JAHRESBERICHT 2004 / ANNUAL REPORT 2004

MPE REPORT 287

Max-Planck-Institut
für extraterrestrische Physik

Impressum

Inhaltliche Verantwortung:	R. Genzel
Redaktion und Layout:	W. Brinkmann, R. Lange und J. Zanker-Smith
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, F. Haberl, B. Klecker, S. Komossa,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

1. Auflage Juni 2005 (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 ... 22

2.3 Galaxien und AGN / Galaxies and AGN ... 35

2.4 Großräumige Struktur und Kosmologie / Large-Scale Structure and Cosmology ... 54

2.5 Komplexe Plasmen / Complex Plasmas ... 72

3 Experimentelle Entwicklung und Projekte / Experimental Development and Projects **84**

3.1 Physik des erdnahen Weltraums / Space Physics of the Near-Earth Environment ... 84

3.2 IR/Submillimeter Astronomie / IR/Submillimeter Astronomy ... 87

3.3 Röntgenastronomie / X-Ray Astronomy ... 94

3.4 Gamma-Astronomie / Gamma-Ray Astronomy ... 102

3.5 Komplexe Plasmen / Complex Plasmas ... 105

3.6 Optische und Interpretative Astronomie /Optical and Interpretative Astronomy ... 111

3.7 Technologietransfer / Know-how Transfer ... 116

3.8 Zentrale Bereiche / General Services ... 126

4 Veröffentlichungen, Lehrveranstaltungen / Publications, Teaching **130**

4.1 Referierte Veröffentlichungen / Refereed Publications ... 130

4.2 Referierte Proceedings / Refereed Proceedings ... 144

4.3 Nicht-referierte Veröffentlichungen / Non-refereed Publications ... 149

4.4 Bücher / Books ... 155

4.5 Poster / Posters ... 156

4.6 Vorträge / Talks ... 158

4.8 Dissertationen ... 168

4.9 Diplomarbeiten ... 168

4.10 Lehrveranstaltungen / Teaching ... 168

4.11 Seminare und Workshops / Seminars and Workshops ... 170

4.12 Öffentlichkeitsarbeit / Public Relations Work ... 170

5 Personal, Projekte, Kollaborationen / Personnel, Projects, Collaborations **171**

5.1 Personal / Personnel ... 171

5.2 Wissenschaftliche Kollaborationen / Scientific Collaborations ... 178

5.3 Multinationale Zusammenarbeit / Multinational Collaborations ... 181

5.4 Zusammenarbeit mit Firmen / Industrial Collaborations ... 184

5.5 Aktivitäten im Wissenstransfer / Activities in Transfer of Know-how ... 185

5.6 Statistik / Statistics ... 186

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 2004 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 Forschungsschwerepunkte 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 2004 waren – in chronologischer Reihenfolge:

- Im Februar 2004 erreichte der neue Aktive Pixel Sensor DEPFET ohne Kühlung bei Raumtemperatur ein elektronisches Rauschen von nur 2 Elektronen.
- Inbetriebnahme von SPIFFI/SINFONI als ein neues, am ESO VLT allgemein verfügbares Instrument im August 2004.
- Einweihung des „Large Binocular Telescope“ (LBT) im September 2004.
- Professor V. Schönfelder, einer der Pioniere der Gamma-Astronomie, trat im Oktober 2004 in den Ruhestand.
- Der Start des SWIFT-Satelliten durch die NASA im Oktober 2004 leitet ein neues Kapitel der Gamma-Burst-Forschung ein.
- Evaluierung durch den Fachbeirat im November/Dezember 2004.
- Lieferung der 1°-Kamera OmegaCam für das VST Teleskop an ESO im Dezember 2004.
- Das äußerst erfolgreiche inter-institutionelle Forschungsprogramm CIPS wurde nach 5-jähriger Laufzeit im Dezember 2004 abgeschlossen.

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 2004 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 2004 were – in chronological order:

- In February 2004 the new Active Pixel Sensor DEPFET reached at room temperatures without cooling an electronic noise of only 2 electrons.
- Commissioning of SPIFFI/SINFONI as a new facility instrument at the ESO VLT in August 2004.
- Inauguration of the “Large Binocular Telescope” (LBT) in September 2004.
- Professor V. Schönfelder, one of the pioneers of gamma-ray astronomy retired in October 2004.
- NASA’s launch of the SWIFT satellite in October 2004 opened a new chapter of gamma burst research.
- Evaluation of the Fachbeirat in November/December 2004.
- Delivery of the 1°-Camera OmegaCam for the VST telescope to ESO in December 2004.
- After 5 years the extremely successful inter-institutional research program CIPS came to an end in December 2004.

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 Reinhard Genzel
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 Gammaspektralbereichen 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 Neutronensternen bis zu Galaxienhaufen, den größten Formationen im Kosmos. Viele unserer Experimente werden notwendigerweise oberhalb der dichten, absorbierenden Erdatmosphäre mit Raketen, Satelliten und Raumsonden durchgeführt. 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 wurden im gemeinsam mit dem Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) gegründeten „Centre for Interdisciplinary Plasma Science" durchgeführt.

Struktur und Ausstattung des Instituts dienen dem

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 were conducted within the "Centre of Interdisciplinary Plasma Science", a joint initiative between the MPE and the Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP).

The evolution of organisational structures within our

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 Halbleiter-Labor 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 Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), der

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 organisations such as ESA and ESO as well as the European Community, with additional financial contributions

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. Die im Jahre 2001 gegründete „International Max-Planck Research School on Astrophysics“ an der Ludwig-Maximilians-Universität München, erbrachte eine wesentliche Intensivierung der Doktorandenausbildung im Raum Garching/München.

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. The “International Max-Planck Research School on Astrophysics” at the Ludwig-Maximilians-Universität München, in operation since 2001, resulted in a substantial build up of the doctoral programs in the Garching/München area.

2 WISSENSCHAFTLICHE ERGEBNISSE / SCIENTIFIC RESULTS

2.1 PHYSIK DES SONNENSYSTEMS / SOLAR SYSTEM PHYSICS

Das Sonnensystem umfasst die Sonne, die 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 plasma-physikalische Phänomene in der Erdmagnetosphäre und in ihren Grenzschichten untersucht, sowie im interplanetaren Raum und bei Planeten.

In der Magnetosphärenphysik markiert die Cluster Mission den Beginn einer neuen Zeit von Multi-Satelliten Missionen. Im Berichtsjahr standen insbesondere Untersuchungen der an der Bugstoßwelle der Erde beschleunigten Ionen, der Struktur und Dynamik der Magnetopause, und zur Kopplung zwischen Magnetosphäre und Ionosphäre im Vordergrund. Energetische Ionen solaren Ursprungs werden mit unseren Instrumenten auf SOHO und ACE gemessen. Aus der Ladungsanalyse von mit Flares korrelierten impulsiven Ereignissen wurden neue Erkenntnisse über den Ursprung dieser Teilchen in niedrigen Höhen der solaren Korona gewonnen.

Diese in-situ Messungen werden durch theoretische Untersuchungen und numerische Simulationen ergänzt. Hierzu gehören numerische Simulationen der Rekonnexion und von quasi-parallelen und quasi-senkrechten stoßfreien Stoßwellen.

Neben der Plasmaphysik berichten wir noch über neue Messungen von Röntgenstrahlung vom Mars mit Chandra.

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 and at other planets.

With Cluster we are at the advent of a new age of multi-spacecraft missions in magnetospheric physics. In 2004 we studied, in particular, acceleration processes at Earth's bow shock, the structure and dynamics of the magnetopause, and magnetosphere–ionosphere coupling processes. Energetic ions of solar origin are measured with our experiments onboard SOHO and ACE. The analysis of ionic charge states in flare related impulsive solar energetic particle events resulted in new insights into the origin of these particles, accelerated at low coronal altitudes.

These in-situ measurements are complemented by theoretical investigations and numerical simulations. These include numerical simulation of reconnection, of quasi-parallel and of quasi-perpendicular collisionless shocks.

Besides plasma physics we report new results on X-ray measurements from Mars obtained with Chandra.

2.1.1 Erdmagnetosphäre / Earth's Magnetosphere

Diffuse Ionen vor der Bugstoßwelle der Erde / Diffuse Upstream Ions at the Earth's Foreshock

Cluster erlaubt zum ersten Mal die gleichzeitige Messung von energetischen Ionen vor der Bugstoßwelle der Erde bei verschiedenen Abständen. Es wurde in der Vergangenheit gezeigt, dass solche Ionen immer gleichzeitig mit niederfrequenten hydromagnetischen Wellen auftreten: die Wellen werden durch die Strömung der Teilchen erzeugt, und diese Wellen streuen die Teilchen wieder. Dies führt zu einem diffusiven räumlichen Transport. Wir haben mit den CIS-2 Sensoren auf Cluster 1 und 3 die Dichte der Ionen im Energiebereich von 10 bis 32 keV gemessen (Abb. 2-1). Unter Benutzung eines Modells für die Geometrie der Bugstoßwelle wurden dann der Abstand zwischen beiden Satelliten und der Abstand jedes Satelliten zur Bugstoßwelle entlang des Magnetfelds bestimmt. Hieraus lässt sich der Gradient der Teilchen bei verschiedenen Abständen von der Bugstoßwelle berechnen. Der Gradient fällt in dem untersuchten

Cluster provides for the first time simultaneous measurements of energetic ions upstream of Earth's quasi-parallel bow shock with several spacecraft. It has been demonstrated in the past that there is a one to– one correlation between the presence of diffuse upstream ions and the occurrence of hydromagnetic waves in the foreshock region: the waves are excited by the particle streaming and the particles are pitch angle scattered by the waves. This leads to a diffusive particle transport. We measured the ion densities in the energy range 10-32 keV with the CIS-2 sensors on spacecraft 1 and spacecraft 3 upstream of Earth's bow shock (Fig. 2-1). Using a bow shock model we determined the distance of spacecraft 1 and spacecraft 3 to the shock along the magnetic field. From the differences of the partial densities of energetic ions at various distances from the bow shock we determined the spatial density gradient of the ions. The gradient de-

Energiebereich exponentiell ab, die Abfalllänge liegt zwischen 0.5 und 2.8 Erdradien und steigt linear mit der Energie der Ionen an (Abb. 2-2). Aus der Abfalllänge lässt sich die freie Weglänge, λ, und die charakteristische Zeit τ_{acc} für Stoßwellenbeschleunigung berechnen. Für 30 keV Ionen ist die freie Weglänge etwa 2.4 Erdradien groß, und die charakteristische Beschleunigungszeit liegt bei 120 sec. Dies zeigt, dass der Transport der Ionen vor der Bugstoßwelle diffusiv ist, und dass die Beschleunigung an der Bugstoßwelle sehr effizient ist.

creases in the energy range 10-32 keV exponentially with distance from the shock with an e-folding distance from 0.5 R_E to 2.8 R_E and the e-folding distance depends approximately linearly on ion energy. Fig. 2-2 shows the e-folding distance obtained between 10 and 32 keV. The e-folding distance is directly related to the scattering mean free path, λ, and to the acceleration τ_{acc} of the ions. We obtain for 30 keV protons a value of 2.4 R_E for λ and 120 sec for the acceleration time scale. This demonstrates that ion transport in the upstream region is diffusive and acceleration at the bow shock is very efficient.

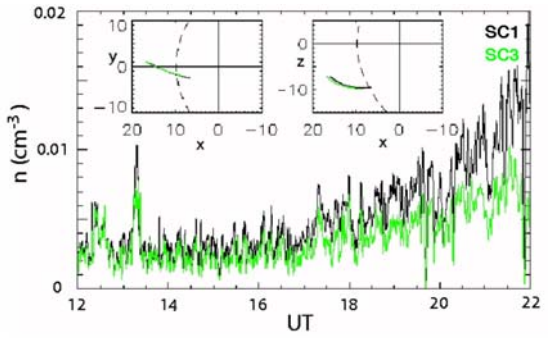


Abb. 2-1: Die partielle Dichte im Energiebereich 24-32 keV von Ionen vor der Bugstoßwelle der Erde am 18. Februar 2003.

Fig. 2-1: Partial density of ions in the energy range 24-32 keV upstream of Earth's bow shock on 18. February 2003.

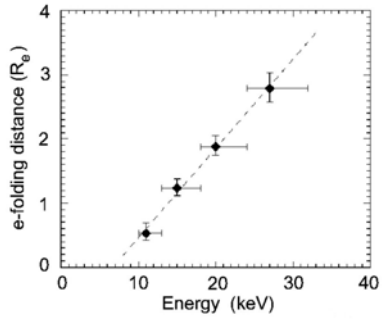


Abb. 2-2: Die charakteristische Distanz, mit welcher die Ionendichte als Funktion des Abstands abfällt, in vier Energiebereichen.

Fig. 2-2: The e-folding distance obtained by fitting an exponential to the partial density gradient in 4 energy channels.

Eigenschaften der Flanken-Magnetopause / Characteristics of the Dawn-Side Magnetopause

Die Magnetopause ist eine dünne Stromschicht, die den Sonnenwind vom Magnetfeld der Erde trennt. Wenn sich diese Schicht über einen Satelliten hinweg bewegt, dann zeigen dessen Instrumente abrupte Änderungen in den Magnetfeld- und Plasmaeigenschaften. Da aber die Geschwindigkeit dieser Bewegung a-priori unbekannt ist, kann man die Dicke der Schicht nicht bestimmen. Cluster erlaubt es nun, aus den Durchgangszeiten der Magnetopause bei den vier Satelliten, deren Orientierung und Geschwindigkeit, und damit auch deren Dicke direkt zu berechnen. Die Abb. 2-3 und 2-4 zeigen für 96 Magnetopausendurchgänge an der morgenseitigen Flanke der Magnetosphäre die Verteilung der Fälle auf bestimmte Intervalle von Dicke und Geschwindigkeit.

The magnetopause is a thin sheet of electric current that separates the solar wind from the Earth's magnetic field. When this boundary moves over a spacecraft, its instruments will record abrupt changes in magnetic field and plasma properties. But as the speed of the boundary motion is unknown a-priori, one cannot determine its thickness. With Cluster, one can use the timing of the crossings recorded by the four spacecraft to directly determine the orientation and velocity of the magnetopause, and from this calculate its thickness. Fig. 2-3 and 2-4 show the results for 96 crossings of the dawnside magnetopause in terms of the number of cases that fell within specified ranges of thickness, speed, and current.

Auffallend ist der große Bereich der Magnetopausendicke, von weniger als 200 km bis zu Tausenden von km. In einfachen Modellen sollte die Dicke durch den Gyrationsradius der Ionen gegeben sein, denn dieser bestimmt, wie tief die Ionen in das Erdmagnetfeld eindringen können. Der Gyrationsradius betrug in den untersuchten Fällen aber nur etwa 50 km. Die Magnetopause ist also meist sehr viel dicker als einfache Überlegungen erwarten lassen. Auffallenderweise korrelieren die Dickenvariationen auch nicht mit irgendeiner der Größen des Sonnenwindes oder des interplanetaren Magnetfeldes.

