Models with Clusters of Galaxies. In: *The Emergence of Cosmic Structure.* (Eds.) S.S. Holt, C.S. Reynolds. AIP Conference Proceedings **666**, American Institute of Physics, Melville, 291-302 (2003).
- Böhringer, H., P. Schuecker, L. Guzzo and Ch.A. Collins:* Constraining cosmological parameters with observations of galaxy clusters. In: *Astronomy, cosmology and fundamental physics: Proceedings of the ESO/CERN/ESA Symposium.* (Eds.) P.A. Shaver, L. DiLella, A. Giménez. ESO astrophysics symposia, Springer, Berlin, 35-38 (2003).
- Böhringer, H.:* Matter and Energy in Clusters of Galaxies as Probes for Galaxy and Large-Scale Structure Formation in the Universe. In: *Proceedings of the Jahrestagung der Astronomischen Gesellschaft.* (Ed.) R.E. Schielicke. Reviews in Modern Astronomy Vol. **16**, Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 275-301 (2003).
- Boller, T.:* XMM-Newton science highlights on narrow-line Seyfert 1 galaxies from PV and GT observations. In: *MAXI Workshop on AGN variability.* (Eds.) N. Kawai, H. Negoro, A. Yoshida, T. Miharam. IPCR CR-**124**, Seiyo Press, Saitama, Japan 147 (2003).
- Boller, T., D. Breitschwerdt, L. Strüder and P. Predehl:* The importance of soft X-ray spectroscopy in the 0.1 - 0.5 keV range with XEUS. In: *XEUS - studying the evolution of the hot universe.* (Eds.) G. Hasinger, T. Boller, A. Parmar. MPE Report **281**, MPE, Garching, 219-226 (2003).
- Boller, T., Y. Tanaka and A. Fabian:* Discovery of New X-Ray Spectral Features. In: *Proceedings of 25th meeting of the IAU, Joint Discussion 17.* Sydney, Australia. Atomic Data for X-Ray Astronomy **17**, 20 (2003).
- Boller, T.:* Central regions of AGN: exciting new results from XMM-Newton and Chandra: implications for current and future x-ray missions. In: *Proceedings of X-ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy.* (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum. SPIE Vol. **4851**, Part I, Bellingham, 223-231 (2003).
- Boller, T.:* Narrow Line Seyfert 1 galaxies - Observational and Theoretical Progress until 2002. In: *Active Galactic Nuclei: from Central Engine to Host*

- Galaxy. (Eds.) S. Collin, F. Combes, I. Shlosman, ASP Conference Series **290**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 69-75 (2003).
- Bomans, D.J., J. Rossa, K. Weis and K. Dennerl:* Feedback of massive stars on the ISM: a XMM-Newton view of the LMC superbubble N51D. In: A massive star odyssey: from main sequence to supernova. (Eds.) K. van der Hucht, A. Herrero, C. Esteban. IAU Symposium **212**, Astronomy Society of the Pacific, San Francisco, 637-641 (2003).
- Bonaccini, D., E. Allaert, C. Araujo, E. Brunetto, B. Buzzoni, M. Comin, M. Cullum, R.I. Davies, C. Dichirico, P. Dierickx, M. Dimmler, M. Duchateau, C. Egedal, W. Hackenberg, S. Hippler, S. Kellner, A. van Kesteren, F. Koch, U. Neumann, T. Ott, M. Quattri, J. Quentin, S. Rabien, R. Tamai, M. Tapia and M. Terenghi:* The VLT Laser Guide Star Facility. In: Adaptive Optics System Technologies II. (Eds.) P. Wizinowich, D. Bonaccini. SPIE **4839**, Bellingham, 381-392 (2003).
- Botzler, C.S., J. Snigula, R. Bender, N. Drory, G. Feulner, G.J. Hill, U. Hopp, C. Maraston and C. Mendes de Oliveira:* Large-Scale Structure in the NIR-Selected MUNICS Survey. In: Evolution of Galaxies Conference - III - From Simple Approaches to Self-Consistent Models. (Eds.) G. Hensler, G. Stasinska, S. Harfst, P. Kroupa, C. Theis. Astrophysics and Space Science **284**, 2, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands, 393-396 (2003).
- Breitschwerdt, D. and M.J. Freyberg:* The Local Bubble and the Local CLouds. In: The interstellar Environment of the Heliosphere, International Colloquium in Honour of Stanislaw Grzedzielski. (Eds.) D. Breitschwerdt, G. Haerendel. MPE Report **285**, MPE, Garching, 1-24 (2003).
- Breitschwerdt, D., M.J. Freyberg and W. Pietsch:* Investigating galactic halos with XEUS. In: XEUS - studying the evolution of the hot universe. (Eds.) G. Hasinger, T. Boller, A. Parmar. MPE Report **281**, MPE, Garching, 251-254 (2003).
- Breitschwerdt, D.:* Observation and Modelling of Starburst Driven Galactic Winds: A Review in honour of John Dyson. Rev. Mexicana de Astronomia y Astrofisica Conf. Ser. **15**, UNAM, Mexico, 311-316 (2003).
- Breitschwerdt, D.:* Starburst-Galaxien: Gone With the Wind. *Astronomie und Raumfahrt (im Unterricht)* **4**, 32-35 (2003).
- Briel, U.G., A. Fingoguenov and P.J. Henry:* Morphology and 2D-temperature distribution of the x-ray emitting gas in galaxy clusters, measured with XMM-Newton. In: Workshop on galaxies and clusters of galaxies. (Eds.) T. Ohashi, N. Yamasaki. Japan society for promotion of science, Tokyo, 149-154 (2003).
- Briel, U.G.:* The EPIC-pn Camera on Board XMM-Newton: Performance and Scientific Results. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum. Proceedings of SPIE **4851** Part I, SPIE, Bellingham, 181-195 (2003).
- Brinkmann, W., I.E. Papadakis, H. Negoro, E. Detsis, I. Papamastorakis, M. Gliozzi and H. Scheingraber:* Optical and x-ray monitoring of the NLS1 galaxy Ark 564. In: MAXI Workshop on AGN variability. (Eds.) N. Kawai, H. Negoro, A. Yoshida, T. Miharam. IPCR CR-**124**, Seiyo Press, Saitama, Japan 131-136 (2003).
- Brinkmann, W., V. Burwitz, I.E. Papadakis and J.W.A. den Herder:* Recent X-ray observations of BL Lac objects. In: High Energy Blazar Astronomy. (Eds.) L.O. Takalo, E. Valtaoja. ASP Conference Series **299**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 53-62 (2003).
- Britzen, S., W. Brinkmann, R.C. Vermeulen, M. Gliozzi, R.M. Campbell, G.B. Taylor, I.W.A. Browne, P.N. Wilkinson, T.J. Pearson and A.C.S. Readhead:* The soft X-ray properties and the VLBI properties of AGN from the CJF sample: A search for correlations. In: 6th European VLBI Network Symposium on New Developments in VLBI Science and Technology. (Eds.) E. Ros, R.W. Porcas, A.P. Lobanov, J.A. Zensus. MPI für Radioastronomie Report, Bonn, 99-103 (2003).
- Burgdorf, M.J., H. Feuchtgruber, A. Salama, P. Garcia-Lario, T.G. Müller and S.D. Lord:* Matching the Spectrometers on board ISO. In: The Calibration Legacy of the ISO Mission. (Eds.) L. Metcalfe, A. Salama, S.B. Peschke, M.F. Kessler. ESA SP **481**, ESA Publication Division, Noordwijk, 175-178 (2003).
- Butler, D., S. Hippler, U. Neumann, R.-R. Rohloff, B. Grimm and R. Davies:* Design of the Atmospheric Sodium Profiler for the VLT Laser Guide Star. In: Adaptive Optical System Technologies II. (Eds.) P. Wizinowich, D. Bonaccini. SPIE **4839**, Bellingham, 456-465 (2003).
- Collmar, W.:* The MeV-View on Blazars. In: High Energy Blazar Astronomy. (Eds.) L.O. Takalo, E. Valtaoja. ASP Conference Series **299**, The Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 29-34 (2003).
- Contursi, A., J. Brauher and G. Helou:* Investigating the [CII]-PAHs relation in a large sample of local galaxies. In: Exploiting the ISO Data Archive - Infrared Astronomy in the Internet Age. (Eds.) C. Gry et al. ESA SP **511**, ESA Publication Division, Noordwijk, 279-282 (2003).
- Davies R.I., T. Ott, J. Li, S. Rabien, U. Neumann, S. Hippler and D. Bonaccini and W. Hackenberg:* Operational Issues for PARSEC, the VLT Laser. In: Adaptive Optical System Technologies II. (Eds.) P. Wizinowich, D. Bonaccini. SPIE **4839**, Bellingham, 402-411 (2003).
- Davies, R.I., M. Lehnert, A. Baker, N. Thatte, A. Renzini and D. Bonaccini:* Observations of Faint Galaxies with Adaptive Optics. In: Discoveries and Research Prospects from 6-10m Class Telescopes. (Ed.) P. Gahathakurta. Proceedings of SPIE **4834**, 302-309 (2003).
- De Avillez, M.A. and D. Breitschwerdt:* First High Resolution Simulations of the Local Bubble. In: Winds, bubbles, and explosions: a conference to honor John Dyson. Rev. Mexicana de Astronomia y Astrofisica Conf. Ser. **15**, UNAM, Mexico, 299 (2003).

- De Avillez, M.A. and D. Breitschwerdt*: High resolution simulations of the global and local ISM. In: *Star Formation Through Time*. (Eds.) E. Pérez, D.R.M. González; G. Tenorio-Tagle. ASP Conference Series **297**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 55-60 (2003).
- Deluit, S., A. von Kienlin, A. Rau and G. Lichti*: Gamma-Ray Bursts Studies with Integral. In: *Semaine de l'Astrophysique Française*. (Eds.) F.F. Combes, D.D. Barret, T.T. Contini. Conference Series EdP - Sciences, 201-205 (2003).
- Dennerl, K., B. Aschenbach, V. Burwitz, J. Englhauser, C.M. Lisse and P.M. Rodríguez-Pascual*: A major step in understanding the X-ray generation in comets: recent progress obtained with XMM-Newton. In: *X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy*. (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum. Proceedings of SPIE **4851** Part I, SPIE, Bellingham, 277-288 (2003).
- Diehl, R.*: Gamma-Rays from Massive Stars in Cygnus and Orion. In: *A massive star odyssey: from main sequence to supernova*. (Eds.) K. van der Hucht, A. Herrero, C. Esteban. IAU Symposium **212**, Astronomy Society of the Pacific, San Francisco, 706-709 (2003).
- Eckart, A., J. Moulataka, T. Viehmann, C. Straubmeier, N. Mouawad, R. Genzel, T. Ott and R. Schödel*: New MIR excess sources north of the IRS 13 complex. *Astron. Nachr.* **324**, S1, 521-526 (2003).
- Eckart, A., J. Moulataka, T. Viehmann, C. Straubmeier, N. Mouawad, R. Genzel, T. Ott and R. Schödel, F.K. Baganoff, M.R. Morris*: Monitoring Sagittarius A sternenchen in the MIR with the VLT. *Astron. Nachr.* **324**, S1, 557-561 (2003).
- Eisenhauer, F., M. Tecza, N. Thatte, R. Genzel, R. Abuter, C. Iserlohe, J. Schreiber, S. Huber, C. Roehrl, M. Horrobin, A. Schegerer, A.J. Baker, R. Bender, R. Davies, M. Lehnert, D. Lutz, N. Nesvadba, T. Ott, S. Seitz, R. Schoedel, L.J. Tacconi, H. Bonnet, R. Castillo, R. Conzelmann, R. Donaldson, G. Finger, G. Gillet, N. Hubin, M. Kissler-Patig, J.-L. Lizon, G. Monnet and S. Stroebele*: The Universe in 3D: First Observations with SPIFFI, the Infrared Integral Field Spectrometer for the VLT. *The Messenger* **113**, 17-25 (2003).
- Eisenhauer, F., R. Abuter, K. Bickert, F. Biancat-Marchet, H. Bonnet, J. Brynnel, R.D. Conzelmann, B. Delabre, R. Donaldson, J. Farinato, E. Fedrigo, R. Genzel, N.N. Hubin, C. Iserlohe, M.E. Kasper, G.J. Monnet, C. Röhrle, J. Schreiber, S. Ströbele, M. Tecza, N.A. Thatte, and H. Weisz*: SINFONI-Integral Field Spectroscopy at 50 Milli-Arcsecond Resolution with the ESO VLT. In: *Instrument Design and Performance for Optical/Infrared Ground-based Telescopes*. (Eds.) M. Iye, F.M. Moorwood. Proceedings of SPIE **4841**, Bellingham, 1548-1561 (2003).
- Elston, R., S.N. Raines, K.T. Hanna, D.B. Hon, J. Jeffrey, M. Horrobin, C. Harmer and H. Epps*: Performance of the FLAMINGOS near-IR multi-object spectrometer and imager and plans for FLAMINGOS-2: a fully cryogenic near-IR MOS for Gemini South. In: *Instrument Design and Performance for Optical/Infrared Ground-based Telescopes* (Eds.) M. Iye, F.M. Moorwood. Proceedings of SPIE **4841**, Bellingham, 1611-1624 (2003).
- Encrenaz, T., E. Lellouch, P. Drossart, H. Feuchtgruber, G.S. Orton and S.K. Atreya*: First detection of CO in Uranus. *Bulletin of the American Astronomical Society* **35**, 5002 (2003).
- Feuchtgruber, H., R.O. Katterloher, G. Jakob, D. Lutz, L. Barl, O.H. Bauer, K. Becher, D.A. Beintema, A.J. Boonstra, D.R. Boxhoorn, J. Cote, S. Czerniack, C. van Dijkhuizen, T. de Graauw, S. Drapatz, J. Evers, M. Frericks, R. Genzel, M. Glas, P. de Groene, G. Haerendel, L. Haser, A.M. Heras, W. Horiga, K.A. van der Hucht, T. van der Hulst, R. Huygen, H. Jacobs, N. Kamm, T. Kampermann, D. Kester, J. Koorneef, D. Kunze, F. Lahuis, H.J.G.L.M. Lamers, K. Leech, S. van der lei, R. van der Linden, W. Luinge, F. Melzner, P.W. Morris, G.R. Ploeger, S.D. Price, P.R. Roelfsema, A. Salama, S.G. Schaeidt, N. Sijm, J. Spakman, H. Spaeth, M. Steinmayer, J. Stöcker, E. Sturm, E.A. Valentijn, B. Vandenbussche, C. Waelkens, P.R. Wesselius, E. Wieprecht, E. Wierzorrek, J. Wijnbergen, K. Wildeman and E. Young*: The Ground-based Calibration of SWS. In: *The Calibration Legacy of the ISO Mission*. (Eds.) L. Metcalfe, A. Salama, S.B. Peschke, M.F. Kessler. ESA SP **481**, ESA Publication Division, Noordwijk, 67-72 (2003).
- Finoguenov, A., L. Tornatore, H. Böhringer, S. Borgani and A. Burkert*: Chemical Enrichment and Thermodynamics of ICM-IGM. In: *Workshop on galaxies and clusters of galaxies*. (Eds.) T. Ohashi, N. Yamasaki. Japan society for promotion of science, Tokyo, 117-122 (2003).
- Förster Schreiber, N., R. Genzel, D. Lutz and A. Sternberg*: M 82: starburst Rosetta Stone. In: *A massive star odyssey: from main sequence to supernova*. (Eds.) K. van der Hucht, A. Herrero, C. Esteban. IAU Symposium **212**, Astronomy Society of the Pacific, San Francisco, 523-530 (2003).
- Fortov, V.E., O.S. Vulina, O.F. Petrov, V.I. Molotkov, A.M. Lipaev, A.V. Chernyshev, A.V. Gavrikov, I.A. Shakhova, H. Thomas, G.E. Morfill, S.A. Khrapak, Y.P. Semenov, A.I. Ivanov, S.K. Krikalev, A.Y. Kalery, S.V. Zaletin and Y.P. Gigzenko*: Dusty plasma in gas-discharges under ground-based and microgravity conditions. In: *30th EPS Conference on Controlled Fusion and Plasma Physics*, St. Petersburg 2003, ECA Vol. **27A**, 0-1.1B (1-4) (2003).
- Franceschini, A., S. Berta, G. Rodighiero, D. Elbaz, H. Aussel, C.J. Cesarsky, D. Fadda, H. Flores, M. Rowan-Robinson and M. Vaccari*: Deep Infrared Surveys and their Cosmological Implications. *The Messenger* **113**, 56-63 (2003).
- Freyberg, M.J. and D. Breitschwerdt*: Investigating the "missing baryon problem" with XEUS: Mapping and spectral analysis of the Galactic soft X-ray emission. In: *XEUS - studying the evolution of the hot universe*. (Eds.) G. Hasinger, T. Boller, A. Parmar. MPE Report **281**, MPE, Garching, 255-258 (2003).
- Freyberg, M.J. and D. Breitschwerdt*: XMM-Newton local bubble and galactic halo survey. *Astron. Nachr.* **324**, 162 (2003).
- Friedrich, S., S. Jordan and D. Koester*: White Dwarfs. In: *Proceedings of the NATO Advanced Research*

- Workshop on White Dwarfs. (Eds.) D. de Martino, R. Silvotti, J.-E. Solheim, R. Kalytis. NATO Science Series II. Mathematics, Physics and Chemistry **105**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 203-204 (2003).
- Gallo, L.C., T. Boller, D. Lutz and E. Sturm*: A XMM-Newton Observation of Mrk 1014: An AGN dominated ULIRG and evidence for a broadened Fe K line. In: Active Galactic Nuclei: from Central Engine to Host Galaxy. (Eds.) S. Collin, F. Combes, I. Shlosman, ASP Conference Series **290**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 503-504 (2003).
- Garcia-Burillo, S., F. Combes, A. Eckart, L.J. Tacconi, L.K. Hunt, S. Leon, A.J. Baker, P.P. Englmaier, F. Boone, E. Schinnerer and R. Neri*: NUGA: The IRAM Survey of AGN Spiral Hosts. In: Active Galactic Nuclei: from Central Engine to Host Galaxy. (Eds.) S. Collin, F. Combes, I. Shlosman, ASP Conference Series **290**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 423-426 (2003).
- Genzel, R., L.J. Tacconi, M. Barden, M.D. Lehnert, D. Lutz, D. Rigopoulou and N. Thatte*: Studying the Dynamics of Star Forming and IR Luminous Galaxies with Infrared Spectroscopy. In: The Mass of Galaxies at Low and High Redshift. (Eds.) R. Bender, A. Renzini. ESO Astrophysics Symposia, Springer, Berlin, 74-84 (2003).
- Genzel, R.*: A Massive Monster at the Heart of the Milky Way. Max Planck Research **1/2003**, 56-61 (2003).
- Genzel, R.*: Massereiche Schwarze Löcher: Vom galaktischen Zentrum bis zu Quasaren in der Frühzeit des Universums. Physik Journal **2**, 7/8, 45-49 (2003).
- Gezari, S., J. Halpern, S. Komossa, D. Grupe and K. Leighly*: Follow-Up STIS Spectroscopy of Three Candidate Tidal Disruption Events. In: Coevolution of Black Holes and Galaxies. (Ed.) L.C. Ho. Carnegie Observatories Astrophysics Series, published electronically at: <http://www.ociw.edu/ociw/symposia/series/symposium1/proceedings.html> Vol. 1, Carnegie Observatories, Pasadena, 1-4 (2003).
- Gleissner, T., J. Wilms, K. Pottschmidt, P. Uttley, M.A. Nowak and R. Staubert*: Short term X-ray rms variability of Cyg X-1. In: New Views on MICROQUASARS. (Eds.) P. Durouchoux, Y. Fuchs, J. Rodriguez. Center for Space Physics, Kolkata, India, 46-48 (2003).
- Goldwurm, A., E. Brion, P. Goldoni, P. Ferrando, F. Daigne, A. Decourchelle, R.S. Warwick and P. Predehl*: A new X-ray flare from the Galactic nucleus detected with XMM-Newton. Astron. Nachr. **324**, S1, 377-382 (2003).
- Graue, R., D. Kampf, A. Poglitsch and N. Geis*: Herschel PACS Focal Plane Unit. In: IR Space Telescopes and Instruments. (Ed.) J.C. Mather. Proceedings of the SPIE **4850**, Bellingham, 674-685 (2003).
- Grosso, N.*: Activity of protostars and brown dwarfs. In: Proceedings of "Workshop Magnetism and Activity of the Sun and Stars". Conference to honor the work of Jean-Louis Leroy. (Eds.) J. Arnaud, N. Meunier. EAS Pub. Ser. **9**, EDP Sciences, Les Ulis, France, 307-316 (2003).
- Hartung, M., R. Lenzen, R. Hofmann, A. Boehm, W. Brandner, G. Finger, T. Fusco, F. Lacombe, W. Laun, P. Granier, C. Storz and K. Wagner*: CONICA design, performance and final laboratory tests. In: Instrument Design and Performance for Optical/Infrared Ground-based Telescopes. (Eds.) M. Iye, F.M. Moorwood. Proceedings of SPIE **4841**, Bellingham, 425-436 (2003).
- Hasinger, G.*: Formation and evolution of supermassive black holes in galactic centers: Observational constraints. In: The Emergence of Cosmic Structure. (Eds.) S.S. Holt, C.S. Reynolds. AIP Conference Proceedings **666**, American Institute of Physics, Melville, 227-236 (2003).
- Hasinger, G.*: Das Schicksal des Universums. In: Verhandlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte. (Eds.) R. Emmermann et al. An den Fronten der Forschung: Kosmos - Erde - Leben. S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 27-34 (2003).
- Hasinger, G.*: Die Zukunft des Universums - eine Spekulation. In: Verhandlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte. (Eds.) R. Emmermann et al. An den Fronten der Forschung: Kosmos - Erde - Leben, S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 231-236 (2003).
- Hasinger, G.*: Unravelling the X-ray background. In: Astronomy, cosmology and fundamental physics: Proceedings of the ESO/CERN/ESA Symposium. (Eds.) P.A. Shaver, L. DiLella; A. Giménez. ESO astrophysics symposia, Springer, Berlin, 243-252 (2003).
- Heras, A.M., E. Wieprecht, P. Nieminen, H. Feuchtgruber, F. Lahuis, K. Leech, R. Lorente, P.W. Morris, A. Salama and B. Vandenbussche*: Summary of the SWS detector radiation effects. In: The Calibration Legacy of the ISO Mission. (Eds.) L. Metcalfe, A. Salama, S.B. Peschke, M.F. Kessler. ESA SP **4839**, ESA Publications Division, Noordwijk, 203-206 (2003).
- Hofmann, R., H. Mandel, W. Seifert, A. Seltmann, N.A. Thatte, D. Tomono and H. Weisz*: Cryogenic MOS-unit for LUCIFER. In: Instrument Design and Performance for Optical/Infrared Ground-based Telescopes. (Eds.) M. Iye, F.M. Moorwood. Proceedings of SPIE **4841**, Bellingham, 1295-1305 (2003).
- Holl, P., P. Fischer, R. Hartmann, G. Hasinger, J. Kollmer, N. Krause, P. Lechner, G. Lutz, N. Meidinger, I. Peric, R. Richter, H. Soltau, L. Strüder, J. Treis, J. Trümper and N. Wermes*: Active Pixel Sensors for Imaging X-ray Spectrometers. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum. Proceedings of SPIE **4851**, Part I, Bellingham, 770-778 (2003).
- Hoyle, F., M. Vogeley, D. Vanden Berk, W. Voges and X. Fan*: Probing the evolution of AGN. In: Active Galactic Nuclei: from Central Engine to Host Galaxy. (Eds.) S. Collin, F. Combes, I. Shlosman, ASP Conference Series **290**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 611-612 (2003).
- Hurley, K., A. von Kienlin, A. Rau and G. Lichti*: Adding INTEGRAL to the third interplanetary

- network. In: American Astronomical Society, **35**, **5,03**, (2003).
- Huygen, R., D. Boxhoorn, P.R. Roelfsema, N. Sym, B. Vandenbussche and E. Wieprecht*: SWS CoCo: Lessons Learned about Distributed Multi-Platform Software Development and Configuration Control. In: The Calibration Legacy of the ISO Mission. (Eds.) L. Metcalfe, A. Salama, S.B. Peschke, M.F. Kessler. ESA SP **481**, ESA Publication Division, Noordwijk, 301-304 (2003).
- Ikebe, Y. and H. Böhringer*: Testing dark matter halo profile models. In: Workshop on galaxies and clusters of galaxies. (Eds.) T. Ohashi, N. Yamasaki. Japan society for promotion of science, Tokyo, 131-132 (2003).
- Ikebe, Y., H. Böhringer and T. Kitayama*: X-ray measurement of dark matter "temperature" in Abell 1795. In: Workshop on Galaxies and Clusters of Galaxies. (Eds.) T. Ohashi, N. Yamasaki. Japan society for promotion of science, Tokyo, 127-130 (2003).
- Ikebe, Y., H. Böhringer and T. Kitayama*: X-ray measurement of dark matter „Temperature“ in Abell 1795. In: The riddle of cooling flows in galaxies and clusters of galaxies. (Eds.) T.H. Reiprich, J.C. Kempner, N. Soker, online:<http://www.astro.virginia.edu/coolflow/proc.php?regID=193> (2003).
- Ikebe, Y., H. Böhringer and T. Kitayama*: X-ray measurement of dark matter "temperature" in Abell 1795. In: The Emergence of Cosmic Structure. (Eds.) S.S. Holt, C.S. Reynolds. AIP Conference Proceedings **666**, American Institute of Physics, Melville, 139-142 (2003).
- Irastorza, I.G., S. Andriamonje, E. Arik, D. Autiero, F. Avignone, K. Barth, H. Bräuninger, R. Brodzinski, J. Carmona, S. Cebrian, S. Cetin, J. Collar, R. Creswick, R. De Oliveira, A. Delbart, L. Di Lella, C. Eleftheriadis, G. Fanourakis, H. Farach, H. Fischer, F. Formenti, T. Geralis, I. Giomataris, S. Gninenko, N. Goloubev, R. Hartmann, M. Hasinoff, D. Hoffmann, J. Jacoby, D. Kang, K. Königsmann, R. Kotthaus, M. Kremer, M. Kuster, B. Lakic, A. Liolios, A. Ljubicic, G. Lutz, G. Luzon, H. Miley, A. Morales, J. Morales, M. Mutterer, A. Nikolaidis, A. Ortiz, T. Papaevangelou, A. Placci, G. Raffelt, H. Riege, M. Sarsa, I. Savvidis, C. Spano, J. Villar, B. Vullierme, L. Walckiers, K. Zachariadou and K. Zioutas*: The CERN Axion Solar Telescope (CAST: status and prospects). In: Proceedings of the XXXth International Meeting of Fundamentals Physics, 1. (Eds.) A.Morales, J. Morales. Elsevier, Amsterdam. In: Nuclear physics B (proc. suppl.), **114**, 75-80 (2003).
- Jenkins, J.A., T. Narita, J.E. Grindlay, P.F. Blosler, C. Stahle, B. Parker and S. Barthelmy*: Background measurements from balloon-borne CZT detectors. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E.Trümper, H.D. Tananbaum. Proceedings of SPIE **4851** Part II, Bellingham, 866-874 (2003).
- Joergens, V. and R. Neuhäuser*: RV survey for planets of brown dwarfs and very low-mass stars in Cha I. In: Towards other Earths. DARWIN/TPF and the Search for Extrasolar Terrestrial Planets: Proc. of the Conference, Heidelberg 2003, ESA SP-539, 455-458 (2003).
- Kaastra, J.S., T. Tamura, J.R. Peterson, J.A.M. Bleeker, C. Ferrigno, S.M. Kahn, F.B.S. Paerels, R. Piffaretti, G. Branduardi-Raymont and H. Böhringer*: XMM-Newton observations of the temperature structure of the central gas in cooling clusters. In: The riddle of cooling flows in galaxies and clusters of galaxies. (Eds.) T.H. Reiprich, J.C. Kempner, N. Soker. online:<http://www.astro.virginia.edu/coolflow/proc.php?regID=157> (2003).
- Kanbach, G., R. Andritschke, P.F. Blosler, F. Schopper, V. Schönfelder and A. Zoglauer*: Concept study for the next generation medium energy gamma-ray astronomy mission - MEGA. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum. Proceedings of SPIE **4851** Part I, SPIE, Bellingham, 1209-1220 (2003).
- Kanbach, G., S. Kellner, F. Schrey, H. Steinle, C. Straubmeier and H.C. Spruit*: Design and results of the fast timing photo-polarimeter OPTIMA. In: Instrument Design and Performance for Optical/Infrared Ground-based Telescopes. (Eds.) M. Iye, F.M. Moorwood. Proceedings of SPIE **4841**, Bellingham, 82-93 (2003).
- Kawaharada, M., I. Takahashi, K. Nakazawa, K. Matsushita, Y. Fukazawa, K. Shimasaku and K. Makishima*: The dark group candidate RXJ 0419+0225. In: Workshop on galaxies and clusters of galaxies. (Eds.) T. Ohashi, N. Yamasaki. Japan society for promotion of science, Tokyo, 87-90 (2003).
- Kendziorra, E., M. Kuster, M. Kirsch, P. Risse, R. Staubert, W. Becker, L. Strueder, J. Treis, P. Lechner and P. Holl*: High-time resolution spectroscopy with XMM-Newton and XEUS. Proceedings of SPIE 4651, Bellingham, 801-811 (2003).
- Kester, D.J.M., D.A. Beintema and D. Lutz*: SWS Fringes and Models. In: The Calibration Legacy of the ISO Mission. (Eds.) L. Metcalfe, A. Salama, S.B. Peschke, M.F. Kessler. ESA SP **481**, ESA Publication Division, Noordwijk, 375-378 (2003).
- Kienlin, A. v., N. Arend, G. G. Lichti, A. Strong and P. Connell*: Gamma-ray burst detection with INTEGRAL/SPI. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum. Proceedings of SPIE **4851**, Bellingham, 1336-1346 (2003).
- Klaassen, T.O., J.H. Blok, J.N. Hovenier, G. Jakob, D. Rosenthal and K.J. Wildeman*: Scattering of sub-millimeter radiation from rough surfaces : absorbers and diffuse reflectors for HIFI and PACS. In: IR Space Telescopes and Instruments. (Ed.) J.C. Mather. Proceedings of SPIE **4850**, Bellingham, 788-796 (2003).
- Kleckler, B., M.A. Popecki, E. Möbius, M.I. Desai, G.M. Mason and R.F. Wimmer-Schweingruber*: On the energy dependence of ionic charge states. In: 28th ICRC, (Eds) Kajita, et al. Tsukuba, 3277-3280 (2003).
- Kleckler, B., M.A. Popecki, E. Möbius, R.F. Wimmer-Schweingruber, A.B. Galvin, T.H. Zurbuchen, G. Gloeckler*: Suprathermal ion and solar wind charge states: a comparison. In: 28th International Cosmic Ray

- Conference, Tsukuba. (Eds.) T. Kajita, et al., 3281 (2003)
- Komossa, S. and G. Hasinger*: The X-ray evolving Universe: (Ionized) absorption and dust, from nearby Seyfert galaxies to high redshift quasars. In: XEUS - studying the evolution of the hot universe. (Eds.) G. Hasinger, T. Boller, A. Parmar. MPE Report **281**, MPE, Garching, 285-292 (2003).
- Komossa, S. and M. Dahlem*: X-ray outbursts from nearby "normal" and active galaxies: a review, new radio observations, and an X-ray search for further "tidal disruption flares". In: MAXI Workshop on AGN Variability. (Eds.) N. Kawai, H. Negoro, A. Yoshida, T. Mihara. The Institute of Physical and Chemical Research, Riken Vol. IPCR **CR-124**, Seiyo Press, Saitama, Japan, 175-180 (2003).
- Komossa, S., D. Xu and J. Wei*: A new X-ray probe for supermassive black holes in non-active galaxies. In: Astronomy, Cosmology and Fundamental Physics. (Eds.) P.A. Shaver, L. DiLella, A. Gimenez. Proceedings of the ESO/CERN/ESA Symposium, Springer, Berlin, 463-464 (2003).
- Komossa, S.*: A new X-ray probe of supermassive black holes in (inactive) galaxies. In: Coevolution of Black Holes and Galaxies. (Ed.) L.C. Ho. Carnegie Observatories Astrophysics Series, published electronically at: <http://www.ociw.edu/ociw/symposia/series/symposium1/proceedings.html> Vol. 1, Carnegie Observatories, Pasadena, 1-4 (2003).
- Komossa, S.*: AGN and Starburst Components of the ULIRG NGC 6240: The Chandra High-resolution View. In: Galaxy Evolution: Theory and Observations. (Eds.) V. Avila-Reese, C. Firmani, C.S. Frenk, C. Allen. Rev.Mex.A.A. Vol. **17**, UNAM, Mexico, DF(MEX), 85-86 (2003).
- Komossa, S.*: Das Xinglong Observatorium in Chinas Yan-Bergen. *Sterne und Weltraum* **42**, 6, 34-40 (2003).
- Komossa, S.*: Observational Evidence for Supermassive Black Hole Binaries. In: The Astrophysics of Gravitational Wave Sources. (Ed.) J. Centrella. AIP Conference Proceedings **686**, Springer, Berlin, 161-174 (2003).
- Komossa, S.*: The ROSAT View of the Quasar MRC2251-178: a number of surprises. In: MAXI Workshop on AGN variability. (Eds.) N. Kawai, H. Negoro, A. Yoshida, T. Miharam. IPCR **CR-124**, Seiyo Press, Saitama, Japan, 97 (2003).
- König, B.*: Age determination of the Ursa Major association: The companion of χ^1 Orionis. In: Open Issues in Local Star Formation. (Eds.) J. Lépin, J. Gregorio-Hetem. *Astrophysics & Space Science Library (ASSL)* **299**, Kluwer, Dordrecht, 91-96 (2003).
- Lagrange, A.M., G. Chauvin, T. Fusco, E. Gendron, D. Rouan, M. Hartung, F. Lacombe, D. Mouillet, G. Rousset, P. Drossart, R. Lenzen, C. Moutou, W. Brandner, N. Hubin, Y. Clenet, A. Stolte, R. Schödel, G. Zins and J. Spyromilio*: First diffraction limited images at VLT with NAOS and CONOCA. In: Instrument Design and Performance for Optical/Infrared Ground-based Telescopes. (Eds.) M. Iye, F.M. Moorwood. Proceedings of SPIE **4841**, Bellingham, 860-868 (2003).
- Lahuis, F., H. Feuchtgruber, H. Golstein, D. Kester, W. Luinge, R.F. Shipman and E. Wierprecht*: SWS Signal Capture: from Flux to Signal. In: The Calibration Legacy of the ISO Mission. (Eds.) L. Metcalfe, A. Salama, S.B. Peschke, M.F. Kessler. ESA SP **481**, ESA Publication Division, Noordwijk, 387-390 (2003).
- Lehmann, I., G. Hasinger, V. Mainieri and the Lockman Hole team*: XMM-Newton Deep Survey in the Lockman Hole & The population of type-2 QSO. In: XEUS - studying the evolution of the hot universe. (Eds.) G. Hasinger, T. Boller, A. Parmar. MPE Report **281**, MPE, Garching, 293-294 (2003).
- Lenke, D., T. Kranz, U. Klaas, O. Krause, J. Schubert, M. Stickel, L.V. Toth and J. Wolf*: Straylight in ISOPHOT?. In: The Calibration Legacy of the ISO Mission. (Eds.) L. Metcalfe, A. Salama, S.B. Peschke, M.F. Kessler. ESA SP **481**, ESA Publication Division, Noordwijk, 219-222 (2003).
- Lenzen, R., M. Hartung, W. Brandner, G. Finger, N.N. Hubin, F. Lacombe, A.-M. Lagrange, M.D. Lehnert, A.F.M. Moorwood and D. Mouillet*: NAOS-CONICA first on sky results in a variety of observing modes. In: Instrument Design and Performance for Optical/Infrared Ground-based Telescopes. (Eds.) M. Iye, F.M. Moorwood. Proceedings of SPIE **4841**, Bellingham, 944-952 (2003).
- Lichti, G., M. Briggs, R. Diehl, G. Fishman, M. Kippen, C. Kouveliotou, C. Meegan, W. Paciesas, R. Preece, V. Schönfelder and A. v. Kienlin*: GBM - a gamma-ray burst monitor for GLAST. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum. Proceedings of SPIE **4851** Part I, SPIE, Bellingham, 1180-1187 (2003).
- Looney, L.W., W. Raab, A. Poglitsch, N. Geis, D. Rosenthal, R. Hoenle, R. Klein, F. Fumi, R. Genzel and T. Henning*: FIFI LS: a far-infrared 3D spectral imager for SOFIA. In: Airborne Telescope Systems II. (Eds.) R.K. Melugin, H.-P. Roeser. Proceedings of the SPIE **4857**, Bellingham, 47-55 (2003).
- Lumb, D.H., A. Finoguenov, R. Saxton, B. Aschenbach, Ph. Gondoin, M. Kirsch and I.M. Stewart*: In orbit calibrations of XMM-Newton telescopes. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum. Proceedings of SPIE **4851**, Bellingham, 255-263 (2003).
- Lutz, D.*: ISO spectroscopy of bright galactic nuclei. In: Exploiting the ISO Data Archive - Infrared Astronomy in the Internet Age. (Eds.) C. Gry et al. ESA SP **511**, ESA Publication Division, Noordwijk, 251-256 (2003).
- Lutz, D.*: Mid-Infrared Observations of Galaxies. In: Science with the GTC 10-m telescope. (Eds.) J.M. Rodríguez Espinosa, F. Garzón López, V. Melo Martín. *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica, Serie de Conferencias* **16**, UNAM, Mexico, DF(MEX), 167-172 (2003).
- Malzac, J., T. Belloni, H.C. Spruit and G. Kanbach*: Correlated optical/X-ray variability in XTE J1118+480. In: New Views on MICROQUASARS. (Eds.) P. Durouchoux, Y. Fuchs, J. Rodriguez. Center for Space Physics, Kolkata, India 39-42 (2003).

- Maraston, C.:* Stellar Population Models. In: Extragalactic Globular Cluster Systems. (Ed.) M. Kissler-Patig. ESO Astrophysics Symposia, Springer, Heidelberg, 237-248 (2003).
- Matsushita, K., A. Finoguenov, H. Böhringer and Y. Ikebe:* Abundances in the ICM from XMM. In: Workshop on Galaxies and Clusters of Galaxies. (Eds.) T. Ohashi, N. Yamasaki. Japan society for promotion of science, Tokyo, 111-116 (2003).
- Meegan, C., G. Lichti, M. Briggs, R. Diehl, G. Fishman, R. Kippen, C. Kouveliotou, A. von Kienlin, W. Paciesas, R. Preece and V. Schönfelder:* The GLAST Burst Monitor. In: Gamma-ray burst and afterglow astronomy 2001. A Workshop Celebrating the First Year of the HETE Mission. (Eds.) G.R. Ricker, R.K. Vanderspek. AIP Conference Proceedings **662**, American Institute of Physics, Melville, 469-472 (2003).
- Meidinger, N., S. Bonerz, H. Bräuninger, R. Eckhardt, J. Englhauser, R. Hartmann, G. Hasinger, P. Holl, N. Krause, G. Lutz, E. Pfeffermann, R. Richter, H. Soltau, L. Strüder and J. Trümper:* Frame Store PN-CCD Detector for the ROSITA Mission. In: X-ray and Gamma-ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum. Proceedings of SPIE **4851**, SPIE, Bellingham, 1040-1047 (2003).
- Meidinger, N., B. Aschenbach, H. Bräuninger, G. Drolshagen, J. Englhauser, R. Hartmann, G. Hartner, R. Srama, L. Strüder, M. Stübig and J. Trümper:* Experimental Verification of a Micrometeoroid Damage in the PN-CCD Camera System aboard XMM-Newton. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum. Proceedings of SPIE **4851** Part I, SPIE, Bellingham, 243-254 (2003).
- Mengel, S., M.D. Lehnert, N.A. Thatte and R. Genzel:* Dynamical masses of young star clusters in interacting galaxies. In: Discoveries and Research Prospects from 6-10m Class Telescopes. (Ed.) P. Gahathakurta. Proceedings of SPIE **4834**, 45-56 (2003).
- Metz, S., H. Daldrup-Link, T. Richter, C. Räh, W. Ebert, M. Settles, E. Rummeny, T.M. Link and M. Piert:* Detection and quantification of breast tumor necrosis with MR imaging: Value of the necrosis-avid contrast agent Gadophrin-3. Academic Radiology **10**, 484-490 (2003).
- Milvang-Jensen, B., A. Aragon-Salamanca, G.K.T. Hau, I. Jørgensen and J. Hjorth:* The Evolution of Distant Cluster Spirals. In: The Mass of Galaxies at Low and High Redshift. (Eds.) R. Bender, A. Renzini. ESO Astrophysics Symposia, Springer, Heidelberg, 217-218 (2003).
- Möbius, E., Y. Cao, M.A. Popecki, L.M. Kistler, H. Kucharek, D. Morris and B. Klecker:* Strong Energy Dependence of Ionic Charge States in Impulsive Solar Events. 28th ICRC, Tsukuba **6**, 3273-3276 (2003).
- Moskalenko, I.V., A.W. Strong, S.G. Mashnik and F.C. Jones:* Propagation of light elements in the galaxy. In: 28th International Cosmic Ray Conference. (Eds.) T. Kajita, et al. 1917-1920 (2003).
- Moskalenko, I.V., A.W. Strong, S.G. Mashnik and J.F. Ormes:* Antiprotons in CR: what do they tell us? In: 28th International Cosmic Ray Conference. (Eds.) T. Kajita, et al. 1921-1924 (2003).
- Moskalenko, I.V., F.C. Jones, S.G. Mashnik, V.S. Ptuskin and A.W. Strong:* GALPROP: new developments in CR propagation code. In: 28th International Cosmic Ray Conference. (Eds.) T. Kajita, et al. 1925-1928 (2003).
- Mouawad, N., A. Eckart, S. Pfalzner, J. Moultaqa, C. Straubmeier, R. Spurzem, R. Schödel and T. Ott:* Stellar orbit at the center of the Milky Way. Astron. Nachr. **324**, S1, 315-319 (2003).
- Mouawad N., A. Eckart, S. Pfalzner, C. Straubmeier, R. Spurzem, R. Genzel, T. Ott and R. Schödel:* Star close to the massive black hole at center of the Milky Way. In: Galaxies and Chaos. (Eds.) G. Contopoulos, N. Voglis. Lecture notes in physics **625**, Springer, Heidelberg, 302-309 (2003).
- Mueller, T.G.:* ISO and Asteroids. In: Asteroids, Comets, Meteors ACM 2002. (Ed.) B. Warmbein. ESA Special Publications **500**, ESA Publication Division, Noordwijk, 91-94 (2002).
- Mueller, T.G.:* ISO: Asteroid Results and Thermophysical Modelling. In: Highlights of Astronomy. (Ed.) O. Engvold. IAU Highlights of Astronomy **13**, IAU, 29-33 (2003).
- Mueller, T.G.:* Observations of Asteroids, Comets and Interplanetary Dust: Results and Unexploited Observations. In: Exploiting the ISO Data Archive - Infrared Astronomy in the Internet Age. (Eds.) C. Gry et al. ESA SP **511**, ESA Publication Division, Noordwijk, 47-52 (2003).
- Mueller, T.G. and J.S.V. Lagerros:* Asteroids as Calibration Standards in the Thermal Infrared - Applications and Results from ISO. In: The Calibration Legacy of the ISO Mission. (Eds.) L. Metcalfe, A. Salama, S.B. Peschke, M.F. Kessler. ESA SP **481**, ESA Publication Division, Noordwijk, 157-163 (2003).
- Mueller, T.G.:* Kleinkörper im Infrarotweltall. Sterne und Weltraum Special, Kometen und Asteroiden 2, Sterne und Weltraum, Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg, 62-71 (2003).
- Negrão, A., A. Coustenis, E. Lellouch, B. Schulz, A. Salama, E. Raynaud, P. Rannou and H. Feuchtgruber:* Titan's 3 micron window with ISO. Bulletin of the American Astronomical Society **35**, 2105 (2003).
- Ott, T., R. Schödel, R. Genzel, A. Eckart, F. Lacombe, D. Rouan, R. Hofmann, M. Lehnert, T. Alexander, A. Sternberg, M. Reid, W. Brandner, R. Lenzen, M. Hartung, E. Gendron, Y. Clenet, P. Léna, G. Rousset, A.-M. Lagrange, N. Ageorges, N. Hubin, C. Lidman, A.F.M. Moorwood, A. Renzini, J. Spyromilio, L.E. Tacconi-Garman, K.M. Menten and N. Mouawad:* Inward bound: studying the Galactic Centre with NAOS/CONICA. The Messenger **111**, 1-8 (2003).
- Ott, T., R. Genzel, A. Eckart and R. Schödel:* Stellar dynamics in the galactic center : 1000 stars in 100 nights. Astron. Nachr. **324**, S1, 543-549 (2003).
- Ozawa, H., T. Montmerle and N. Grosso:* XMM-Newton observation of rho Oph dark cloud. In: Workshop Magnetism and Activity of the Sun and Stars to honor the scientific work of Jean-Louis Leroy.

- (Eds.) J. Arnaud, N. Meunier. EAS Pub. Ser. **9**, EDP Sciences, Lex Ulis, France, 359-364 (2003).
- Parmar, A.N., G. Hasinger, M. Arnaud, X. Barcons, D. Barret, A. Blanchard, H. Böhringer, M. Cappi, A. Comastri, T. Courvoisier, A.C. Fabian, I. Georgantopoulos, R. Griffiths, N. Kasai, K. Koyama, K. Makishima, P. Malaguti, K.O. Mason, C. Motch, M. Mendez, T. Ohashi, F. Paerels, L. Piro, J. Schmitt, M. van der Klis and M. Ward*: XEUS - the X-ray evolving universe spectroscopy mission. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum, Proceedings of SPIE **4851**, Bellingham, 304-313 (2003).
- Pavlov, G.G. and V.E. Zavlin*: Thermal radiation from cooling neutron stars. In: The XXI Texas Symposium on Relativistic Astrophysics. (Eds.) R. Bandiera, R. Maiolino, F. Mannucci. World Scientific, Singapore; USA, 319-328 (2003).
- Pfefferkorn, F., T. Boller, V. Burwitz and P. Predehl*: CHANDRA observation of the narrow-line Seyfert 1 galaxy IRAS 13224-3809. In: MAXI Workshop on AGN variability. (Eds.) N. Kawai, H. Negoro, A. Yoshida, T. Miharam. IPCR CR-124, Seiyo Press, Saitama, Japan 137-141 (2003).
- Pfeffermann, E., S. Bonerz, H. Bräuninger, U.G. Briel, P. Friedrich, R. Hartmann, G.D. Hartner, G. Hasinger, H. Hippmann, E. Kendziorra, G. Kettenring, W. Kink, N. Meidinger, S. Müller, P. Predehl, H. Soltau, L. Strüder and J. Trümper*: Concept of the ROSITA X-ray camera. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum, Proceedings of SPIE **4851**, Bellingham, 849-856 (2003).
- Pierini, D., K.D. Gordon and A.N. Witt*: Dust attenuation in bulge+disk systems. In: Proceedings of the Symposium on Galaxy Evolution: Theory and Observations. (Eds.) V. Avila-Reese, C. Firmani, C.S. Frenk, C. Allen. RevMexAA (Serie de Conferencias) Vol. **17**, Instituto de Astronomia, UNAM, Mexico, 200 (2003).
- Pietsch, W.*: X-Ray Emission from the Hot ISM in Late Type and Starburst Galaxies. In: Workshop on galaxies and clusters of galaxies. (Eds.) T. Ohashi, N. Yamasaki. Japan society for promotion of science, Tokyo, 41-46 (2003).
- Poglitsch, A., C. Waelkens and N. Geis*: The Photodetector Array Camera & Spectrometer (PACS) for the Herschel Space Observatory. In: IR Space Telescopes and Instruments. (Ed.) J.C. Mather. Proceedings of the SPIE **4850**, Bellingham, 662-674 (2003).
- Poglitsch, A., R.O. Katterloher, R. Hoenle, J.W. Beeman, E.E. Haller, H. Richter, U. Groezinger, N.M. Haegel and A. Krabbe*: Far-infrared photoconductors for Herschel and SOFIA. In: Millimeter and Submillimeter Detectors for Astronomy. (Eds.) T.G. Phillips, J. Zmuidzinas. Proceedings of the SPIE **4855**, Bellingham, 115-128 (2003).
- Popecki, M.A., E. Möbius, D. Morris, B. Klecker and L.M. Kistler*: Iron Charge State Distributions in Large Gradual Solar Energetic Particle Events. 28th ICRC, Tsukuba **6**, 3287-3290 (2003).
- Popecki, M.A., J.E. Mazur, E. Möbius, B. Klecker, A. Bogdanov, G.M. Mason and L.M. Kistler*: Observation of Energy-Dependent Charge States in Solar Energetic Particle Events. 28th ICRC, Tsukuba **6**, 3283-3286 (2003).
- Predehl, P., G. Hasinger and J. Trümper*: ROSITA: Röntgen survey with an imaging telescope array. In: MAXI Workshop on AGN variability. (Eds.) N. Kawai, H. Negoro, A. Yoshida, T. Miharam. IPCR CR-124, Seiyo Press, Saitama, Japan, 35-40 (2003).
- Predehl, P., P. Friedrich and G. Hasinger*: ROSITA: scientific goal and mission concept. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum, Proceedings of SPIE **4851**, Bellingham, 314-323 (2003).
- Raab, W., L.W. Looney, A. Poglitsch, N. Geis, R. Hoenle, D. Rosenthal and R. Genzel*: FIFI LS: the optical design and diffraction analysis. In: Airborne Telescope Systems II. (Eds.) R.K. Melugin, H.-P. Roeser. Proceedings of the SPIE **4857**, Bellingham, 166-174 (2003).
- Rabien, S., R. Davies, T. Ott, J. Li, S. Hippler and U. Neumann*: Design of PARSEC, the VLT Laser. In: Adaptive Optics System Technologies II. (Eds.) P. Wizinowich, D. Bonaccini. SPIE **4839**, Bellingham, 393-401 (2003).
- Räth, C., R.A. Monetti, D. Mueller, H. Boehm, E. Rummeny and T. Link*: Analysing and selecting texture measures for quantifying trabecular bone structure using surrogates. In: SPIE Medical Imaging: Image Processing. (Eds.) M. Sonka, J.M. Fitzpatrick. Progress in Biomedical Optics and Imaging Proceedings of SPIE **5032**, Bellingham, 1748-1755 (2003).
- Räth, C., W. Bunk, P. Schuecker, J. Retzlaff, M. Huber and G. Morfill*: Analysing cosmic large scale structure using surrogate data. In: Statistical challenges in astronomy. (Eds.) E.D. Feigelson, G.J. Babu. Springer, New York, 481-482 (2003).
- Rau, A. and J. Greiner*: Comptonization, the X-ray-radio correlation and the long-term periodicity in the χ -states of GRS 1915+105. In: New Views on MICROQUASARS. (Eds.) P. Durouchoux, Y. Fuchs, J. Rodriguez. Center for Space Physics, Kolkata, India, 309-312 (2003).
- Rayner, J.T., D.W. Toomey, P.M. Onaka, A.J. Denault, W.E. Stahlberger, W.D. Vacca, M.C. Cushing and S. Wang*: SpeX: A medium-resolution 0.8-5.5 micron spectrograph and imager for the NASA Infrared Telescope Facility. Publications of the Astronomical Society of the Pacific **115**, 362-382 (2003).
- Reid, M.J., K.M. Menten, R. Genzel, T. Ott, R. Schödel and A. Brunthaler*: The Position, motion, and mass of Sgr A*. Astron. Nachr. **324**, S1, 505-511 (2003).
- Reiprich, T.H., C. Sarazin, J.C. Kempner, M.F. Skrutskie, G.R. Sivakoff, H. Böhringer and J. Retzlaff*: Cosmic structure traced by precision measurements of X-ray brightest galaxy clusters in the sky. In: The Emergence of Cosmic Structure. (Eds.) S.S. Holt, C.S. Reynolds. AIP Conference Proceedings **666**, American Institute of Physics, Melville, 319-322 (2003).

- Reimer, O. and A.F. Iyudin:* EGRET observations of galactic relativistic jet sources. In: 28th International Cosmic Ray Conference. (Eds.) T. Kajita, et al. Tsukuba, 2341-2344 (2003).
- Rigopoulou, D., A. Franceschini, R. Genzel and N. Thatte:* Kinematics of ISOCAM selected star-forming galaxies at $z \sim 1$ in Hubble deep field south. In: The mass of galaxies at low and high redshift: The ESO/USM München Workshop. (Eds.) R. Bender, A. Renzini. ESO astrophysics symposia, Springer, Berlin, (2003) 232-237.
- Rigopoulou, D., R. Genzel, D. Lutz and A.F.M. Moorwood:* An ISO-SWS survey of molecular hydrogen in Starburst and Seyfert Galaxies. In: Active Galactic Nuclei: from Central Engine to Host Galaxy. (Eds.) S.Collin, F. Combes, I. Shlosman. ASP Conference Series **290**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 539-540 (2003).
- Roelfsema, P.R., E.A. Valentijn, O.H. Bauer, D.A. Beintema, D.R. Boxhoorn, H. Feuchtgruber, T. de Graauw, A.M. Heras, R. Huygen, D.J.M. Kester, F. Lahuis, K. Leech, R. Lorente, P.W. Morris, A. Salama, S.G. Schaeidt, R.F. Shipman, B. Vandenbussche, E. Wieprecht:* The ISO SWS Calibration: Strategy and Lessons Learned. In: The Calibration Legacy of the ISO Mission. (Eds.) L. Metcalfe, A. Salama, S.B. Peschke, M.F. Kessler. ESA SP **481**, ESA Publication Division, Noordwijk, 31-36 (2003).
- Rudnick, G., S. White, A. Aragon-Salamanca, R. Bender, P. Best, M. Bremer, S. Charlot, D. Clowe, J. Dalcanton, M. Dantel, G. De Lucia, V. Desai, B. Fort, C. Halliday, P. Jablonka, G. Kauffmann, Y. Mellier, B. Milvang-Jensen, R. Pello, B. Poggianti, S. Poirer, H. Rottgering, R. Saglia, P. Schneider, L. Simard, D.F. Zaritsky:* Studying High Redshift Galaxy Clusters with the ESO Distant Cluster Survey. The Messenger **112**, 19-24 (2003).
- Saglia, R.P. and C. Maraston:* Die Geburtsstunden einer ultrakompakten Zwerggalaxie. Max-Planck-Gesellschaft Jahrbuch 2003. (Eds.) G. Plehn, C. Groener. K.G. Saur Verlag, München, 821-826 (2003).
- Sasaki, M. and D. Breitschwerdt:* The radial distribution of SNRs in nearby galaxies. In: 28th International Cosmic Ray Conference. (Eds.) T. Kajita, et al. Tsukuba, 2639-2642 (2003).
- Schanne, S., B. Cordier, M. Gros, D. Attie, P. von Ballmoos, L. Bouchet, R. Carli, P. Connell, R. Diehl, P. Jean, J. Kiener, A. von Kienlin, J. Knoedlseder, P. Laurent, G. Lichti, P. Mandrou, J. Paul, P. Paul, J.P. Roques, F. Sanchez, V. Schönfelder, C. Shrader, G. Skinner, A. Strong, S. Sturmer, V. Tatischeff, B. Teegarden, G. Vedrenne, G. Weidenspointner and C. Wunderer:* Calibration of the spectrometer aboard the INTEGRAL satellite. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum. Proceedings of SPIE **4851**, Bellingham, 1132-1143 (2003).
- Schödel, R., R. Genzel and T. Ott:* Das dunkle Herz unserer Milchstraße. Sterne und Weltraum **42**, 8, 36-42 (2003).
- Scholer, M.:* Magnetic reconnection on the sun and in the earth's magnetosphere. In: Energy Conversion and Particle Acceleration in the Solar Corona. (Ed.) K.-L. Klein. Lecture Notes in Physics **612**, Springer Berlin, 9-27 (2003).
- Schönfelder, V.:* Scientific expectations from the INTEGRAL spectrometer SPI. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum. Proceedings of SPIE **4851**, Bellingham, 1113-1119 (2003).
- Schuecker, P. and H. Böhringer:* Large-Scale Structure and Observational Constraints on Structure Formation Scenarios from X-ray Clusters of Galaxies. In: Workshop on Galaxies and Clusters of Galaxies. (Eds.) T. Ohashi, N. Yamasaki. Japan society for promotion of science, Tokyo, 161-166 (2003).
- Schuecker, P. and H. Böhringer:* Ω_m and σ_8 from the abundance and clustering of REFLEX clusters of galaxies. In: Matter and energy in clusters of galaxies: (Eds.) S. Bowyer, C.-Y. Hwang. ASP Conf. Ser. **301**, 97-105 (2003).
- Seifert, W., I. Appenzeller, H. Baumeister, P. Bizenberger, D. Bomans, R.-J. Dettmar, B. Grimm, T. Herbst, R. Hofmann, M. Juette, W. Laun, M. Lehmitz, R. Lemke, R. Lenzen, H. Mandel, K. Polsterer, R.-R. Rohloff, A. Schuetze, A. Seltmann, N.A. Thatte, P. Weiser and W. Xu:* LUCIFER: a Multi-Mode NIR Instrument for the LBT. In: Instrument Design and Performance for Optical/Infrared Ground-based Telescopes. (Eds.) M. Iye, F.M. Moorwood. Proceedings of SPIE **4841**, Bellingham, 962-973 (2003).
- Sharples, R.M., R. Bender, R. Hofmann, R. Genzel and R.J. Ivison:* KMOS: an infrared multi-integral field spectrograph for the VLT. In: Instrument Design and Performance for Optical/Infrared Ground-based Telescopes. (Eds.) M. Iye, F.M. Moorwood. Proceedings of SPIE **4841**, Bellingham, 1562-1571 (2003).
- Shipman, R.F., P.W. Morris, D.A. Beintema, D.R. Boxhoorn, H. Feuchtgruber, A.M. Heras, R. Huygen, D. Kester, F. Lahuis, K. Leech, R. Lorente, D. Lutz, P. Roelfsema, A. Salama, S.G. Schaeidt, E.A. Valentijn, B. Vandenbussche and E. Wieprecht:* SWS In-flight Calibration. In: The Calibration Legacy of the ISO Mission. (Eds.) L. Metcalfe, A. Salama, S.B. Peschke, M.F. Kessler. ESA SP **481**, ESA Publication Division, Noordwijk, 107-111 (2003).
- Silver, E.H., H.W. Schnopper, C. Jones, W. Forman, S.S. Murray, S.E. Romaine, P.O. Slane, J.E. Grindlay, N.W. Madden, J.W. Beeman, E.E. Haller, D.M. Smith, M. Barbera, A. Collura, F.E. Christensen, B.D. Ramsey, S.E. Woosley, R. Diehl, G.S. Tucker, J. Fabregat, V. Reglero and A. Gimenez:* B-MINE, the balloon-borne microcalorimeter nuclear line explorer. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum. Proceedings of SPIE **4851**, Bellingham, 905-912 (2003).
- Soltan, A.M. and M.J. Freyberg:* Missing baryons - found? Astron. Nachr. **324**, 179 (2003).
- Staubert, R., E. Kendziorra, D. Barret, G.K. Skinner, P. Lechner, L. Strüder, M. van der Klis, L. Stella and M.C. Miller:* A proposal to do fast X-ray timing with XEUS. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E. Trümper, H.D.