Particularly striking is the large range of thicknesses, from less than 200 km to thousands of km. In simple models the magnetopause thickness should scale as the ion gyro radius, because the gyro radius determines how deep the incident solar wind ions can penetrate the Earth's magnetic field. But the gyro radius was measured to be only about 50 km for the cases studied. Thus the magnetopause is usually much thicker than simple theory predicts. Curiously, we find that the variations in thickness are uncorrelated with any properties of the solar wind or the interplanetary magnetic field.

Abbildung 2-4 zeigt den großen Bereich der Magnetopausengeschwindigkeit, von weniger als 10 km/s bis

Figure 2-4 demonstrates the large range in magnetopause speeds, from less than 10 to several hundred

zu einigen Hundert km/s. Daraus wird deutlich, dass man aus der Dauer des Magnetopausendurchgangs allein nicht auf deren Dicke schließen kann.

km/s. This illustrates that one cannot infer the magneto-pause thickness simply from the duration of the crossings.

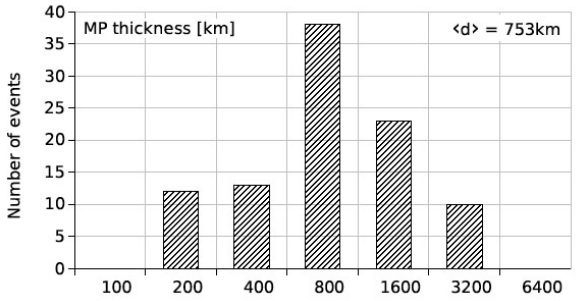


Abb. 2-3: Histogramm der Magnetopausendicke d für 96 Durchquerungen der morgenseitigen Flanke der Magnetopause am 5. Juli 2001. Die Dickenbereiche sind logarithmisch gewählt.

Fig. 2-3: Histogram of magnetopause thickness d for 96 dawn flank magnetopause crossings by all four Cluster spacecraft on 5 July, 2001. Note that the bins are logarithmically spaced.

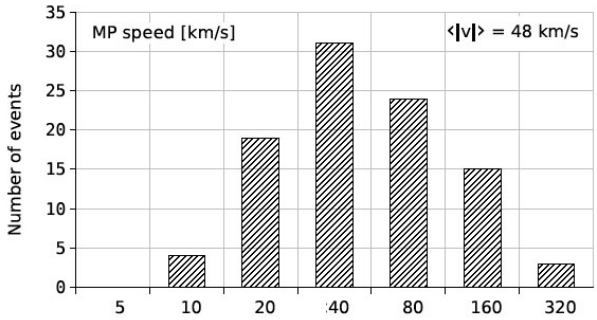


Abb. 2-4: Histogramm der Magnetopausengeschwindigkeit für dieselben 96 Durchquerungen wie in Abb. 2-3.

Fig. 2-4: Histogram of magnetopause speeds for the same magnetopause crossings as in Fig. 2-3.

Bestimmung des Magnetopausenstroms / Magnetopause Current Determination

Cluster bietet die einmalige Möglichkeit, die lokalen elektrischen Ströme direkt durch Anwendung des Amereschen Gesetzes zu bestimmen. Diese Methode, oft als Curlometer bezeichnet, erlaubt es, die räumliche Struktur der Magnetopausenströme zu ermitteln.

A unique capability of the Cluster mission is the ability to infer local electric current densities through a direct application of Ampère's law. The technique, known as the curlometer, has been used to infer the structure of the current within Earth's magnetopause.

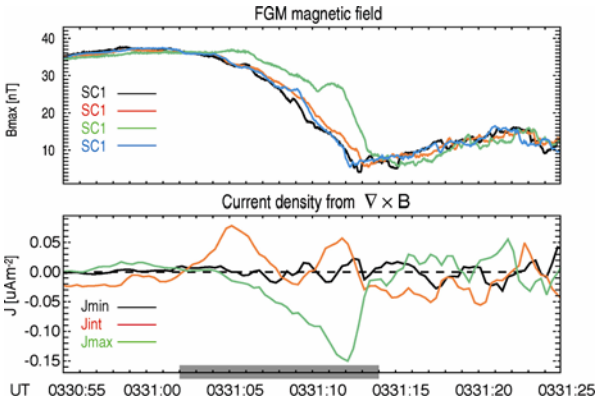


Abb. 2-5: Oberes Panel: Hauptkomponente des Magnetfeldes aus den Messungen der vier Cluster Satelliten bei einem Durchgang der Magnetopause am 2. März 2002. Unteres Panel: Die drei Komponenten der elektrischen Stromdichte, wie sie aus den Differenzen der Magnetfeldvektoren bei den vier Satelliten berechnet wurden.

Fig. 2-5: Top panel: Main component of the magnetic field as measured by the four Cluster spacecraft during a magnetopause crossing on 2 March 2002. Lower panel: the three components of the current density vector, determined from the differences between the magnetic field vectors of the four spacecraft.

Abbildung 2-5 zeigt ein Beispiel einer Magnetopausendurchquerung, als die vier Cluster Satelliten nur etwa 100 km voneinander entfernt waren. Das obere Panel zeigt die vier Zeitreihen der dominanten Komponente des Magnetfeldes. Sie zeigt den Übergang von einem stabilen Niveau in der Magnetosphäre (links) zu einem anderen stabilen Niveau in der Magnetosheath (rechts). Der Übergang zwischen den beiden Niveaus markiert den Magnetopausendurchgang, getrennt für jeden der Satelliten. Aus den Differenzen des von den vier Satelliten gemessenen Magnetfeldes, zusammen mit den bekannten Abständen der Satelliten, kann man ∇ x B, also die Rotation (englisch curl, daher die Bezeichnung Curlometer) des Magnetfeldvektors abschätzen, die gemäß dem Amereschen Gesetz die Stromdichte darstellt. Im unteren Panel von Abb. 2-5 sind die Komponenten des so berechneten elektrischen Stromes dargestellt.

Figure 2-5 shows an example of a Cluster magnetopause crossing when the four spacecraft were only ~100 km apart. The top panel shows time series of the dominant magnetic field component, as recorded by the magnetometers on the four spacecraft. It changes from a stable value in the magnetosphere (on the left) to a different stable value in the magnetosheath (on the right). The transitions between the two levels mark the passage of the magnetopause current layer over the four spacecraft. From the differences between the magnetic fields measured at the four spacecraft locations, together with the known spacecraft separation vectors, one can estimate ∇ x B, which according to Ampère's law yields the current densities. The lower panel (Fig. 2-5) shows the three components of the electric current vector, calculated with this technique, known as the curlometer.

Die unregelmäßigen Variationen der drei Komponenten bedeuten, dass der Stromdichtevektor innerhalb der Magnetopause nicht konstant ist, sondern eine starke räumliche Struktur aufweist.

It is evident from the three traces of the current density in the lower panel that the current within the magnetopause is not constant but highly structured.

Magnetosphären-Ionosphären Kopplung: Substürme / Magnetosphere-Ionosphere Coupling: Substorms

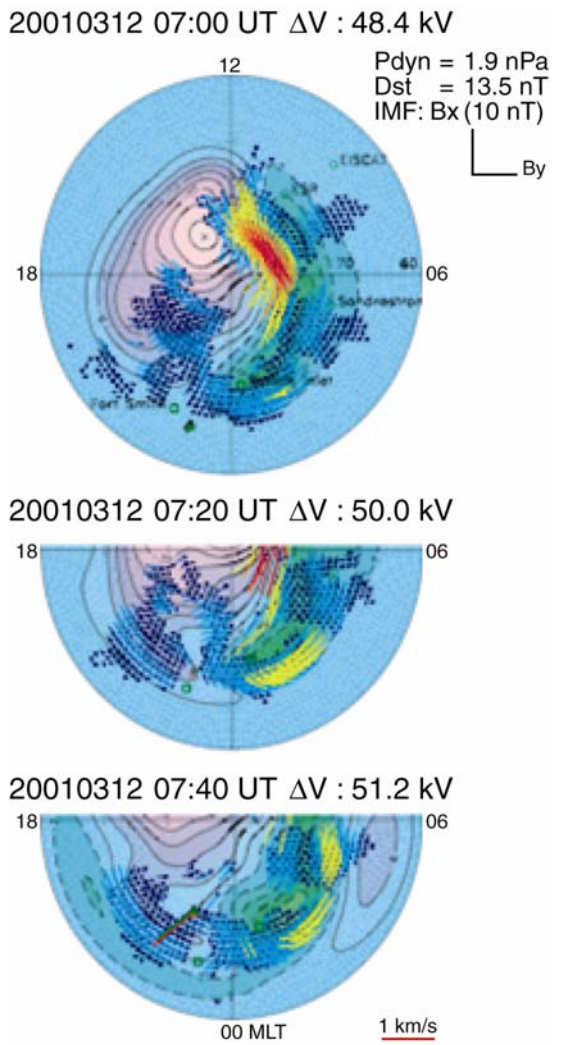


Abb. 2-6: SuperDARN Messungen der polaren Konvektionsmuster, aufgetragen über MLT und magnetischer Breite zwischen 60° und 90°, für drei charakteristische zweiminütige Intervalle um das hier untersuchte Event vom 12. März 2001 herum. Zum Vergleich: Messungen der Plasmadrift vom EDI-Instrument auf Cluster, die in die polare Ionosphäre projiziert werden (die Fußpunkte der Satellitenpositionen entlang der Magnetfeldlinien sind als Dreiecke mit den gemessenen Driftvektoren dargestellt). Die von SuperDARN gemessenen Driftvektoren sind sowohl farbkodiert als auch in ihrer Länge entsprechend dem Maßstab rechts unten skaliert. Die Farbskala (von blau über gelb nach rot) reicht von 0 bis 1100 m/s. Für die Länge der projizierten EDI-Driftvektoren wurde die gleiche Skala verwendet. Die Bedingungen im Sonnenwind sowie die induzierte Spannungsdifferenz über die Polkappe hinweg sind oben rechts jeweils eingetragen.

Fig. 2-6: SuperDARN measurements of polar cap convection in MLT versus magnetic latitude (60°-90°) coordinates for three characteristic two-minute intervals around the event under study of March 12, 2001, in comparison with EDI drift measurements mapped into the ionosphere (shown as triangles near 23~MLT with the corresponding vector arrows). The drift vectors measured by SuperDARN are both colour-coded and scaled in their length in accordance to the scale given in the lower right corner. The colour scale (from dark blue over yellow to red) corresponds to 0 - 1100 m/s. The length of the mapped EDI drift vectors is drawn in the same scale. Solar wind conditions are indicated in the upper right corner as well as the cross-polar cap potential for each subinterval.

Das klassische Paradigma vom Strom-Kurzschluss in der nächtlichen polaren Ionosphäre von der Abend- zur Morgenseite aus dem Neutralschichtstrom im Magnetosphärenschweif während eines Substurms wird mit den 4-Punkt-Messungen der Clustermission auf neuartige Weise getestet. Wir untersuchen die Stromstrukturen in der inneren Magnetosphäre im Übergangsgebiet (bei ~4.3 R_E Abstand) zwischen der äquatorialen Magnetosphäre und dem Gebiet der Harang-Diskontinuität in der Ionosphäre (Sektor des „Substurm Stromkeils“, Abb. 2-6) für ein spezielles Intervall, das sich durch eine Reihe von Pseudo-Expansionen vor dem eigentlichen Beginn eines Substurmes auszeichnet.

The classical paradigm of the substorm current wedge as diversion of the neutral sheet current, closing through the ionosphere from dawn to dusk, is probed with the four-point Cluster measurements in a new-fashioned way. We examine the current structures within the high-altitude (at ~4.3R_E) inner magnetosphere intermediate region between the equatorial plasma sheet and the ionospheric Harang discontinuity or substorm current wedge (SCW) sector for one particular interval during a series of substorm pseudo-onsets (Fig. 2-6).

Die traditionellen Single-Spacecraft Methoden der Strombestimmung werden sowohl für die feldparallelen (FAC), als auch für die feldsenkrechten Ströme angewandt. Sie werden dann den Methoden der Bestimmung des vollständigen Stromvektors gegenübergestellt, die sich aus den neuen Möglichkeiten der Tetraeder-Konfiguration der Cluster-Satelliten und der

The traditional single-spacecraft methods for current estimations are applied to deduce both the field-aligned (FAC) and field-perpendicular currents. These single-spacecraft methods are then contrasted with the new opportunities of the full vector current estimation with the Cluster tetrahedron by use of the reciprocal vector (RV) method (mathematically identical to the

Anwendung der Reziprok-Vektor-Methode (RV, mathematisch äquivalent zur Curlometer-Technik) ergibt. Die 4-Punkt-Methoden gestatten die Bestimmung des vollen Vektors der Stromvariationen mit charakteristischen Skalenlängen, die dem mittleren Abstand der Satelliten entsprechen bzw. größer als diese sind. Single-Spacecraft Methoden erlauben dagegen wesentlich höhere Auflösungen der Feinstrukturen, obwohl die Interpretation der gewonnenen Ergebnisse hierbei nicht eindeutig möglich ist.

Die Kombination beider Herangehensweisen erweist sich als ein wertvolles Arbeitsmittel für die genauere Beschreibung solcher Phänomene. Die Strombestimmung aus Magnetometermessungen wird darüber hinaus mit Messungen der Teilchen- und Welleninstrumente verglichen, um ein noch vollständigeres Bild der Physik dieser verwickelten Substurmprozesse im erdnahen Plasma zu gewinnen.

curlometer technique). The four-point methods allow the full spatial vector determination of the current structures with characteristic scale lengths of the satellite's volumetric tensor or larger and enable to differentiate between spatial and temporal variations on the same scales. Single-spacecraft methods allow, on the other hand, a much better resolution of fine structures, although their interpretation is often equivocal.

The combination of both methods proves to be a valuable tool for the unambiguous description of such phenomena. The magnetometer-based current estimations are then compared with measurements of the particle and wave instruments of Cluster to deduce a more complete picture of the phenomenon and to come to conclusions about the intricate substorm-related plasma processes.