- Tananbaum, Proceedings of SPIE **4851** Part I, SPIE, Bellingham, 414-420 (2003).
- Stolte, A., W. Brandner, E.K. Grebel, D.F. Figer, F. Eisenhauer, R. Lenzen and Y. Harayama: NAOS-CONICA performance in a crowded field - the Arches cluster. The Messenger **111**, 9-13 (2003).
- Strong, A.W., I.V. Moskalenko and O. Reimer: A new estimate of the extragalactic gamma-ray background from EGRET data. In: Proceedings of the 28th International Cosmic Ray Conference, 2687-2690 (2003).
- Strong, A.W., I.V. Moskalenko and O. Reimer: Evaluation of models for diffuse continuum gamma rays in the EGRET range. In: Proceedings of the 28th International Cosmic Ray Conference, 2309-2312 (2003).
- Tacconi, L.J.: Extragalactic Star Formation Revealed. In: Star Formation at High Angular Resolution. Proceedings of the IAU Symposium 221. Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 223 (2003).
- Tecza, M., F. Eisenhauer, C. Iserlohe, N.A. Thatte, R. Abuter, C. Roehrlé and J. Schreiber: SPIFFI Image Slicer: High Precision Optics at Cryogenic Temperatures. In: Specialized Optical Developments in Astronomy. (Eds.) E. Atad-Ettinger, S. D'Odorico. Proceedings of the SPIE **4842**, 375-383 (2003).
- Thiel, M., J.E. Stöcker, C. Rohé, N.I. Kömle, G. Kargl, O. Hillenmaier and P. Lell: The ROSETTA Lander Anchoring System. In: 10th European Space Mechanisms and Tribology Symposium. (Ed.) R.A. Harris. ESA SP **524**, ESA Publications Division, Noordwijk, 239-254 (2003).
- Thomas, H.M., G.E. Morfill and V.N. Tsytovich: Complex Plasmas: III. Experiments on Strong Coupling and Long-Range Correlations. Plasma Physics Reports **29**, 895-954 (2003).
- Tomono, D., H. Weisz and R. Hofmann: Fiber IFU unit for the second generation VLT spectrograph KMOS. In: Instrument Design and Performance for Optical/Infrared Ground-based Telescopes. (Eds.) M. Iye, F.M. Moorwood. Proceedings of SPIE **4841**, Bellingham, 390-397 (2003).
- Trümper, J.E.: On the Photospheric Emission of Neutron Stars From X-Ray Binaries to Gamma-Ray Bursts. In: Jan van Paradijs Memorial Symposium. (Eds.) E.P.J. van den Heuvel, L. Kaper, E. Rol, R.A.M.J. Wifers. ASP Conference Series **CS-308**, 183-190 (2003).
- Tsyrovich, V.N., N. Gusein-Zade and G. Morfill: Helical Dust Structures in Laboratories and Space. In: 30th European Physical Society Conference on Plasma Physics and Controlled Fusion. Published electronically: <http://eps2003.ioffe.ru/public/pdfs/O-35B-pre.pdf>, (2003).
- Turner, M.J. L., U.G. Briel, P. Ferrando, R.G. Griffiths and G. Villa: Science highlights, calibration, and performance of EPIC on Newton-XMM: the MOS camera. In: X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy. (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum, Proceedings of SPIE **4851**, Bellingham, 169-180 (2003).
- Vacca, W.D., K.E. Johnson and P.S. Conti: Hidden star clusters in the starbursts galaxy He 2-10. In: A massive star odyssey: from main sequence to supernova: Proceedings of the 212th symposium of the International Astronomical Union. (Eds.) K. Van der Hucht, A. Herrero, C. Esteban. IAU Symposium **212**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 574-575 (2003).
- Van der Meer, R., J. Kaastra, K. Steenbrugge and S. Komossa: NGC 4051: Time variability in Chandra X-ray spectra. In: Active Galactic Nuclei: from Central Engine to Host Galaxy. (Eds.) S. Collin, F. Combes, I. Shlosman, ASP Conference Series **290**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 133-134 (2003).
- Vandenbussche, B., P.W. Morris, E.A. Valentijn, D.A. Beintema, D.R. Boxhoorn, L. Decin, T. de Graauw, H. Feuchtgruber, A.M. Heras, F. Lahuis, R. Lorente, D. Lutz, P.R. Roelfsema, A. Salama, R.F. Shipman, R. van Malderen and E. Wieprecht: The Relative Spectral Response Calibration of the ISO-SWS. In: The Calibration Legacy of the ISO Mission. (Eds.) L. Metcalfe, A. Salama, S.B. Peschke, M.F. Kessler. ESA SP **481**, ESA Publication Division, Noordwijk, 455-458 (2003).
- Verma, A., D. Lutz, E. Sturm, A. Sternberg and R. Genzel: A MIR Spectroscopic Survey of Starburst Galaxies. In: Exploiting the ISO Data Archive - Infrared Astronomy in the Internet Age. (Eds.) C. Gry et al. ESA SP **511**, ESA Publication Division, Noordwijk, 263-266 (2003).
- Verma, A., M. Rowan-Robinson, R. McMahon and A. Efstathiou: ISO Photometry of Hyperluminous Infrared Galaxies: Implications for the Origin of Their Extreme Luminosities. In: Exploiting the ISO Data Archive - Infrared Astronomy in the Internet Age. (Eds.) C. Gry et al. ESA SP **511**, ESA Publication Division, Noordwijk, 301-304 (2003).
- Verma, A., M. Rowan-Robinson, R. McMahon and A. Efstathiou: ISO Photometry of Hyperluminous Infrared Galaxies: Implications for the Origin of Their Extreme Luminosities. In: Exploiting the ISO Data Archive - Infrared Astronomy in the Internet Age. (Eds.) C. Gry et al. ESA SP **511**, ESA Publication Division, Noordwijk, 301-304 (2003).
- Voges, W., T. Boller and J. Trümper: X-ray variable AGN detected in the ROSAT all-sky survey and sloan digital sky survey. In: MAXI Workshop on AGN variability. (Eds.) N. Kawai, H. Negoro, A. Yoshida, T. Miharam. IPCR CR-**124**, Seiyo Press, Saitama, Japan, 57 (2003).
- Walter, R., G. Bourban, K. Ebisawa, P. Kretschmar and A. Paizis: INTEGRAL surveys. Astron. Nachr. **324**, 160 (2003).
- Wieprecht, E., B. Vandenbussche, D. Boxhoorn, D.J.M. Kester, F. Lahuis, O.H. Bauer, D.A. Beintema, H. Feuchtgruber, A. Heras, R. Huygen, D. Kunze, K. Leech, R. Lorente, D. Lutz, P. Morris, P. Rolfsema, A. Salama, R.F. Shipman, E. Sturm, N. Sym, E. Valentijn and E. Wiezorrek: The ISO SWS Data Analysis Software Systems. In: The Calibration Legacy of the ISO Mission. (Eds.) L. Metcalfe, A. Salama, S.B. Peschke, M.F. Kessler. ESA SP **481**, ESA Publication Division, Noordwijk, 285-288 (2003).

- Wilms, J., K. Pottschmidt, M.A. Nowak, G.G. Pooley, W.A. Heindl, D.M. Smith, R. Remillard and R. Staubert:* Evolution of the timing properties of Cyg X-1. In: *New Views on MICROQUASARS.* (Eds.) P. Durouchoux, Y. Fuchs, J. Rodriguez. Center for Space Physics, Kolkata, India, 27-31 (2003).
- Wilms, J., M.A. Nowak, K. Pottschmidt, R. Staubert, E. Kendziorra, T. Gleissner and P. Predehl:* XMM observations of GX 339-4 and LMC X-1: EPIC data analysis. In: *New Views on MICROQUASARS.* (Eds.) P. Durouchoux, Y. Fuchs, J. Rodriguez. Center for Space Physics, Kolkata, India (2003) 49-51
- Wold, M., L. Armus, G. Neugebauer, T.H. Jarrett and M.D. Lehnert:* The surface density of Extremely Red Objects in high-z quasar fields. *New Astronomy Reviews* **47**, 321-324 (2003).
- Wunderer, C.B., A.W. Strong, D. Attié, P. v. Ballmoos, P. Connell, B. Cordier, R. Diehl, J.W. Hammer, P. Jean, A. v. Kienlin, J. Knödlseeder, G. Lichti, P. Mandrou, J. Paul, P. Paul, V. Reglero, J.-P. Roques, F. Sanchez, S. Schanne, V. Schönfelder, C. Shrader, G. Skinner, S. Sturmer, B. Teegarden, G. Vedrenne and G. Weidenspointner:* Imaging with the coded aperture gamma-ray spectrometer SPI aboard INTEGRAL. In: *X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy.* (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum, Proceedings of SPIE **4851** Part II, SPIE, Bellingham, 1269-1280 (2003).
- Zoglauer, A. and G. Kanbach:* Doppler broadening as a lower limit to the angular resolution of next generation Compton telescopes. In: *X-Ray and Gamma-Ray Telescopes and Instruments for Astronomy.* (Eds.) J.E. Trümper, H.D. Tananbaum, Proceedings of SPIE **4851** Part II, SPIE, Bellingham, 1302-1309 (2003).

4.4 BÜCHER / BOOKS

- Breitschwerdt, D. and G. Haerendel (Eds.):* The Interstellar environment of the Heliosphere. MPE Report 285, Garching 2003, 178 p.
- Büchner, J., C.T. Dum and M. Scholer (Eds.):* Space Plasma Simulation. Springer, Berlin 2003, 351 p.
- Gry, C., B. Swinyard, A. Harwood, N. Trams, S. Leeks and T. Mueller et al. (Eds.):* The ISO Handbook, Vol. III: LWS - The Long Wavelength Spectrometer. ESA Publication Division, Noordwijk 2003, 211 p.
- Hasinger, G., Th. Boller and A. Parmar:* XEUS - studying the evolution of the hot universe. MPE Report 281, VII (2003) 372 p.
- Kessler, M.F., T.G. Mueller, K. Leech, C. Arviset and P. Garcia-Lario et al. (Eds.):* The ISO Handbook, Vol. I: ISO - Mission & Satellite Overview. ESA Publication Division, Noordwijk 2003, 335 p.
- Leech, K., D. Kester, R. Shipman, D. Beintema and H. Feuchtgruber (Eds.):* The ISO Handbook, Vol. V - SWS - The Short Wavelength Spectrometer. European Space Agency, Noordwijk 2003, 195 p.
- Lui, A.T.Y. and R.A. Treumann (Eds.):* Future Trends and Needs in Science and Engineering for Plasma Physics in Space. *Adv. Space Res.* Vol. 32 (3). Elsevier, Oxford 2003, 158 p.
- Paschmann, G., S. Haaland and R. Treumann (Eds.):* Auroral Plasma Physics. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 2003, 485 p.
- Wei, J., S. Komossa, F. Cheng and G. Hasinger (Eds.):* The Multi-Wavelength View on AGN. Publications of the Yunnan Observatory, Chinese Academy of Sciences, Yunnan, China 2003, 159 p.

4.5 POSTER / POSTERS

- Adorf, H.-M. et al.:* Astronomical Catalogues - Simultaneous Querying and Matching, Astronomical Data Analysis Software and Systems XIII, Strasbourg, France, October 2003.
- Andritschke, R. et al.:* The Data Acquisition System for the MEGA Gamma-Ray Camera, IEEE Nuclear Science Symposium, Portland, USA, October 2003.
- Annaratone, B. M. et al.:* The plasma-sheath boundary near the adaptive electrode as traced by particles, International Conference on Plasma and Ionised Gases, Greifswald, Germany, July 2003.
- Becker, W. et al.:* Chandra observations of the globular cluster M28 and its millisecond pulsar PSR 1821-24, Four Years of Chandra, Huntsville, USA, September 2003.
- Bouhram, M. et al.:* On the evolution of transversely heated oxygen ion distributions along the cusp/cleft field lines, STAMMS Conference, Orléans, France, May 2003.
- Breitschwerdt, D. et al.:* MHD Simulations of the ISM: The Importance of the Galactic Magnetic Field on the ISM "Phases". International Workshop on Magnetic fields and star formation: theory versus observations, Madrid, Spain, April 2003.
- Breitschwerdt, D. et al.:* XMM-Newton observations of the Local Bubble and the Galactic Halo. Conference on How the Galaxy Works - Galactic Tertulia: A Tribute to Don Cox and Ron Reynolds, Granada, Spain, June 2003.
- Briel, U.G. et al.:* Structure and Dynamics of three nearby Merging Clusters, Testing Cosmological Models with Galaxy Clusters, Schloß Ringberg, Germany, January 2003.
- Broeg, C. et al.:* A new algorithm for differential photometry, Annual AG Meeting, Freiburg, Germany, September 2003.
- Gilbert, A.M. et al.:* Mass Loss, Kinematics, and Evolution of Super Star Clusters in the Antennae, IAU XXV Symposium 217: Recycling Intergalactic and Interstellar Matter, Sydney, Australia, July 2003.
- Gilbert, A.M. et al.:* Ages, Masses, and IMFs of Super Star Clusters in NGC 1569, Stellar Populations 2003,

- Garching, Germany, October 2003.
- Goldbeck, D.D. *et al.*: 3D measurement of micro-particles in a complex plasma: ion-dust streaming instability and a particle vortex, 10th Workshop on the Physics of Dusty Plasmas, St. Thomas, USA, June 2003.
- Haerendel, G. *et al.*: Cluster observes formation of high-beta plasma blobs, STAMMS Conference, Orléans, France, May 2003.
- Hönle, R. *et al.*: Molecular Gas in the Counter-rotating Seyfert Galaxy NGC 4138, 4th Cologne-Bonn-Zermatt Symposium, Zermatt, Switzerland, September 2003.
- Jamitzky, F. *et al.*: Molecular Modelling of Organic Adsorbates on Mineral Surfaces, CeNS Winter School, Mauterndorf, Austria, February 2003.
- Joergens, V. *et al.*: RV survey for planets of brown dwarfs and very low-mass stars in ChaI, Toward other Earths - DARWIN/TPF and the search for extrasolar terrestrial planets, Heidelberg, Germany, April 2003.
- Klecker, B. *et al.*: Suprathermal Ion and Solar Wind Charge States: a Comparison, 28th ICRC, Tsukuba, Japan, August 2003.
- Klein, R. *et al.*: Dense cloud cores in massive star-forming regions, 4th Cologne-Bonn-Zermatt Symposium, Zermatt, Switzerland, September 2003.
- Kretschmer, M. *et al.*: Shear flow and other observations in a complex plasma with “PK-4”, 10th Workshop on the Physics of Dusty Plasmas, St. Thomas, Virgin Islands, USA, June 2003.
- Kretschmer, M. *et al.*: Effective potential energy inside the “void” of a complex plasma, International Topical Conference on Plasma Physics: Complex Plasmas in the New Millennium (ITCPP 2003), Santorini, Greece, September 2003.
- Kretschmer, M. *et al.*: PK-4 - A complex plasma experiment for the new millennium, International Topical Conference on Plasma Physics: Complex Plasmas in the New Millennium (ITCPP 2003), Santorini, Greece, September 2003.
- Lemson, G. *et al.*: A Unified Domain Model for Astronomy, ADASS 2003, Strasbourg, France, October 2003.
- Marghitu, O. *et al.*: A new method to investigate arc electrodynamics, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, April.
- Monetti, R.A. *et al.*: The Scaling Index Method. Analysis of HRMRI of Human Bones., SPIE Conference on Medical Imaging, San Diego, USA, February 2003.
- Pierini, D. *et al.*: Self-Attenuation of Stellar Radiation by Internal Dust in a Milky-Way like galaxy, Astrophysics of Dust, Estes Park, Colorado, USA, May 2003.
- Puhl-Quinn, P. *et al.*: Cluster measures ULF waves over the polar cap, STAMMS Conference, Orléans, France, May 2003.
- Quinn, R.A. *et al.*: The PK-4 Experimental Apparatus, 10th Workshop on the Physics of Dusty Plasmas, St. Thomas, Virgin Islands, USA, June 2003.
- Räth, C. *et al.*: Analysing and selecting measures for quantifying trabecular bone structures using surrogates, Conference of the SPIE on Medical Imaging 2003, San Diego, USA, February 2003.
- Ratynskaia, S. *et al.*: Dust mode in collisionally dominated complex plasmas with particle drift, 10th Workshop on Physics of Dusty Plasmas, St. Thomas, Virgin Islands, USA, June 2003.
- Ratynskaia, S. *et al.*: Statistics of dust trajectories on long time scales, 30th EPS Conference on Controlled Fusion and Plasma Physics, St. Petersburg, Russia, July 2003.
- Ratynskaia, S. *et al.*: Dust mode in collisionally dominated complex plasmas with particle drift; particle charge determination, APS 45th meeting of the division of plasma physics, Albuquerque, New Mexico, USA, October 2003.
- Rau, A. *et al.*: Discovery of the Faint Near-IR Afterglow of GRB 030528, 2003 Gamma-ray Burst Conference, Santa Fe, USA, September 2003.
- Rubin-Zuzic, M. *et al.*: Study of the Crystallisation Process of Complex Plasmas, International Topical Conference on Plasma Physics: Complex Plasmas in the New Millennium (ITCPP 2003), Santorini, Greece, September 2003.
- Schreiber, J. *et al.*: Data Reduction Software for the VLT Integral Field Spectrometer SPIFFI, ADASS XIII, Strasbourg, France, October 2003.
- Sturm, E. *et al.*: New mid-infrared line diagnostics for dusty galaxies and the Starburst-AGN connection, 201st Meeting of the American Astronomical Society, Seattle, USA, January 2003.
- Thoma, M.H.: Strongly Coupled Plasmas in High-Energy Physics, 10th Workshop on the Physics of Dusty Plasmas, St. Thomas, Virgin Islands, USA, June 2003.
- Volwerk, M. *et al.*: Fast Flows and Compressional Waves in the Earth's Magnetotail, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, April 2003.
- Volwerk, M. *et al.*: Fast flows and compressional waves in the magnetotail, IUGG Assembly, Sapporo, Japan, July 2003.
- von Kienlin, A.: Das Gammastrahlungsobservatorium INTEGRAL: Erste Beobachtungsergebnisse, AEF - Tagung, Jena, Germany, February 2003.
- von Kienlin, A. *et al.*: Gamma-Ray Bursts Observed with the Spectrometer SPI onboard INTEGRAL, 2003 GRB conference, Santa Fe, USA, September 2003.
- Wieprecht, E. *et al.*: The HERSCHEL/PACS Common Software System (PCSS) as Data Reduction Environment, Astronomical Data Analysis Software and Systems (ADASS) XIII, Strasbourg, France, October 2003.
- Wozna, A. *et al.*: Optical measurements of single pulses from the Crab pulsar, Particle acceleration in astrophysical objects, Krakow, Poland, June 2003.
- Yaroshenko, V.V. *et al.*: Plasma waves in complex plasmas under microgravity conditions, International Topical Conference on Plasma Physics: Complex Plasmas in New Millennium, Santorini, Greece, September, 2003.

4.6 VORTRÄGE / TALKS

- Andritschke, R.:* MEGA: Sensors - Electronics - DAQ, invited talk, MAGIC ECO-30 meeting, Eng, Austria, March 2003.
- Andritschke, R.:* MEGA: Sensors - Electronics - DAQ, colloquium, Duke University, Durham, NC, USA, April 2003.
- Andritschke, R.:* The Calibration Setup of the MEGA Prototype at the High Intensity Gamma-ray Source, contributed talk, Astronomy with Radioactivities IV, Seon, Germany, May 2003.
- Andritschke, R.:* The MEGA Project, colloquium, Space Science Laboratory, Berkeley, CA, USA, October 2003.
- Andritschke, R.:* The MEGA Project: Development of a Prototype, a Balloon Payload and a Satellite Telescope, contributed talk, IEEE Nuclear Science Symposium, Portland, OR, USA, October 2003.
- Annaratone, B.M.:* The adaptive electrode, contributed talk, MPE, Schloß Ringberg, Germany, April 2003.
- Annaratone, B. M.:* Progress in the adaptive electrode research, colloquium, Progress report on the adaptive electrode project, Garching, Germany, November 2003.
- Aschenbrenner, T.:* Informationsbasierte Adaption der Bildskalierung, contributed talk, Deutsche Physikalische Gesellschaft: AKF-Frühjahrstagung, Dresden, Germany, March 2003.
- Aschenbrenner, T.:* Information Based Scaling of Images, colloquium, Workshop: Deciphering Complex Systems, Schloß Ringberg, Germany, October 2003.
- Aschenbrenner, T.:* Introduction to Information Measures, colloquium, Workshop: Deciphering Complex Systems, Schloß Ringberg, Germany, October 2003.
- Baker, A.J.:* CO Emission from the Lensed Lyman Break Galaxy cB58, contributed talk, 201st Meeting of the American Astronomical Society, Seattle, USA, January 2003.
- Baker, A.J.:* Dust and Gas in Galaxies at $z > 2.5$, colloquium, National Radio Astronomy Observatory, Charlottesville, USA, January 2003.
- Baker, A.J.:* Dust and Gas in Galaxies at $z > 2.5$, colloquium, University of Maryland, College Park, USA, January 2003.
- Baker, A.J.:* Dust and Gas in Galaxies at $z > 2.5$, colloquium, Space Telescope Science Institute, Baltimore, USA, January 2003.
- Baker, A.J.:* Dust and Gas in Galaxies at $z > 2.5$, colloquium, University of Texas, Austin, USA, January 2003.
- Baker, A.J.:* Dust and Gas in Galaxies at $z > 2.5$, colloquium, IAS Orsay/IAP/LERMA, Paris, France, February 2003.
- Baker, A.J.:* Dust and Gas in Galaxies at $z > 2.5$, colloquium, Astronomisches Institut, Basel, Switzerland, May 2003.
- Baker, A.J.:* Dust and Gas in Galaxies at $z > 2.5$, colloquium, MPI für Astrophysik, Garching, Germany, June 2003.
- Baker, A.J.:* Dust and Molecular Gas in Lyman Break Galaxies, contributed talk, Multiwavelength Cosmology, Mykonos, Greece, June 2003.
- Baker, A.J.:* Dust and Molecular Gas in Lyman Break Galaxies, contributed talk, The Neutral ISM in Starburst Galaxies, Marstrand, Sweden, June 2003.
- Baker, A.J.:* Survey of a Wide Area with NACO (SWAN): Cosmology at (Almost) the Diffraction Limit of the VLT, contributed talk, Science with Adaptive Optics, Garching, Germany, September 2003.
- Baker, A.J.:* Old Galaxies and New Instruments, invited talk, Facing the Future: a Festival for Frank, Austin, USA, October 2003.
- Becker, W.:* Gravitational Waves and their detection, colloquium, Ludwig-Maximilians Universität München, Habilitation Lecture, Munich, Germany, April 2003.
- Becker, W.:* Recent results from XMM and Chandra observations of Neutron Stars, invited talk, MPIfR/MPE Pulsar Meeting: Multiwavelength Approach of Neutron Stars and Supernova Remnants, Bonn, Germany, April 2003.
- Becker, W.:* X-ray observations of Pulsars: Recent results from XMM and Chandra, invited talk, 4th AGILE Science Workshop on X-ray and Gamma-Ray Astrophysics of Galactic Sources, Rom, Italy, June 2003.
- Becker, W.:* Future Optical and X-ray Facilities, invited talk, Young Neutron Stars and their Detection, IAU Symposium 218, Sydney, Australien, July 2003.
- Becker, W.:* Neutronensterne: Kosmische Laboratorien für Hochenergie-Astrophysik, invited talk, Institut für Astronomie und Astrophysik, Tübingen, Germany, July 2003.
- Becker, W.:* Future Optical and X-ray Facilities, colloquium, CNR Palermo, Italy, November 2003.
- Becker, W.:* Recent results from XMM and Chandra observations of Neutron Stars, colloquium, CNR Palermo, Italy, November 2003.
- Boese, G.:* Bayesian treatment of binary mixtures: Technicalities, invited talk, Centre for Interdisciplinary Plasma Science, Garching, Germany, January 2003.
- Boese, G.:* Bounds for the effective interest rate for constant, periodic annuities, contributed talk, Jahrestagung der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik, Abano Terme, Italy, March 2003.
- Boese, G.:* Mischungsverteilungen in Bayesscher Behandlung, contributed talk, Jahrestagung der Deutschen Mathematiker Vereinigung, Rostock, Germany, September 2003.
- Böhringer, H.:* Modeling the Cluster Abundance in the REFLEX Cluster Survey, invited talk, Testing

- Cosmological Models with Galaxy Clusters, Schloß Ringberg, Germany, January 2003.
- Böhringer, H.:* Testing Cosmological Models with Clusters of Galaxies, invited talk, Science Meeting of the XMM LSS Project, Liege, Belgium, February 2003.
- Böhringer, H.:* Galaxy Clusters in the Nearby Universe, invited talk, Research with Galaxy Clusters, Merate, Italy, March 2003.
- Böhringer, H.:* In Depth XMM-VLT Study of Cosmic Structure and Evolution with Massive Clusters and Groups of Galaxies, invited talk, ESO Workshop on Large Projects and Public Surveys, Garching, Germany, May 2003.
- Böhringer, H.:* Cosmological Tests with the REFLEX Cluster Survey, invited talk, Astrophysical Workshop on Galaxy Clusters, Aspen, USA, June 2003.
- Böhringer, H.:* Self Regulated Interaction of AGN with Cooling Flows, invited talk, The Riddle of Cooling Flows in Galaxies and Clusters of Galaxies, Charlottesville, USA, June 2003.
- Böhringer, H.:* Chemical and Thermal History of the Intracluster Medium, invited talk, IAU Symposium No. 217, Recycling of Matter in the Interstellar and Intergalactic Medium, Sydney, Australia, July 2003.
- Böhringer, H.:* Kosmologie: Evidence für Dunkle Materie, invited talk, Astroteilchenphysik in Deutschland: Status und Perspektiven, Karlsruhe, Germany, September 2003.
- Böhringer, H.:* Galaxy Clusters as Cosmological Probes and Astrophysical Laboratories, invited talk, DFG Rundgespräch über Cosmic Evolution of Dark Matter Halos and Black Holes, Bad-Honneff, Germany, November 2003.
- Boller, T.:* Discovery of New X-ray Spectral Features, invited talk, IAU Tagung, Sydney, Australia, July 2003.
- Boller, T.:* Eine Reise durch den Kosmos – von Garching bis ans Ende des Universum, public talk, Tag der offenen Tür, MPE, Garching, Germany, October 2003.
- Boller, T.:* Matter under strong gravity: New results from X-ray observations, invited talk, University of Rio, Rio De Janeiro, Brazil, October 2003.
- Boller, T.:* The central regions of AGN: Exiting new results and models beyond the standard scenario, invited talk, International Workshop on Astronomy and Relativistic Astrophysics, Olinda, Brazil, October 2003.
- Boller, T.:* XEUS - studying the evolution of the hot universe, invited talk, University of Rio, Rio De Janeiro, Brazil, October 2003.
- Boller, T.:* XMM-Newton and Chandra results from Active Galactic Nuclei, invited talk, University of Rio, Rio De Janeiro, Brazil, October 2003.
- Boller, T.:* Physics of the innermost regions of AGN's, invited talk, Physikzentrum Bad Honnef, DFG-Rundgespräch: „The Evolution of Structure in the Universe“, Bad Honnef, Germany, November 2003.
- Boller, T.:* Narrow-Line Seyfert 1 Galaxies: Observational and Theoretical Progress, invited talk, International Workshop on Stellar-Mass, Intermediate-Mass, and Supermassive Black hole masses, Kyoto, Japan, November 2003.
- Bouhram, M.:* Solar wind control of the dayside ionospheric oxygen ion source: case studies with Cluster, contributed talk, DGG/AEF conference, Jena, Germany, February 2003.
- Bouhram, M.:* Oxygen ion outflow characteristics observed by Cluster under non-steady solar wind conditions, contributed talk, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, April 2003.
- Bouhram, M.:* Spatial/Temporal coherence of dayside Oxygen ion outflows observed by Cluster, contributed talk, STAMMS Conference, Orléans, France, May 2003.
- Bouhram, M.:* How coherent are outflows in space and time, invited talk, GEM Summer Workshop, Snowmass Village, CO, USA, June 2003.
- Bouhram, M.:* Cluster/CODIF input to studies of dayside ion energization and outflow from the dayside cusp/cleft region, contributed talk, CIS CO-I Meeting, Paris, France, September 2003.
- Breitschwerdt, D.:* Galactic superbubbles or why is the night-sky not pitch dark?, colloquium, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Germany, May 2003.
- Breitschwerdt, D.:* Starburst Galaxies – Gone with the Wind, colloquium, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, Austria, May 2003.
- Breitschwerdt, D.:* Is the Local Bubble Dead?, invited talk, How the Galaxy Works – Galactic Tertulia: A Tribute to Don Cox and Ron Reynolds, Granada, Spain, June 2003.
- Breitschwerdt, D.:* Non-equilibrium ionization models to interpret X-ray spectra from starburst galaxy halos, contributed talk, German-Japanese Workshop X-rays from galaxies to AGN, Munich, Germany, June 2003.
- Breitschwerdt, D.:* Joint Evolution of the Local and Loop I Superbubbles – what can high resolution simulations tell us?, contributed talk, Jahrestagung der Astronomischen Gesellschaft „The Sun and Planetary Systems -- Paradigms for the Universe“, Freiburg (Breisgau), Germany, September 2003.
- Breitschwerdt, D.:* XMM-Newton observations of the Local Bubble and the Galactic Halo, contributed talk, Jahrestagung der Astronomischen Gesellschaft „The Sun and Planetary Systems – Paradigms for the Universe“, Freiburg (Breisgau), Germany, September 2003.
- Breitschwerdt, D.:* Starburst Galaxies – X-ray Laboratories for Outflows, colloquium, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Germany, October 2003.
- Briel, U.G.:* Status of the calibration of the EPIC-pn-detector onboard XMM-Newton, contributed talk, SPIE's Annual Meeting „X-Ray and Gamma-Ray Instrumentation for Astronomy“, San Diego, USA, August 2003.
- Brinkmann, W.:* XMM-Newton observations of Active Galactic Nuclei, colloquium, Tokyo Institute of Technology, O-okayama, Tokyo, Japan, November 2003.
- Brinkmann, W.:* XMM-Newton observations of AGN, invited talk, Japan Aerospace Exploration Agency, Tsukuba, Japan, November 2003.

- Broeg, C.:* Rotational Periods of ROSAT-detected T-Tauri stars in the Taurus-Auriga star-forming Region, colloquium, Calar Alto Colloquium, Heidelberg, Germany, April 2003.
- Bunk, W.:* Nonlinear Data Analysis - Tools and Concepts, contributed talk, Complex Plasmas, Schloß Ringberg, Germany, April 2003.
- Bunk, W.:* First Steps in the Analysis of EEGs in Epileptic Patients, colloquium, Workshop: Deciphering Complex Systems, Schloß Ringberg, Germany, October 2003.
- Bunk, W.:* From Vertices and Edges: Generating Hierarchical Trees, colloquium, Workshop: Deciphering Complex Systems, Schloß Ringberg, Germany, October 2003.
- Burwitz, V.:* Hochenergiequellen im Universum: Röntgenstrahlen von Kometen, Sternen, Supernovae und Schwarzen Löchern, public talk, Linzer Astronomische Gemeinschaft „Johannes Kepler“, Linz, Austria, March 2003.
- Burwitz, V.:* Effect of soft flares on XMM-Newton EPIC-pn timing mode data, contributed talk, SPIE's 48th Annual Meeting „X-Ray and Gamma-Ray Instrumentation for Astronomy“, San Diego, USA, August 2003.
- Burwitz, V.:* High resolution X-ray spectroscopy of Magnetic Cataclysmic Variables and low Mass X-ray Binaries with XMM-Newton and Chandra: the physics that can be learned., invited talk, Interacting Binary Stars – 2003, Odessa, Ukraine, August 2003.
- Burwitz, V.:* XMM-Newton observations of cataclysmic variables: The magnetic CV V1309 Ori and the nova V4743 Sgr, contributed talk, EPIC Consortium meeting, Palermo, Italy, October 2003.
- Collmar, W.:* COMPTEL MeV Observations of Unidentified Gamma-Ray Sources, invited talk, X-Ray and Gamma-Ray Astrophysics of Galactic Sources (4th AGILE Science Workshop), Rome, Italy, June 2003.
- Davies, R.I.:* The PARSEC Laser Guide Star for the VLT, colloquium, Max-Planck-Institut für Astronomie, Heidelberg, Germany, June 2003.
- Davies, R.I.:* The nuclear dynamics and star formation of AGN, contributed talk, Science with Adaptive Optics, München, Germany, September 2003.
- Dennerl, K.:* X-ray observations of Venus and Mars, invited talk, Oort workshop 2003: X-rays in the Solar System, Leiden, The Netherlands, April 2003.
- Dennerl, K.:* Comets in a new light: what their X-ray emission reveals, invited talk, MACE: Meeting on Asteroids and Comets in Europe, Costitx/Mallorca, Spain, May 2003.
- Dennerl, K.:* Röntgenstrahlung von Venus und Mars, colloquium, Institut für Planetologie der Universität Münster, Germany, May 2003.
- Dennerl, K.:* Unsere Nachbarplaneten im Röntgenteleskop: Entdeckung der Röntgenstrahlung von Venus und Mars, invited talk, 22. Kometen- und Planetenagung, Viölau, Germany, June 2003.
- Dennerl, K.:* Comets observed with XMM-Newton: a major step in cometary X-ray research, invited talk, EPIC Consortium Meeting, Palermo, Italy, October 2003.
- Diehl, R.:* Astrophysics Perspectives in Nuclear Astrophysics, invited talk, NuPECC Strategic „Town“ Meeting, Darmstadt, Germany, January 2003.
- Diehl, R.:* Astrophysik mit Gamma-Linien, colloquium, Institut für Strahlenphysik der Uni Stuttgart, Germany, February 2003.
- Diehl, R.:* Gamma-Ray Spectroscopy with INTEGRAL, contributed talk, MPE Hochenergie-Astronomie Meeting, Schloß Ringberg, Germany, March 2003.
- Diehl, R.:* Gamma-Ray Spectroscopy with INTEGRAL, colloquium, Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt, Germany, June 2003.
- Diehl, R.:* Astronomy and Nuclear Astrophysics: ²⁶Al, invited talk, Seminar Universität Mainz und GSI Darmstadt über aktuelle Themen aus Kosmochemie und Astrophysik, Universität Mainz, Germany, July 2003.
- Diehl, R.:* Satellite Experiments for Gamma-Ray Astrophysics, invited talk, International Conference on Astro-Particle-Physics in Germany, Universität Karlsruhe, Germany, September 2003.
- Diehl, R.:* Nuclear Astrophysics with Gamma-Ray Lines, invited talk, Seminar of RIKEN High-Energy Astrophysics Group, Wako, Saitama, Japan, November 2003.
- Diehl, R.:* Nuclear Astrophysics with the INTEGRAL Observatory, invited talk, Symposium „Origin of Matter and Evolution of Galaxies“, Wako, Saitama, Japan, November 2003.
- Diehl, R.:* Supernova-Remnant Diagnostics in the MeV Regime, invited talk, ISSI Workshop on Physics of Supernova Remnants, International Space Science Institute, Bern, Switzerland, December 2003.
- Dum, C.T.:* Spectral and Instability Analysis of Plasma Turbulence, contributed talk, Annual Meeting, American Geophysics Union, San Francisco, USA, December 2003.
- Eisenhauer, F.:* SPIFFI: Lessons learned from a Fast Track VLT Instrument, invited talk, VLT/VLTI Instrumentation: Lessons learned, Garching, Germany, April 2003.
- Eisenhauer, F.:* SPIFFI at the VLT: Lessons learned from low to high redshift, contributed talk, Euro3D Science Workshop, Cambridge, UK., May 2003.
- Feuchtgruber, H.:* The infrared spectrum of Neptune at 3.5-4.1 microns: Search for H₃⁺ and evidence for recent meteorological variations, contributed talk, EGS-AGU-EUG Joint Assembly 2003, Nice, France, April 2003.
- Finoguenov, A.:* Chemical enrichment and preheating in groups and clusters of galaxies, contributed talk, Schloß Ringberg, Germany, January 2003.
- Finoguenov, A.:* Entropy and pressure maps of groups and clusters of galaxies, colloquium, UMBC, Baltimore, USA, April 2003.
- Finoguenov, A.:* Soft excess and galaxy formation around clusters, colloquium, SRON, Utrecht, Holland, April 2003.
- Finoguenov, A.:* Structure in groups and clusters of galaxies, colloquium, The University of Birmingham, UK, May 2003.
- Finoguenov, A.:* Inferring the star-formation history from X-ray observations of clusters, contributed talk,

- Multiwavelength Cosmology, Mykonos, Greece, June 2003.
- Finoguenov, A.*: X-ray view on galaxy formation, colloquium, UVA, Charlottesville, USA, July 2003.
- Finoguenov, A.*: Structure in groups and clusters of galaxies, colloquium, GSFC, Washington, USA, September 2003.
- Finoguenov, A.*: Morphology and 2D-temperature distribution of the X-ray emitting gas in galaxy clusters, invited talk, EPIC Consortium Meeting, Palermo, Italy, October 2003.
- Finoguenov, A.*: Background subtraction in XMM mosaics and large datasets, invited talk, Milano XMM background workshop, Milan, Italy, October 2003.
- Finoguenov, A.*: XMM-Newton study of two-dimensional structure in groups and clusters of galaxies, contributed talk, Modelling the Intergalactic and Intracluster Media, Vulcano, Italy, October 2003.
- Förster, M.*: Simultane Messungen der magnetosphärischen Konvektion vom Electron Drift Instrument (EDI) auf Cluster und vom SuperDARN Radarnetz, contributed talk, Arbeitsgemeinschaft Extraterrestrische Physik (AEF), Jena, Germany, February 2003.
- Förster, M.*: Simultaneous convection measurements by Cluster and SuperDARN, contributed talk, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, April 2003.
- Förster, M.*: Simultaneous convection measurements by EDI on Cluster and SuperDARN radars, contributed talk, STAMMS/Cluster conference, Orleans, France, May 2003.
- Förster, M.*: Magnetospheric plasma drift as simultaneously observed by Cluster (EDI) and ground-based radars (SuperDARN) in magnetically conjugate positions, contributed talk, 11th International EISCAT Workshop, Menlo Park, CA, USA, August 2003.
- Förster, M.*: Ionospheric plasma effects for geomagnetic LEO missions at mid- and low-latitudes, invited talk, Second CHAMP Science Meeting, Potsdam, Germany, September 2003.
- Förster, M.*: Konjugierte Messungen der magnetosphärischen Konvektion vom Electron Drift Instrument (EDI) auf Cluster und dem SuperDARN Radarnetz der Nordhemisphäre, contributed talk, Kleinheubacher Tagung 2003 des U.R.S.I.-Landesausschusses, Miltenberg, Germany, October 2003.
- Freyberg, M.J.*: Before leaving the Galaxy: X-rays from the Local Bubble, contributed talk, Japanese German Workshop 2003: X-rays from galaxies to AGN, Garching, Germany, August 2003.
- Freyberg, M.J.*: The EPIC pn-CCD detector aboard XMM-Newton: status of the background calibration, contributed talk, SPIE's Annual Meeting „X-Ray and Gamma-Ray Instrumentation for Astronomy“, San Diego, CA, USA, August 2003.
- Freyberg, M.J.*: The spectral response of the EPIC-pn camera on board XMM-Newton, contributed talk, SPIE's Annual Meeting „X-Ray and Gamma-Ray Instrumentation for Astronomy“, San Diego, CA, USA, August 2003.
- Freyberg, M.J.*: XMM-Newton EPIC-pn background summary, invited talk, XMM background workshop, Milano, Italy, October 2003.
- Freyberg, M.J.*: XMM-Newton studies of the Local Bubble, contributed talk, EPIC Consortium Meeting, Palermo, Italy, October 2003.
- Friedrich, P.*: Röntgenastronomie - die Entdeckung des heißen Universums, public talk, Tage der Schulastronomie (Sächsische Akademie für Lehrerfortbildung), Sohland, Germany, July 2003.
- Gemperlein, H.*: Durchblick und Überblick im Infraroten: Sensortechnologie, Bildprozessierung und Simulation für erweiterte Sichtsysteme, invited talk, Carl-Cranz-Gesellschaft e.V., Weßling, Germany, May 2003.
- Genzel, R.*: The Galactic Center Black Hole, colloquium, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, USA, January 2003.
- Genzel, R.*: Massive Black Holes in the Nuclei of Galaxies, colloquium, Max-Planck-Institut für Physik/Heisenberg-Institut, München, Germany, February 2003.
- Genzel, R.*: Inward Bound: The Galactic Center, colloquium, ESO-MPG-LMU Joint Astronomy Colloquium, Garching, Germany, February 2003.
- Genzel, R.*: Massive Schwarze Löcher in Galaxienkernen, invited talk, Festvortrag zur Preisverleihung der Stern-Gerlach-Medaille der DPG, Hannover, Germany, March 2003.
- Genzel, R.*: The Galactic Center Black Hole, colloquium, NRAO & UVA, Dept. of Astronomy, Charlottesville, VA, USA, March 2003.
- Genzel, R.*: The Galactic Center Black Hole, colloquium, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA, March 2003.
- Genzel, R.*: The Galactic Center Black Hole, invited talk, 7th AAS High Energy Astrophysics Division (HEAD) Meeting, Mt. Tremblant, Quebec, Canada, March 2003.
- Genzel, R.*: Evidence for a Black Hole at the Center of the Milky Way, colloquium, Joint Seminar of the Universities of Karlsruhe, Heidelberg, and Tübingen, Karlsruhe, Germany, April 2003.
- Genzel, R.*: The Future of Interferometry with the VLT, invited talk, ESO Council, Garching, Germany, June 2003.
- Genzel, R.*: New Results from the Galactic Center, colloquium, UCB, Berkeley, CA, USA, August 2003.
- Genzel, R.*: Studying High Redshift Submillimeter Galaxies, colloquium, Theory Lunch Seminar, Berkeley, CA, USA, September 2003.
- Genzel, R.*: The Galactic Center Black Hole and the Central Cluster, invited talk, ESO Workshop “Science with Adaptive Optics”, Garching, Germany, September 2003.
- Genzel, R.*: Submm Galaxies: Studying Mass Assembly at the Upper End, invited talk, Venice Workshop on “Multiwavelength Mapping of Galaxy Formation and Evolution”, Venice, Italy, October 2003.
- Genzel, R.*: Dynamics and Evolution of Stars Near the Galactic Center, invited talk, Advanced Seminar on the Formation and Evolution of Stars Near the Galactic Center, Radcliffe Institute for Advanced Study at Harvard University, Cambridge, Massachusetts, USA, November 2003.

- Genzel, R.:* High Resolution IR Spectroscopy of the Galactic Center, invited talk, ESO Workshop “High Resolution Infrared Spectroscopy in Astronomy”, Garching, Germany, November 2003.
- Genzel, R.:* Galaxies and Black Holes, invited talk, Festvortrag, International Space Science Institute (ISSI), Berne, Switzerland, November 2003.
- Genzel, R.:* The Massive Black Hole at the Center of the Milky Way, colloquium, Astronomisches Institut, TU Bern, Switzerland, November 2003.
- Genzel, R.:* The Massive Black Hole at the Center of the Milky Way, colloquium, Physikalisches Kolloquium, Eidgenössische Hochschule (ETH) und Universität Zürich, Zurich, Switzerland, November 2003.
- Genzel, R.:* Die Milchstraße kreist um ein schwarzes Loch, colloquium, TU Darmstadt, Darmstadt, Germany, December 2003.
- Genzel, R.:* The Massive Black Hole at the Center of the Milky Way, invited talk, 10 Year Anniversary of the Institute of Astronomy & Astrophysics (ASIAA), Taipei, Taiwan, December 2003.
- Gilbert, A.M.:* Infrared Spectroscopy of Massive Stellar Clusters in Starbursts, contributed talk, AAS 201, Seattle, USA, January 2003.
- Gilbert, A.M.:* Mass Loss, Kinematics, and Evolution of Super Star Clusters in the Antennae, contributed talk, IAU XXV JD11: Dynamics and Evolution of Dense Stellar Systems, Sydney, Australia, July 2003.
- Gilbert, A.M.:* Outflows from Super Star Clusters: Superwind Engines in the Antennae, contributed talk, The Formation and Evolution of Massive Young Star Clusters, Cancun, Mexico, November 2003.
- Goldbeck, D.D.:* Quantitative 3D analysis of dynamic processes in a complex plasma, invited talk, Complex Plasmas in the New Millennium (ITCPP 2003), Santorini, Greece, September 2003.
- Haaland, S.:* Multi-Spacecraft Determination of Magnetopause Orientation, Motion and Thickness: Comparison with Results from Single-spacecraft Methods, contributed talk, Yosemite Conference Workshop on the Dayside Magnetopause and Cusp, Yosemite National Park, CA, USA, February 2003.
- Haaland, S.:* Magnetopause thickness and Geometry from Cluster Measurements; Comparison of Multispacecraft and Single-spacecraft techniques, contributed talk, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, April 2003.
- Haaland, S.:* Magnetopause orientation, motion and thickness from Cluster, contributed talk, STAMMS Conference, Orleans, France, May 2003.
- Haberl, F.:* X-ray dim isolated neutron stars: What do we know?, contributed talk, MPIfR/MPE Pulsar Meeting, Multiwavelength Approach of Neutron Stars and Supernova Remnants, Bonn, Germany, April 2003.
- Haberl, F.:* The XMM-Newton view of radio-quiet and X-ray dim isolated neutron stars, contributed talk, EPIC Consortium Meeting, Palermo, Italy, October 2003.
- Haerendel, G.:* Cluster observes formation of high-beta plasma blobs, contributed talk, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, April 2003.
- Hasinger, G.:* Das Schicksal des Universums, invited talk, Residenzkreis, IBZ München, Munich, Germany, January 2003.
- Hasinger, G.:* ... es gibt viel zu viele Sterne... – Neugier und Ehrfurcht in der Astronomie, public talk, Universität Darmstadt, Germany, January 2003.
- Hasinger, G.:* Teilchen aus dem All, public talk, Lange Nacht der Physik, Universität Greifswald, Germany, January 2003.
- Hasinger, G.:* The Evolution of Seyfert Galaxies, invited talk, University Milano, Italy, January 2003.
- Hasinger, G.:* Ein Crash gigantischer Schwarzer Löcher, public talk, Urania Berlin, Berlin, Germany, February 2003.
- Hasinger, G.:* Cosmological Evolution of Seyfert Galaxies from deep X-ray surveys, invited talk, Astro E SWG Meeting, ISAS, Tokyo, Japan, March 2003.
- Hasinger, G.:* Schicksal des Universums – XMM-Resultate im Dienst moderner Röntgenastronomie, public talk, Bürgersaal im Rathaus Immenstaad, Germany, April 2003.
- Hasinger, G.:* Schicksal des Universums, public talk, Wissenschaft im Rathaus, Dresden, Germany, May 2003.
- Hasinger, G.:* The X-ray Background and AGNs – an update, The restless High-Energy Universe, invited talk, BeppoSax Symposium, Amsterdam, The Netherlands, May 2003.
- Hasinger, G.:* Ein kosmisches Puzzle: Dunkle Materie und Dunkle Energie, invited talk, Parlamentarischer Abend der DPG, Berlin, Germany, June 2003.
- Hasinger, G.:* The X-ray Background, invited talk, MPI für Radioastronomie, IMPRS, Bonn, Germany, June 2003.
- Hasinger, G.:* The X-ray evolution of QSOs and Seyfert Galaxies, invited talk, IAU XXV General Assembly, Sydney, Australia, July 2003.
- Hasinger, G.:* The X-ray background: The XMM/Chandra view, X-rays from Galaxies to AGN, invited talk, Japan-German workshop, Garching, Germany, August 2003.
- Hasinger, G.:* Das Schicksal unseres Universums – neues aus Astrophysik und Kosmologie, colloquium, Max-Planck-Institut für Immunbiologie, Freiburg, Germany, September 2003.
- Hasinger, G.:* Die Erde im Kosmos, invited talk, Interakademie-Symposium, Mainz, Germany, September 2003.
- Hasinger, G.:* X-ray background models and luminosity functions, invited talk, 4 Years of Chandra Observations, Huntsville, USA, September 2003.
- Hasinger, G.:* Reise durch das heiße Universum, public talk, Tag der offenen Tür, MPE, Garching, Germany, October 2003.
- Hasinger, G.:* Cosmic X-ray Diagnostics, invited talk, Fritz-Haber-Institut, Berlin, Germany, October 2003.
- Hasinger, G.:* Evolution of AGN and the X-ray background, invited talk, Campus Seminar, Paris, France, October 2003.
- Hasinger, G.:* Evolution of X-ray selected AGN, invited talk, ESO Workshop on Multiwavelength Mapping of Galaxy Formation and Evolution, Venice, Italy, October 2003.
- Hasinger, G.:* Übersicht zu aktuellen und zukünftigen

- Vorhaben der Weltraumastronomie, invited talk, Workshop „Astronomie mit Großgeräten“, Potsdam, Germany, October 2003.
- Hasinger, G.:* Umwälzungen in Astrophysik und Kosmologie – Das Schicksal des Universums, invited talk, Schüler und Lehrer Kongress im Rahmen des IAC 2003, United Nations Event for World Space Week, Bremen, Germany, October 2003.
- Hasinger, G.:* Evolution of AGN in the Large Scale structure, invited talk, DFG-Rundgespräch „The Evolution of Structure in the Universe“, Bad Honnef, Germany, November 2003.
- Hasinger, G.:* Forschung im Weltraum – Faszination, Innovation und Nutzen, parlamentarischer Abend, invited talk, Parlamentarischer Abend, Harnackhaus, Berlin, Germany, November 2003.
- Hasinger, G.:* X-ray Surveys, invited talk, Conference on Multiwavelength AGN Surveys, Cozumel, Mexico, December 2003.
- Hasinger, G.:* Die Entwicklung der Schwarzen Löcher im Universum, public talk, Planetarium Hamburg, Germany, December 2003.
- Hopp, U.:* Dwarf Galaxy Crisis and Star-Less High-Velocity Clouds, contributed talk, The Local Group as a Cosmological Training Sample, AIP 2nd Thinkshop, Potsdam, Germany, June 2003.
- Hopp, U.:* Wie bestimmt man Entfernungen im Universum? public talk, Astronomietage der Volkshochschule und der Sternwarte Ingolstadt, Germany, November 2003.
- Ivlev, A.V.:* Melting of Microparticle Monolayers, contributed talk, 10th Workshop on the Physics of Dusty Plasmas, US Virgin Islands, USA, June 2003.
- Ivlev, A.V.:* Melting of Monolayer Plasma Crystals, contributed talk, 30th EPS Conference on Controlled Fusion and Plasma Physics, St. Petersburg, Russia, July 2003.
- Jamitzky, F.:* Construction of a state space embedding for time-dependent stock market data, contributed talk, Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Dresden, Germany, March 2003.
- Jamitzky, F.:* Locally reconfigurable arrays of supramolecular nanowires, contributed talk, Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Dresden, Germany, March 2003.
- Jamitzky, F.:* Design of Nanostructures on the Computer, colloquium, Deciphering Complex Systems, Schloß Ringberg, Germany, October 2003.
- Jaroschek, C.H.:* PIC – Simulationen von stossfreier Rekonnexion im Pair-Plasma, colloquium, LMU-Sternwarte, München, Germany, March 2003.
- Joergens, V.:* Formation and early evolution of brown dwarfs in ChaI, contributed talk, JENAM 2003, New Deal in European Astronomy: Trends and perspectives, Budapest, Hungary, August 2003.
- Kanbach, G.:* A review of EGRET results and MEGA, invited talk, 3rd International Workshop for Comprehensive Study of the High Energy Universe – Toward Very High Energy Particle Astronomy – (VHEPA-3), Kashiwa, Japan, March 2003.
- Kanbach, G.:* MEGA as the next step in Medium Energy Gamma-Ray Astronomy, invited talk, MAGIC-ECO30 Workshop, Eng, Austria, March 2003.
- Kanbach, G.:* MEGA: A next generation project for Medium Energy Gamma-Ray Astronomy at 0.4-50 MeV, colloquium, Free Electron Laser Laboratory, Duke University, Durham, NC, USA, April 2003.
- Kanbach, G.:* New measurements of the optical polarization of the Crab pulsar, contributed talk, MPIfR/MPE Pulsar Meeting „Multiwavelength Approach of Neutron Stars and Supernova Remnants“, Bonn, Germany, April 2003.
- Kanbach, G.:* The MEGA Project, contributed talk, Workshop „Astronomy with Radioactivities IV and MeV Gamma-Ray Telescopes“, Kloster Seon, Germany, May 2003.
- Kanbach, G.:* Unidentified Gamma-Ray Sources: from EGRET to the future, invited talk, 4th AGILE Science Workshop „X-ray and gamma-ray astrophysics of galactic sources“, Rome, Italy, June 2003.
- Kanbach, G.:* MEGA – Mission: Status, invited talk, Astroteilchenphysik in Deutschland – Status und Perspektiven 2003, Karlsruhe, Germany, September 2003.
- Kanbach, G.:* Prospects and Results of fast-timing Astronomy, colloquium, University of Crete, Heraklion, Greece, October 2003.
- Kanbach, G.:* Gamma Astronomy with Satellites, invited talk, Workshop for the Inauguration of the MAGIC Telescope, La Palma, Spain, October 2003.
- Kanbach, G.:* Gamma-Ray Observations of SNRs and their Compact Cores, invited talk, Workshop Physics of Supernova Remnants in the XMM-Newton, Chandra and INTEGRAL Era International Space Science Institute (ISSI), Bern, Switzerland, December 2003.
- Khrapak, S.A.:* Momentum transfer in complex (dusty) plasmas, contributed talk, Tenth workshop on the physics of dusty plasmas, St. Thomas, USA, June 2003.
- Khrapak, S.A.:* Scattering in the attractive Yukawa potential in the limit of strong interaction, contributed talk, 30th EPS Conference on Controlled Fusion and Plasma Physics, St Petersburg, Russia, July 2003.
- Klecker, B.:* Working Group C: Energetic Particle Observations, Workshop Summary, invited talk, CME Workshop, Elmau, Germany, February 2003.
- Klecker, B.:* Suprathermal ion and solar wind ionic charge states: a comparison, contributed talk, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, April 2003.
- Klecker, B.:* Solare Energetische Teilchen - Die Rolle von Flares und CMEs, colloquium, Universität Bern, Bern, Switzerland, June 2003.
- Klecker, B.:* On the energy dependence of ionic charge states, contributed talk, 28th ICRC, Tsukuba, Japan, August 2003.
- Komossa, S.:* Röntgenblitze aus den Zentren naher Galaxien: Schwarzen Löchern auf der Spur, public talk, Planetarium Göttingen, Germany, January 2003.
- Komossa, S.:* Observational evidence for supermassive black hole binaries, invited talk, The Astrophysics of Gravitational Wave Sources, Maryland, USA, April 2003.

- Komossa, S.:* The X-ray search for supermassive black holes in nearby galaxies, colloquium, Astrophysikalisches Institut Potsdam, Germany, June 2003.
- Komossa, S.:* The binary black hole in NGC 6240 and related cases: their status, genesis and evolution, invited talk, X. Marcel Grossmann Meeting on Theoretical and Experimental General Relativity, Gravitation, and Relativistic Field Theories, Rio de Janeiro, Brazil, July 2003.
- Komossa, S.:* Winds and outflows in starburst galaxies and active galactic nuclei, contributed talk, IAU Symposium 217 on recycling intergalactic and interstellar matter, Sydney, Australia, July 2003.
- Komossa, S.:* Observational evidence for supermassive binary black holes, invited talk, Four Years of Chandra Observations. A Tribute to Riccardo Giacconi, Huntsville, USA, September 2003.
- Komossa, S.:* Galaxies with two hearts: Observational evidence for supermassive binary black holes and the case of NGC 6240, colloquium, Beijing Normal University, China, September 2003.
- Komossa, S.:* Supermassive binary black holes, ultraluminous IR galaxies, and the case of NGC 6240, colloquium, National Astronomical Observatories Beijing, China, October 2003.
- Komossa, S.:* The Search for Black Holes, colloquium, Guangzhou University, China, October 2003.
- Lechner, P.:* X-ray imaging spectrometers for the XMM-Newton and XEUS satellite missions, colloquium, Universität Bonn, Germany, February 2003.
- Lechner, P.:* State-of-the-art silicon detectors for X-ray spectroscopy, colloquium, Paul-Scherrer-Institut, Villingen, Switzerland, June 2003.
- Lechner, P.:* Silicon drift detectors for high-count rate, high-resolution X-ray spectroscopy at room temperature, contributed talk, X-ray Conference, Denver, CO, USA, August 2003.
- Lechner, P.:* State-of-the-art silicon detectors for X-ray spectroscopy, contributed talk, X-ray Conference, Denver, CO, USA, August 2003.
- Lehmann, I.:* Optical identified type-2 AGN with no intrinsic absorption, contributed talk, 14th XMM-Newton SSC Consortium Meeting, Milan, Italy, January 2003.
- Lehmann, I.:* The population of high-redshift type-2 quasars found in Deep Chandra and XMM-Newton surveys, invited talk, The Formation and Early Evolution of Galaxies, Workshop, Irsee, Germany, July 2003.
- Lehmann, I.:* Evolution of X-ray selected AGN derived from Deep Chandra/XMM surveys, contributed talk, COSMOS Consortium Meeting, NYC, USA, November 2003.
- Lichti, G.G.:* Measurements of Gamma-Ray Bursts with GLAST, invited talk, JENAM 2003, Budapest, Hungary, August 2003.
- Lutz, D.:* Extragalactic far-infrared surveys with Herschel, contributed talk, 3rd Omegacam Workshop, München, Germany, May 2003.
- Lutz, D.:* Infrared spectroscopy of AGN, invited talk, Guillermo Haro Workshop on AGN Surveys, Puebla, Mexico, June 2003.
- Lutz, D.:* ULIRGs and AGN: Some discussion points, contributed talk, Guillermo Haro Workshop on AGN Surveys, Puebla, Mexico, June 2003.
- Maraston, C.:* New model SEDs with AGB: how to date high-redshift galaxies, invited talk, The Formation and Early Evolution of Galaxies, Irsee, Germany, July 2003.
- Maraston, C.:* The dynamical mass of the young cluster W3 in NGC 7252: Heavy-Weight globular cluster or ultra compact dwarf galaxy? invited talk, IAU General Assembly, Sydney, Australia, July 2003.
- Maraston, C.:* AGB stars and the dating of high-redshift galaxies with the Spitzer Space Telescope, contributed talk, Multiwavelength Mapping of Galaxy Formation and Evolution, Venice, Italy, October 2003.
- Maraston, C.:* Latest news on population synthesis models, invited talk, Workshop on evolutionary models, Bologna, Italy, October 2003.
- Maraston, C.:* SSP models of absorption (Lick) lines with various element abundance ratios: Unraveling the chemistry of unresolved stellar populations, invited talk, Stellar Populations 2003, München, Germany, October 2003.
- Maraston, C.:* Dating the high-redshift formation of elliptical galaxies, invited talk, The interplay between galaxy interactions, black holes, starbursts and galaxy formation, Paris, France, December 2003.
- Maraston, C.:* How to date (high-redshift) galaxies, colloquium, Heidelberg Kolloquium, Heidelberg, Germany, December 2003.
- Marghitu, O.:* 3D current topology in the vicinity of an evening arc, contributed talk, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, April 2003.
- Marghitu, O.:* FAST-CLUSTER conjunctions above the auroral oval, contributed talk, STAMMS Conference, Orleans, France, May 2003.
- Marghitu, O.:* CLUSTER moments: Error analysis, contributed talk, CIS Meeting, Paris, France, September 2003.
- Meidinger, N.:* Long term stability and radiation damage effects of the EPIC PN-CCD-Detector on XMM-Newton, contributed talk, EPIC Consortium Meeting, Palermo, Italy, October 2003.
- Mendes, P.:* Soft X-ray Emission From the Local Bubble and Loop I in the Direction of the Ophiuchus Cloud, contributed talk, Astronomische Nachrichten AG 2003 Splitting Meeting J, Freiburg, Germany, September 2003.
- Milvang-Jensen, B.:* The Tully-Fisher relation of cluster spirals at $z = 0.83$, contributed talk, Danish Physical Society, Nyborg, Denmark, June 2003.
- Monetti, R.A.:* Detecting non-linearities in data sets. Characterization of Fourier phase maps using Weighting Scaling Indices, contributed talk, Dynamics Days 2003, Palma de Mallorca, Spain, September 2003.
- Monetti, R.A.:* Detecting non-linearities in data sets. Characterization of Fourier phase maps using Weighting Scaling Indices, contributed talk, Deciphering Complex Systems, Schloß Ringberg, Germany, October 2003.
- Monetti, R.A.:* Structure Characterization of the Distal Radius using the Scaling-Index-Method for the