Energieumwandlung in der polaren Magnetosphäre / Energy Conversion in the Auroral Magnetosphere

Die Energie, die in die polare Ionosphäre abgeführt wird, kommt, wie man vermutet, aus Generatorregionen in entfernten Gebieten der Magnetosphäre. In mehreren Studien wurde der Polarlichtgenerator mit analytischen, halb-analytischen und numerischen Mitteln untersucht. Bisher fehlt jedoch die experimentelle Untersuchung der Generatorregion, so weit es die Bestimmung der Energiedichte, E•J, betrifft. Dies ist darauf zurückzuführen, dass selbst für eine starke Aurora der Energiefluss in die Ionosphäre mit ziemlich kleinen Energiedichten in der Generatorregion konsistent ist. Für die (stärkeren) Polarlichter auf der Nachtseite sind die elektrischen Feldstärken und Stromdichten nah an der Schweif-Mittelebene (die vermutete Position des Generators) mit E≈1mV/m und J≈1nA/m^2 an den instrumentellen Nachweisgrenzen.

The energy dissipated in the auroral ionosphere is believed to come from generator regions located far away in the magnetosphere. Several studies addressed the auroral generator by using analytical, semi-analytical, and numerical tools. However, the experimental investigation of the generator region is missing, as far as the evaluation of the power density, **E•J**, is concerned. This can be explained by noting that even for a strong aurora the energy flux into the ionosphere is consistent with quite small power densities in the generator region. For nightside auroras (which are stronger) the electric field and current density close to the tail mid-plane (the presumed location of the generator) are E≈1mV/m and J≈1nA/m^2, close to the instrumental detection limits.

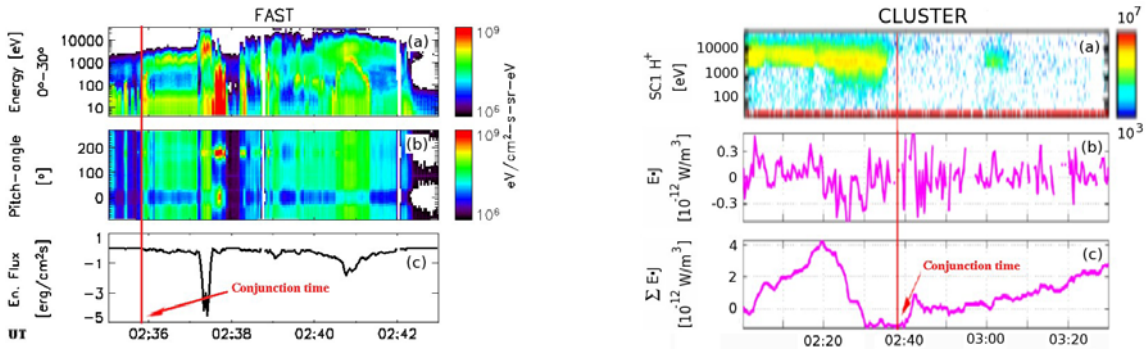


Abb. 2-7: Links: FAST Daten. Elektronen Energie-Zeit (a) und Pitchwinkel-Zeit Spektrogramme (b); Elektronenergiefluss in die Ionosphäre (c). Rechts: Cluster Daten. Ionen Energie-Zeit Spektrogramm (a); E•J (b) und seine kumulative Summe entlang der Cluster Bahn (c). Die Zeit der Cluster – FAST Konjunktion wird mit vertikalen Linien angezeigt.

Fig. 2-7: Left: FAST data. Electron energy time (a) and pitch-angle time spectrograms (b); electron energy flux into the ionosphere (c). The conjunction time is indicated in all three plots with vertical lines. Right: Cluster data. Ion energy-time spectrogram (a); E•J (b) and its cumulative sum along the Cluster path (c). The conjunction time is indicated with vertical lines.

Konjugierte Nachtseite Daten von Cluster (bei ~20R$_E$) und FAST (bei ~4000 km) ermöglichen es, den Polarlichtgenerator zu untersuchen. Mit seinen vier Satelliten erlaubt es Cluster, den Strom **J** zu bestimmen. Darüber hinaus kann auf jedem Satelliten das elektri-

Conjugated night-side data from Cluster (at ~20R$_E$) and FAST (at ~4000 km) provide an opportunity to investigate the auroral generator. Because of its multi-space-craft character, Cluster enables us to evaluate **J**. In addition, each spacecraft is equipped with three

sche Feld **E** mit 3 Instrumenten (EFW, EDI und CIS) gemessen bzw. abgeleitet werden, was die Zuverlässigkeit der Bestimmung von **E** wesentlich verbessert. Gleichzeitig bietet FAST eine „Momentaufnahme“ des Polarlicht-Elektronen-Niederschlags und des Energieflusses in die Ionosphäre

Abbildung 2-7 zeigt ein Beispiel der konjugierten Cluster und FAST Daten vom 20. September 2001. Eine bemerkenswerte Eigenschaft ist die negative Tendenz von **E•J** (in den zwei unteren Cluster Panels) um 02:20 - 02:30 UT. Zur ungefähr gleichen Zeit misst FAST beschleunigte Elektronen. Obwohl der Fehler von **E•J** erheblich ist, ist seine negative Tendenz vermutlich nicht zufällig: Wie man in dem Energie-Zeit Spektrogramm der Ionen sieht, stellt sich das negative **E•J** nah der Grenze zwischen Plasmaschicht und Lobe ein, also in einer Region, in der Generatorprozesse erwartet werden. Die räumliche Verbindung (innerhalb des Fehlers der Projektion entlang der magnetischen Feldlinie) des negativen **E•J** mit beschleunigten Elektronen in niedrigen Höhen stützt weiter die Interpretation, dass diese Signatur real ist.

instruments able to measure or infer the electric field (EFW, EDI, and CIS), which improves on the reliability of the **E** estimates. At the same time FAST offers an ‘instantaneous’ view on the auroral electron precipitation and energy flux into the ionosphere.

Figure 2-7 presents an example of conjugated data from Cluster and FAST from September 20, 2001. A remarkable feature is the negative tendency of **E•J** (in the two bottom Cluster panels), at UT 02:20 – 02:30. At about the same time FAST measures energetic inverted-V electrons. Although the error of **E•J** is substantial, its negative tendency is presumably not an artefact: As seen in the ion spectrograms, the negative **E•J** shows up close to the boundary between the plasma sheet and the lobe (the plasma sheet boundary layer), a region where generator processes are expected to occur. The association (within the error due to the mapping along the magnetic field line) of the negative **E•J** with an energetic inverted-V at low altitude further supports the interpretation that this signature is real.

Beschleunigung und Strahlung in Elektronen-„Löchern“ / Acceleration and Radiation from Electron Holes

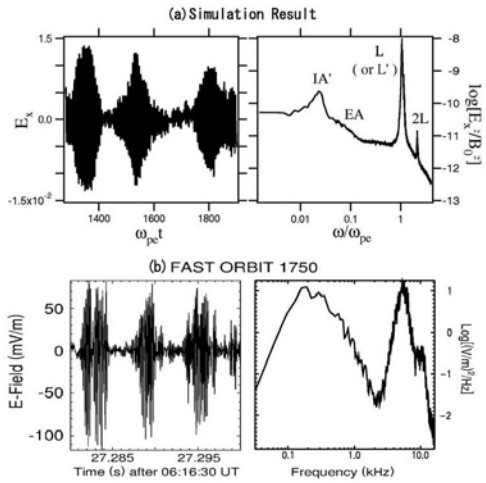


Abb. 2-8: Simulierte (oben) und gemessene (unten) elektrostatische Wellen. Die periodische Modulation der Wellen (links) wird gut reproduziert. Die Spektren (rechts) zeigen befriedigende Übereinstimmung, doch sind die simulierten Spektren schärfer als die natürlichen. Dies ist ein Dimensionseffekt.

Fig. 2-8: Simulated (top) and measured (bottom) electrostatic waves in the auroral upward current region. The quasi-periodic modulation of the wave forms over a time of 2000 plasma periods in the simulation and a comparable time in the measurements are shown on the left. On the right the corresponding spectra are given. Due to dimensional effects the spectra in the simulation are sharper than in nature, but the agreement is remarkable.

Seit langem besteht Interesse an der Bedeutung von sogenannten Elektronenlöchern im Plasma für die Beschleunigung geladener Teilchen im Nordlicht sowie die Erzeugung von auroraler Strahlung im Radiowellenband. Die genauere Inspektion des Strahlungsspektrums der auroralen Kilometerstrahlung hat ergeben, dass die Radiostrahlung von elementaren Strahlungsquellen emittiert wird, deren Eigenschaften auf Elektronenlöcher als Quellen hindeuten. Diese Untersuchungen wurden auf die Fluktuationen des Energieflusses des auroralen Elektronenstrahls und der beschleunigten ionosphärischen Ionen in der Region der aufwärts fließenden magnetfeldparallen Ströme ausgedehnt. Hier befindet man sich im Quellgebiet der Strahlung. Die Energieflüsse der Elektronen und Ionen fluktuieren streng antikorreliert und um den gleichen Betrag in der Energie. Dies ist ein untrügliches Anzeichen für mikroskopische parallele elektrische Felder, die sich auf nur ~10 km dicke Schichten konzentrieren. Elektronenlöcher im Auroragebiet haben gerade diese Ausdehnung entlang dem Magnetfeld. Sie spiegeln sich in den beobachteten Spektren als lokalisierte

Formation and effects of electron holes in the auroral plasma have been of great interest in this group. Research has shown that auroral kilometric radio emission is basically due to elementary emitters which had been proposed to be electron holes. This research has been continued and extended to the investigation of the energy flux fluctuations of the auroral electron beam in the upward current region, the source region of auroral kilometric radiation. It was found that the electron and ion energies fluctuate in strict anticorrelation and by the same amount, which is an unambiguous sign of the presence of electric fields. These fields are concentrated in ~10 km thick parallel layers along the magnetic field, comparable to the theoretically estimated width of auroral electron holes in the low-density auroral plasma. Investigations of the observed wave spectra indicate localized electric fields and power law spectra. Numerical 1D PIC simulations have been performed for the transition region between the upward and downward current regions where the wave intensities are strongest. These simulations nicely reproduce both the observed wave spec-

Potenzspektren wider. Numerische Simulationen mit einem PIC-Code unter den experimentellen Bedingungen reproduzieren sowohl die Wellenform als auch die Spektren recht gut (Abb. 2-8). Abweichungen sind auf die Eindimensionalität der Simulation zurückzuführen.

tra and the time modulation of the wave form (Fig. 2-8). Deviations are due to the 1-D limitation of the simulation

Man findet drei Typen von Wellen: Der aurorale Elektronenstrahl regt intensive Plasmawellen (L) und deren Harmonische (2L) an sowie Ionenschallwellen (IA), die die Plasmawellen modulieren. Anfänglich auftretende Elektronenschallwellen werden rasch gedämpft und heizen die Elektronen auf. Im späteren stationären Zustand treten erneut sekundäre Elektronenschallwellen auf, die aus der Kopplung von Wellen resultieren und zur Bildung des Potenzspektrums beitragen. Die gegenwärtige Simulation ist aus technischen Gründen nur eindimensional. Um zu einer realistischeren Reproduktion der Messdaten zu kommen, muss sie in Zukunft auf zwei Dimensionen erweitert werden. In diesem Falle werden auch Ionen-Zyklotronwellen angeregt, deren Anwesenheit zu einer weiteren Modulation der Spektren und zur Energieumverteilung im Spektrum führen. Es ist zu erwarten, dass dies sich in der Breite des niederfrequenten Spektrums widerspiegeln wird.

Three kinds of waves are excited in this region: the auroral beam excites intense electron plasma waves at the plasma frequency (L) and at its harmonic (2L) and a broad spectrum of ion acoustic waves which modulate the former. Initially, the presence of cold and hot electrons also excites electron acoustic waves which, however, are quickly dampened by heating the plasma. At later stage weak electron acoustic waves reappear as a result of wave coupling and deformation of the electron distribution function. In order to arrive at even more realistic wave spectra 2D simulations are needed to be performed in which case ion cyclotron waves would also be excited and contribute to wave modulation.

Ein wichtiger Schritt, die Erzeugung von Strahlung betreffend, ist die Beobachtung, dass die im aufwärts gerichteten Strom angeregten Elektronenlöcher im Spektrum bei niedrigen Frequenzen ~10 kHz Spuren hinterlassen. Dieser Frequenzbereich ist instabil gegen die Zweistrominstabilität zwischen Elektronen und Ionen. Bisher war ihre Signatur nicht beobachtet worden. Diese Elektronenlöcher erfahren eine Deformation im Phasenraum, die ausgeprägte Gradienten in der senkrechten Geschwindigkeit erzeugt. Diese Gradienten sind für die Anregung der Radiostrahlung verantwortlich, die vom Satelliten registriert wird. Die Abstrahlung braucht in diesem Falle nicht streng senkrecht zu sein. Die Bewegung der elementaren Quellen im Spektrum reflektiert die Bewegung der Elektronenlöcher. Die momentane gemessene Strahlungsintensität jedes einzelnen Elektronenlochs hängt von der Richtung der maximalen Emission zum Magnetfeld und der relativen Stellung des Satelliten ab. Wenn der Satellit in Strahlungsrichtung liegt, ist das Signal maximal. Die vollständige Entwicklung der Theorie zielt auf die Bestimmung der maximalen Emissionsrichtung ab, die von der Form des Lochs abhängt.

Concerning the generation of radiation we have made an essential step ahead in realizing that the electron holes excited in the upward auroral current region are at very low frequencies below ~10 kHz. This range is in the Buneman range such that the holes are excited by the parallel difference velocity between the downward auroral beam and the upward ion beam of the ring-shell distribution. In fact the distribution is extended but the electron thermal velocity is lower than the difference speed between electrons and ions for a substantial range of perpendicular velocities such that the Buneman mode is excited strongly. Since there are no “background” electrons, the plasma frequency is low and the mode appears at such low frequencies that it had not been recognized before. The holes which evolve experience a deformation in the phase plane thereby generating a local gradient in the perpendicular velocity distribution which excites radiation. It is this gradient which is responsible for the elementary radiators, and the radiation need not to be strictly perpendicular anymore.