- Prediction of Osteoporotic Spine Fractures, contributed talk, Deciphering Complex Systems, Schloß Ringberg, Germany, October 2003.
- Morfill, G.:* Flüssige und kristalline Plasmen, colloquium, Potsdam, Germany, June 2003.
- Morfill, G.:* The Physics of Dusty Plasmas, invited talk, 10th International „Dusty Plasma“ Workshop, St. Thomas, USA, June 2003.
- Morfill, G.:* Physics of Liquid and Crystalline Plasmas, invited talk, International Conference on Phenomena in Ionised Gases, Greifswald, Germany, July 2003.
- Morfill, G.:* Physical Processes in Complex Plasmas, invited talk, ITCPP, Santorini, Greece, September 2003.
- Morfill, G.:* Complex Plasmas under Microgravity conditions (I), invited talk, International Astronomical Congress, Bremen, Germany, October 2003.
- Morfill, G.:* Medizin und Chaos: Zeitanalyse, public talk, Ludwig-Maximilians-Universität München, Germany, October 2003.
- Morfill, G.:* Forschung im Weltraum: Faszination, Innovation und Nutzen, public talk, Parlamentarischer Abend, Berlin, Germany, November 2003.
- Morfill, G.:* Medizin und Chaos: Bildanalyse, public talk, Ludwig-Maximilians-Universität München, Germany, November 2003.
- Mueller, T.G.:* Asteroids and the infrared sky; Asteroid science with ASTRO-F, colloquium, Kobe University, Department of Earth and Planetary Science, Kobe, Japan, February 2003.
- Mueller, T.G.:* TPM of asteroids -- possibilities and limitations, colloquium, The Institute of Space and Astronautical Science (ISAS), Kanagawa, Japan, February 2003.
- Mueller, T.G.:* Asteroids in the Thermal Infrared, colloquium, The Institute of Space and Astronautical Science (ISAS), Kanagawa, Japan, February 2003.
- Mueller, T.G.:* Thermophysical Modelling of Asteroids, colloquium, National Astronomical Observatory Japan (NAOJ), Mitaka, Japan, February 2003.
- Mueller, T.G.:* Asteroids and the infrared sky; Asteroid science with ASTRO-F, colloquium, University of Tokyo, Department of Astronomy/Earth and Planetary Physics, Tokyo, Japan, March 2003.
- Mueller, T.G.:* ISO: Asteroid Results and Thermophysical Modelling, invited talk, IAU General Assembly, Sydney, Australia, July 2003.
- Paschmann, G.:* Convection in the vicinity of the polar cusps, invited talk, Conference on Dayside Magnetosphere and Cusp, Yosemite, CA, USA, February 2003.
- Paschmann, G.:* Plasmakonvektion in der Magnetosphäre, colloquium, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, Germany, April 2003.
- Paschmann, G.:* Polar cap convection measurements with Cluster, contributed talk, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, April 2003.
- Paschmann, G.:* Cluster convection measurements in the distant polar magnetosphere, contributed talk, Conference on Spatio-Temporal Analysis and Multipoint Measurements in Space, Orleans, France, May 2003.
- Paschmann, G.:* Plasmakonvektion in der Magnetosphäre, colloquium, Physikalisches Institut, Bern, Switzerland, May 2003.
- Paschmann, G.:* Open questions concerning magnetopause and cusp: Report from ISSI Workshop, invited talk, Conference on Spatio-Temporal Analysis and Multipoint Measurements in Space, Orleans, France, May 2003.
- Paschmann, G.:* New insights into magnetospheric physics from recent multi-spacecraft observations, invited talk, AGU Meeting, San Francisco, USA, December 2003.
- Pfeffermann, E.:* Lessons learned from Bright Pixels and the Internal Background of the EPIC pn-CCD Camera for future missions, contributed talk, EPIC Consortium meeting, Palermo, Italy, October 2003.
- Pierini, D.:* Extremely red galaxies: dust attenuation and classification, contributed talk, Multiwavelength Mapping of Galaxy Formation and Evolution, Venice, Italy, October 2003.
- Pietsch, W.:* Eclipsing X-ray binaries in nearby galaxies, contributed talk, The Restless High-Energy Universe. A symposium dedicated to six years of successful BeppoSAX operations. Organized under the auspices of The Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, Amsterdam, and the Academia Nazionale dei Lincei, Rome., Amsterdam, The Netherlands, May 2003.
- Pietsch, W.:* XMM-Newton EPIC view of the starburst galaxy NGC 253, contributed talk, German-Japan workshop: „X-rays from galaxies to AGN“, MPE, Garching, Germany, August 2003.
- Pietsch, W.:* XMM-Newton EPIC view of the starburst galaxy NGC 253, contributed talk, EPIC Consortium Meeting INAF-Palermo Observatory, Palermo, Italy, October 2003.
- Pietsch, W.:* XMM-Newton view of the starburst galaxy NGC 253 and the Local Group galaxy M33, invited talk, Section of Astrophysics and Space Physics, University of Crete, Heraklion, Greece, October 2003.
- Poglitsch, A.:* Far-Infrared Spectrometers, invited talk, Cardiff University, UK, May 2003.
- Poglitsch, A.:* Photoconductors for the FIR/submm, invited talk, Cardiff University, UK, May 2003.
- Poglitsch, A.:* Direct Detection Wideband/Imaging Spectrometers with a FIR/Submm Telescope: Perspectives and Techniques, invited talk, New Perspectives for Post-Herschel Far Infrared Astronomy from Space, Madrid, Spain, September 2003.
- Pompl, R.:* Structure Detection Using Complexity Measures and Neural Networks, contributed talk, Deutsche Physikalische Gesellschaft: AKF-Frühjahrstagung, Dresden, Germany, March 2003.
- Pompl, R.:* Decisions: Topics in Classification, colloquium, Workshop: Deciphering Complex Systems, Schloß Ringberg, Germany, October 2003.
- Pompl, R.:* Identification of Malignant Melanoma, colloquium, Workshop: Deciphering Complex Systems, Schloß Ringberg, Germany, October 2003.
- Porquet, D.:* X-ray plasma diagnostics: application to young stellar coronae, invited talk, „X-ray and Radio Emission of Young Stars“, Tokyo, Japan, July 2003.

- Porquet, D.:* X-ray spectroscopy with XMM-Newton from the Galactic Center to quasars, contributed talk, Laboratoire d'Astrophysique de Grenoble, France, October 2003.
- Predehl, P.:* Das unsichtbare Universum, public talk, Gesellschaft Gerstensack, Konstanz, Germany, February 2003.
- Predehl, P.:* Röntgenemission vom Galaktischen Zentrum, colloquium, Universität Heidelberg, Germany, February 2003.
- Predehl, P.:* ROSITA, contributed talk, Japanese German Workshop 2003: X-rays from galaxies to AGN, Garching, Germany, August 2003.
- Predehl, P.:* Sgr A* and its close environment, contributed talk, Japanese German Workshop 2003: X-rays from galaxies to AGN, Garching, Germany, August 2003.
- Predehl, P.:* X-ray astronomy and ROSITA, colloquium, European Community Joint Research Centre, Geel, Belgium, August 2003.
- Predehl, P.:* DUO – Dark Universe Observatory, colloquium, DLR, Bonn, Germany, November 2003.
- Predehl, P.:* Eine Reise zum Zentrum der Milchstrasse, public talk, Volkssternwarte, München, Germany, November 2003.
- Quinn, R.A.:* Overview of the PK-4 Project, contributed talk, Ringberg Workshop on Complex Plasmas, Schloß Ringberg, Germany, June 2003.
- Quinn, R.A.:* Review of the PK-4 Project, contributed talk, 10th Workshop on the Physics of Dusty Plasmas, Special Microgravity Session, St. Thomas, USA, June 2003.
- Räth, C.:* Forschungsprojekte auf der Internationalen Raumstation ISS im Bereich der (Plasma-)Physik und Medizin, public talk, Club der Altstipendiaten der Hanns-Seidel-Stiftung, München, Germany, March 2003.
- Räth, C.:* Identifying non-Gaussian signatures in Cosmic Microwave Background maps: An application for the method of surrogates, contributed talk, Deutsche Physikalische Gesellschaft: AKF-Frühjahrstagung, Dresden, Germany, March 2003.
- Räth, C.:* Selecting texture measures for quantifying trabecular bone structures using surrogates, contributed talk, European Congress of Radiology, Vienna, Austria, March 2003.
- Räth, C.:* Analysing nonlinear spatial patterns using surrogates, contributed talk, Dynamics Days 2003, Palma de Mallorca, Spain, September 2003.
- Räth, C.:* Noise, Chaos and Determinism – An Introduction, colloquium, Workshop: Deciphering Complex Systems, Schloß Ringberg, Germany, October 2003.
- Räth, C.:* Predicting the mechanical strength of human trabecular bone specimen by application of Minkowski functionals, colloquium, Workshop: Deciphering Complex Systems, Schloß Ringberg, Germany, October 2003.
- Räth, C.:* Testing for weak nonlinearities in astrophysical data using surrogates, colloquium, Workshop: Deciphering Complex Systems, Schloß Ringberg, Germany, October 2003.
- Rubin-Zuzic, M.:* Origin of the curved nature of Mach cone wings, contributed talk, University College: Complex Plasma Research Network, Oxford, UK, February 2003.
- Rubin-Zuzic, M.:* Crystallisation Process of Complex (Dusty) Plasmas, contributed talk, Tenth Workshop on the Physics of Dusty Plasmas, St. Thomas, Virgin Islands, USA, June 2003.
- Samsonov, D.:* Shock Waves and Solitons in Complex (Dusty) Plasmas, contributed talk, Shock compression of condensed matter, Oregon, USA, July 2003.
- Scheingraber, H.:* Environment-induced stabilization of coupled map lattices, invited talk, International workshop on Aspects of Mind Matter Research, Wildbad Kreuth, Germany, June 2003.
- Scholer, M.:* Onset of reconnection in thin current sheets: Three-dimensional particle simulations, invited talk, EGS-AGU-EUG Assembly, Nice, France, April 2003.
- Scholer, M.:* Short-large amplitude magnetic structures and whistler wave precursors at quasi-parallel shocks: Full particle simulations, invited talk, EGS-AGU-EUG Assembly, Nice, France, April 2003.
- Scholer, M.:* The earth's bow shock: Open questions and how we can address them, invited talk, STAMMS Conference, Orleans, France, May 2003.
- Schönfelder, V.:* Lessons learnt from COMPTEL for future telescopes, invited talk, International Workshop on „Astronomy with Radioactivities IV“, Kloster Seeon, Germany, May 2003.
- Schönfelder, V.:* Imaging Principles and Techniques in Space Borne Gamma-Ray Astronomy, invited talk, International Conference on Imaging Techniques in Subatomic Physics, Astrophysics, Medicine, Biology, and Industry, Stockholm, Sweden, June 2003.
- Schönfelder, V.:* Radionuclides in the Galaxy seen in Gamma-Rays, invited talk, Symposium on Nuclear Physics V, Tours, France, August 2003.
- Schönfelder, V.:* Imaging Principles and Techniques in Space Borne Gamma-Ray Astronomy, invited talk, IEEE-Conference: Nuclear Science Symposium and Medical imaging Conference, Portland/Oregon, USA, October 2003.
- Schönfelder, V.:* The Compton Telescope COMPTEL aboard NASA, invited talk, Symposium in honour of B.N. Swanenburg, Hilversum, The Netherlands, December 2003.
- Strong, A.W.:* Cosmic-ray electron propagation in the Galaxy, invited talk, GLAST Science Working Group Joint Meeting, Rome, Italy, September 2003.
- Strüder, L.:* Moderne Strahlungsdetektoren für die Röntgenastronomie, colloquium, IAAT, Tübingen, Germany, January 2003.
- Strüder, L.:* Aerosol monitoring with silicon drift detectors, invited talk, RIMES Workshop, Genua, Italy, January 2003.
- Strüder, L.:* High speed X-ray counting and spectroscopy, invited talk, CESR, Toulouse, France, February 2003.
- Strüder, L.:* Micrometeoroid damage of XMM-Newton focal plane detectors, invited talk, Micmet Workshop ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, February 2003.

- Strüder, L.:* Ortsauflösende Röntgenspektroskopie, invited talk, 2. PRORA Konferenz, Berlin, Germany, April 2003.
- Strüder, L.:* Technologieentwicklungen im MPI-Halbleiterlabor, contributed talk, Schloß Ringberg, Germany, April 2003.
- Strüder, L.:* Active Pixel Sensors for XEUS, colloquium, SRON, Utrecht, The Netherlands, June 2003.
- Strüder, L.:* Halbleiterdetektoren, public talk, Rudolf-Steiner-Schule, München, Germany, June 2003.
- Strüder, L.:* High resolution silicon detectors, contributed talk, FEL/TESLA Detectorworkshop DESY, Hamburg, Germany, June 2003.
- Strüder, L.:* Silicon Detector Systems for High Speed Imaging Spectroscopy from the IR to X-rays, invited talk, Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart, Germany, July 2003.
- Strüder, L.:* High resolution Gamma-ray imaging, invited talk, SABIA Inc., San Diego, USA, August 2003.
- Strüder, L.:* Next generation Silicon X-ray detectors, invited talk, MIT, Cambridge, MA, USA, August 2003.
- Strüder, L.:* Silicon Drift Detectors (and more) for industrial applications, invited talk, EDAX Inc., Mahwah, NJ, USA, August 2003.
- Strüder, L.:* Silicon Drift Detectors (and more) for industrial applications, invited talk, PGT Inc., Princeton, NJ, USA, August 2003.
- Strüder, L.:* XEUS Wide Field Imager: Fast Timing on XEUS, contributed talk, 48. Annual SPIE Meeting, San Diego, USA, August 2003.
- Strüder, L.:* XEUS Frame store pn-CCD detectors for space applications, contributed talk, 48. Annual SPIE Meeting, San Diego, USA, August 2003.
- Strüder, L.:* XEUS Wide Field Imager: Results from the X-ray Active Pixel Sensor: DEPFET, contributed talk, 48. Annual SPIE Meeting, San Diego, USA, August 2003.
- Strüder, L.:* High resolution, high speed imaging X-ray spectrometers, invited talk, TRD for the 3rd Millennium, Bari, Italy, September 2003.
- Strüder, L.:* Position Resolved Spectroscopy with Silicon X-ray Active Pixel Sensor: DEPFET, invited talk, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY, USA, October 2003.
- Strüder, L.:* Position Resolved Spectroscopy with Silicon X-ray Active Pixel Sensor: DEPFET, invited talk, IEEE, Portland, USA, October 2003.
- Strüder, L.:* Silicon Drift Detectors for EXAFS Measurements, invited talk, Fritz-Haber-Institut, Berlin, Germany, October 2003.
- Strüder, L.:* Macropixel devices for the SIMBOL-X Mission, contributed talk, CEA, Saclay, France, November.
- Strüder, L.:* Anwendungen von Halbleiterdetektoren in der Grundlagenforschung und Industrie, invited talk, Forschungszentrum Jülich, Germany, November 2003.
- Sturm, E.:* Active Galaxies in the Mid-Infrared, and the Starburst-AGN connection, invited talk, ESO Seminar, Garching, Germany, April 2003.
- Tacconi, L.J.:* Interferometric Millimeter Observations of Galaxies in the Local Universe, invited talk, Star Formation Near and Far: The ALMA Promise, Elba, Italy, May 2003.
- Tacconi, L.J.:* The Dynamical Evolution of Ultraluminous Mergers, colloquium, ESO, Santiago, Chile, May 2003.
- Tacconi, L.J.:* Gas and Stellar Dynamics of Luminous Mergers at Low and High Redshift, invited talk, The Neutral ISM in Starburst Galaxies, Marstrand, Sweden, June 2003.
- Tacconi, L.J.:* The Dynamical Evolution of Ultraluminous Mergers at Low and High Redshift, colloquium, Radio Astronomy Laboratory, Berkeley, CA, USA, August 2003.
- Tacconi, L.J.:* High Resolution Observations of the ISM in the Nuclei of Galaxies, invited talk, 4th Cologne-Bonn-Zermatt Symposium: The Dense ISM in Galaxies, Zermatt, Switzerland, September 2003.
- Tacconi, L.J.:* Extragalactic Science With FIFI-LS, contributed talk, SOFIA Science Council Meeting, Garching, Germany, October 2003.
- Tacconi, L.J.:* Starbursts and ULIRGs: Future Possibilities at IRAM, invited talk, IRAM Grenoble, France, December 2003.
- Thoma, M.H.:* Strange Quark Matter in Neutron Stars? – New Results from Chandra and XMM, invited talk, 7th International Conference on Strangeness in Quark Matter (SQM2003), Atlantic Beach, NC, USA, March 2003.
- Thoma, M.H.:* Complex Plasmas and Plasma Crystal, invited talk, KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics, Budapest, Hungary, September 2003.
- Thoma, M.H.:* Complex Plasmas and Plasma Crystal, invited talk, Universität Bielefeld, Germany, November 2003.
- Thoma, M.H.:* Complex Plasmas and Plasma Crystal, invited talk, Universität Giessen, Germany, November 2003.
- Thomas, D.:* Stellar population gradients in Coma ellipticals, contributed talk, Calar Alto Colloquium, Heidelberg, Germany, April 2003.
- Thomas, D.:* Unraveling the chemistry of unresolved stellar populations, colloquium, Universität Göttingen, Germany, June 2003.
- Thomas, D.:* The chemistry of early-type galaxies, invited talk, The Formation and Early Evolution of Galaxies, Irsee, Germany, July 2003.
- Thomas, D.:* Unraveling the chemistry of unresolved stellar populations, contributed talk, IAU 25th General Assembly, Sydney, Australia, July 2003.
- Thomas, D.:* Die Entstehung der Elemente im Universum, public talk, Astrobox 2003, Buxtehude, Germany, October 2003.
- Thomas, D.:* The ages and abundances of ellipticals, contributed talk, Multiwavelength mapping of galaxy formation and evolution, Venezia, Italy, October 2003.
- Thomas, D.:* The calcium under abundance in early-type galaxies, contributed talk, Stellar Populations 2003, Garching, Germany, October 2003.
- Thomas, H.M.:* Komplexe Plasmen (Plasmakristall) – Untersuchungen auf dem kinetischen Level, contributed talk, Kinetikseminars der DGKK,

- Duisburg, Germany, February 2003.
- Thomas, H.M.:* Overview on the IMPF proposals, contributed talk, 1. IMPF/ICAPS workshop at ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, February 2003.
- Thomas, H.M.:* Complex Plasmas, colloquium, Seminar at the Institute for High Energy Densities, RAS, Moscow, Russia, April 2003.
- Thomas, H.M.:* Introduction to complex plasma research, invited talk, Konzil on Complex Plasmas, Schloß Ringberg, Germany, April 2003.
- Thomas, H.M.:* Complex Plasmas – New discoveries in the laboratory and in Space, colloquium, Max-Planck-Institut für Aeronomie, Lindau, Germany, May 2003.
- Thomas, H.M.:* Void formation and closure investigated in the PKE-Nefedov laboratory on the International Space Station, contributed talk, Workshop on the Physics of Dusty Plasmas, Virgin Islands, USA, June 2003.
- Treumann, R.A.:* The Hall effect in collisionless reconnection, invited talk, Workshop on Plasma Tail, Institut für Weltraumforschung, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Graz, Austria, March 2003.
- Treumann, R.A.:* Per Bak – Inventor of Self-Organized Criticality, invited talk, EGS-AGU-EGU Joint Assembly, Nice, France, April 2003.
- Treumann, R.A.:* Stationary plasma states far from thermal equilibrium, invited talk, EGS-AGU-EGU Joint Assembly, Nice, France, April 2003.
- Treumann, R.A.:* Reconnection in mass-ratio one plasma, colloquium, Institut für Weltraumforschung, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Graz, Austria, June 2003.
- Treumann, R.A.:* The strange physics of the mirror mode, colloquium, Technische Universität Braunschweig, Germany, July 2003.
- Treumann, R.A.:* Über Raum und Zeit, Ursprung und Schicksal des Universums, public talk, Astronomische Gesellschaft Ulm, Universität Ulm, Germany, Oktober 2003.
- Trümper, J.:* Laudatio, Abschiedskolloquium Heinrich Bräuninger, MPE Garching, Garching, Germany, January 2003.
- Trümper, J.:* The puzzles of the neutron star RXJ 1856-37, contributed talk, MPE Garching, Germany, January 2003.
- Trümper, J.:* The Hot and Violent Universe, colloquium, Ehrendoktorverleihung, University of Amsterdam, The Netherlands, January 2003.
- Trümper, J.:* Astrophysical Plasmas, invited talk, DESY Research Courses „New X-Ray Physics“, Hamburg, Germany, March 2003.
- Trümper, J.:* Gibt es Sterne aus Quarkmaterie? public talk, Urania, Berlin, Germany, March 2003.
- Trümper, J.:* Röntgenstrahlen berichten von sterbenden Sternen, public talk, Fachhochschule, Kempten, Germany, April 2003.
- Trümper, J.:* Neutron stars with condensed matter surfaces, invited talk, „Multiwavelength approach of Neutron Stars and Supernova Remnants“, MPIfR/MPE Pulsar Meeting, Bonn, Germany, April 2003.
- Trümper, J.:* Endzustände der Materie im Kosmos, public talk, „Mensch und Kosmos“, Forum für Verantwortung, Europäische Akademie Otzenhausen, Germany, April 2003.
- Trümper, J.:* The puzzles of RXJ 1856-3754 – Neutron Star or Quark Star, contributed talk, „The Restless High Energy Universe“, Amsterdam, The Netherlands, May 2003.
- Trümper, J.:* Geburt, Leben und Tod von Sternen, public talk, „Ursprung und Werden des Kosmos“, Evangelische Akademie Tutzing, Thurnau, Germany, October 2003.
- Trümper, J.:* Das heiße Universum – 40 Jahre Röntgenastronomie, colloquium, Universität der Bundeswehr, München, Germany, November 2003.
- Trümper, J.:* Unheimliche Sterne, invited talk, Bayerische Akademie der Wissenschaften, München, Germany, December 2003.
- Vidal, C.R.:* Electron Collision Cross Sections of Molecules, invited talk, South African Institute of Physics, 48th Annual Conference, Stellenbosch, South Africa, June 2003.
- Volwerk, M.:* Compressional waves and fast flows, contributed talk, Cluster Tail Workshop, Graz, Austria, March 2003.
- Volwerk, M.:* Serpentine motion oscillation of the current sheet, contributed talk, Cluster Tail Workshop, Graz, Austria, March 2003.
- Volwerk, M.:* Turbulence spectra in the plasma sheet, contributed talk, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, April 2003.
- Volwerk, M.:* Cluster multi-point observations of the magnetotail current sheet structure and dynamics, invited talk, STAMMS Conference, Orleans, France, May 2003.
- Volwerk, M.:* Turbulence in the Earth's magnetotail, contributed talk, STAMMS Conference, Orleans, France, May 2003.
- Volwerk, M.:* Europa's interaction with Jupiter's magnetosphere, invited talk, Universität Köln, Germany, November 2003.
- von Kienlin, A.:* INTEGRAL, invited talk, TU München, Physik-Department E18, Mitarbeiterseminar, München, Germany, January 2003.
- von Kienlin, A.:* INTEGRAL, contributed talk, AEF-Tagung, Jena, Germany, February 2003.
- von Kienlin, A.:* Satelliten-Spektrometrie im Weltraum, invited talk, DPG-Fortbildungskurs II, Moderne Methoden der Spektrometrie, Bad Honnef, Germany, August 2003.
- Wozna, A.:* Optical measurements of the Crab single pulses, contributed talk, MPIfR/MPE Pulsar Meeting „Multiwavelength Approach of Neutron Stars and Supernova Remnants“, Bonn, Germany, April 2003.
- Yaroshenko, V.V.:* Dipole interactions in Complex Plasmas, contributed talk, International Conference on Physics of Low Temperature Plasmas, Kiev, Ukraine, May 2003.
- Yaroshenko, V.V.:* Agglomeration of Magnetized Dust Particles in Complex Plasmas, contributed talk, Tenth Workshop on Physics of Dusty Plasmas, St. Thomas, Virgin Islands, USA, June 2003.
- Zavlin, V.E.:* Thermal emission from isolated neutron stars, invited talk, Multiwavelength Approach of Neutron Stars and Supernova Remnants, MPIfR/MPE

- Pulsar Meeting, Bonn, Germany, April 2003.
- Zavlin, V.E.*: Thermal emission from isolated neutron stars: theory vs. observations, colloquium, Strasbourg Astronomical Observatory, Strasbourg, France, October 2003.
- Zavlin, V.E.*: X-rays from isolated neutron stars: selected XMM-Newton results, contributed talk, EPIC Consortium Meeting, Palermo, Italy, October 2003.
- Zhdanov, S.K.*: Numerical Simulations of Plasma Crystal Dynamics, contributed talk, „Complex Plasmas“ Meeting, Schloß Ringberg, Germany, April 2003.
- Zhdanov, S.K.*: Nonlinear longitudinal waves in a screened Coulomb crystal, contributed talk, The International Topical Conference on Plasma Physics of Complex Plasmas in the New Millenium, Santorini, Greece, September 2003.
- Zhdanov, S.K.*: Polarization of the wave modes in a two-dimensional complex (dusty) plasma, contributed talk, The International Topical Conference on Plasma Physics of Complex Plasmas in the New Millenium, Santorini, Greece, September 2003.
- Zimmermann, H.-U.*: X-ray observations of SN1993J, contributed talk, IAU Coll. 192: Supernovae, Valencia, Spain, April 2003.
- Zimmermann, H.-U.*: X-rays from SN1993J in M81, contributed talk, EPIC Consortium Meeting, Palermo, Italy, October 2003.
- Zoglauer, A.*: Data Analysis and First Calibration Results from the MEGA Prototype, contributed talk, MAGIC ECO-30 Meeting, Eng, Austria, March 2003.
- Zoglauer, A.*: The MEGA Prototype: Basic Principles of Data Analysis and First Calibration Results, colloquium, Duke University, Durham, NC, USA, April 2003.
- Zoglauer, A.*: Data Analysis for the MEGA Prototype, contributed talk, Astronomy with Radioactivities IV, Seeon, Germany, May 2003.
- Zoglauer, A.*: Imaging Properties of the MEGA Prototype, contributed talk, IEEE Nuclear Science Symposium, Portland, OR, USA, October 2003.
- Zoglauer, A.*: MEGA: Data Analysis and First Results, colloquium, Space Science Laboratory, Berkeley, CA, USA, October 2003.

4.7 HABILITATIONEN

- Saglia, R.P.*: Elliptische Galaxien als Werkzeuge der beobachtenden Kosmologie. Ludwig-Maximilians-Universität München 2003.

4.8 DISSERTATIONEN

- Goldbeck, D.D.*: Analyse dynamischer Volumenprozesse in komplexen Plasmen. Ludwig-Maximilians-Universität München 2003.
- Joergens, V.*: The Formation of Brown Dwarfs - Fundamental properties of very young objects near and below the substellar limit. Ludwig-Maximilians-Universität München 2003.
- König, B.*: Flare stars in the solar vicinity. A search for young stars. Ludwig-Maximilians-Universität München 2003.
- Marghitu, O.*: Auroral arc electrodynamics with FAST satellite and optical data. Technische Universität Braunschweig 2003.
- Meidinger, N.*: Strahlenhärte von Röntgen-Sperrschicht-CCD-Detektoren. Technische Universität München 2003.
- Milvang-Jensen, B.*: The evolution of spiral galaxies in distant clusters. University of Nottingham 2003.
- Ott, T.*: Entwicklung des Laser-Leitsternsystems ALFA und Nahinfrarot-Beobachtungen des galaktischen Zentrums. Ludwig-Maximilians-Universität München 2003.
- Schaudel, D.*: X-ray properties of galactic supernova remnants. Ludwig-Maximilians-Universität München 2003.
- Wunderer, C.*: Imaging with the Test Setup for the Coded Mask INTEGRAL Spectrometer SPI. Technische Universität München 2003.

4.9 DIPLOMARBEITEN

- Nowak, N.*: Construction and Characterisation of a Sample of Superclusters derived from an X-ray selected Galaxy Cluster Catalogue. Technische Universität München 2003.
- Schlarb, M.*: Über die Flugzeit-aufgelöste Auswertung von COMPTEL-Daten. Technische Universität München 2003.

4.10 LEHRVERANSTALTUNGEN /TEACHING

Technische Universität München

An der Technischen Universität München vertritt das Institut das Fach Astrophysik, das als Prüfungsfach in Angewandter Physik in der Diplom-Hauptprüfung zugelassen ist.

Diehl

Gemeinsames Oberseminar der Astrophysik-Dozenten an der TU: "Astronomy across the Wavelength Regions" mit Greiner, Hasinger, Hillebrandt, Janka, Müller, Schönfelder (WS 02/03).

High-Energy Astrophysics (SS 03).

Gemeinsames Oberseminar der Astrophysik-Dozenten an der TU: „Astrophysics of Black Holes“, mit Greiner, Hasinger, Hillebrandt, Janka, Müller, Schönfelder (SS 03).

Gemeinsames Oberseminar der Astrophysik-Dozenten an der TU: „Astrophysics of Gamma-Ray Bursts“, mit Greiner, Hasinger, Hillebrandt, Janka, Müller, Schönfelder (WS 2003/2004).

Genzel/Morfill/Schönfelder/Hasinger

Seminar über extraterrestrische Physik (WS 02/03).

Hasinger

Einführung in die Astrophysik (WS 02/03).

Galaxien und Kosmologie (SS 03).

Schönfelder

Einführung in die Astrophysik (WS 02/03).

Ludwig-Maximilians-Universität München

Annaratone

Low Temperature Plasma Physics (SS 03).

Bender

Galaxy Evolution (WS 02/03).

Astrophysics Introductory Course (SS 03).

Astronomisches Hauptseminar zur Astrophysik (SS 03).

Astrophysikalisches Praktikum „A“ und Übungen (SS 03).

Astronomisches Kolloquium (SS 03).

Extragalactic Journal Club (E) (SS 03).

Extragalactic Group Seminar (SS 03).

Astronomisches Hauptseminar zur Astrophysik (WS 03/04).

Astronomisches Kolloquium (WS 03/04).