[BOUHRAM, BLAGAU, FÖRSTER, GEORGESCU, HAALAND, KIS, KLECKER, MARGHITU, PASCHMANN, SCHOLER, TREUMANN, VAITH]

2.1.2 Sonne und Heliosphäre / Sun and Heliosphere

Die Ionenladung solarer energetischer Ionen: ein Schlüssel zum Verständnis der Quellregion / Ionic Charge Composition: a Clue for Localizing the Source Region of Solar Energetic Particles

Neue Messungen der mittleren Ionenladung (Q_m) von Fe in Flare-korrelierten impulsiven solaren energetischen Teilchenereignissen mit unseren Experimenten auf SOHO und ACE zeigen im Energiebereich ~0.2–0.6 MeV/Nuk einen systematischen Anstieg von Q_m mit Energie um mehrere Ladungseinheiten. Der Anstieg von Q_m variiert von Ereignis zu Ereignis, wurde jedoch bisher für alle impulsiven Ereignisse beobach-

New measurements of the mean ionic charge (Q_m) of Fe in flare related impulsive solar energetic particle (SEP) events with our experiments onboard SOHO and ACE show a systematic increase of Q_m with energy by several charge units in the small energy range of ~0.2 to 0.6 MeV/nuc. This increase of Q_m varies from event to event, however, it is observed for all impulsive SEP events detected so far (Fig. 2-9). A

tet (Abb. 2-9). Ein Vergleich der beobachteten mittleren Ladung mit Gleichgewichtsmodellen, unter Berücksichtigung von Strahlungs- und di-elektronischer Rekombination, sowie Stoßionisation durch Elektronen und Protonen in der Korona zeigt, dass ein starker Anstieg von Q_m bei Energien <1 MeV/Nuk im wesentlichen nur durch Stoßionisation durch Elektronen und Protonen und nicht durch Temperatureffekte hervorgerufen werden kann. In diesem Energiebereich werden Gleichgewichtbedingungen bei Werten von $N*\tau \sim 10^{10}$ (cm^{-3} s) erreicht, wobei N die Dichte und τ die Beschleunigungszeit ist. Mit typischen Beschleunigungszeitskalen in impulsiven Ereignissen von ~1-100 s entspricht dies koronalen Dichten von $10^8 - 10^{10}$ cm^{-3}, also Höhen von weniger als 2 Sonnenradien in der Korona.

comparison of the observed ionic charge states with steady-state models that include the effect of radiative and di-electronic recombination, and impact ionization by electrons and protons in the low corona shows, that a large increase of Q_m at E <1MeV/nuc is primarily caused by proton and electron impact ionization and cannot be explained by temperature effects, as previously assumed. In this energy range steady state conditions are reached for values of $N*\tau \sim 10^{10}$ (cm^{-3} s), with ion density N, and acceleration time scale τ. With typical acceleration time scales in impulsive events of ~1-100 s, this corresponds to coronal densities of $10^8 - 10^{10}$ cm^{-3}, i.e. altitudes of less than 2 solar radia in the corona of the Sun.

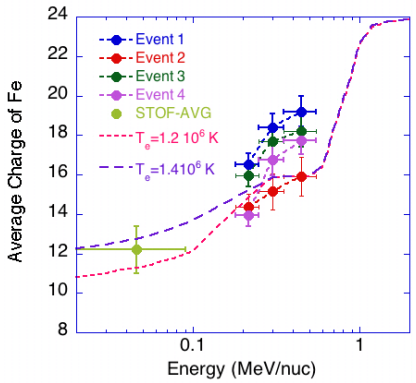


Abb. 2-9: Mittlere Ionenladung von Fe als Funktion der Energie für 4 impulsive solare energetische Teilchenereignisse. Die unterbrochenen Linien zeigen das Ergebnis einer Modellrechnung für Stoßionisation durch Protonen und Elektronen unter Gleichgewichtsbedingungen.

Fig. 2-9: Mean ionic charge of Fe as a function of energy for 4 impulsive SEP events. The dashed lines show the mean charge obtained for equilibrium conditions with a model including impact ionization by protons and electrons

Für drei von vier bisher untersuchten Ereignissen ist der Anstieg von Q_m mit Energie allerdings noch steiler als in der Modellrechnung. Eine mögliche Erklärung dafür sind Ausbreitungseffekte im interplanetaren Raum, d.h. der Energieverlust durch adiabatische Abkühlung beim Transport von der Sonne zur Erde. Ob diese Erklärung konsistent ist mit den Intensitäts-Zeit Profilen und Energiespektren wird zur Zeit untersucht.

However, for three of the four events analyzed so far, the increase of Q_m with energy is even steeper than predicted with the equilibrium model. A possible explanation for the steeper increase could be propagation effects in interplanetary space, i.e. energy loss by adiabatic deceleration during transport. Whether this hypothesis is consistent with the available measurements of intensity-time profiles and energy spectra is presently under investigation.

Stoßfreie Stoßwellen / Collisionless Shocks

In Plasmen, in denen eine dynamische Energieproduktion stattfindet, entstehen stoßfreie Stoßwellen, bei denen die Strömungsenergie in thermische Energie und in Beschleunigung von Teilchen umgesetzt wird. Stoßfreie Stoßwellen findet man in der Korona der Sonne, im Sonnenwind, vor planetaren Magnetosphären, und in vielen anderen astrophysikalischen Objekten.

Kontinuierlicher Zerfall und Neubildung von Stoßwellen, sogenannte Reformation, werden mit Teilchensimulationen untersucht. Es hat sich gezeigt, dass sich am Stoß reflektierte Ionen weiter stromaufwärts mit der Zeit akkumulieren; dort erhöht sich dann das Magnetfeld und eine neue Stoßfront entsteht an dieser Stelle. Im Gebiet zwischen reflektierten Ionen und strömendem Sonnenwind können verschiedene Instabilitäten, wie z.B. die Buneman-Instabilität, angeregt werden.

When some dynamical energy release occurs in dilute astrophysical plasmas collisionless shocks arise where the macroscopic flow is regulated by microscopic dissipation and where part of the thermal population is accelerated to high energies. Collisionless shocks are found in the corona of the Sun, in the solar wind, in front of planetary magnetospheres, and in many other astro-physical settings.

Reformation of quasi-perpendicular shocks has been extensively investigated by full particle (Particle-in-cell) simulations in the past. In high Mach number shocks part of the incoming ions are reflected at the ramp and form during their gyration a foot in front of the ramp. At the upstream edge of the foot these ions are accumulated in time and are eventually responsible for reformation, i.e., a new ramp emerges at the upstream edge of the foot. The reformation process is inseparably related to ion dynamics. In addition, electron dynamics may become important in the foot region and can lead to the excitation of the Buneman instability with subsequent electron hole formation.

In diesen Teilchensimulationen wird jedoch oft wegen Computerzeitbeschränkung ein unrealistisch kleines Verhältnis von Ionen- zu Elektronenmasse angenommen. Wir haben in den letzten Jahren senkrechte quasi-Stoßwellen mit numerischen Teilchensimulationen untersucht und dabei insbesondere den Effekt eines realistischen Ionen- zu Elektronen-Massenverhältnisses analysiert. Es zeigt sich, dass bei mittleren Stoßwellengeschwindigkeiten die Buneman-Instabilität ein künstlicher Effekt eines zu kleinen Massenverhältnisses ist. Diese Instabilität wird bei höheren Massenverhältnissen Landau-gedämpft. Beim physikalischen Massenverhältnis wird im Gebiet der entgegenströmenden Ionen und Elektronen eine sogenannte modifizierte Zwei-Strom Instabilität angeregt: Ein Teil der einfallenden Sonnenwindionen wird an der Stoßwelle reflektiert und die Gesamtgeschwindigkeit der Ionen in Normalenrichtung wird vor der Stoßwelle kleiner. Damit in Normalenrichtung kein elektrischer Strom auftritt müssen die Elektronen des Sonnenwindes abgebremst werden. Dadurch entsteht eine Geschwindigkeitsdifferenz zwischen einfallenden Sonnenwindionen und Sonnenwindelektronen. Diese Geschwindigkeitsdifferenz ist die freie Energie für die Zwei-Strom Instabilität. Nichtlinear führt die Instabilität zu einer Thermalisierung der Ionen im Gebiet vor der Stoßwelle.

However, most of the past full particle simulations assume, because of computer limitations, unrealistically small ion to electron mass ratios. Using a one-dimensional full particle code we have investigated the role of the ion to electron mass ratio in quasi-perpendicular shock simulations. At medium Mach number shocks M_A ~5 and mass ratios below ~100 the Buneman instability arises, resulting in a wave electric field with a component parallel to the shock normal and to electron holes in the electron normal velocity component. Reformation is due to ion accumulation in the foot. When increasing the mass ratio to several hundred the Buneman instability disappears, since it is Landau-damped due to the larger thermal velocity of the electrons. Increasing the ion to electron mass ratio to the physical value results in the Modified-Two-Stream instability (MTS) in the foot: because of the presence of the reflected ions the total bulk velocity of the ions in the foot decreases. The electron bulk velocity has then also to decrease when requiring zero current in the shock normal direction. As a result a finite difference of the bulk velocity between the electrons and the incoming as well as the reflected ions arises. This velocity difference leads to the MTS instability. Since the growth rate of this instability depends strongly on the mass ratio, it has not been seen in the low mass ratio simulations.

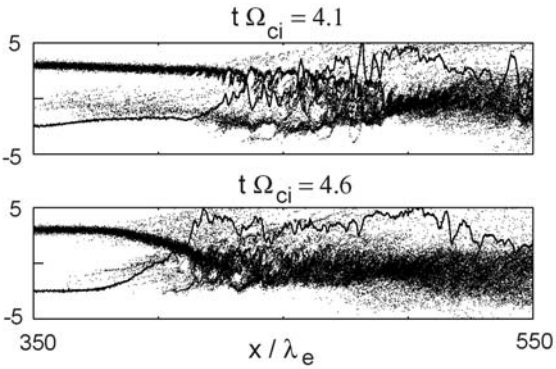


Abb. 2-10: Momentaufnahmen einer Stoßwelle zu zwei verschiedenen Zeiten berechnet unter der Annahme des physikalischen Ionen zu Elektronen Massenverhältnisses. Gezeigt sind die Positionen einzelner Teilchen in einem Geschwindigkeits-Ortsdiagramm; das Magnetfeldprofil ist überlagert.

Fig. 2-10: Snapshots of the ion v_{ix} phase space distribution at two different times, computed with the physical ion to electron mass ration of 1840. Superposed is the magnetic field profile.

Abbildung 2-10 zeigt zwei Momentaufnahmen einer Stoßwelle zu zwei verschiedenen Zeiten. Gezeigt sind die Positionen einzelner Teilchen in einem Geschwidigkeits-Ortsdiagramm, ein sogenannter Phasenraumplot. Im oberen Diagramm sieht man die hereinströmenden Ionen, reflektierte Ionen, und die entstehende Instabilität im Überlappungsgebiet. Im unteren Diagramm sind die einströmenden und reflektierten Ionen miteinander vermischt. Diese Simulationen zeigen die Notwendigkeit das korrekte physikalische Massenverhältnis zu benutzen.

Figure 2-10 shows snapshots of the ion v_{ix} phase space distribution at two different times with the magnetic field profile superposed. The scale is in units of the electron inertial lengths. It can be seen how the phase mixing and heating eventually leads to a newly emerging ramp at the upstream edge of the former foot. Thus, realistic mass ratio simulations confirm the process of shock reformation of almost perpendicular shocks; however, the physical mechanism is totally different from the one envisaged before. This clearly demonstrates the necessity of using the physical ion to electron mass ratio in collisionless shock simulations.

[KLECKER, SCHOLER, TREUMANN]

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

Entdeckung von „Kometenlinien“ im Röntgenspektrum der Mars-Exosphäre / Discovery of „Cometary Emission Lines“ in the X-ray spectrum of the Martian exosphere

Im Jahr 2001 hatten wir mit dem Satelliten Chandra Röntgenstrahlung vom Mars entdeckt. Wir konnten

In 2001 we had detected X-ray radiation from Mars using the Chandra satellite. We could show that this

nachweisen, dass es sich dabei im wesentlichen um Röntgenstrahlung von der Sonne handelt, welche die oberen Schichten der Marsatmosphäre zu einem Fluoreszenzleuchten anregt. Zusätzlich fanden wir Hinweise auf eine weitere Quelle von Röntgenstrahlung, angedeutet durch einen schwachen, ausgedehnten Röntgenhalo: zwischen einem und drei Marsradien wurden etwas mehr Röntgenphotonen registriert als in größeren Abständen. Die Gesamtzahl der zusätzlichen Photonen war allerdings mit 35 ± 8 sehr gering. Es war zu erkennen, dass sich die Energieverteilung der Halo-Photonen deutlich vom Spektrum der Planetenscheibe unterschied: im Halo-Spektrum fehlte die Sauerstoff-Fluoreszenzlinie, die im Spektrum der Planetenscheibe dominiert. Dagegen ließ sich im Spektrum der Planetenscheibe eine Komponente erkennen, die dem Halospektrum entspricht. Genau dies würde man erwarten, wenn Mars vollständig von einer durchsichtigen Hülle umgeben ist, die Röntgenstrahlung aussendet.

radiation is predominantly caused by fluorescent scattering of solar X-rays in the upper layers of the Martian atmosphere. In addition to this, we found evidence of another source of X-ray emission, indicated by a faint, extended X-ray halo: between one and three Mars radii more X-ray photons were detected than at larger distances. The total number of additional photons, however, was only 35 ± 8. Despite this low number, it was obvious that the energy distribution of the halo photons was distinctly different from the spectrum of the planetary disk: the oxygen fluorescence line, which dominates the spectrum of the disk, was missing in the halo spectrum, while the presence of a component corresponding to the halo spectrum was indicated in the disk spectrum. This is exactly what one would expect if Mars was surrounded by a transparent, X-ray luminous shell.

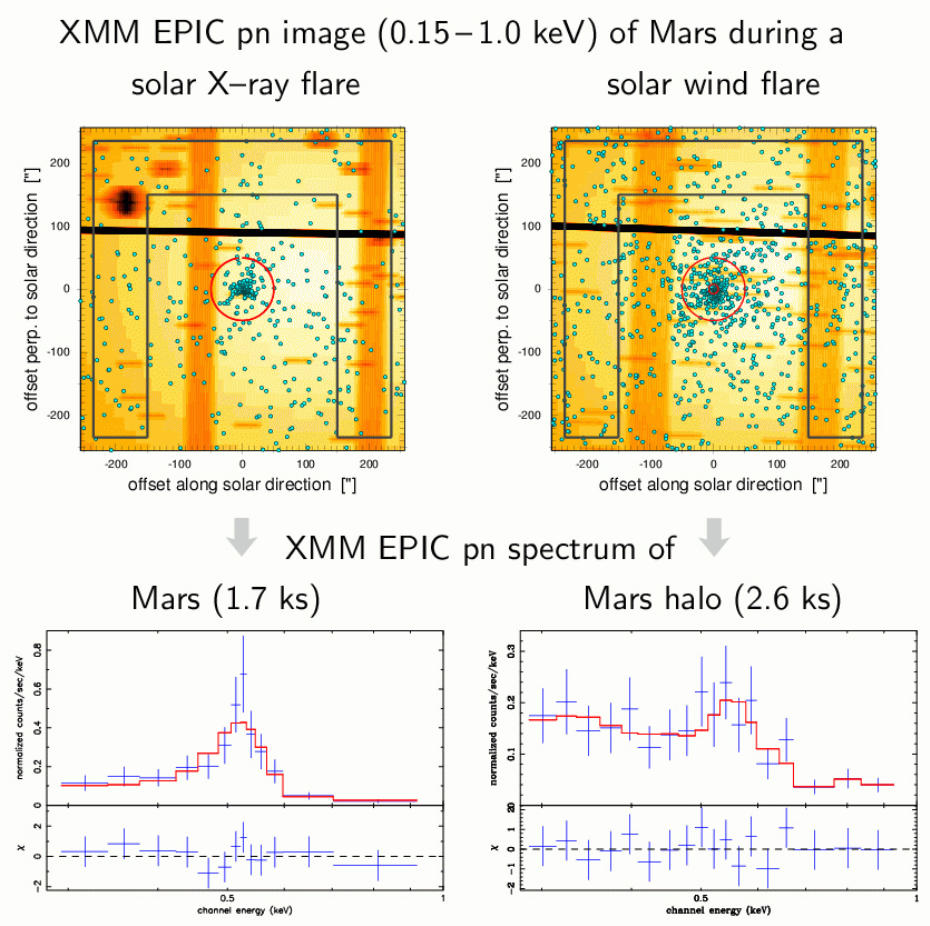


Abb. 2-11: Oben: Röntgenphotonen vom Mars während eines Intensitätsanstiegs der Planetenscheibe (links) bzw. des Röntgenhalos (rechts). Der eingezeichnete Kreis hat einen Radius von 50“, was etwa acht Planetenradien entspricht. Unten: Röntgenspektren der Photonen aus den oben dargestellten Kreisen (im rechten Spektrum wurde die Planetenscheibe ausgeblendet). Während im linken Spektrum die Sauerstoff-Fluoreszenzlinie dominiert, kann das rechte Spektrum durch eine Überlagerung von Emissionslinien beschrieben werden, die man bei Ladungsaustausch erwartet.

Fig. 2-11: Top: X-ray photons of Mars during an intensity increase of the planetary disk (left) and the X-ray halo (right). The red circle has a diameter of 50", corresponding to about eight planetary radii. Bottom: X-ray spectra of the photons extracted from the circles above (the planetary disk was excluded in the spectrum at right). While the spectrum in the left-hand panel is dominated by the oxygen fluorescence line, the spectrum in the right-hand panel can be modelled by a superposition of emission lines which are characteristic of charge exchange processes.

Da Mars eine ausgedehnte Exosphäre besitzt, die Ähnlichkeiten zu einer Kometenkoma aufweist, war es sehr wahrscheinlich, dass die Röntgenstrahlung dieser Hülle durch denselben Prozess zustande kommt, der bei Kometen zur Röntgenemission führt: durch Ladungsaustausch mit hoch-ionisierten schweren Atomen im Sonnenwind. Mit den Chandra-Daten konnte jedoch diese Vorstellung nicht bewiesen werden, da selbst die Existenz eines Röntgenhalos schon nahe an der instrumentellen Nachweisgrenze war.

Im November 2003 hatten wir die Möglichkeit, Mars nochmals mit einem Röntgensatelliten zu beobachten - diesmal mit XMM-Newton. Aufgrund der größeren Sammelfläche und der längeren Beobachtungszeit wurden damit Untersuchungen mit deutlich höherer Sensitivität ermöglicht. Die Beobachtung fand zu einem Zeitpunkt statt, zu dem die Sonne extrem aktiv war. Die bisher erhaltenen Ergebnisse bestätigen nicht nur die Existenz des Halos, sondern zeigen auch deutliche Fluktuationen in dessen Röntgenintensität. Intensitätsfluktuationen traten auch bei der Planetenscheibe auf; sie waren aber nicht mit denen des Halos korreliert. Genau das erwartet man, wenn die Planetenscheibe durch die solare Röntgenstrahlung, der Halo dagegen durch den Sonnenwind zur Aussendung von Röntgenstrahlung angeregt wird.

Mit der XMM-Beobachtung sind jetzt genauere spektroskopische Untersuchungen des Röntgenhalos möglich. Sie zeigen Emissionslinien (Abb. 2-11), wie man sie mittlerweile von den Röntgenspektren der Kometen kennt. Diese Linien befinden sich dort, wo man Emission aufgrund von Ladungsaustauschvorgängen mit schweren Sonnenwindionen erwartet. Sie bestätigen damit, dass solche Prozesse auch in der Exosphäre des Mars stattfinden.

Since Mars possesses an extended exosphere which resembles a cometary coma, it was very likely that the X-ray emission of this shell was the result of the same process which causes comets to emit X-rays: charge exchange with highly ionized heavy atoms in the solar wind. A proof of this idea, however, was not possible with the Chandra data, because already the detection of the X-ray halo was close to the sensitivity limit.

In November 2003 we had the opportunity to observe Mars again with an X-ray satellite - this time with XMM-Newton. The larger collecting area and the longer exposure time made it possible to perform investigations of considerably increased sensitivity. During this observation, the Sun was extremely active. The results obtained so far do not only confirm the existence of the halo, but show also considerable fluctuations in its X-ray intensity. Also the disk was found to vary in brightness, but its intensity fluctuations were not correlated with those of the halo. Exactly such behaviour is expected when the X-ray radiation of the planetary disk is caused by solar X-rays, while that of the halo is caused by the solar wind.

The XMM-Newton observation makes now more detailed spectroscopic investigations of the X-ray halo possible. They reveal the presence of emission lines (Fig. 2-11) which are meanwhile familiar from X-ray spectra of comets. These lines are found where emission is expected due to charge exchange processes with heavy solar wind ions. Their presence confirms that such processes do occur also in the exosphere of Mars.

[DENNERL]

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

Sterngruppen, interstellare Wolken, und diffuse Strahlung führen uns zum Studium von Sternbildung und -entwicklung und ihrer Rückkopplungen auf das interstellare Medium durch Energie- und Materieausstoß; die Skalen reichen von der Lokalen Blase (Sonnenumgebung) bis zur gesamten Galaxis. Beobachtbare Eigenschaften der kosmischen Strahlung können unser Verständnis des interstellaren Mediums auf großen Skalen verifizieren. Die Endstadien sich entwickelnder Sterne schließlich führen zu gewaltigen Ereignissen wie Supernovae und Novae, und bilden kompakte Objekte wie weiße Zwergsterne, Neutronensterne und schwarze Löcher. Letztere sind normalerweise unsichtbar, allerdings führt Energieumwandlung von darauf einströmender Materie oder von Rotationsenergie zu charakteristischer Strahlungsemission, die uns auch diese exotischen Objekte zugänglich macht.

Through observations of stellar clusters, clouds, and diffuse emission, we investigate star formation and evolution, and feedbacks through matter and energy with the interstellar-medium, on scales from the Local Bubble to galaxies as a whole. Cosmic-ray properties allow the verification of our understanding of the interstellar medium at large scales. Then, the late and final stages of stellar evolution lead to violent processes such as novae and supernovae and produce remnant stars such as white dwarfs, neutron stars, and black holes. These can only rarely be seen directly, but characteristic radiation emerges from accretion processes or rotational-energy conversion, and allows us the study of these exotic stars.

Unser Institut ist beteiligt an Beobachtungsprogrammen von Sternbildungsregionen in infraroter/sub-mm Strahlung und bei der Suche nach jungen Sternen und Planeten mit Teleskopen der 8-10m-Kategorie unter Zuhilfenahme der Technik adaptiver Optik. Strahlung aus dem interstellaren Medium von stellaren Energieeinträgen oder radioaktivem Zerfall ist eher diffus und besitzt hohe Energien (Röntgen- und Gammastrahlung). Unser Institut ist in Schlüsselrollen bei den Missionen XMM-Newton und INTEGRAL beteiligt, um heißes Plasma, Radioaktivität, und kosmische Strahlung über ihre jeweiligen Emissionsprozesse zu kartographieren. Absorption durch interstellaren Staub kann helfen, eine 3-dimensionale Sicht der Stern/ISM-Wechselwirkungen zu erlangen. Die Endstadien der Sternentwicklung führen über die Produktion instabiler Isotope zu radioaktiven Wolken, Supernova-Überresten und Neutronensternen bzw. schwarze Löcher entstehen; letzteres hat vermutlich eine Verbindung zu Gammastrahlen-Bursts. Aus diesen Gründen untersuchen wir am Institut kompakte Sterne mithilfe der Strahlungsprozesse, die von heißen Plasmen, Rotationsabbremsung, oder Materiezustrom verursacht werden.

Our institute is involved in surveys of star-forming regions through infrared and submillimeter radiation, and in searches for young stars and planets using adaptive-optics spectra from 8-10 meter-class telescopes. Diffuse emission from stellar energy inputs or radioactive decays in the interstellar medium is predominantly seen at high energies, from X- to gamma-rays; the institute has key participations in the XMM-Newton and INTEGRAL missions to map hot plasma, radioactivities, and cosmic-rays through their emission processes. Dust absorption adds special characteristics which can be exploited for a more complete, 3D picture of the star/ISM interactions. Final states of stellar evolution lead to radioactivities from newly-formed unstable isotopes, to supernova remnants, and to neutron stars or stellar-mass black holes; the formation of such black holes is possibly related to gamma-ray bursts. Therefore, compact stars are studied in the institute, through radiation processes caused by hot plasma, rotational energy losses, and by characteristic accretion mechanisms.

Wir merken an dass Sternbildung auch angesprochen wird in kosmologischen Studien (Farbklassifikation von Galaxien), und als Energiequelle aktiver Galaxienkerne (Kap. 2.4 und 2.3). Im vorliegenden Kapitel konzentrieren wir uns auf die Rückkopplungen zwischen Sternen und ihrer Umgebung, und die Eigenschaften kompakter Sterne, wie sie am MPE im letzten Jahr untersucht wurden.

We note that star formation is also addressed in cosmological studies through galaxy colour classifications, and as a power source for active galactic nuclei (Chapters 2.4 and 2.3). In this chapter, we present the most exciting results on specific studies of star formation and -forming regions with their environmental feedback processes, and on compact stellar remnant properties, as conducted during the last year at MPE.

2.2.1. Sternbildung und Sterngruppen / Star Formation and Stellar Groups

Der Großteil aller Sterne entsteht in Gruppen von wenigen zehn bis zu hunderttausend Sternen. Das Ziel unserer Studien ist die detaillierte Beschreibung der

The majority of stars form in groups, with numbers from just a few tens up to 10^5 stars per association. Our goa is the measurement and detailed characteriza-

stellaren Zusammensetzung für eine Vielzahl von Sternentstehungsgebieten. Allerdings sind die massereichsten Sternhaufen so kompakt, dass klassische bodengebundene Teleskope die einzelnen Sterne nicht auflösen können.

Die massereichste Konzentration junger Sterne in unserer Milchstrasse findet sich in deren Zentrum und wird detailliert in Kapitel 2.3 beschrieben.

Etwas weniger massereich ist der Sternhaufen NGC 3603, dieser immerhin noch ungefähr 10000 Sterne enthält. In diesem Haufen können wir zwar Sterne mit einer Masse von nur 0.1 $M_\odot$ ausmachen, aber selbst hier können wir noch keine Spektren dieser massearmen Sterne beobachten.

Abb. 2-12: Messung der Effektivtemperatur von Sternen in der UMa Assoziation: Die Anpassung von synthetischen Spektren (rot) an die beobachteten Balmer Linien (schwarz) – hier Hα – liefert eine Effektivtemperatur Teff von 5900±80K.

Fig. 2-12: Measuring the effective temperature of stars in the UMa association: Fitting synthetic spectra (red) to observed Balmer lines (black) – here Hα – leads to constraints on Teff to 5900±80K.

Die UMa Assoziation ist nahe genug für eine detaillierte spektroskopische Durchmusterung aller Sterne (Abb. 2-12). Das Alter von UMa liegt zwischen dem der Hyaden und dem der Pleiaden, aber durch die geringe Entfernung können wir den Entwicklungszustand der Sterne näher untersuchen. Für einige der Sterne ist nach jüngsten Untersuchungen die Zugehörigkeit zweifelhaft, das Alter der Sterne reicht von 100-500 Mio. Jahren.

Abb. 2-13: Messung der Oberflächengravitation der Sterne in UMa: Die Stärke der Gravitation an der Oberfläche wird bestimmt aus dem Gleichgewichtszustand der Eisenionen, d.h. Messungen der FeI und FeII Linien müssen die selbe Eisenhäufigkeit ergeben. Daraus lässt sich im gezeigten Fall eine Oberflächengravitation von log g= 4.40+0.18/-0.10 ableiten.

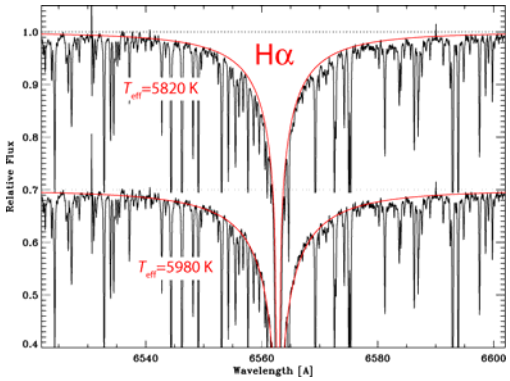
Fig. 2-13: Measuring the surface gravity of stars in UMa: The surface gravity is determined by the iron ionization equilibrium, i.e. FeI and FeII lines are required to yield the same Fe abundance. This results in the stellar gravity log g= 4.40+0.18/-0.10.

Unsere hochauflösenden Spektren von mehreren späten F bis frühen K Sternen der UMa Assoziation ermöglichen die präzise Analyse der Sternatmosphären (Abb. 2-13). Die Entwicklung eines Sterns ist im wesentlichen durch seine Masse bestimmt. Deshalb ist die Häufigkeitsverteilung der Sternmassen zu Beginn ihrer Entwicklung, die sogenannte Ursprüngliche Massenfunktion (IMF), ein Schlüsselparameter für das Verständnis der Sternentstehung. Doch unsere Kenntnis von dieser Verteilung ist stark mit Unsicherheiten

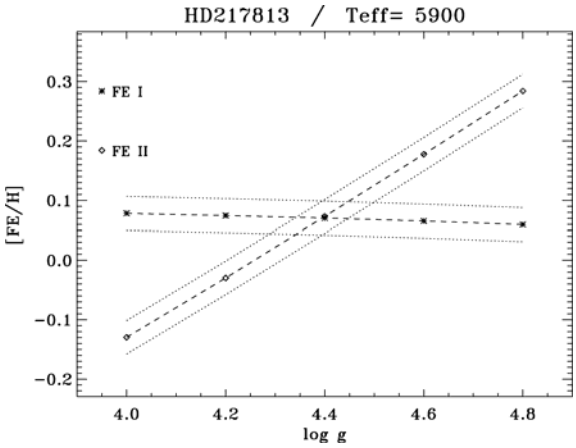
tion of the stellar content for a variety of starforming regions. But most massive star clusters are so dense that classical ground based telescopes cannot resolve individual stars.