Extragalactic Group Seminar (WS 03/04).

Extragalactic Journal Club (E) (WS 03/04).

Böhringer

The interstellar Medium (WS 02/03).

Introduction to Cosmology (SS 2003).

The Interstellar Medium (WS 03/04).

Jamitzky

Mathematische Methoden und Rechnersimulation in den Nanowissenschaften (SS 03).

Mathematische Methoden und Rechnersimulation in den Nanowissenschaften (WS 03/04).

Scholer

Physik der Ionosphäre (WS 02/03).

Thoma

Hochenergie-Plasmaphysik (WS 02/03).

Treumann

Space Plasma Physics III (WS02/03).

Oberseminar extraterrestrische Physik (WS02/03).

Space Plasma Physics IV (SS 03).

Introduction into extraterrestrial Physics (undergraduate course) (SS03).

Oberseminar extraterrestrische Physik (SS 03).

Space Plasma Physics I (WS 03/04).

Electrodynamics for Geophysicists (WS 03/04).

Oberseminar extraterrestrische Physik (WS 03/04).

Johann Wolfgang v. Goethe-Universität Frankfurt a. M

Boller

Astrophysik II (WS 02/03).

Astrophysik I (SS 03)

Einführung in die Astrophysik (WS 03/04).

Physikalisches Institut der Universität Münster

Schuecker

Kosmologie I (WS 02/03).

Kosmologie II (SS 03).

Supernovae (WS 03/04).

Universität Giessen

Thoma

Einführung in die Transporttheorie (WS 03/04).

Universität Siegen

Strüder

Semiconductor Detectors (WS 02/03).

Universität Ulm

Boese

Bivariate und multivariate dynamische Systeme (WS 02/03).

Wavelets in der Statistik (SS 03).

Nullstellenverteilung ganzer Funktionen (WS 03/04).

IMPRS for Astrophysics, MPE Garching

Böhringer

The interstellar Medium (WS 02/03).

Introduction to Cosmology (SS 2003).

The Interstellar Medium (WS 03/04).

Boller

AGN Astrophysics (SS 03).

Schuecker

Relativistic Cosmology (SS 03).

Becker

Oberseminar Astrophysik (WS 02/03).

Hochenergiephysik-Sommerschule Maria LaachStrüder

Silizium Strahlungsdetektoren (WS 02/03).

Tokyo Institute of TechnologyBrinkmann

Introduction into the XMM-Newton Data Analysis (WS 03/04).

Fachhochschule MünchenJamitzky

Mikro- und Nanotechnik in Medizin-, Chemie- und Biotechnik (SS 03).

4.11 SEMINARE UND WORKSHOPS / SEMINARS AND WORKSHOPS

Testing Cosmological Models with Galaxy Clusters, Schloss Ringberg, 12.-17.1.2003, Organisation: H. Böhringer, S. Borgani, P. Schuecker, L. Guzzo, C.A. Collins, R.G. Bower und A.E. Evrad.

Complex Plasmas, Ringberg, 7.-9.4.2003, Organisation: G.E. Morfill und M.H. Thoma.

EGS-AGU Joint Assembly Nonlinear processes in solar-terrestrial Physics theory – Per Bak memorial session, Nice, France, 7.-11.4.2003, Organisation Session ST12: R.A. Treumann.

Astronomy with Radioactivities IV, and Filling the Sensitivity Gap at MeV Astronomy, Bayrisches Bildungszentrum Seon, 26.-30.5.2003, Organisation: R. Diehl, D.H. Hartmann, G. Kanbach, J. Knoedlseder, G. Korschinek, U. Ott und V. Schönfelder.

German-Japanese Workshop on X-rays from galaxies to AGN, MPE, Garching, 20.-22.08.2003, Organisation: D. Porquet, Th. Boller, G. Hasinger, S. Komossa, H. Kunieda, Y. Tanaka und J. Trümper.

New Perspectives for Post-Herschel Far Infrared Astronomy from Space, Madrid, 1.-4.9.2003, Organisation: J. Cernicharo, T. de Graauw, A. Poglitsch, A. Alberdi, M. Bavdaz, P. Casselli, E. Caux, C. Ceccarelli, E. van Dishoeck, J.D. Gallego, P. Encrenaz, W. Gear, R. Genzel, M. Gerin, M. Griffin,

R. Guesten, A. Hjalmarson, F. Helmich, R. Hills, S. Lilly, R. Liseau, J. Martin-Pintado, G. Pilbratt, R. Szczerba, J. Stutzki, X. Tielens, G. Tofani, S. Viti, L. Vigroux, C. Walkens und W. Wild.

EPIC Consortium Meeting, Palermo, Italy, 14.-16.10.2003, Organisation: M. Arnaud, U.G. Briel, P. Ferrando, E. Kendziorra, S. Sciortino, S. Sembay, M. Turner und G.E. Villa.

Munich Joint Astronomy Colloquium, weekly talk, Garching 2003, Organisation: D. Breitschwerdt, A. Burkert, W. Freudling, L. Pasquini, R. Saglia, H. Spruit, L.J. Tacconi und S. White.

Workshop: Deciphering Complex Systems, Schloß Ringberg, 8.-10.10.2003, Organisation: W.H. Bunk.

International Workshop on Astronomy and Relativistic Astrophysics: New States of Matter in the Universe, Kyoto, Japan, 28.-31.10.2003, Organisation: R. Blandford, T. Boller, C. Done, R. Fender, K. Koyama, K. Leighly, K. Makishima, J.E. McClintock, I.F. Mirabel, R.F. Mushotzky, R. Narayan, Y. Tanaka und A. Zdziarski.

Low Temperature Plasma Physics Seminar Serie, Garching Centre, D2, upper floor seminar room, all year, Organisation: B.M. Annaratone, W. Jacob.

4.12 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT / PR WORK

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit werden am Institut Führungen mit Erläuterungen zu einzelnen Projekten an Hand von Schautafeln, Ausstellungsstücken und Multi-Media Vorträgen durchgeführt. Im Jahre 2003 fanden 13 derartige Veranstaltungen statt. Darüber hinaus sind die Projekte und wissenschaftlichen Veröffentlichungen aller Abteilungen des Instituts über die MPE Internetseiten (<http://www.mpe.mpg.de>) allgemein zugänglich.

An 25.10.2003 lud das Institut zum „Tag der offenen Tür“ ein. Dieser war mit ca. 2500 Besuchern sehr gut besucht. Besonderen Anklang fand das Kinderprogramm, an dem ca. 500 Kinder teilnahmen.

As part of the public outreach effort of the MPE guided tours through the institute are organised, explaining the various projects with hardware, poster boards, and multi-media presentations. In 2003 thirteen groups visited the institute. In addition, information on all projects and scientific publications is available on the public internet pages of the MPE (<http://www.mpe.mpg.de>).

On October 25, 2003 the Institute was open to the public for a „Tag der offenen Tür“. About 2500 visitors were attracted by this offer. Particularly attractive was the children's program, in which about 500 children participated.

5 PERSONAL, PROJEKTE, KOLLABORATIONEN / PERSONNEL, PROJECTS, COLLABORATIONS

5.1 PERSONAL / PERSONNEL

Direktoren / Directors

Prof. Dr. Ralf Bender, optische und interpretative
Astronomie, gleichzeitig Lehrstuhl für
Astronomie/Astrophysik der Ludwig-Maximilians-
Universität München
Prof. Dr. R. Genzel, Infrarot und Submillimeter-
Astronomie, gleichzeitig Prof. of Physics, University
of California, Berkeley, USA
Prof. Dr. G. Hasinger, Röntgen- und Gamma-
Astronomie
Prof. Dr. G. Morfill, Theorie, Nichtlineare Dynamik,
komplexe Plasmen (Geschäftsführung)
Prof. Dr. G. Haerendel (emeritiertes wiss. Mitglied)
Prof. Dr. R. Lust (emeritiertes wiss. Mitglied)
Prof. Dr. J. Trümper (emeritiertes wiss. Mitglied)

Direktionsassistent / Manager's Assistant

Dr. H. Scheingraber

Wissenschaftlicher Sekretär / Scientific Secretary

Dr. B. Klecker bis 31.10.03
Dr. W. Collmar seit 1.11.03

Auswärtige wissenschaftliche Mitglieder / External Scientific Members

Prof. Dr. V. Fortov, IHED, Moscow (Russia)
Prof. Dr. R. Z. Sagdeev, University of Maryland (USA)
Prof. Dr. M. Schmidt, CALTECH, Pasadena (USA)
Prof. Dr. Y. Tanaka, JSPS, Bonn; MPE (Deutschland)
Prof. Dr. C.H. Townes, University of California,
Berkeley (USA)

Kuratorium (gemeinsam mit dem MPI für Astrophysik) / Curators (together with the MPI für Astrophysik)

Dr. L. Baumgarten, Ministerialdirektor im BMBF,
Berlin
Prof. Dr. A. Bode, TU München
W-M. Catenhusen, Parlamentarischer Staatssekretär im
BMBF, Berlin
H-J. Dürrmeier, Vorsitzender der Gesellschafterver-
sammlung des Süddeutschen Verlags, München
Prof. Dr. W. Glatthaar, DG Bank (Vorsitzender des
Kuratoriums), Frankfurt
Dr. G. Gruppe, Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Verkehr und Technologie, München
Prof. Dr. B. Huber, Rektor der LMU München
Dipl.-Ing. R. Klett, Kayser-Threde GmbH, München
Dr. M. Mayer, Mitglied des Bundestages, Höhenkirchen
Prof. Dr. E. Rohkamm, Thyssen Krupp AG, Düsseldorf

Fachbeirat / Scientific Advisory Board

Dr. C. Césarsky, ESO, Garching (Deutschland)
Prof. Dr. R. Ellis, CALTECH, Pasadena (USA)
Prof. Dr. A. Fabian, University of Cambridge (UK)
Prof. Dr. O. Havnes, University of Trømsø (Norway)
Prof. Dr. P. Léna, Université Paris VII (France)
Prof. Dr. R. McCray, University of Colorado (USA)
Prof. Dr. T. Prince, CALTECH, Pasadena (USA)
Prof. Dr. B. Sonnerup, Dartmouth College (USA)
Prof. Dr. M.C. Weisskopf, NASA/MSFC (USA)

Sonderfachbeirat (CIPS) / Special Scientific Advisory Board (CIPS)

Prof. Dr. O. Havnes, University of Trømsø (Norway)
Prof. Dr. J. Honerkamp, Universität Freiburg
(Deutschland)
Prof. Dr. K. H. Spatschek, Universität Düsseldorf
(Deutschland)

Humboldt-Forschungspreisträger / Humboldt Awardee

Prof. Dr. B. Sonnerup, Dartmouth College (USA)
Prof. Dr. V. Tsytovich, Russian Academy of Sciences,
Moscow (Russia)

A. v. Humboldt-Stipendiaten / A. v. Humboldt Fellows

Prof. Dr. D. Jaffe, University of Texas (USA)
Dr. V. Yaroshenko, Universiteit Gent (Belgium)

MPE Senior Research Fellow

Dr. D. Porquet

Wissenschaftliche Auszeichnungen, Berufungen / Scientific Honours, Appointments

Trümper, Joachim: Doctor honoris causa, Universiteit
van Amsterdam, Niederlande, Januar 2003.
Trümper, Joachim: Senator der Deutschen Akademie
der Naturforscher Leopoldina, Halle, Januar 2003.
Genzel, Reinhard: Mitglied der Bayerischen Akademie
der Wissenschaften, München, Februar 2003.
Rohé, Christian: Bayerischer Staatspreis 2003 für
besondere technische Leistung im Handwerk, 55. In-
ternationale Handwerksmesse München, März 2003.
Thiel, Markus: Bayerischer Staatspreis 2003 für
besondere technische Leistung im Handwerk, 55. In-
ternationale Handwerksmesse München, März 2003.
Genzel, Reinhard: Stern-Gerlach Medaille, Deutsche
Physikalische Gesellschaft, März 2003.

Paschmann, Götz: Hannes Alfvén Medal der European Geophysical Society, April 2003.
Trümper, Joachim: Foreign Member, Russian Academy of Sciences, Mai 2003.
Morfill, Gregor: Dr. h.c. der Technischen Universität Berlin, Mai 2003.

Pottschmidt, Katja: Universität Tübingen, Promotionspreis für die beste Promotion im Bereich Physik im Studienjahr 2002/2003, Oktober 2003.
Genzel, Reinhard: Balzan-Preis, Internationale Balzan-Stiftung, Mailand und Zürich, November 2003.

5.1.1 Wissenschaftliche Arbeitsgruppen / Science Groups

Physik des Erdnahen Weltraums

Bouhram, Dr. M. (Plasmaphysik)
 Förster, Dr. M. (Plasmaphysik)
 Georgescu, Dipl.-Phys. E. (Plasmaphysik)
 Haaland, Dr. S.³ (Plasmaphysik)
 Ganushkina, N.³ 1.-21.9.03 (Plasmaphysik)
 Hasegawa, H.³ 14.4.-27.6.03 (Plasmaphysik)
 Höfner, Dipl.-Phys. H. (Plasmaphysik)
 Kissel, Dr. J. bis 30.6.03 (Plasmaphysik)
 Klecker, Dr. B. (Plasmaphysik)
 La Belle, Prof. J. 22.6.-22.8.03 (Plasmaphysik)
 Leistner, Dipl.-Phys. G. (DV, Plasmaphysik)
 Marghitu, Dr. O. seit 1.9.03 (Plasmaphysik)
 Paschmann, Dr. G.² (Plasmaphysik)
 Puhl-Quinn, Dr. P.³ bis 30.9.03 (Plasmaphysik)
 Rieperding, M. (Sekretariatunterstützung)
 Volwerk, Dr. M.¹ (Plasmaphysik)
 Zanker-Smith, J. (Teamassistentin, Plasmaphysik)

Doktoranden / Diplomanden

(Bereich und Betreuer in Klammern)
 Blagau, A.⁷ (Plasmaphysik; Klecker)
 Kis, A.⁷ (Plasmaphysik; Scholer)
 Marghitu, O.³ bis 31.5.03, Uni. Braunschweig
 (Plasmaphysik; Haerendel (IUB)/Klecker)

Infrarot- und Sub-mm-Astronomie

Abuter Dr. R. (SPIFFI, PARSEC)
 Alvarez, Prof. Dr. J.L.¹⁰ seit 1.2.03 (PARSEC)
 Baker, Dr. A.³ (extragalaktische Beobachtungen)
 Bauer, Dipl.-Phys. O.H. (Herschel, ISO)
 Berg von, Dr. M. (Herschel)
 Bickert, Dipl.-Phys. K. (Herschel)
 Casey, M.¹¹ 1.6.-31.8.03 (SOFIA)
 Cesarsky, Dr. D.¹⁰ (ISO, Herschel)
 Contursi, Dr. A. (Herschel)
 Davies, Dr. R. (PARSEC)
 Eisenhauer, Dr. F. (SPIFFI)
 Feuchtgruber, Dipl.-Phys. H. (ISO, Herschel)
 Geis, Dr. N. (Herschel, SOFIA)
 Gemperlein, H. seit 1.10.03 (LUCIFER)
 Gilbert, A. seit 1.2.03 (extragalaktische Beobachtungen SPIFFI)
 Harai-Ströbl, S. (Sekretariat Direktorium)
 Hofmann, Dr. R. (NIR)
 Hormuth, F.¹¹ 1.8.-30.9.03 (ISO)
 Horrobin, Dr. M. seit 1.1.03 (SPIFFI)
 Igl, Dipl.-Phys. G. (Herschel)
 Jaffe, Prof. Dr. D.¹⁰ 1.-31.7.03 (Sternentstehung)
 Katterloher, Dr. R. (Herschel)
 Kleiser, A.² (Herschel)
 Klein, Dr. R. seit 1.7.03 (SOFIA)
 Krombach, H. (Sekretariat Herschel-PACS)

Kornberg, M. (Herschel)
 Krabbe, Dr. A. bis 30.6.03 (MIR, SOFIA)
 Lehnert, Dr. M. (extragalaktische Beobachtungen)
 Li, Dr. J. (PARSEC)
 Lutz, Dr. D. (ISO, Galakt. Kerne)
 McClinton, B.¹¹ 15.6.-20.7.03 (Galaxiendynamik)
 Müller, Dr. T. (Herschel)
 Osterhage, S. (ISO, Herschel)
 Paumard, Dr. T. seit 1.10.03 (Galakt. Zentrum)
 Poglitsch, Dr. A. (Herschel, SOFIA)
 Raab, Dipl.-Phys. W. (ISO, SOFIA)
 Rigopoulou, Dr. D. bis 15.2.03 (ISO, extragalaktische Beobachtungen)
 Saykally, Dr. R.⁴ 1.-30.7.03 (Interstellare Chemie, Sternentstehung)
 Schreiber, Dr. J. bis 31.2.03 (SPIFFI)
 Schubert, Dr. J. (Herschel)
 Seidenschwang, K.² (Herschel)
 Smylie, Dr. M. seit 15.9.03 (GaAs)
 Sturm, Dr. E. (ISO, Herschel)
 Tacconi, Dr. L. J. (Sub-mm/mm, Galakt. Kerne)
 Tecza, Dr. M. bis 31.12.03 (SPIFFI)
 Thatte, Dr. N. bis 15.4.03 (NIR Spektroskopie, Sternentstehung)
 Tomono, Dr. D.³ (KMOS)
 Verma, Dr. A. (ISO)
 Wetzstein, M. (Herschel)
 Wildgruber, G. (Herschel)
 Zeh, A.¹¹ seit 1.10.03 (LUCIFER)

Doktoranden / Diplomanden

(Bereich und Betreuer in Klammern)
 Dannerbauer, Dipl.-Phys. H.⁷ bis 30.11.03
 (mm-Quellen; Lutz)
 Dasyra, Dipl.-Phys. K.^{13/7} seit 15.9.03
 (Galaxiendynamik; Tacconi)
 Harayama, Dipl.-Phys. Y.^{13/7} (KMOS; Hofmann)
 Hönle, R.⁷ (FIFI-LS; Poglitsch)
 Iserlohe, Dipl.-Phys. C.⁷ (SPIFFI; Eisenhauer/Tacconi)
 Nesvadba, Dipl. Phys. N.⁷ seit 1.1.03
 (Galaxiendynamik; Lehnert)
 Rabien, Dipl. Phys. S.⁷ (adaptive Optik; Tacconi)
 Trippe, S.⁷ seit 15.11.03 (Galakt. Zentrum; Genzel)
 Schegerer, A.⁸ seit 7.1.03 (SPIFFI; Eisenhauer)
 Schödel, Dipl.-Phys. R.⁷ bis 31.8.03 (Galakt. Zentrum; Genzel)
 Viehhauser, Dipl.-Phys. W.⁷ (FIR; Poglitsch)

Röntgen-Astronomie

Adorf, Dr. H.-M.^{1/3} (GAVO)
 Aschenbach, Dr. B. (ROSAT, XMM-Newton, Chandra, SOHO/CDS, XEUS, ROSITA)
 Becker, Dr. W. (ROSAT, IMPRS)

Boese, Dr. G. (ROSAT)
 Boller, Dr. T. (ROSAT, XMM-Newton, XEUS)
 Bräuninger, Dr. H.¹ (XEUS, CAST)
 Breitschwerdt, Dr. D. (ROSAT, XMM-Newton)
 Briel, Dr. U.G. (ROSAT, XMM-Newton, ROSITA)
 Brunner, Dr. H. (XMM-Newton)
 Burkert, Dr. W. (PANTER, Chandra, XEUS, ROSITA, SWIFT)
 Burwitz, Dr. V. (Chandra, ROSAT)
 Dennerl, Dr. K. (ROSAT, XMM-Newton)
 Englhauser, Dr. J. (HLL, XMM-Newton, ROSITA)
 Falke, L.² (ROSAT, XMM-Newton)
 Frankenhuizen, W. (Sekretariat Trümper)
 Freyberg, Dr. M. (ROSAT, ROSITA, XMM-Newton)
 Friedrich, Dr. P. (ROSITA, XEUS)
 Gruber, Dr. R. (ROSAT, XMM-Newton)
 Haba, Y.¹⁰ 17.2.-30.3.03 (XMM-Newton)
 Haberl, Dr. F. (ROSAT, XMM-Newton)
 Hartner, Dipl.-Math. G. (XMM-Newton, Chandra, ROSITA, SWIFT)
 Hashimoto, Dr. Y.³ (XMM-Newton)
 Henry, Prof. Dr. J.P.¹⁰ 19.12.02-21.1.03, 8.6.-7.7.03 (ROSAT, XMM-Newton)
 Herrmann, S. (HLL, XEUS)
 Hirschinger, M.² (XMM-Newton, PUMA, ROSITA)
 Komossa, Dr. S. (ROSAT, Chandra, XMM-Newton)
 Kuster, Dr. M. (HLL, CAST)
 Lange, R.² (ROSAT, XMM-Newton, ROSITA)
 Lehmann, Dr. I. (XMM-Newton)
 Lemson, Dr. G. seit 15.2.03 (GAVO)
 Lynam, Dr. P.³ bis 31.1.03 (extragalaktische Astrophysik)
 Mainieri, Dr. V. seit 1.4.03 (XMM-Newton)
 Matute, Dipl.-Phys. I. seit 14.4.03 (XMM-Newton)
 Meidinger, Dr. N. (HLL, XMM-Newton, XEUS, ROSITA)
 Meyne, B. (Sekretariat Direktorium)
 Michetschläger, Ch. bis 31.3.03 (Datenzentrum)
 Miessner, D. (HLL)
 Pfeffermann, Dipl.-Phys. E. (ROSAT, XMM-Newton, ROSITA)
 Pietsch, Dr. W. (ROSAT, XMM-Newton)
 Porquet, Dr. D.³ (XMM-Newton, Chandra)
 Predehl, Dr. P. (ROSAT, Chandra, XMM-Newton, PUMA, ROSITA)
 Schaller, G. (HLL, XEUS)
 Schopper, Dr. F. (HLL, XEUS, ROSITA)
 Schwentker, Dr. O. bis 31.1.03, 12.5.-11.8.03 (ROSAT, XMM-Newton)
 Shen, Dr. S.³ (SDSS, ROSAT)
 Strüder, Prof. Dr. L. (HLL, XMM-Newton, ROSITA, DUO, XEUS)
 Sutaria, Dr. F. seit 1.2.03 (XMM)
 Szokoly, Dr. G.³ (XMM-Newton, Chandra)
 Tachihara, Dr. K.¹² bis 28.2.03 (XMM-Newton, Chandra)
 Tanaka, Prof. Dr. Y.¹⁰ (ROSAT)
 Treis, Dr. J. (HLL, XEUS)
 Voges, Dr. W. (ROSAT, SWIFT, GAVO)
 Vogler, Dr. A. 1.1.-28.2.03, 1.11.-13.11.03 (XMM-Newton, Chandra)
 Xu, Dr. D.³ bis 3.11.03 (ROSAT, Chandra)
 Zavlin, Dr. V. (ROSAT, XMM-Newton)

Zimmermann, Dr. H-U. (ROSAT, XMM-Newton)

Doktoranden / Diplomanden

(Bereich und Betreuer in Klammern)

Braig, Dipl.-Phys. C.^{13/7} (höchstauflösende Abbildungen im Röntgenbereich; Predehl)
 Costantini, Dipl.-Phys. E.^{13/7} (Chandra; Predehl)
 Fan, Dipl.-Phys. Y.^{7/13} seit 1.9.03 (Chandra; Komossa)
 Fath, J.⁸ bis 4.2.03 (Puppis-A.; Becker/Aschenbach)
 Gallo, Dipl.-Phys. L.^{7/13} (ROSAT/SLOAN; Boller)
 Guglielmetti, Dipl.-Phys. F.^{7/13} (ROSAT; Voges/Boese)
 Heß, S.^{Uni Frankfurt} seit 4.11.03 (XMM; Boller)
 Keil, Dipl.-Phys. R. Universität Hamburg (XMM-Newton; Boller)
 Kimmel, Dipl.-Phys. N.^{Uni Siegen} seit 16.6.03 (XEUS; Strüder)
 Mendes, P.⁷ seit 1.1.03 (XMM-Newton; Breitschwerdt)
 Mendes, M., Uni Lissabon (soft X-ray Background; Breitschwerdt)
 Misanovic, Dipl.-Phys. Z.^{7/13} (XMM-Newton; Pietsch)
 Pahlke, Dipl.-Phys. A.⁸ bis 31.10.03 (XEUS; Strüder/Soltau)
 Pfefferkorn, Dipl.-Phys. F.⁷ (wechselwirkende Galaxien; Boller)
 Pittroff, L.^{13/7} (Supernova-Überreste; Aschenbach)
 Porro, M.³ Politecnico di Milano (Rotor-Elektronik; Strüder)
 Schaudel, Dipl.-Phys. D.⁷ bis 28.2.03 (Neutronensterne; Becker)
 Stadlbauer, Dipl.-Phys. T.⁷ (Supernovaüberreste; Aschenbach)
 Streblyanskaya, Dipl.-Phys. A.^{13/7} (XMM-Newton; Hasinger)

Gamma-Astronomie

Chupp, Prof. Dr. E.¹⁰ Mai/Juni 03 (Gamma)
 Clemens, Chr.¹¹ 15.6.-30.9.03 (GROND)
 Diehl, Dr. R. (INTEGRAL, GLAST-BM, COMPTEL)
 Greiner, Dr. J. (GROND, SWIFT, GLAST-BM)
 Hartmann, Prof. Dr. D.³ Mai/Juni 03 (Gamma-ray-line; MEGA)
 Iyudin, Dr. A. bis 30.9.03 (COMPTEL)
 Kanbach, Dr. G. (MEGA, OPTIMA, EGRET)
 Kienlin von, Dr. A. (GLAST-BM, INTEGRAL)
 Kretschmar, Dr. P. (INTEGRAL Science Data Center)
 Lamprecht, M. seit 1.1.03 (Sekretariat)
 Lerusse, L. seit 27.10.03 (INTEGRAL)
 Lichti, Dr. G.G. (GLAST-BM, INTEGRAL)
 Mayer-Haßelwander, Dr. H.A. (GROND, GLAST, EGRET)
 Moskalenko, Dr. I.³ Sept./Okt. 03 (Theorie)
 Pottschmidt, Dr. K. (INTEGRAL Science Data Center)
 Rehm, D. (Datenverarbeitung)
 Schönfelder, Prof. Dr. V. (Leiter der Gamma-Gruppe, COMPTEL, INTEGRAL, GLAST-BM, MEGA)
 Strong, Dr. A. (INTEGRAL, COMPTEL)
 Wunderer, Dr. C. bis 30.9.03 (INTEGRAL)

Doktoranden / Diplomanden

(Bereich und Betreuer in Klammern)

Ajello, Dipl.-Phys. M.^{8/13} seit 1.10.03 (MEGA; Kanbach)

Andritschke, Dipl.-Phys. R.⁸ (MEGA; Kanbach)
 Clemens, Chr.⁸ seit 1.12.03 (GROND; Greiner)
 Kretschmer, Dipl.-Phys. K.⁸ (INTEGRAL; Diehl)
 Küpcü Yoldas, Dipl.-Phys. A.^{8/13} seit 1.8.03
 (GROND; Greiner)
 Rau, Dipl.-Phys. A.^{13/8} (INTEGRAL, GROND; Lichti/Greiner)
 Rodriguez, Dipl.-Phys. D.¹⁰ (INTEGRAL; Diehl)
 Schlarb, M.⁸ bis 31.7.03 (COMPTEL; Diehl)
 Stefanescu, A.⁷ seit 1.3.03 (OPTIMA; Kanbach)
 Wozna, Dipl.-Phys. A.¹⁰ bis 30.9.03 (OPTIMA; Kanbach)
 Zapf, S.⁶ bis 28.2.03 (GROND; Greiner)
 Zoglauer, Dipl.-Phys. A.⁸ (MEGA; Kanbach)

Theorie

Annaratone, Dr. B. (komplexe Plasmen)
 Aschenbrenner, Dr. T. (Komplexitätsanalyse)
 Aslaksen, Dr. T.⁵ bis 30.6.03 (komplexe Plasmen)
 Böhringer, Dr. H. (extragalaktische Astrophysik)
 Brinkmann, Dr. W. (extragalaktische Astrophysik)
 Bryant, Dr. P.³ (komplexe Plasmen)
 Bunk, Dr. W. (Med. Forschung, Komplexitätsanalyse)
 Collmar, E.² (Sekretariat Projekte)
 Dum, Dr. C. (Plasmaphysik)
 Finoguenov, Dr. A.³ (extragalaktische Astrophysik)
 Fuhrmann, Dr. K. bis 31.8.03 (Sterne)
 Gvaramaoaze, Dr. V.¹⁰ (Sternentstehung)
 Ivlev, Dr. A.³ (komplexe Plasmen)
 Jamitzky, Dr. F. (Komplexitätsanalyse)
 Khrapak, Dr. S.³ (komplexe Plasmen)
 Klumov, Dr. B.³ (komplexe Plasmen)
 König, Dipl.-Phys. B.⁷ (Sternentstehung)
 Konopka, Dr. U. (komplexe Plasmen)
 Koutepov, Dr. A. (Astrochemie)
 Kretschmer, Dr. M. (komplexe Plasmen)
 Langer, A. (Sekretariat Direktorium)
 Matsukiyo, S. (Plasmaphysik)
 Matsushita, Dr. K.³ bis 31.3.03 (extragalaktische Astrophysik)
 Mokler, Dr. F. (komplexe Plasmen)
 Monetti, Dr. R. (Komplexitätsanalyse, Tandem Projekt)
 Neuhäuser, Dr. R. bis 31.1.03 (Sternentstehung)
 Nunomura, Dr. S. bis 30.9.03 (komplexe Plasmen)
 Pilipp, Dr. W. (komplexe Plasmen)
 Pompl, Dr. R. (Komplexitätsanalyse)
 Popesso, P.¹³ (extragalaktische Astrophysik)
 Pratt, Dr. G. seit 1.12.03 (extragalaktische Astrophysik)
 Quinn, Dr. R.³ (komplexe Plasmen)
 Räh, Dr. Ch. (Komplexitätsanalyse)
 Ratynskaia, Dr. S. (komplexe Plasmen)
 Rubin-Zuzic, Dr. M. (komplexe Plasmen)
 Samsonov, Dr. D.³ (komplexe Plasmen)
 Scheingraber, Dr. H. (komplexe Dynamik)
 Scholer, Prof. Dr. M. (Plasmaphysik)
 Schuecker, Dr. P. (extragalaktische Astrophysik)
 Shimizu, Dr. T. (komplexe Plasmen)
 Sidorenko, Dr. I. (Plasmaphysik)
 Thoma, Dr. M. (komplexe Plasmen)
 Thomas, Dr. H. (komplexe Plasmen)
 Treumann, Prof. Dr. R. (Plasma-Astrophysik)