The most massive concentration of young stars in our Galaxy is the Galactic Center; this population is described in detail in Chapter 2.3.

Somewhat less massive is cluster NGC 3603, but it still contains ~10000 stars. Here we have now been able to see stars with masses as low as 0.1 $M_\odot$. However, even with the most advanced telescope we can not yet observe spectra from such low-mass stars.



The UMa association of stars is close enough for a detailed spectroscopic study of all stars (Fig. 2-12). UMa has an intermediate age between the Hyades and the Pleiades open clusters, but is much closer, so that we can study its evolutionary stage. Recent membership assignments are in conflict for several stars, age determinations cover a wide range from 100-500 Myrs.

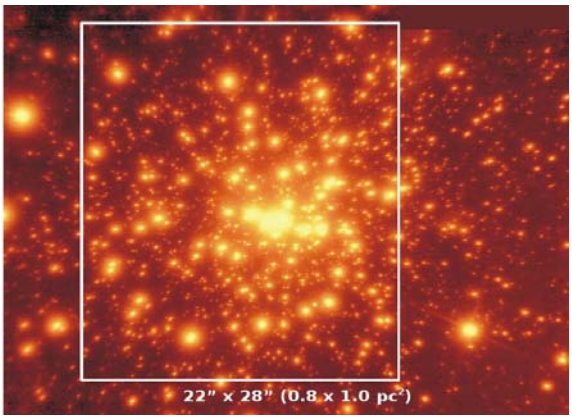


Our high-resolution spectra of several late-F to early-K type stars of the UMa association allow stellar-atmosphere analysis at a high level of precision (Fig. 2-13). The evolution of a star is primarily determined by its mass. Therefore the distribution of the stellar birth masses, the so-called the Initial Mass Function (IMF), is a key parameter of star formation, yet quite uncertain, especially in starburst regions. Does it vary with environmental conditions, or is it universal?

behaftet, insbesondere in Gebieten mit sehr starker Sternenstehung, den sogenannten Starbursts.

Abb. 2-14: NAOS/CONICA adaptive Optik Aufnahme des zentralen Sternentstehungsgebiets in NGC 3603: Die schwächsten gerade noch sichtbaren Sterne in dieser Aufnahme haben eine Helligkeit von ca. 20. Größenklasse und besitzen eine Masse nahe der Wasserstoffbrenngrenze. Das weiße Rechteck zeigt die Region für die wir die ursprüngliche Massenfunktion (IMF) bestimmt haben.

Fig. 2-14: NAOS/ CONICA adaptive optics K-band image of the central star-forming in NGC 3603: The faintest stars seen in the observations have a magnitude of approx. 20 mag, corresponding to stars with masses around the Hydrogen burning limit. The white box indicates the region for which we have analyzed the initial mass function (IMF).

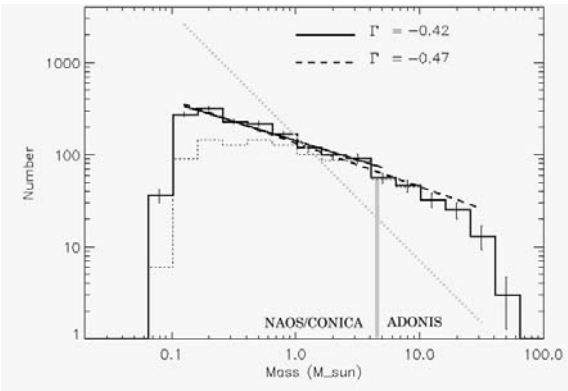


Anders als in großen Starbursts, wie in der Galaxie M82, können die massereichsten Sternentstehungsgebiete in unserer Milchstrasse in einzelne Sterne aufgelöst werden. Unsere sehr tiefe und scharfe Nahinfrarotaufnahme von NGC 3603 (Abb. 2-14) ermöglicht erstmals die Bestimmung der Massenverteilung auch für Sterne mit einer Masse nahe der Wasserstoffbrenngrenze (0.08 $M_\odot$).

Compared to a large starburst like in M82, the most massive star-forming regions in our Galaxy are close enough to resolve the stellar population. Our very deep, high angular resolution near-infrared images of NGC 3603 (Fig. 2-14) reveal the mass distribution down to the hydrogen burning limit (0.08 $M_\odot$).

Abb. 2-15: Ursprüngliche Massenfunktion (IMF) von NGC 3603: In NGC 3603 entsteht eine beträchtliche Zahl von Sternen mit einer Masse nahe der Wasserstoffbrenngrenze, aber selbst für weit massereichere Sterne ist die IMF dort weitaus flacher als für Feldsterne (punktierte Linie).

Fig. 2-15: Initial mass function (IMF) of NGC 3603: NGC 3603 forms a significant number of stars with masses close to the Hydrogen burning limit, and at the high-mass end the measured IMF is significantly flatter than for field stars (dotted line).



In einer Potenzgesetznäherung ist der Exponent α der IMF im Massenbereich von 0.1-6 $M_\odot$ ungefähr $\alpha \sim -0.4$ (Abb. 2-15). Die Massenfunktion setzt sich ohne Abfall bis zu Sternmassen von 0.1 $M_\odot$ fort.

The power law index α of the IMF in NGC 3603 is $\alpha \sim -0.4$ in the mass range 0.1-6 $M_\odot$ (Fig. 2-15). There is no truncation towards masses as low as 0.1 $M_\odot$.

Damit bestätigt sich, dass NGC 3603 in der Tat Sterne mit einer Masse nahe der Wasserstoffbrenngrenze bildet. Allerdings ist die gemessene IMF deutlich flacher als für Feldsterne ($\alpha \sim -1.3$), was eine vermehrte Entstehung von Sternen mit großen Massen bedeutet. Dieses Ergebnis stützt damit die Hypothese, dass die IMF sich je nach Umgebung unterscheidet, und Starbursts die Entstehung schwerer Sterne begünstigen.

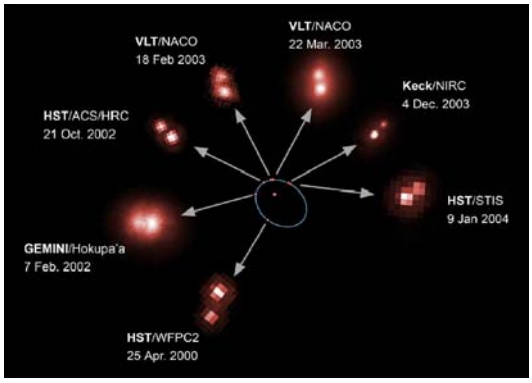
This confirms that NGC 3603 indeed forms a significant number of stars with masses close to the Hydrogen-burning limit. However, the measured IMF is significantly flatter than for field stars ($\alpha \sim -1.35$), indicating that star formation in NGC 3603 is biased towards higher-mass stars. This supports the hypothesis that the IMF varies with environmental conditions, and is top-heavy in starbursts.

Am unteren Ende der Massenverteilung der Sternentstehung finden sich auch neue Arten von sehr massearmen Sternen mit weniger als 0.1 $M_\odot$, die sogenannten Braunen Zwerge mit Spektraltyp L. Die genaue Massenbestimmung solcher substellaren Objekte, basierend auf der Spektroskopie und Messung der Leuchtkraft, wird dringend für die Kalibration von theoretischen Modellen benötigt.

At the low-mass end of star formation, new types of very low mass cool stars, so called brown dwarfs of spectral type L, are known in the stellar/sub-stellar transition region below 0.1 $M_\odot$ Accurate determination of masses for such sub-stellar objects, based on spectroscopy and luminosity alone, is a goal for the calibration of theoretical concepts.

Abb. 2-16: Beobachtung eines Doppelsternsystems aus zwei Braunen Zwergen: Die Massen der beiden Objekte können aus ihrer Bahnbewegung abgleitet werden.

Fig. 2-16: Observation of a binary system of two brown dwarfs. The masses of the sub-stellar objects can be determined from orbital dynamics alone.



Die seit 4 Jahren laufenden Beobachtungen des Doppelsternsystems 2MASSW J0746425+200032, zwei Zwergsterne mit Spektraltyp L und einer Umlaufzeit von 10.5 Jahren (Abb. 2-16), ermöglichen eine Abschätzung der Massen zu 8.5×10^{-2} und 6.6×10^{-2} $M_\odot$. Damit liegt die Masse dieser beiden Objekte genau an der Grenze zwischen Sternen und massereichen Planeten.

Four years of observation of a binary system (2MASSW J0746425+2000321, two L-dwarf stars in a 10.5-year orbit, Fig. 2-16), allowed estimates of their masses to 8.5×10^{-2} and 6.6×10^{-2} $M_\odot$ respectively, right at the boundary between stars and massive planets.

[AMMLER, BOUY, BRANDNER, DUCHENE, EISENHAUER, FORBRICH, FUHRMANN, HARAYAMA, KLEIN, KÖHLER, KÖNIG, NEUHÄUSER, PAUMARD, PECNIK, SCHREYER, WUCHTERL]

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

Globale Eigenschaften des ISM / Global ISM Properties

Sternwinde und Supernovae liefern dem interstellaren Medium Energie. Schließlich kühlen die so entstandenen Regionen heißen Gases ab, sie kondensieren zu dichten interstellaren Wolken, in denen sich wieder neue Sterne bilden können. Neu erzeugte Atomkerne, vorwiegend aus massereichen Sternen und Supernova- bzw. Nova-Explosionen, reichern das interstellare Medium an. Staub zeigt sich als bedeutendes Übertragungsmedium von Energie und Material. In seiner Struktur enthält dieses Medium zudem Bedingungen, unter denen Plasmateilchen auf relativistische Energien zur „kosmischen Strahlung“ beschleunigt werden.

Lichtabsorption durch interstellaren Staub spiegelt in einer Galaxie wie der unseren die chemische Zusammensetzung und die Korngröße des Staubs wider. Mit Monte Carlo Strahlungstransportrechnungen fanden wir heraus, dass die Farbe einer Galaxie weniger durch Staubparameter als durch die Beobachtungsgeometrie bestimmt wird. Daher zeigen Kernbereiche und Scheiben von Galaxien deutlich unterschiedliches spektrales Verhalten der Staubabsorption.

Absorption von Röntgenstrahlung, die aus hochionisierten Atomen stammt, lässt uns eine Vorstellung der ISM-Dichte im Raum entwickeln, da die Absorptionstiefe von der Menge der Materie im Vordergrund abhängt. Abschattungsstudien an interstellaren Wolken mit XMM haben gezeigt, dass unser Verständnis von Plasma-Abstrahlung verfeinert werden muss: Heißes ISM Plasma befindet sich nicht im Ionisationsgleichgewicht, sondern in einem Zustand unvollständiger Stoßionisation; zudem müssen lokale Ladungsaustauschreaktionen mitbetrachtet werden. Dementsprechend ist unsere Vorstellung von der Lokalen Blase revisionsbedürftig.

The interstellar medium is energized by winds and supernovae from massive stars. The resulting hot gas regions eventually cool and condense to dense interstellar clouds, which are birth sites of new stars. Interstellar gas is enriched by new nuclei formed in massive stars, but also in lower-mass stars, and nova / supernova explosions from white dwarf remnants. Dust grains are important mediators of energy and material diffusion in interstellar space. Together, this medium provides conditions which energize particles to relativistic energies as “cosmic rays”.

Attenuation of light by ISM dust in a galaxy like the Milky Way depends on its chemical composition and size distribution. From Monte Carlo radiative transfer calculations we have found that galaxy colour is rather insensitive to dust parameters, while the aspect geometry determines the spectral behaviour of the absorption function. Therefore, bulges and disks of galaxies show significantly-different spectral attenuation characteristics.

The attenuation of X-rays allows a three-dimensional analysis of emission from highly-ionized species, as it depends on the amount of intervening absorbing matter. ISM cloud-shadowing studies with XMM have shown that our understanding of hot-plasma emission must be refined: Such ISM plasma is characterized by incomplete collisional ionization, rather than ionization equilibrium; further local contributions from charge exchange processes have to be considered as well. Correspondingly, our model of the Local Bubble is to be revised.

Auf größerer Skala spiegelt diffuse Gamma-Emission die Ausbreitung energiereicher Elektronen und Atomkerne im interstellaren Raum wider. Ein offenbar inkonsistenter Abfall der Emission zur äußeren Galaxis hin ist erklärbar mit der von uns vorgeschlagenen variablen Skalierung zwischen beobachteter CO-Emission und interstellarer Masse. Damit würde sich das ISM-Massenverhältnis zwischen innerer und äußerer Galaxie verkleinern.

On a larger scale, diffuse gamma-ray emission links interstellar propagation of energetic electrons and nuclei to its presumed sources, the supernova remnants. An apparent inconsistency in radial falloffs towards the outer Galaxy is solved by our proposed variable scaling from observed CO emission to interstellar mass density. This also would reduce the inferred ISM mass in the inner Galaxy relative to outer regimes.

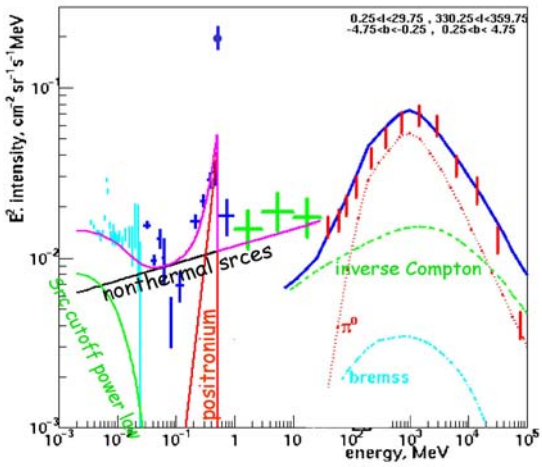
Diffuse Hochenergie-Strahlung / Diffuse High-Energy Emission

Aus der heißen ISM Phase in der Umgebung aktiver Sterne können Komponenten auf hohe Energien beschleunigt werden und zu nicht-thermischen Strahlungskomponenten des ISM führen. Eine Unterscheidung solch intrinsisch-diffuser Strahlung von der Überlagerung der Emission zahlreicher Punktquellen (die zu schwach sind um individuell nachweisbar zu sein) wird unser Verständnis zu Ursprung und Ausbreitung kosmischer Strahlung verbessern.

From the hot ISM phase around active groups of stars, plasma components may be accelerated to higher energies, leading to non-thermal emission processes of the interstellar medium. Discrimination of such intrinsically-diffuse emission from the composite of high-energy sources (which may not be detected as individual sources) will help to understand the origin of cosmic rays and their propagation in the ISM.

Abb. 2-17: Spektrum "diffuser" Gammastrahlen-Emission aus dem Innenbereich der Galaxis. Typische Spektralformen sind zum Vergleich dargestellt für hochenergetische Röntgenquellen, Annihilation von Positronen und diffuse Hochenergie-Strahlungsprozesse. Diese bekannten Prozesse sind allein nicht in der Lage, die Beobachtungen wiederzugeben, so dass die Existenz nicht-auflösbarer Quellen mit nicht-thermischem Spektrum naheliegt.