Tsytovich, Prof. Dr. V. 10.6.-10.7.03 (komplexe Plasmen)
 Uchida, G. seit 1.4.03 ((komplexe Plasmen)
 Vladimirov, Dr. S.¹⁴ (komplexe Plasmen)
 Wuchterl, Dr. G.³ (Stern-u. Planetenentstehung)
 Xue, Y.-J. seit 7.4.03 (extragalaktische Astrophysik)
 Yaroschenko, Dr. V. (komplexe Plasmen)
 Zhang, Y.-Y. (extragalaktische Astrophysik)
 Zhdanov, Dr. S. (komplexe Plasmen)
 Zimer, M. (extragalaktische Astrophysik)

Doktoranden / Diplomanden

(Bereich und Betreuer in Klammern)

Ammler, M.⁷ bis 30.4.03 (Sternentstehung; Joergens)
 Arevalo, P.^{7/13} (AGN; Brinkmann)
 Ferrero, Dipl.-Phys. E.^{7/13} (AGN; Brinkmann)
 Fink, Dipl.-Phys. M.⁷ seit 1.4.03 (komplexe Plasmen; Morfill)
 Goldbeck, Dipl.-Phys. D.⁷ bis 31.8.03 (komplexe Plasmen; Morfill)
 Gonzales, Dipl.-Phys. E.⁷ seit 1.3.03 (komplexe Plasmen; Morfill)
 Hadziavdic, V.^{Uni Tromsø} bis 30.9.03 (komplexe Plasmen; Morfill)
 Huber, Dipl.-Phys. M.⁷ (extragalaktische Astrophysik; Schuecker)
 Jaroschek, Dipl.-Phys. C.^{7/13} (Plasma-Astrophysik; Treumann)
 Joergens, Dipl.-Phys. V.⁷ bis 31.10.03 (Sternentstehung; Neuhäuser)
 Knapek, Chr.⁸ (komplexe Plasmen; Morfill)
 Mimica, Dipl.-Phys. P.^{7/13} (Plasma-Astrophysik; Brinkmann)
 Nodes, Dipl.-Phys. Ch.^{7/13} (Plasma-Astrophysik; Morfill)
 Nowak, N.⁸ (extragalaktische Astrophysik; Böhringer)
 Pečnik, Dipl.-Phys. B.⁷ (Sternentstehung; Wuchterl)
 Sütterlin, Dipl.-Phys. R.⁷ (komplexe Plasmen; Morfill)
 Zhang, Y.^{7/13} (extragalaktische Astrophysik; Böhringer)

Optische und Interpretative Astronomie

D'Onghia, E. seit 1.10.03 (galaxy evolution)
 Gabasch, A. seit 1.10.03 (galaxy surveys)
 Gebhardt, Dr. K.¹⁰ 8.-23.12.03 (galaxy evolution)
 Hopp, Dr. U. (galaxy surveys)
 Hill, G.¹⁰ 7.-31.12.03 (galaxy surveys)
 Korn, Dr. A. bis 30.6.03 (stellar chemistry)
 Maraston, Dr. C. (stellar populations)
 Mendes de Oliveira, Prof. Dr. C.¹⁰ seit 1.7.03 (stellar population)
 Milvang-Jensen, Dr. B. seit 7.1.03 (galaxy evolution)
 Pierini, Dr. D. (dusty stellar population)
 Rieger, S. (KMOS)
 Rieperding, M. (Sekretariat, Direktorium)
 Salvato, Dr. M. (galaxy surveys)
 Thomas, Dr. D. (stellar populations, galaxy dynamics)
 Wetzstein, M. 1.7.-31.8.03 (galaxy surveys)

Doktoranden / Diplomanden

Goranova, Y.^{7/13} (galaxy surveys; Bender)
 Nieves, L.^{7/13} seit 6.2.03 (stellar population; Maraston)
 Panella, M.^{7/13} (galaxy surveys; Bender)

5.1.2 Ingenieurbereich und Werkstätten / Engineering and Workshops

Elektronik

Barl, Dipl.-Ing. (FH) L. (Infrarot)
 Bornemann, Dipl.-Ing. (FH) W. (IDEM, Gamma, Röntgen)
 Cibooglu, H. (Haustechnik)
 Deuter, M. seit 1.4.03 (Elektrowerkstatt)
 Deutsch, R. (komplexe Plasmen)
 Emslander, A. (Haustechnik)
 Fumi, Dr. F. (Infrarot)
 Gressmann, R. (Haustechnik)
 Hagl, Dipl.-Ing. (FH) T. (komplexe Plasmen)
 Hälker, Dipl.-Ing. (FH) O. (Röntgen)
 Hans, O. (Elektronik)
 Hengmith, M. (Elektronik, Röntgen)
 Heuschmann, Dipl.-Ing. (FH) F. (Elektronik, Testlabor)
 Hippmann, Dipl.-Ing. H. (Leitung Bereich Elektronik)
 Jakob, Dipl.-Ing. (FH) G. (Infrarot)
 Kaiser, K-H. (Infrarot)
 Kellner, Dipl.-Ing. S. (Infrarot)
 Kink, Dipl.-Ing. (FH) W. (Röntgen)
 Lange, R.² (Sekretariatsunterstützung)
 Langer, Patricia (Elektrowerkstatt)
 Lieb, W. (Elektronik)
 Müller, Dipl.-Ing. (FH) S. (Röntgen)
 Nägerl, J. (Infrarot, Elektronik)
 Oberauer, F. (Elektrowerkstatt)
 Reiss, P. (Leitung Elektrowerkstatt und Haustechnik)
 Röhrle, Dipl.-Ing. (FH) C. bis 30.6.03 (Infrarot)
 Rothermel, Dr. H. (komplexe Plasmen)
 Rupprecht, T. (Elektrowerkstatt)
 Schneider, M. (Haustechnik)
 Schrey, F. (Leitung Bereich Elektronik, Gamma)
 Steffes, B. (Laborphysik, komplexe Plasmen)
 Stigler, P. seit 1.8.03 (Elektronik)
 Tarantik, Dipl.-Ing. K. (komplexe Plasmen)
 Yaroshenko, V. (Infrarot)
 Waldleben, H. (Sicherheits-Fachkraft)

Mechanik

Bayer, R. (Schreinerei)
 Brara, A. seit 1.3.03 (Werkstatt)
 Brandstetter, J. (Werkstatt)
 Budau, B. (Werkstatt)
 Czempiel, S. (seit 1.9.03 Leitung mechan. Werkstatt und Schreinerei)
 Deuschle, G. (Kunststofflabor)

Deysenroth, Chr. Seit 1.7.03 (Konstruktion)
 Dietrich, G. (Werkstatt)
 Dittrich, Dipl.-Ing. (FH) K. (Testlabor)
 Eibl, J. (Werkstatt)
 Feldmeier, P. (Werkstatt)
 Gahl, J. (Werkstatt)
 Goldbrunner, A. (Werkstatt)
 Huber, F-X. (Werkstatt)
 Huber, N. (Werkstatt)
 Huber, S. (Werkstatt)
 Huber, Dipl.-Ing. H. (Konstruktion)
 Kestler, H.J. (Schreinerei)
 Kettenring, Dipl.-Ing. G. (Leitung Bereich Mechanik)
 Mayr, R. (Leitung Ausbildungswerkstatt)
 Mayr-Ihbe, R. (Sekretariatsunterstützung)
 Pfaller, G. bis 31.8.03 (Leitung mechan. Werkstatt und Schreinerei)
 Pichl, L. (Leitung Kunststofflabor)
 Plangger, M. (Konstruktion)
 Rohé, C. (Konstruktion)
 Sandmair, R. (Werkstatt)
 Schnell, P. (Werkstatt)
 Schunn, W. (Werkstatt)
 Straube, P. (Werkstatt)
 Thiel, Dipl.-Ing. M. (Konstruktion)
 Wilnhammer, N. (Konstruktion)
 Wölfl, K. (Werkstatt)
 Zaglauer, Dipl.-Ing. (FH) W. (Konstruktion)

Auszubildende

Adebar, F.; Arzt, S. seit 1.9.03; Blasi, T.; El-Masry, J. seit 1.9.03; Heidelberg, T.; Liebhardt, J.; Soller, F.

Schülerpraktikum (Haupt- und Realschulen)

Ellinger, M. (17.-21.2.03; Jungwirth, M. (7.-11.7.03); Meier, K. (2.-13.6.03); Ramadan, S.L. (24.-28.3.03); Eichenberger, A. (24.-28.3.03); Rösler, B. (14.-18.7.03); Schneider, A. (2.-6.6.03); Steinleitner, A. (24.7.-1.8.03); Stephan, C. (31.3.-4.4.03)

Hochschulpraktikum

Bergmiller, P. (10.6.-28.7.03); Yuan, L. (1.9.-24.10.03); Dörfel, M. (Sept./Okt 03); Vonavka, M. (Juli-Nov.03)

Werkstudent(in)

Linder, J. (1.7.-31.8.03); Predehl, K. (seit 24.2.03); Thoene, C. seit 6.11.03, Turowski, S. bis 31.3.03

5.1.3 Sonstige Zentrale Bereiche / Services

Datenverarbeitung / Computing

DV-Ausschuß

Bauer, Dipl.-Phys. O.H (Vorsitzender)
 Bohnet, Dipl.-Phys. A.
 Brinkmann, Dr. W. (Stellvertreter)
 Collmar, Dr. W.
 Haberl, Dr. F. seit 1.11.03

Jamitzky, Dr. F.
 Lutz, Dr. D.
 Müller, Dipl.-Ing. (FH) S.
 Ott, Dipl.-Phys. T.
 Vaith, Dipl.-Phys. H.
 Voges, Dr. W. bis 31.10.03
 Zimmermann, Dr. H.-U.

Zentrale DV-Gruppe

Bauer, Dipl.-Phys. O.H. (Leitung)
 Baumgartner, H. (Netzwerk, Systemsupport)
 Bohnet, Dipl.-Phys. A. (Systemsupport optische und interpretative Astronomie)
 Collmar, Dr. W. (GRO, INTEGRAL, IMPF)
 Kleiser, A. seit 1.5.03 (Druckerbetreuung)
 Klose, L. (Netzwerk, Systemsupport)
 Oberauer, A.² (Software, PC Betreuung)
 Ott, Dipl.-Phys. T. (Systemsupport Infrarot)
 Paul, J. (ROSAT)
 Post, Ch. (Netzwerk, Systemsupport – PC u. Unix)
 Sigl, Dipl.-Ing. (FH) R. (Netzwerkmanagement)
 Steinle, Dr. H. (Datenbanken, Archivsysteme, WWW)
 Vaith, Dipl.-Phys. H. (Cluster)
 Voges, M.² (Programmierung)
 Wassilko, B.² bis 30.4.03 (Druckerbetreuung)
 Wieprecht, Dipl.-Ing. E. (Herschel-PACS)
 Wiezorrek, Dipl.-Ing. (FH) E. (Herschel-PACS)

Publikationsunterstützung

Hain, B.² (Druckerei)
 Hauner, R. (Leitung Druckerei)
 Karing, W. (Druckerei)
 Kus, H.² (Druckerei)
 Mayr-Ihbe, R. (Graphik)
 Mory, B. (Graphik)
 Predehl, Dr. P. (Leitung)

Bibliothek

Abele, M.² (Veröffentlichungen, Reportsammlung)
 Chmielewski, E.² (Monographien, Leitung)
 Schurkus, R.² (Zeitschriftenverwaltung)
 Toivonen, T.² (Ausleihe, Fernleihe)

Verwaltung und Allgemeine Dienste (VAD)

Apold, G. (Rechnungswesen)
 Arturo, A. (Fahrdienst)
 Bauernfeind, M.² (Personal)
 Bidell, M.² (Rechnungswesen)
 Bitzer, U.² (Rechnungswesen)
 Blaschek, M.² (Reinigungsdienst)
 Brielmair, Ch. (Rechnungswesen)
 Czep, H.² (Reinigungsdienst)
 Cziasto, U.² (Haushalt/Drittmittel)
 Doll, E.² (Reinigungsdienst)
 Ertl, M.² (Haushalt/Drittmittel)
 Faas, G.² (Pforte)
 Gleixner, W. (Pforte)
 Goldbrunner, S. (Personal)

Grasemann, M. (Einkauf)
 Gschnell, H.-P. (SGL Personal)
 Günter, C.² (Erziehungsurlaub)
 Heimerl, H.² (Reinigungsdienst)
 Heinecke, Dipl.-Ing. N. bis 30.9.03 (Gesamtschwerbehindertenvertrauensmann)
 Hübner, R.² (Reinigungsdienst)
 Ihle, M. (Leitung VAD)
 Inhofer, I.² (Reinigungsdienst)
 Jäckel, T. (Haushalt/Drittmittel)
 Keil, M.² (Einkauf)
 Kestler, L.² (Personal)
 Kliem, V. (Sekretariat Verwaltung)
 Kürzinger, T. (Einkauf)
 Linneweh, T. (Auszubildender)
 Nagy, A. (Reinigungsdienst)
 Neun, A.² (Sekretariat Betriebsrat)
 Peischl, M. (Reisekosten)
 Preda, A. (Personal)
 Preisler, C.² (Reisekosten)
 Reiß, U.² (Reisekosten)
 Reither, A.² (SGL Rechnungswesen)
 Rossa, E. (Fahrdienst)
 Sandtner, P. (Rechnungswesen)
 Scheiner, B. (SGL Haushalt/Drittmittel)
 Schneider, D. (Personal)
 Seeger, Dipl.-Ökonom, G. (SGL Einkauf)
 Steinle, R.² (Personal)
 Strecker, R. (Einkauf)
 Stuibler, A.² (Reinigungsdienst)
 Thiess, L.² (Reinigungsdienst)
 Troll, P. (Haushalt/Drittmittel)

Legende zur Personal-Liste / Comments personnel list

- 1 Freie Mitarbeiter(in)
- 2 Teilzeit Mitarbeiter(in)
- 3 MPE-Stipendiat(in)
- 4 Humboldt-Stipendiat(in)
- 5 Fulbright-Fellowship
- 6 Fachhochschule
- 7 Ludwig-Maximilians-Universität München
- 8 Technische Universität München
- 9 Humboldt-Forschungspreisträger
- 10 Sonstige Gäste
- 11 Studentische Hilfskraft
- 12 JSPS Fellowship
- 13 IMPRS
- 14 Bessel-Stipendiat

5.1.4 Projekt-Gruppen / Science Project Teams

(Projektleiter unterstrichen / Project Managers underlined)

Physik des Erdnahen Weltraums

ACE / SEPICA
Klecker, Zanker-Smith.

CLUSTER / CIS
 Bouhram, Klecker, Marghitu, Paschmann, Puhl-Quinn, Scholer.

CLUSTER / Datenzentrum
 Georgescu, Klecker, Leistner, Volwerk.

CLUSTER / EDI
 Förster, Haaland, Paschmann, Puhl-Quinn, Vaith.

Double Star
 Georgescu, Klecker, Paschmann.

ROSETTA / Cosima
Höfner, Kissel.

ROSETTA-Lander
Haerendel (IUB), Thiel.

SAMPEX / HILT
Klecker, Scholer.

SOHO / CELIAS
Klecker, Scholer, Zanker-Smith.

STARDUST / CIDA
Haerendel (IUB), Kissel, Thiel.

STEREO / PLASTIC
Klecker, Zanker-Smith.

Infrarot- und Sub-mm-Astronomie

Deputies to the Director of the Group
Lutz, Tacconi.

Extragalaktische Beobachtungen
Baker, Dannerbauer, Dasyra, Gilbert, Lehnert, Nesvadba, Tacconi.

GaAs-Detektoren
Jakob, Katterloher, Smylie.

Herschel-PACS
Barl, Bauer, Berg v., Bickert, Cesarsky, Contursi, Feuchtgruber, Geis, Igl, Jakob, Katterloher, Kaiser, Kleiser, Kornberg, Krombach, Lutz, Merz, Müller T., Nägerl, Osterhage, Poglitsch, Schubert, Seidenschwang, Thiel, Wetzstein, Wieprecht, Wiezorrek, Wildgruber, Willnhammer, Yaroshenko.

ISO Spektrometer
Bauer, Feuchtgruber, Lutz, Osterhage, Raab, Rigopoulos, Sturm, Verma, Wieprecht.

KMOS
Hofmann, Lehnert, Rieger, Tomono, Harayama.

LBT, LUCIFER
Eisenhauer, Gemperlein, Hofmann, Lehnert, Tecza, Tomono.

PARSEC
Alvarez, Davies, Kellner, Li, Ott, Rabien, Zaglauer.

SOFIA
Fumi, Geis, Höhle, Klein, Poglitsch, Raab, Viehhauer.

SPIFFI
Abuter, Eisenhauer, Gilbert, Horrobin, Iserlohe, Röhle, Schegerer, Schreiber, Tecza.

Röntgen-Astronomie

CAST
Bräuninger, Kuster, Strüder.

Chandra (früher AXAF)
Aschenbach, Burkert, Burwitz, Costantini, Hartner, Predehl, Trümper.

DUO
Aschenbach, Bonerz, Bornemann, Briel, Burkert,

Friedrich, Hälker, Hasinger, Hengmith, Herrmann, Heuschmann, Hippmann, Hirschinger, Huber, Kettenring, Kink, Lange, Meidinger, Mießner, Müller, Pfeffermann, Predehl, Schopper, Strüder, Trümper, Wölfl.

GAVO
Adorf, Lemson, Voges.

ROSAT
Englhauser, Gruber, Voges, Zimmermann.

ROSITA
Aschenbach, Bonerz, Bornemann, Briel, Burkert, Friedrich, Hasinger, Hengmith, Heuschmann, Hippmann, Hirschinger, Huber, Kettenring, Kink, Lange, Meidinger, Müller, Pfeffermann, Predehl, Strüder, Trümper, Wölfl.

SDSS
Böhringer, Boller, Gallo, Hasinger, Huber M., König, Neuhäuser, Popesso, Voges.

Skinakas Observatorium
Bauer, Hasinger, Lieb.

SWIFT
Freyberg, Greiner, Hartner, Hasinger, Strong, Voges.

XEUS
Aschenbach, Boller, Bräuninger, Burkert, Friedrich, Hasinger, Krause, Meidinger, Schaller, Strüder, Trümper.

XEUS-WFI
Hälker, Herrmann, Meidinger, Mießner, Schopper, Strüder, Treis.

XMM-Newton
Aschenbach, Bohnet, Boller, Bornemann, Briel, Burkert, Dennerl, Englhauser, Freyberg, Gruber, Haberl, Hartner, Hengmith, Heuschmann, Hippmann, Hirschinger, Huber, Kastelic, Kettenring, Kink, Lange, Meidinger, Müller, Pfeffermann, Pietsch, Predehl, Schwentker, Strüder, Trümper, Voges, Wölfl, Zavlin, Zimmermann.

Gamma-Astronomie

COMPTEL
Collmar, Diehl, Kretschmer, Schönfelder, Schlarb, Strong.

EGRET
Kanbach, Mayer-Haßelwander.

GLAST
Diehl, Kanbach, Kienlin v., Lichti, Mayer-Haßelwander, Schönfelder, Strong.

GROND
Bornemann, Clemens, Fueger, Greiner, Hasinger, Huber H., Mayer-Haßelwander, Schrey, Szokoly, Thoene, Wölfl, Yoldas, Zaglauer.

INTEGRAL
Diehl, Kienlin v., Kretschmar, Kretschmer, Lerusse, Lichti, Pottschmidt, Rau, Schönfelder, Strong, Wunderer.

MEGA

Andritschke, Kanbach, Schönfelder, Schrey, Zoglauer.

OPTIMA

Kanbach, Schrey, Steinle H., Stefanescu.

Theorie**Adaptive Elektrode**

Annaratone, Bryant, Huber, Morfill, Steffes, Thomas.

Diamant-Labor

Dose, Jakob, Morfill, Rothermel, Shimitsu, Thomas.

Extragalaktische Astrophysik, Kosmologie, Supernovae, kompakte Objekte

Arevalo, Böhringer, Brinkmann, Ferrero, Finoguenov, Matsushita, Nowak, Popesso, Pratt, Schuecker, Xue, Zhang, Zimer.

GEC-Labor

Ivlev, Konopka, Morfill, Quinn, Samsonov, Sütterlin, Thomas, Zuzic.

Hochfeld-Labor

Huber, Konopka, Kretschmer, Morfill, Ratinskaya, Samsonov, Steffes, Tarantik.

IMPF

Annaratone, Goldbeck, Hagl, Höfner, Huber, Ivlev, Konopka, Morfill, Rothermel, Sütterlin, Tarantik, Thoma, Thomas, Zuzic.

Nichtlineare Dynamik, Komplexitätsanalyse

Aschenbrenner, Böhm, Bunk, Jamitzky, Monetti, Müller, Pompl, Räch, Scheingraber.

Paramagnet-Labor

Huber, Konopka, Morfill, Samsonov, Steffes, Zhdanov.

PK-3 Plus

Annaratone, Bigelmayr, Deutsch, Hagl, Huber, Ivlev, Konopka, Morfill, Rothermel, Stöcker, Sütterlin, Tarantik, Thomas, Zuzic.

PK-4

Höfner, Kretschmer, Morfill, Quinn, Tarantik, Thoma.

PKE-Nefedov

Annaratone, Bryant, Hagl, Ivlev, Khrapak, Klumov, Konopka, Kretschmer, Morfill, Quinn, Rothermel, Samsonov, Sütterlin, Thomas, Zhdanov, Zuzic.

Plasmaphysik

Dum, Jaroscheck, Matsukiyo, Scholer, Sidorenko, Treumann.

Sternentstehung

Ammler, Fuhrmann, Huélamo, Joergens, König, Mokler, Neuhäuser, Pečnik, Stelzer, Wuchterl.

Venus Express

Jaroscheck, Treumann.

Optische und interpretative Astronomie**Stellare Populationen und Galaxienentstehung:**

Bender, Hopp, Korn, Maraston, Pierini, Thomas.

MUNICS:

Bender, Drory, Hopp, Maraston, Salvato.

OmegaCAM:

Bender, Hopp.

Astro-WISE:

Bender.

KMOS:

Bender, Hopp, Rieger.

5.2 WISSENSCHAFTLICHE KOLLABORATIONEN BEI PROJEKTEN / SCIENTIFIC COLLABORATIONS IN PROJECTS

Argentinien

Observatorio Astronomico Felix Aguilar (OFA), Universität San Juan, and Instituto de Astronomia y Fisica del Espacio (IAFE), CONICET, Buenos Aires: H-alpha Solar Telescope for Argentina (HASTA).

Australien

Australia Telescope National Facility, Epping: ROSAT-Radio-Durchmusterung des Südhimmels.

Australian National University: Galaxienentstehung

Melbourne University: Astro-Plasmaphysik.

Swinburne University of Technology, Victoria: Millisecond Pulsars.

University of Sydney: Röntgen- und Radiobeobachtungen von Supernovaüberresten.

Belgien

CSL Liège, Katholieke Universiteit Leuven: Herschel-PACS.

Europäische Kommission, Joint Research Centre (JRC-IRMM), Geel: Entwicklung von großflächigen Röntgenfilter für ROSITA.

Université Catholique Louvain: INTEGRAL-Spektrometer SPI; Herschel-PACS.

Brasilien

Universidade de Sao Paulo: Galaxienentstehung.

China

Institute for High-Energy Physics (IHEP), Peking: AGN und unidentifizierte Gammaquellen auf COMPTEL und INTEGRAL.

University of Hongkong: Untersuchung der Strahlungsmechanismen an rotationsgetriebenen Pulsaren vom Röntgen- bis zum Gamma-Bereich.

Deutschland

Astrophysikalisches Institut Potsdam: ROSAT; ROSITA; XMM-Newton; GAVO; OPTIMA.

Christian-Albrechts-Universität, Kiel: CIPS; IMPF; komplexe Plasmen; STEREO.

DLR Berlin: SOFIA.

DLR-Köln Porz: Plasmakristall-Experiment; Rosetta Lander (ROLAND); PKE-Nefedov.

Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald: CIPS.

European Southern Observatory (ESO), Garching: KMOS Multiobjekt-Spektrograph für VLT; SINFONI abbildendes Spektrometer für VLT; PARSEC für die VLT Laser Guide Star Facility; ISO (extragalaktisches Program); ROSAT (MIDAS); Galaxienentstehung; AstroWise; OmegaCAM.

Fraunhofer Institut für Festkörpertechnologie, München: XEUS; ROSITA.

Fraunhofer Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme, Duisburg: Mikroelektronikentwicklungen; CAMEX 64B; JFET-CMOS Prozessor; XEUS; ROSITA.

Hamburger Sternwarte, Bergedorf: Identifizierung von Quellen aus der ROSAT-Himmelsdurchmusterung.

International University Bremen: Astro-Plasmaphysik.

Institut für Festkörperphysik und Werkstoff-Forschung, Dresden: Entwicklung weichmagnetischer Werkstoffe.

Institut für Astronomie und Astrophysik Tübingen: (IAAT): XMM-Newton; ROSITA; DUO.

Klinikum der Universität Regensburg: CIPS.

Landessternwarte Heidelberg-Königstuhl: Nahinfrarotspektrograph LUCIFER für LBT; Galaxienentstehung.

Ludwig-Maximilians-Universität, München: CIPS; OmegaCAM; AstroWise.

Max-Planck-Institut für Aeronomie, Lindau: Experiment CELIAS auf SOHO; Experiment CIS auf CLUSTER; Rosetta Lander (ROLAND); Multi-Ionen-Plasmatheorie.

Max-Planck-Institut für Astronomie, Heidelberg: IR-Kamera CONICA für das VLT1; PARSEC; Herschel-PACS; SDSS.

Max-Planck-Institut für Physik, Werner Heisenberg Institut, München: Entwicklung von CCDs; Aktive Pixeldetektoren (APS); JFET-Elektronik und Driftdetektoren für den Röntgenbereich; CAST.

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching: CIPS.

Max-Planck-Institut für Astrophysik, Garching: GAVO; SDSS; OPTIMA.

Ruhr-Universität, Bochum: CIPS.

Technische Universität Braunschweig, Institut für Geophysik und Meteorologie: Hybridcode-Simulationen; Mirror-Moden; CIPS.

Technische Universität München: CIPS.

Technische Universität Darmstadt: CAST.

Universität Bochum: komplexe Plasmen.

Universität Bonn: Test von Pixeldetektoren für XEUS; OmegaCAM; AstroWise.

Universität der Bundeswehr München: Venus Express.

Universität Freiburg, Inst. für Grenzgebiete der Psychologie und Psychohygiene e.V.: CIPS.

Universität Greifswald: komplexe Plasmen.

Universität Köln: Sharp 1; Galaktisches Zentrum.

Universitätssternwarte Göttingen: OmegaCAM.

Frankreich

CEA, Saclay: INTEGRAL-Spektrometer SPI; Herschel-PACS; CAST.

Centre d'Etude Spatiale des Rayonnements (UPS), Toulouse: Gamma-Burst-Auswertung ULYSSES; INTEGRAL-Spektrometer SPI; MEGA-Ballon.

Centre d'Etudes des Environnements Terrestres et Planétaires (CNRS), St Maur des Fossés: FAST-Auraphysik; IMPF.

GREMI-Lab, Orleans: komplexe Plasmen; Plasmakristall-Experiment auf ISS.

IGRP Marseille: Herschel-PACS.

Observatoire Astronomique de Strasbourg: Identifikation von ROSAT All-Sky Survey-Quellen in der LMC.

Observatoire de Meudon: AstroWise.

Université d'Orléans CNRS: PKE-Nefedov.

Griechenland

University of Crete and Foundation for Research and Technology-Hellas (FORTH), Heraklion: Ausbau und Betrieb der Skinakas Sternwarte; Untersuchung (windakkretierender) Röntgendoppelsternsysteme; Entwicklung und Einsatz des OPTIMA Photometers; optische Identifikation und Monitoring von Röntgen-AGN.

Großbritannien

Imperial College London: POE.

John Moores University, Liverpool: Himmelsdurchmusterung Galaxienhaufen.

Royal Observatory Edinburgh: Identifizierung von Galaxienhaufen in der ROSAT-Himmelsdurchmusterung; COSMOS/UKST-Katalog vom Südhimmel zur Identifikation von ROSAT-Quellen.

Rutherford Appleton Laboratory, Council for the Central Laboratory of the Research Councils: SIS-Junctions; CDS Mirror Calibration; komplexe Plasmen; Rosetta Lander (Roland); JSOC for CLUSTER; ROSAT.

University of Birmingham: INTEGRAL-Spektrometer SPI; XMM-Newton.

University of Cambridge, Astronomical Institute: Qualitative Analysis of Partial Differential Equations; APM-Katalog vom Nordhimmel zur Identifikation von ROSAT-Quellen.

University of Leicester: Kalibration von JET-X; XMM-Newton-Datenanalyse.

University of Wales, Cardiff: Filter für Herschel-PACS und SOFIA.

University Oxford: komplexe Plasmen; IMPF.

University of Sheffield: Astro-Plasmaphysik.

Israel

Ber Sheva University: Astro-Plasmaphysik.

School of Physics and Astronomy, Wise Observatory, Tel Aviv: Aktive Galaxien; Interstellares Medium; ISO extragalaktisches Programm.

Weizmann Institut, Rehovot: komplexe Plasmen; Galaktisches Zentrum.

Italien

Brera Astronomical Observatory: Jet-X; Himmelsdurchmusterung Galaxienhaufen; XEUS.

IASF Bologna: MEGA-Ballon.

IFCAI-CNR Palermo: BeppoSAX und XMM-Newton Beobachtungen von Neutronensternen und Pulsaren.

Istituto di Fisica Cosmica e Tecnologia, Mailand: INTEGRAL-Spektrometer SPI.

Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario (CNR), Frascati: ESIC; Herschel-PACS; CLUSTER/CIS.

OAA/LENS Firenze: Herschel-PACS.

OAP Padua: Herschel-PACS; OmegaCAM.

Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Florenz: Hardpoints für den LBT-Primärspiegel.

Osservatorio di Capodimonte, Napoli: OmegaCAM; AstroWise.

Politecnico di Milano: rauscharme Elektronik; Röntgendetektorentwicklung.

Universität Neapel: komplexe Plasmen.

Japan

Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN), Wako-shi: ASCA/ROSAT/XMM-Newton Analyse und Interpretation von AGN-Daten.

Institute of Space and Astronautical Science, Yoshinodai: ASCA/ROSAT-Projekt; Astro-F Solar System Observations; Astro-Plasmaphysik.

Kyushu University: IMPF.

Tohoku University: komplexe Plasmen; IMPF.

University of Tokyo: Astro-F Solar System Observations; Astro-Plasmaphysik.

Kroatien

Ministry of Science and Technology, Zagreb: CAST.

Niederlande

ESTEC, Noordwijk: XMM-Newton-TS-Spiegelkalibration; CCD Entwicklung; Radiation Performance Instrument; HST 2002 – 3D Instrumente auf HASTA; INTEGRAL; COMPTEL.

SRON, Utrecht: COMPTEL; Chandra-LETG.

Sterrewacht Leiden: SPIFFI/SINFONI; AstroWise; OmegaCAM.

TU Delft: Reflexionsmessungen an schwarzen Farben.

University Eindhoven: komplexe Plasmen; IMPF.

University of Groningen, Kapteyn Institute: Rekonstruktion der Dichteverteilung im Universum; OmegaCAM; AstroWise.

Norwegen

Universität Trømsø: komplexe Plasmen; IMPF.

Österreich

Institut für Weltraumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (IWF), Graz: CIS; EDI auf CLUSTER; geomagn. Schweif.

Universität und TU Wien: Herschel-PACS.

Portugal

Universität Lissabon: komplexe Plasmen.

Russland

Institute for High Energy Densities of the Russian Academy of Science, Moscow: Plasma-Kristall-Experiment (PKE); IMPF.

Institute Physics of Earth, Moscow: Plasmaphysik; Astro-Plasmaphysik.

Space Research Institute (IKI) of the Russian Academy of Science, Moskow: Kalibration des Experiments JET-X.

IHED Moskow: PKE-Nefedov; PK-3 Plus; PK-4.

Schweiz

CERN, Geneva: CAST.

International Space Science Institute, Bern: Plasmaphysik; Astro-Plasmaphysik.

Observatoire de Genève Sauverny, Geneva: ISDC.

Universität Bern: SOHO/CELIAS; STEREO/PLASTIC.

Spanien

Instituto de Astrofisica de Canarias (IAC), Laguna: Herschel-PACS.

Instituto de Fisica Cientificas, Santander: DUO.

Universität von Valencia, Department de Astronomia, Valencia: INTEGRAL-Spektrometer SPI; MEGA-Ballon.

Universidad de Zaragoza: CAST.

Taiwan

National Central University, Chungli: IMPF.

Türkei

Bogazici University, Istanbul: IMPF; CAST.

USA

Ball Aerospace, Boulder: DUO.

- Brookhaven National Laboratory: strahlenharte JFET-Elektronik; strahlenharte Detektoren.
- California Inst. of Technology, Pasadena: SAMPEX; ACE; X-ray Survey.
- Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA: DUO.
- Columbia Astrophysics Laboratory, New York: DUO.
- Dartmouth College, Hanover, NH: Weltraum-Plasmaphysik.
- Fermi National Accelerator Laboratory, Batavia; Penn State University, University Park; Princeton University Observatory, Princeton; University of Michigan, Ann Arbor; University of Washington, Seattle: Identifizierung von Quellen (Galaxienhaufen; AGN; CVs; T-Tauri-Sterne) aus der ROSAT-Himmelsdurchmusterung durch den Sloan Digital Sky Survey (SDSS).
- Harvard College Observatory, Cambridge, MA: DUO.
- Institute for Astronomy, Hawaii, Honolulu: Galaxienentstehung.
- Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley: Herstellung der Ge:Ga Detektorelemente für Herschel-PACS und SOFIA; Charakterisierung von GaAs-Detektormaterial.
- Marshall Space Flight Center, Huntsville: GLAST Gamma-Ray Burst Monitor; XMM-Newton and Chandra Beobachtungen von Neutronensternen, Pulsaren und Supernovaüberresten.
- NASA/Goddard Space Flight Center, Greenbelt/MD: ROSAT; SAMPEX; INTEGRAL-Spektrometer SPI; ACE; MEGA; STEREO; DUO.
- Naval Postgraduate School, Monterey: Modellierung der Halbleitereigenschaften von Galliumarsenidmaterial für Infrarotdetektoren.
- Naval Research Laboratory, Washington: Identifizierung von Galaxienhaufen in der ROSAT-Himmelsdurchmusterung; Radiopulsare; Installation des COSMOS/UKST-Katalogs; komplexe Plasmen – numerische Simulationen; MEGA.
- Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), Richland: CAST.
- Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge: Chandra-LETGS.
- Sonoma State University, Rohnert Park, CA: DUO.
- Space Telescope Science Institute, Baltimore: Galaxienentstehung.
- University of Arizona, Tucson: kosmische Strahlung; SOHO/CELIAS; Planetenentstehung; LBT.
- University of California, Berkeley: MPG/UCB-Kollaboration; Fern-Infrarot-Detektoren; Galliumarsenid-Zentrifuge; Polarlichtbeobachtungen; FAST; INTEGRAL-Spektrometer SPI; CLUSTER/CIS.
- University of California, San Diego: CLUSTER/EDI; INTEGRAL-Spektrometer SPI; IMPF.
- University of Colorado, Boulder: SAMPEX.
- University of Hawaii: ROSAT north ecliptic pole survey; DUO.
- University of Iowa, Iowa City: komplexe Plasmen; CLUSTER/EDI; IMPF; PKE-Nefedov.
- University of Illinois at Urbana-Champaign: FIFI-LS; DUO.
- University of Maryland, College Park, MD: SAMPEX; SOHO; ACE.
- University of New Hampshire, Durham: SEPICA/ACE; COMPTel; CLUSTER; SOHO; FAST; STEREO; MEGA.
- University of Pittsburgh: Galaxienentstehung.
- University of Southern California, Los Angeles, CA: SEM/CELIAS-Experiment auf SOHO.
- University of Texas, Austin: Galaxienentstehung.
- University of Toledo: Galaxienentstehung.
- University of Washington, Seattle: CLUSTER; CIS.
- University Space Research Association, Moffett Field: SOFIA.

5.3 MULTINATIONALE ZUSAMMENARBEIT / MULTINATIONAL COLLABORATIONS

- ASPI, The International Wave Consortium: CNR-IFSI Frascati, Italy; LPCE/CNRS Orleans, France; Dept. of Automatic Control and Systems University of Sheffield, UK.
- AstroWise: ESO Garching, LMU München, Universität Bonn, Germany; Sterrewacht Leiden, University of Groningen, The Netherlands; Osservatorio di Capodimonte, Napoli, Italy.
- BeppoSAX: ASI Space Research Institute Utrecht, ESTEC Noordwijk, The Netherlands.
- CAST: CERN Geneva Switzerland; TU Darmstadt, MPI für Physik (WHI) München, Germany; Universidad de Zaragoza, Spain; Bogazici University Istanbul, Turkey; Ministry of Science and Technology Zagreb, Croatia; CEA/Saclay DAPNIA/SED, France; Pacific Northwest National Laboratory, Richland, USA.
- CDFS, The Chandra Deep Field South: ESO Garching, Astrophysikalisches Institut Potsdam, Germany; IAP Paris, France; Osservatorio Astronomico Trieste; Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Trieste, Italy; Associated Universities Washington, Johns Hopkins University Baltimore, Space Telescope Science Institute Baltimore, USA; Center for Astrophysics Hefei, China.
- CDS – Coronal Diagnostic Spectrometer for the Solar and Heliospheric Observatory: Rutherford Appleton Laboratory Chilton, Mullard Space Science Laboratory London, University College London, Oxford University, UK; LPSP Verrieres-le-Buisson, Nice Observatory, France; Oslo University, Norway; ETH Zürich, Switzerland; GSFC Greenbelt, NRL Washington,

- HCO Cambridge, Stanford University, USA; Padova University, Turin University, Italy; MPAe Lindau, Germany.
- CELIAS – Experiment for SOHO: MPAe Lindau, TU Braunschweig, Germany; Universität Bern, Switzerland; IKI Moskow, Russia; University of Maryland College Park, University of New Hampshire Durham, University of Southern California Los Angeles, USA.
- Chandra: Marshall Space Flight Center Huntsville, Massachusetts Institute of Technology Cambridge, Smithsonian Astrophysical Observatory Cambridge, USA; Space Research Institute Utrecht, The Netherlands; Universität Hamburg, Germany.
- CIS-Experiment for CLUSTER: MPAe Lindau Germany; Universität Bern, Switzerland; CESR Toulouse, France; IFSI-CRR Frascati, Italy; Universität Heraklion, Greece; Lockheed Palo Alto Res. Lab., Space Science Lab., Univ. of California Berkeley, Univ. of New Hampshire Durham, Univ. of Washington Seattle, USA.
- COMPTEL: ESTEC Noordwijk, SRON Utrecht, The Netherlands; University of New Hampshire Durham, USA.
- DUO: Institut für Astronomie und Astrophysik Tübingen, Germany; Instituto de Fisica Cientificas Santander, Spain; Ball Aerospace Boulder, Carnegie Mellon University Pittsburgh, Columbia Astrophysics Laboratory New York, Harvard College Observatory Cambridge, NASA GSFC Greenbelt, Sonoma State University Rohnert Park, University of Hawaii Honolulu, University of Illinois Urbana, USA.
- EDI-Experiment for CLUSTER: University of New Hampshire Durham, University of California San Diego, USA.
- EGRET-Experiment auf dem GRO-Satelliten: GSFC/NASA Greenbelt, Stanford University CA, Gruman Aerospace Corp. Bethpage, USA.
- ESO-Key-Projekt (Rotverschiebungsdurchmusterung von ROSAT-Galaxienhaufen am Südhimmel): ESO Garching, Universität Münster, Germany; University Milano, University Bologna, Italy; Royal Observatory Edinburgh, Durham University, Cambridge University, UK; NRL Washington, USA.
- EURO3D Research Training Network for promoting 3D spectroscopy in Europe: Astrophysikalisches Institut Potsdam, ESO Garching, Germany; Institute of Astronomy Cambridge, University of Durham, UK; Sterrewacht Leiden, The Netherlands; CRAL Observatoire de Lyon, Laboratoire d'Astrophysique Marseille, Observatoire de Paris section de Meudon, France; IFCTR-CNR Milano, Italy; IAC La Laguna, Spain.
- FAST: SSL-UCB Berkeley, USA; CETP St.Maur, France.
- GLAST – Gamma-Ray Burst Monitor: Marshall Space Flight Center Huntsville, University of Huntsville, USA.
- GLAST – Gamma-Ray Large Area Space Telescope: Stanford University Palo Alto, Naval Research Laboratory Washington DC, Sonoma State University Rohnert Park, Lockheed Martin Corporation Palo Alto, University of California Santa Cruz, University of Chicago, University of Maryland Greenbelt, NASA Ames Research Center Moffett Field, NASA Goddard Space Flight Center for High Energy Astrophysics Greenbelt, Boston University, University of Utah Salt Lake City, University of Washington Seattle, SLAC Particle Astrophysics Group Palo Alto, USA; ICTP and INFN Trieste, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Trieste, Italy; University of Tokyo, Japan; CEA Saclay, France.
- Herschel – PACS (Photodetector Array Camera and Spectrometer): CSL Liège, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium; MPA Heidelberg, Universität Jena, Germany; OAA/LENS Firenze, IFSI Roma, OAP Padova, Italy; IAC La Laguna, Spain; Universität und TU Wien, Austria; IGRAP Marseilles, CEA Saclay, France.
- IMPF – International Microgravity Plasma Facility / IMPACT – International Microgravity Plasma, Aerosol and Cosmic Dust Twin Laboratory: Oxford University, UK; Université d'Orléans CNRS, France; Institute for High Energy Densities Moscow, Russia; University of Iowa, USA.; University of Tromsø, Norway; National Central University Chungli, Taiwan; Eindhoven University of Technology, The Netherlands; University of California, San Diego, USA.; Tohoku University, Kyushu University, Japan; Christian-Albrechts-Universität Kiel, Germany.
- INTAS – Cooperation of Western and Eastern European Scientist: France, Germany, Norway, Russia.
- ISDC – INTEGRAL Science Data Centre: Observatoire de Geneva Saclay, Switzerland; Service d'Astrophysique Centre d'Etudes de Saclay, France; Rutherford Appleton Laboratory Oxon Dept. of Physics University Southampton, UK; Institut für Astronomie und Astrophysik Tübingen, Germany; Danish Space Research Institute Lyngby, Denmark; University College Dublin, Ireland; Istituto di Fisica Milano, Istituto di Astrofisica Spaziale Frascati, Italy; N. Copernicus Astronomical Center Warsaw, Poland; Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences Moscow, Russia; Laboratory for High Energy Astrophysics GSFC Greenbelt, USA.
- INTEGRAL-Spectrometer SPI: Centre d'Etude Spatiale des Rayonnements (CESR) Toulouse, CEA Saclay Gif-sur-Yvette, France; Institute de Physique Nucleaire Université de Louvain, Belgium; Istituto di Fisica Cosmica e Tecnologia del CNR Milano, Italy; University de Valencia Burjassot, Spain; University of Birmingham, UK; NASA/GSFC Greenbelt, University of California Berkeley, University of California, San Diego, USA.
- ISO-SWS Software und Kalibration: SRON Groningen, The Netherlands; KU Leuven, Belgium; ESA Villafraanca Spain.
- JET-X Spectrum-X/SWIFT: Rutherford Appleton Labo-

- ratory, University of Leicester, University Birmingham, Mullard Space Science Laboratory London, British National Space Centre London, UK; Osservatorio Astronomico di Brera, Istituto Fisica Cosmica e Informatica del CNR Palermo, Istituto Fisica Cosmica del CNR Milano, Università Milano, Istituto Astronomico di Roma, Italy; Space Science Department ESTEC, Noordwijk, The Netherlands; Institute for Space Research, Moscow, Russia; Research Institute for Particle and Nuclear Physics, Budapest, Hungary.
- KMOS Study for a VLT multi-IFU near-infrared spectrograph: Universitätssternwarte München, Germany; University of Durham, ATC Edinburgh, University of Oxford, Bristol University, UK.
- LBT, Large Binocular Telescope Projekt: MPIA Heidelberg, MPIfR Bonn, Landessternwarte Heidelberg Königstuhl, Astrophysikalisches Institut Potsdam, Germany; University of Arizona Tucson, USA; Osservatorio Astrofisico di Arcetri Firenze, Italy.
- Lockman Hole, optical/NIR identifications: Astrophysikalisches Institut Potsdam, ESO Garching, Germany; Istituto di Radioastronomia del CNR Bologna, Italien; Associated Universities Washington, California Institute of Technology Pasadena, Institute for Astronomy Honolulu, Princeton University Observatory, Pennsylvania State University University Park, USA; Subaru Telescope NAO Hilo, Japan.
- MEGA: GACE Univ. de Valencia, INTA Madrid, Spain; IASF, CNR Bologna, Italy; CESR Toulouse, France; University of New Hampshire Durham, Columbia University N.Y., GSFC/NASA Greenbelt MD., NRL Washington D.C., University of Alabama Huntsville AL, Los Alamos LANL, NM, University of California, Riverside, CA., USA.
- OmegaCAM: ESO Garching, LMU München, Universität Bonn, Universitätssternwarte Göttingen, Germany; Sterrewacht Leiden, University of Groningen, The Netherlands; Osservatorio di Capodimonte, Napoli, OAP Padua, Italy.
- Plasmakristall-Experiment PKE-Nefedov: IHED Moscow, Russia; University of Iowa Iowa City, USA; DLR-Köln, Germany; Université d'Orléans CNRS, France.
- PK-3 Plus (Plasmakristall-Experiment): IHED Moscow, Russia.
- PK-4 (Plasmakristall-Experiment): IHED Moscow, Russia.
- Plasmaphysik, Astro-Plasmaphysik: International Space Science Institute Bern, Switzerland; Institute Physics of Earth, Moscow, Russia; University of Sheffield, UK.
- PLASTIC-Experiment für STEREO: University of New Hampshire Durham, NASA/GSFC Greenbelt, USA; Universität Bern, Switzerland; Universität Kiel, Germany.
- POE: Imperial College London, Institute for Astronomy Edinburgh, UK; MPIA Heidelberg, Germany; IAP Paris, France; Leiden Observatory, The Netherlands; Padova Observatory, Italy; IAC La Laguna, Spain.
- ROSITA: CEA Saclay, France; Instituto de Fisica de Cantabria, Spain; Europäische Kommission Joint Research Centre (JRC-IRMM), Geel, Belgium; Landessternwarte Heidelberg, LMU München, Universität Bochum, Universität Göttingen, Universität Hamburg, Universität Bonn, Universität Potsdam, Germany; SRON Utrecht, The Netherlands; Geneva Observatory Switzerland; Institute of Astronomy, Cambridge, UK; Osservatorio Bologna, Italy.
- SDSS (Sloan Digital Sky Survey): Univ. of Washington, Seattle, Fermi National Accelerator Laboratory, Batavia, IL, Univ. of Michigan, Ann Arbor MI, Carnegie Mellon Univ., Pittsburgh, PA, Penn State Univ., University Park PA, Princeton Univ. Observatory, Princeton, NJ, The Institute of Advanced Study Princeton, NJ, Space Telescope Science Institute, Baltimore, MD, Johns Hopkins Univ. Baltimore, MD, USA.
- SWIFT: NASA/GSFC Greenbelt, Penn State University, USA; University of Leicester, Mullard Space Science Laboratory London, UK; Osservatorio Astronomico Brera, Italy.
- XEUS: University of Leicester, UK; SRON Utrecht, The Netherlands; Institut für Astronomie und Astrophysik Tübingen, Germany; CESR Toulouse, France; Institute of Space and Astronautical Science (ISAS), Japan.
- XMM-Newton / SSC: Astrophysikalisches Institut Potsdam, Germany; SAP Saclay, CDS Strasbourg, CESR Toulouse, France; University of Leicester, Institute of Astronomy Cambridge, MSSL London, UK.
- XMM-Newton / TS: ESTEC, Noordwijk, The Netherlands.
- XMM-Newton: SAP Saclay, IAS Orsay, CESR Toulouse, France; University of Leicester, University Birmingham, UK; CNR Mailand-Palermo-Bologna-Frascati, Osservatorio Astronomico Mailand, Italy; Institut für Astronomie und Astrophysik Tübingen, Germany.

5.4 ZUSAMMENARBEIT MIT FIRMEN / INDUSTRIAL COLLABORATIONS

- Albedo GmbH, Neubiberg: Beratung bei der Entwicklung der Elektronik für das Antikoinzidenzsystem des INTEGRAL-Spektrometers SPI; Elektronik-Entwicklung und Fertigung für MEGA; Soft- and Hardware Entwicklung für PKE-Nevedov und PK-3 Plus.
- ASTEQ GmbH, Kelkheim: Fertigung von Detektorarrays aus gedrücktem Ge:Ga und Bearbeitung von Detektorproben aus Galliumarsenid.
- Buchberger GmbH, Tuchenbach: Fertigung Strukturteile für PANTER-Manipulatoren und OPTIMA; FIFI-LS; Strukturteile CAST und SWIFT.
- Cryovac Tieftemperaturtechnik, Troisdorf: Konstruktion und Bau des Testkryostaten für Herschel-PACS.
- Astrium, Friedrichshafen: Bau des Antikoinzidenzsystems für das INTEGRAL-Spektrometer SPI.
- Drollinger, Birkenfeld: Vergoldung von Detektorteilen für FIFI-LS.
- ESS, Landsberg: Wartung der Elektroinstallation; Ergänzung der Ansteuerungseinheit für das Vakuumpumpensystem; Fertigung von elektrischen Ansteuerungen für die Testanlagen PANTER, CALIFA und PU-MA.
- Guido Lex Werkzeugbau GmbH, Miesbach: Strukturteile für FIFI-LS.
- Hans Englett OHG, Berlin: Fertigung von Frontplatten und Meßvorrichtungen.
- ESL GmbH, Berlin: Fertigung von Leiterplatten.
- Feinmechanische Werkstatt Steingroß, Berlin: Konstruktion und mechanische Fertigung; Meßvorrichtungen.
- Feinwerkoptik Zünd AG, Buchs, Schweiz: Prismen für Himmelspinne von SPIFFI/SINFONI.
- Freyer GmbH, Tuningen: Fertigung von Strukturteilen für LBT-Hardpoints; LUCIFER; FIFI-LS; PANTER.
- GEWO, Wörth/Hörlkofen: Strukturteile für FIFI-LS.
- IMEC, Leuven, Belgium: Herstellung von kryogenen Ausleseelektronik-Schaltkreisen in neuer CMOS Technologie für IR-Detektoren auf Herschel-PACS; FIFI-LS.
- Infraserv, Eching: Vakuumtechnische Einrichtungen.
- Ingenieurbüro Buttler, Essen: Front-End Elektronikentwicklung für XEUS und ROSITA.
- Ingenieurbüro Dohnalek, München: Entwurf FIFI-LS und Unterstützung beim Entwurf gedrückter Ge:Ga-Arrays.
- Ingenieurbüro Weisz, München: Design und Konstruktion für SPIFFI/SINFONI; LUCIFER; KMOS und PACS Testoptik; FIFI-LS.
- Jena Optronik GmbH, Jena: Phase B Studie für den GLAST Burst Monitor.
- Kayser-Threde GmbH, München: Hauptkontraktor für Herschel-PACS; Halbleiter-Detektoren Gamma-Astronomie; Plasmakristall-Experiment auf der Internationalen Raumstation; IMPF/IMPACT; ROSITA.
- Klocke Nanotechnik, Aachen: Fertigung von Antriebseinheiten für den KMOS Kippspiegel.
- Kugler GmbH., Salem: Spiegel für OPTIMA.
- Labor für Mikrozerspanung, Universität Bremen: Herstellung der Spiegel für SPIFFI/SINFONI; Metalloptik für FIFI-LS.
- Laser Zentrum Hannover e.V., Hannover: Entwicklung einer breitbandigen Antireflexbeschichtung für die Linsenoptik von SPIFFI.
- microconnect h. schiffner, Allensbach: Bonden von Detektoren für MEGA.
- Norden & Neidhardt, Zenthen: Hard- und Software-Entwicklung; Leiterplattenentflechtung und -entwurf.
- Pantolsky GmbH, Neuried: Betreuung der Testanlage PANTER.
- PNSensor, München: Entwicklung und Fertigung von Halbleiterdetektoren.
- Pribil D., Unterhaching: Fertigung von Strukturteilen für OPTIMA; SPIFFI; LUCIFER.
- RAMS-CON Management Consultants, Assling: Sicherheitsanalyse SPIFFI.
- Sagem, Paris: Fertigung von Filtern für OmegaCAM.
- SCHOTT GLAS, Mainz: Machbarkeitsstudie zur Spiegelfertigung; XEUS.
- Siemens AG, München: Fertigung von Masken für pn-CCDs.
- Stöhr, Königsbrunn: Entwicklung und Fertigung des Testkryostaten für LUCIFER und KMOS.
- Swiss Optik AG, Heerbrugg, Schweiz: Politur der Linsen von SPIFFI.
- Technotron, Lindau: Entwicklung und Fertigung der Platinen Layouts für ROSITA; Fertigung Koinzidenzplatinen MEGA.
- Thomas Markl GmbH, Deisenhofen: Fertigung von Strukturteilen für PACS und FIFI-LS.
- Wacker Siltronik, Burghausen: Herstellung von Epitaxieschichten auf hochohmigem FZ-Silizium mit geringer metallischer Verunreinigung für ROSITA.
- Zeiss, Oberkochen: Politur der Spiegel für SPIFFI.
- Zumtobel, Dornbirn, Österreich: Gittertestteile für FIFI-LS.

5.5 AKTIVITÄTEN IM WISSENSTRANSFER / ACTIVITIES IN TRANSFER OF KNOW-HOW

Durch unsere vielen Kooperationen mit anderen Forschungseinrichtungen und der Industrie ergibt sich ein natürlicher Wissenstransfer. Dies gilt auch bei der Vergabe von Aufträgen an die Industrie. Im Gegensatz dazu sind im folgenden industriefinanzierte Forschungsk Kooperationen bzw. Beratungstätigkeiten sowie erteilte Patente und vergebene Lizenzen aufgeführt.

The many cooperations with industry and other research groups automatically lead to a transfer of scientific know-how; this holds also if orders are given to industry. In contrast, we list in the following those cooperations which are financed by industry as well as patents and licenses

A) Industriefinanzierte Forschungsk Kooperationen / Research cooperations financed by industry

Dr. Johannes Heidenhain-Stiftung, Traunreut: Technologische Entwicklung auf dem Gebiet der Röntgenoptik und Röntgenspektroskopie; Absolutkalibrierung eines Röntgen-CCD Systems.

Knoll AG, Ludwigshafen: Analysen von Langzeitkardiogrammen.

Linos AG / Rodenstock Präzisionsoptik, München: Melanomerkennung.

MAHLE GmbH, Stuttgart: Bildanalyse zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung.

OHB-System GmbH, Bremen: Voruntersuchung für einen flexiblen S/W Simulator für Kleinsatelliten.

PROTEOSYS AG, Mainz: Datenanalyse in Biotechnologie.

PTS – Papiertechnische Stiftung, Heidenau/München: Entwicklung von Maßen für die Formation von Papier.

B 1) Lizenzen / licenses

Ganimed AG, Freiburg: EKG-Analysen.

Knoll AG, Ludwigshafen: Pharmakologie.

Linos AG / Rodenstock Präzisionsoptik, München: Melanomerkennung.

B 2) Lizenzverhandlungen / licensing agreements pending

Kayser-Threde GmbH, München: komplexe Plasmen.

C) Kooperationen mit Universitäten (vertraglich) / Cooperation with Universities (contracts)

Anästhesiologie / anaesthesiology:

Klinik für Anästhesiologie, Klinikum Rechts der Isar, TU München.

Rastersonden-Mikroskopie:

Institut für Kristallographie und Angewandte Mineralogie, Ludwig-Maximilians-Universität, München.

Röntgendiagnostik / radio diagnostics:

Institut für med. Statistik und Epidemiologie, TU München; Institut für Röntgendiagnostik, TU München.

D) Patente / Patents

Verfahren und Einrichtung zur Raumfilterung (D, Eu, USA, J); Pat. 700 544.

Verfahren und Vorrichtung zur Mustererfassung (D, Eu, USA, J); Pat. 825 543.

Teilchenmanipulierung (D, Eu, USA, Japan, Russia); Pat.-Anm. 197 13 637.0.

Melanomerkenung (D); Pat.-Anm. 197 54 909.

Streifendetektor (Eu, USA, Japan); Pat.-Anm. PCT/DE 97/01015.

Verfahren und Vorrichtung zur Segmentierung einer Punkteverteilung (D); Anmeldung: # 199 28 231-5.

Silicon Strip Detector (USA, Pat.No.: VS6,184,562 B1).

Controlled Drift Detector, EP Appl. No. 988 300 89.3.

Leitungsüberführung (D, Eu) PCT/EP 03/03209.

Eintrittsfenster (D) DE 102 60 229.8.

5.6 STATISTIK / STATISTICS

Veröffentlichungen / Publications ^{*)}		Personal /Personnel	
Referierte Zeitschriften / refereed journals	307 (125)	Stammpersonal / staff total	196
Referierte Proceedings / refereed proc.	39 (18)	davon Wissenschaftler / staff scientists	52
Bücher / books	9 (3)	Drittmittelbeschäftigte / project funding	94
Sonstige Publikationen / other publications	198 (117)	davon Wissenschaftler / project scientists	84
Vorträge / talks	390	Wissenschaftlicher Nachwuchs / scientific assistant (incl. Doktoranden)	40
Poster	43	International Max-Planck-Research School (IMPRS)	13
		Studenten / students (Diplom / diploma)	10
		Auszubildende / apprentices	8
		MPE Mitarbeiter / MPE employees (gesamt / total)	361
		Gastwissenschaftler und Stipendiaten / guest scientists and fellows	<u>30</u>
		Insgesamt / total	<u>391</u>

Veröffentlichungen pro Arbeitsgruppe / Publications per research group ^{*)}

Arbeitsgruppe / research group	referierte Veröff. / refereed publ.	referierte Proc. / refereed proc.	Bücher/ books	sonst. Veröff. / other publ.	Vorträge / talks	Poster
Plasma / plasma	27 (8)	7 (0)	2 (1)	6 (3)	42	7
Infrarot / infrared	52 (19)	3 (2)	3	69 (38)	61	7
Röntgen / X-ray	75 (25)	10 (8)	3 (2)	58 (39)	144	6
Gamma / gamma	53 (14)	5 (4)	0	27 (12)	41	5
Theorie / theory	76 (47)	14 (4)	1	30 (20)	82	16
Astronomie / astronomy	23 (11)	0	0	8 (5)	19	1
UV-Spektrosk. / UV-Spectr.	1 (1)	0	0	0	1	0

^{*)} Die in Klammern angegebenen Zahlen geben die Anzahl der Veröffentlichungen mit einem ersten Autor aus dem MPE an. Veröffentlichungen mit Beteiligung aus mehreren Arbeitsgruppen sind bei der Gruppe des führenden Autors gezählt.

^{*)} The numbers in brackets give the number of publications with a first author from MPE. Publications with contributions from more than one research group are classed with the group of the leading author.

Max-Planck-Institut
für extraterrestrische Physik

Giessenbachstraße
85748 Garching
Telefon: (0 89) 30000-0
Telefax: (0 89) 30000-3569
email: mpe@mpe.mpg.de
<http://www.mpe.mpg.de>

Alle Rechte vorbehalten:
Dokumentationsstelle des MPE
ISSN 0947-8787
Mai 2004