Fig. 2-17: Spectrum of "diffuse" emission from the Galactic Ridge at gamma-ray energies. Typical spectral shapes for identified emission components are shown for hard X-ray sources, positron annihilation, and high-energy radiation processes. These known processes cannot explain observations, suggesting the existence of unresolved sources with a hard, non-thermal spectrum.



Die spektrale Verteilung der Emission der Milchstraßenebene ist mittlerweile über 6 Energiedekaden (KeV bis GeV) nachgewiesen (Abb. 2-17). Zur Unterscheidung wahrhaftig diffuser von überlagerter Punktquellen-Emission sind abbildende Datenauswertungen erforderlich. Mit INTEGRAL ist dies nun auch im Röntgen-Gamma-Übergangsbereich möglich, wo die typischen Quellspektren steil abfallen.

From the Galactic Ridge, the spectral distribution of emission has been measured now over six decades in energy, from keV to GeV energies (Fig. 2-17). Imaging such emission is required for disentangling contributions from superimposed point sources and truly diffuse emission. With INTEGRAL, this is now possible in the hard X-ray/low gamma-ray range, where typical spectra of high-energy sources tail off.

Es zeigt sich, dass die Dominanz von Punktquellen (wie bei ~10 keV gesehen) bei höheren Energien zurückgeht, und 10-100% der beobachteten Emission diffus erscheint. Bekannte diffuse Emissionsprozesse der Wechselwirkung kosmischer Strahlung mit dem ISM (Bremsstrahlung, Compton Streuung) können dies allerdings nicht erklären. Vielleicht gibt es eine Population noch unentdeckter Punktquellen mit hartem Spektrum.

It is found that the dominance of sources (seen at ~10 keV) fades, and 10-100% of the observed emission must be diffuse in nature. Known diffuse high-energy emission processes from cosmic-ray interactions with ambient ISM such as Bremsstrahlung and inverse-Compton radiation cannot explain these observations, however. Possibly a new, yet undiscovered, population of hard-spectrum point sources may exist.

Abbildende Gamma-Spektroskopie zeigt auch, dass die Annihilation von Positronen eine wesentliche Komponente der Emission aus der inneren Galaxie ist; die charakteristische Signatur dieses Prozesses ist eine Linie bei 511 keV, sowie ein charakteristisches Kontinuum zu niedrigeren Energien hin, die aus Annihilation über die Zwischenstufe eines Positronium-Atoms

Spatially-resolved gamma-ray spectroscopy also clearly shows that positron annihilation is a major spectral component of the inner-Galaxy emission; the characteristic signature is a line at 511 keV, plus a characteristic continuum below this line from annihilation through formation of Positronium (Fig. 2-17 and 2-18).

herrührt (Abb. 2-17 und 2-18).

Frisch erzeugte Atomkerne aus dem Innern massereicher Sterne und Supernovae kann man anhand charakteristischer Linienstrahlung der radioaktiven Beimischungen erkennen. Langlebige Isotope und die Positronen aus β^+-Zerfällen können sich im interstellaren Raum ausbreiten und so diffuse Emission um derartige Nukleosynthese-Orte erzeugen.

Positronen werden allerdings auch durch andere Quellen erzeugt, die relativistische Plasmen ausstoßen: Pulsare, Mikroquasare, oder die Annihilation möglicher leichter Komponenten der dunklen Materie. Die erstmalige Abbildung der Annihilations-Emission mit INTEGRAL erlaubt nun die Suche nach den Quellen über räumliche Korrelationen (Abb. 2-18). Die gemessene Morphologie entspricht einem ausgedehnten kugelförmigen Kernbereich. Dies erscheint rätselhaft, da keine der erwarteten Positronenquellen eine solche Verteilung hat.

Fresh nuclei production in massive stars and supernova can be seen in characteristic gamma-ray line emission from radioactive by-products. Long-lived isotopes, and positrons from β^+-decays, may diffuse in space and generate diffuse emission around such sites of nucleosynthesis.

But positrons also may be generated from sources ejecting relativistic plasma, such as pulsars and microquasars, or from light dark-matter annihilations. Imaging the emission from positron annihilation became possible for the first time with INTEGRAL, so we can search for correlation with such candidate sources (Fig. 2-18). The morphology of the observed emission appears bulge-like. This is puzzling, because none of the candidate positron sources would obey such a spatial distribution.

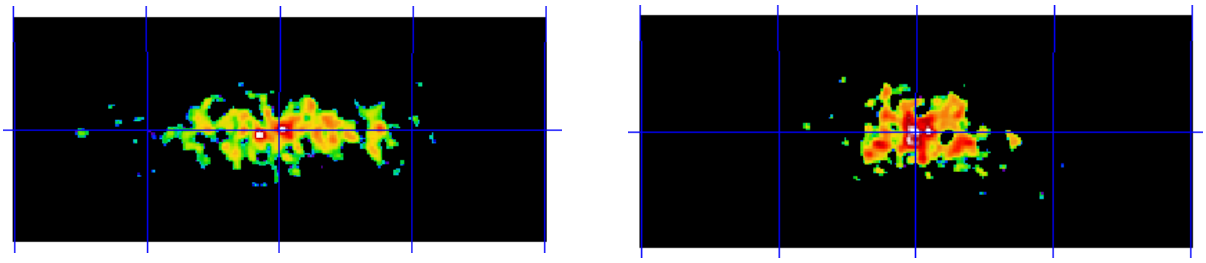


Abb. 2-18: Kernbereich der Milchstraßenebene (±60° in Galaktischer Länge, ±25° in Breite) bei Gammastrahlen-Energien: Links: Kontinuums-Emission bei ~200 keV; rechts: Positronen-Annihilationsstrahlung. Die irreguläre Bildstruktur resultiert vermutlich aus der Begrenztheit der Abbildungsmethode. Deutlich wird die mehr um den Zentralbereich konzentrierte Annihilationsemission, im Vergleich zur mehr auf die Milchstraßenebene konzentrierten Kontinuumsemission außerhalb der 500 keV Region.

Fig. 2-18: Images of the Galactic ridge (±60° in longitude, ±25° in latitude) at gamma-ray energies: Left: continuum emission at ~200 keV; right: emission from positron annihilation. Note that clumpiness of the image is most likely due to the imaging deconvolution rather than celestial. The positron annihilation emission appears more concentrated towards the inner Galaxy, and more extended in latitude, compared to gamma-ray emission above and below its characteristic energy domain around 500 keV.

Andererseits können Positronen aus Typ Ia Supernovae den Großteil der 10^{43} Annihilationen pro Sekunde erklären, die wir aus der Linienintensität ableiten. So wird das Studium des Positronen-Transports über ihre Lebensdauer von 0.1-10 Millionen Jahren entscheidend sein, um Klarheit über die Rolle dunkler Materie zu gewinnen.

Die Linienform bei 511 keV, nun mit dem INTEGRAL Spektrometer SPI präzise gemessen (vgl. Titelseite), bietet eine einzigartige Diagnostik der Umgebungsbedingungen für die Annihilation: Prozesse in kaltem oder heißem ISM können die gemessene Linienform nicht wiedergeben, überwiegende Annihilation in einer warmen, teil-ionisierten ISM Phase sind dagegen in guter Übereinstimmung mit der Messung.

Positronen werden durch Nukleosynthese entlang der gesamten Milchstraßenebene freigesetzt. Daher überrascht, dass diese Annihilationskomponente bisher nicht messbar war. ^{26}Al ist ein solcher Positronenlieferant, von dem die radioaktive Gamma-Emission bereits für etliche Regionen massereicher Sterngruppen gemessen und kartographiert wurde.

On the other hand, SNIa positrons may explain a substantial part of the 10^{43} annihilations per second inferred for the Galactic Center region from the 511 keV line flux. Positron transport in the ISM over their 0.1-10 Myr lifetime is crucial to assess if dark-matter annihilations may be responsible for the observed morphology.

The shape of the annihilation line at 511 keV, now measured with great precision by INTEGRAL's spectrometer SPI (see figure on cover page), provides a unique diagnostic of the conditions under which annihilation occurs: Processes in cold or hot ISM do not reproduce the observed shape, but significant annihilation in a warm and partly-ionized phase may explain the measurement.

Positrons are produced from nucleosynthesis throughout the plane of the Galaxy. It is therefore surprising that annihilation in the Galactic plane still has not been seen. ^{26}Al is one such positron source; its gamma-ray emission from Galactic plane regions of massive star formation has been measured and mapped.

Das Spektrometer von INTEGRAL zeigt für die Linienbreite der ^{26}Al Linie Grenzen, die einem eher kühlen ISM mit erwarteter geringer Verbreiterung durch galaktische Rotation entsprechen. Für die Cygnus-Region allerdings liegt die Linienbreite eventuell etwas höher, entsprechend einem turbulenten Medium mit ~200 km s^{-1}, wie man sie eher in der Umgebung junger Sterngruppen dieser Region erwarten könnte.

The spectrometer of INTEGRAL constrains the ^{26}Al gamma-ray line to be rather narrow overall, corresponding to decay in rather cool ISM, and slightly broadened through Galactic rotation. Yet, in the Cygnus region, the observed line width corresponds to turbulent velocities of ~200 km s^{-1}, possibly reflecting unusual massive-star turbulences for the young clusters of this region.

[BREITSCHWERDT, CONSTANTINI, DIEHL, FREYBERG, GORDON, KRETSCHMER, LICHTI, MADSEN, MENDES, PIERINI, PORQUET, PREDEHL, SCHÖNFELDER, STRONG, WANG, WITT]

2.2.3 Kompakte Endstadien der Sternentwicklung / Compact Remnants of Stellar Evolution

Quellen von Gammastrahlen-Ausbrüchen / Gamma-Ray Burst Sources

Langandauernde Gammastrahlen-Ausbrüche (GRBs = gamma-ray bursts; >2 Sekunden) werden jetzt eindeutig mit sehr energiereichen Explosionen in fernen Galaxien identifiziert. Beobachtungen mit einer Vielzahl von Teleskopen, sowohl vom Erdboden aus als auch von Satelliten, welche den gesamten Bereich des elektromagnetischen Spektrums abdecken, haben gezeigt, dass diese Ereignisse mit der Entstehung eines schwarzen Lochs im Zentrum eines kollabierenden massereichen Sterns erklärt werden können. Die Gammastrahlung wird in einem relativistischen Ausfluss (Jet) erzeugt, und nahe dem Ausbruch kann bei manchen Bursts eine Supernova erkannt werden.

Long duration gamma-ray bursts (GRBs) have been clearly associated with extremely energetic explosions in distant galaxies. Observations across the electromagnetic spectrum with a multitude of ground and space-based telescopes led us to now explain these events with the core collapse of very massive stars, forming black holes and relativistic jets in the supernova, which itself has become visible for several burst sources.

GRBs werden primär von Satellitendetektoren mit großen Gesichtsfeldern im Weltraum entdeckt. Wenn eine solche Entdeckung sofort weiter gemeldet wird, führt sie oft zu Nachfolgebeobachtungen in anderen Wellenlängenbereichen. Das INTEGRAL Observatorium bietet zwei Möglichkeiten GRBs zu entdecken: (i) Das für Strahlung aus allen Richtungen empfindliche Antikoinzidenzsystem des Spektrometers SPI hat bisher mehr als 150 GRBs (mit langer und kurzer Zeitdauer) gemessen. Der Vergleich der Ankunftszeiten eines GRBs auf verschiedenen im Sonnensystem verteilten Satelliten erlaubt eine Triangulation des Ursprungsorts der Strahlung. Diese Methode führt aber meistens erst mit erheblicher Zeitverzögerung zu einer Lokalisierung des GRBs. (ii) Etwa einmal im Monat wird ein GRB im Gesichtsfeld der abbildenden INTEGRAL-Teleskope IBIS (Imager) und SPI (Spektrometer) registriert. Mit einer Verzögerung von weniger als einer Minute kann dann ein spezielles Alarmsystem die Position des Ereignisses mit einer Genauigkeit von wenigen Bogenminuten ermitteln. Bei einem Drittel dieser genau lokalisierten GRBs konnte optisches Nachleuchten gefunden werden. GRB 031203, der als Ereignis mit ungewöhnlich kleiner Leuchtkraft identifiziert wurde, könnte das erste Beispiel für eine spezielle Art von GRB-Ausbrüchen sein.

The initial detection of GRBs (which triggers follow-ups at other wavelengths) comes generally from gamma-ray instruments in space with large fields of view. INTEGRAL affords two ways to detect GRBs: (i) The omnidirectional anticoincidence system of the spectrometer SPI measured more than 150 events (long and short duration GRBs). Relative arrival times at different satellites allow determination of the position of GRB sources with good accuracy, but with considerable time delay; (ii) About once per month a GRBs is detected in the field of view of the INTEGRAL imager (IBIS) and spectroscopy (SPI) instruments. With a delay of typically less than a minute a dedicated burst alert system evaluates and distributes GRB positions with an accuracy of a few arcminutes. For about a third of these INTEGRAL events optical afterglow searches were successful. GRB 031203, characterized as sub-luminous, could be the first example of a new type of GRBs.

Stellare Schwarze Löcher / Stellar-Mass Black Holes

Die Existenz schwarzer Löcher im Universum wird seit geraumer Zeit diskutiert. Nach ihnen wurde in Röntgendoppelsternen mit Massen typisch für Sterne und in den Kernen von Galaxien/AGN, den „super-

The existence of black holes in the universe has been discussed for quite some time. They have been searched for in X-ray binaries with typical masses of stars, and in the cores of galaxies/AGN, as “supermas-

massiven“ schwarzen Löchern, mit Massen von mehr als einigen Millionen $M_\odot$ gesucht. Im Bereich von stellaren Massen wurden vielversprechende Kandidaten in Röntgendoppelsternen geringer Masse gefunden. Mit einer Masse, die signifikant die eines Neutronensterns überschreitet, ist ein schwarzes Loch der einzige Kandidat für diese dunkle Komponente in dem Doppelsternsystem. Ungefähr 20 solcher Systeme wurden bislang in der Milchstrasse entdeckt. Der vielversprechendste Kandidat für ein supermassives schwarzes Loch ist Sgr A* im Zentrum der Milchstrasse. In jedem dieser Beispiele wird die Bewegung eines oder mehrerer Sterne, wie bei Sgr A*, die das vermeintliche schwarze Loch umkreisen, genutzt, um die Masse des kompakten Objekts mit Hilfe der Kepler'schen Gesetze zu bestimmen. Im Fall von Sgr A* ist die zentrale Masse, die sich innerhalb der Umlaufbahn befindet so groß, dass alle stabilen Sternkonfigurationen außer der eines schwarzen Lochs ausgeschlossen werden können.

sive” black holes with masses exceeding a few million $M_\odot$. On the stellar-mass level, promising candidates have been found in low mass X-ray binaries: With a mass significantly exceeding that of a neutron star, a black hole is the only candidate for this dark component in the binary. About 20 such systems have been detected so far in the Galaxy. The most promising candidate for a supermassive black hole is Sgr A* in the centre of the Galaxy. In either case, the motion of a star, or several stars in case of Sgr A*, orbiting the candidate black hole, is used for determination of the mass of the compact object through Kepler's laws. In case of Sgr A* the central dark mass enclosed by the orbit is so large that all stable non-black hole configurations can be excluded.

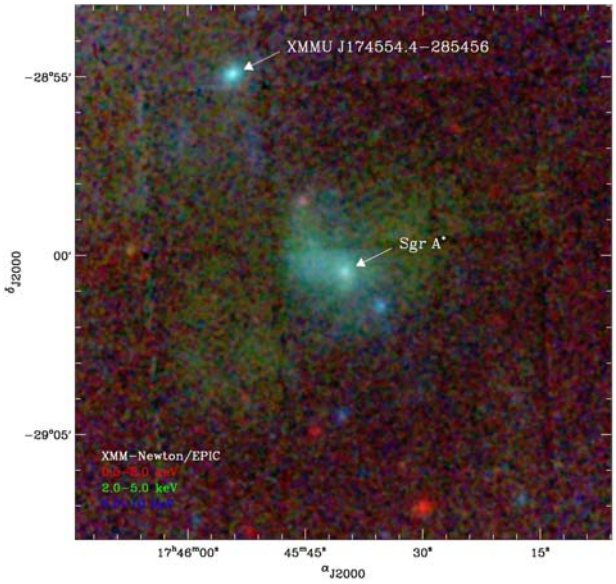


Abb. 2-19: XMM-Newton Röntgenbild der Region um das galaktische Zentrum mit Sgr A und dem Transienten XMMU J174554.4-285456.*

Fig. 2.19: XMM-Newton X-ray image of the galactic centre region with Sgr A and the transient XMMU J174554.4-285456.*

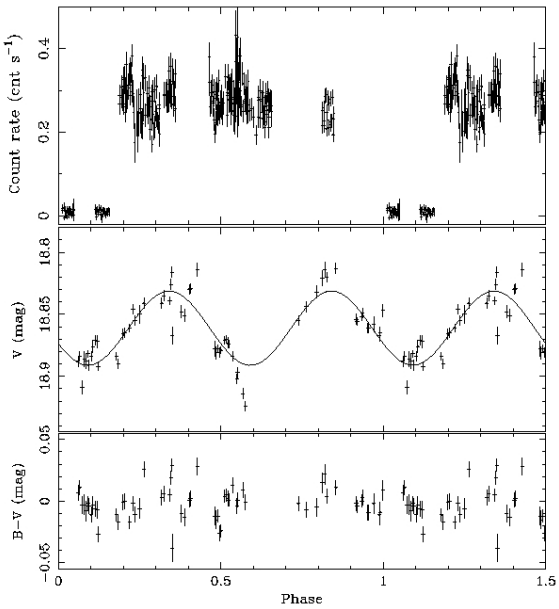


Abb. 2-20: M33 X-7 Lichtkurve (0.5-3 keV, optisch, B-V) über die 3.45 tägige Bahnperiode. Ein Doppelsinus repräsentiert die V Lichtkurve in guter Näherung.

Fig. 2-20: Light curves of M33 X-7 (0.5-3 keV, optical, B-V) over the 3.45 d orbital period. A double-sinusoidal approximation is shown for the V light curve.

Während der verschiedenen, tiefen XMM-Newton Beobachtungen der Region des galaktischen Zentrums wurde am 3. Oktober 2002 eine helle, transiente Röntgenquelle, XMMU J174554.4-285456 (Abb. 2-19), die in der Projektion nur 15 pc von Sgr A* entfernt ist, während eines Ausbruchs entdeckt. Die hohe Absorptionssäulendichte legt nahe, dass die Quelle sich in ähnlicher Entfernung wie Sgr A* befindet. Aus dem Vergleich mit früheren Beobachtungen ergibt sich, dass sich der Fluss um etwa einen Faktor 1300 innerhalb von vier Monaten veränderte. Durch die Potenzgesetzform des Röntgenspektrums und die riesige Zeitvariabilität wird nahegelegt, dass die Quelle aus einem Doppelsternsystem besteht, mit einem Neutro-

During the various deep observations of the galactic center region with XMM-Newton a bright X-ray transient XMMU J174554.4-285456 (Fig. 2-19) has been discovered in outburst on October 3, 2002, in projection just 15 pc away from Sgr A*. Its high absorption column density suggests that the source is at a similar distance as Sgr A*. Comparison with an earlier observation shows that the source varies by about a factor of 1300 in flux within four months. The power-law X-ray spectrum and the huge time variability suggest that the source is a binary system with either a neutron star or black hole for the compact object.

nenstern oder einem schwarzen Loch als kompaktes Objekt.

In M33, einer Galaxie in 795 kpc Entfernung, konnte mit XMM-Newton ein Bedeckungsveränderlicher über den Grossteil seiner 3.45 Tage langen Bahnperiode kontinuierlich verfolgt werden (Abb. 2-20). Daraus ergab sich, dass die optische Komponente ein B01 Stern ist. Die abgeleitete Masse, das Fehlen von Pulsationen und das Röntgenspektrum legen nahe, dass das kompakte Objekt ein schwarzes Loch ist. Damit würde X-7 in M33 das erste bislang entdeckte schwarze Loch in einem Röntgen-Bedeckungsveränderlichen hoher Masse sein.

In M33, a galaxy 795 kpc away, an eclipsing binary could be monitored with XMM-Newton for a large fraction of its 3.45 d orbital period (Fig. 2-20). This revealed a B01 star as the optical component. The inferred mass of the compact object, the lack of pulsations, and the X-ray spectrum suggest that the compact object is a black hole. Then, X-7 in M33 would be the first black hole in an eclipsing high mass X-ray binary detected so far.

Es wird im allgemeinen angenommen, dass schwarze Löcher von einer Akkretionsscheibe umgeben sind. Ein gewisser Anteil der Teilchen in der Scheibe zeigt möglicherweise ein oszillatorisches Verhalten. Die damit verbundenen Frequenzen werden entweder mit seismischen Moden der Scheibe oder mit epizyklischen Oszillationen verbunden, die die Kepler Bewegung des umlaufenden Materials einschließen. Einige der Röntgendoppelsterne, die schwarze Löcher enthalten, die Mikroquasare, weisen quasi-periodische Oszillationen (QPOs) auf, die in Zwillingsform in einem festen Frequenzverhältnis von 3:2 auftreten. Das von uns vorgeschlagene Modell deutet diese als nichtlineare Resonanz der vertikalen und radialen epizyklischen Frequenzen an einem oder zwei möglichen Bahnumlaufradien und sagt vorher, dass solche Resonanz nur für einen Wert (0.9962) des Spins eines Kerr-Schwarzen Loches auftritt. Für die Mikroquasare GRO J1655-40, XTE J1550-564 und GRS 1915+105 stimmen die damit vorhergesagten Massen genau mit denen überein, die durch die Doppelstern-Umlaufbahn-Analyse bestimmt wurden. Für das supermassive schwarze Loch Sgr A*, wo wir Anzeichen von wenigstens drei QPOs von ~2138, ~1069 und ~712 s gefunden haben, sagt unser Model eine Masse von 3.28±0.13 10^6 $M_\odot$ und einen Spinwert 0.9962 voraus.

Black holes are generally expected to be surrounded by accretion disks. Some fraction of the particles in the disk may move in an oscillatory manner. The associated frequencies can be used for determination of the mass and the spin of the black hole. These vibrations are understood either as seismic modes of the disk or as epicyclic oscillations including the Kepler motion of the orbiting material. Some X-ray binaries with black hole candidates, the “microquasars”, show quasi-periodic oscillations (QPOs), which come as twins, with a fixed frequency ratio of 3:2. We propose a model which explains these as a non-linear resonance between the vertical and radial epicyclic frequencies at one of two possible orbits, and predicts that such a resonance occurs for only one value (0.9962) of the Kerr black hole spin. The model also predicts the mass of the black hole from measured frequencies. For the microquasars GRO J1655-40, XTE J1550-564 and GRS 1915+105, predicted masses are in excellent agreement with binary-orbit analyses. For Sgr A*, where we found an indication for at least three QPOs at ~2138, ~1069 and ~712 s, our model predicts a supermassive black hole mass of 3.28 ± 0.13 10^6 $M_\odot$ with a spin of 0.9962.

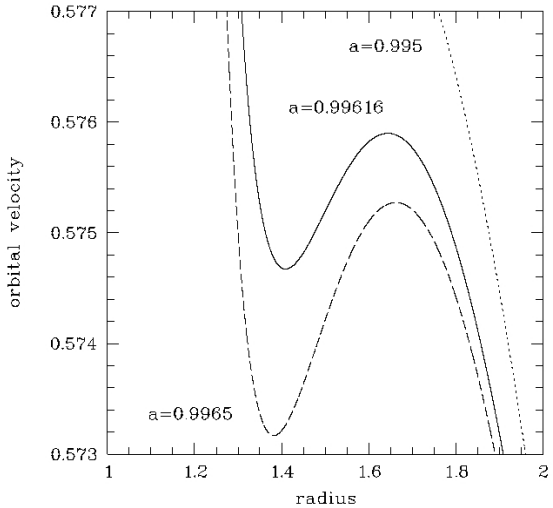


Abb. 2-21: Bahnumlaufgeschwindigkeit gegen Bahnradius für schnell rotierende schwarze Löcher verschiedenen Spins (a) – dies demonstriert den Übergang von einem monotonen zu einem min-max Verhalten. Die Geschwindigkeit wird in Einheiten der Lichtgeschwindigkeit gemessen; der Radius wird in Einheiten des Gravitationsradius angegeben.

Fig. 2-21: Orbital velocity versus orbital radius for rapidly spinning black holes for different black hole spins (a), which demonstrates the transition from a monotonic to a min-max behaviour. Velocity is measured in units of the speed of light; radius is expressed in units of the gravitational radius.

Dieser sehr hohe Wert für den Spin initiierte eine Reanalyse der Bewegung eines Testteilchens um ein schwarzes Loch (Boyer Lindquist Funktionen). Es zeigt sich, dass die ansonsten monotone Relation zwischen Bahnumlaufgeschwindigkeit und Bahnradius überraschenderweise verletzt wird, ein Anwachsen der

This very high spin value prompted a reanalysis of the motion of a test particle around a rotating black hole (Boyer-Lindquist functions). It turns out that the otherwise monotonic relation between orbital velocity and orbit radius unexpectedly breaks down, an increase of orbital velocity with radius is observed

Bahnumlaufgeschwindigkeit mit dem Radius wird beobachtet (Abb. 2-21) sobald der Spin den Wert von 0.9953 übersteigt. Dieser Effekt der allgemeinen Relativitätstheorie ist neu; seine physikalische Bedeutung und Auswirkung werden gegenwärtig untersucht. Eine Veränderung der Topologie von Teilchen und Flüssigkeiten, die um ein schnell rotierendes Kerr schwarzes Loch kreisen, ist wahrscheinlich.

(Fig. 2-21) when the spin exceeds a value of 0.9953. This effect of General Relativity is new; its physical relevance and impact are currently investigated. Variation of the topology for particles and fluids orbiting rapidly rotating Kerr black holes is likely.

Neutronensterne / Neutron Stars

Der Gravitationskollaps massereicher Sterne am Ende ihrer thermonuklearen Entwicklung führt zur Entstehung von Neutronensternen, sofern die anfängliche Masse der kollabierenden Sterne im Bereich ~8-25 $M_\odot$ liegt. Die im heißen Feuerball von Supernovaexplosionen geborenen Neutronensterne verkörpern die kompakteste, direkt beobachtbare Form von Materie. Mit einer unserer Sonne vergleichbaren Masse und einem Sternradius von nur ~10 km übersteigt ihre zentrale Dichte die Dichte von Atomkernen. Ihr Magnetfeld von ~10^8-10^{14} Gauß kann bei schneller Rotation des Neutronensterns Ursprung von starker, nichtthermischer Strahlung sein, die man vom optischen Wellenlängenbereich bis in den Gammastrahlenbereich beobachten kann.

The final gravitational collapse of a massive star after exhaustion of nuclear energy sources will produce neutron stars, when initial masses of stars are in the range ~8-25 $M_\odot$. Formed in the hot interior of a supernova, these stars constitute an extreme form of matter as dense as an atomic nucleus, yet with a typical radius of 10 km and a mass comparable to our Sun. Their strong magnetic fields have ~10^8-10^{14} Gauss, and are the origin of strong non-thermal radiation if the neutron star rotates fast enough. Such radiation is often observed from optical up to the highest γ-ray energies.

Mit einer Entstehungstemperatur von bis zu ~10^{11} K kann ein Hunderttausend Jahre alter Neutronenstern noch eine Temperatur von einer Million Grad haben, so dass die thermische Emission im Röntgenbereich liegt. Diese Strahlung lässt sich jedoch nur von nicht zu weit entfernten Neutronensternen beobachten, wenn zudem die Absorption interstellaren Gases gering ist.

Born with temperatures up to ~10^{11} K, a 10^5 year-old neutron star may still have a temperature of ~10^6K, i.e. a thermal spectrum most intense in the X-ray domain. Such emission can, however, be seen only if sufficiently nearby and not absorbed by interstellar gas.

Die Abkühlung eines heiß geborenen Neutronensterns hängt sehr empfindlich von den Eigenschaften der Materie bei supra-nuklearen Dichten ab. Aus der Messung der Neutronenstern-Oberflächentemperatur und dem Vergleich mit theoretischen Voraussagen folgen daher wichtige Erkenntnisse über Zustandsgleichungen, dieser den Laborstudien unzugänglichen, hochdichten Materie.

The thermal evolution of a neutron star sensitively depends on the physical properties of nuclear matter at supra-nuclear density. Therefore neutron star surface temperature measurements and their comparison with thermal evolution models yields important constraints for equations-of-state of such matter, not accessible in terrestrial laboratories.

Zur Zeit kennt man sieben radio-leuchtschwache isolierte Neutronensterne (INS), deren Oberflächentemperaturen bei 0.5-1.5 Millionen Grad liegen. Bei vieren davon beobachtet man Röntgenpulse mit Perioden zwischen 3.4 und 13.4 Sekunden.

Presently, seven radio-quiet isolated neutron stars (INS) are known, with temperatures in the range of 0.5 to 1.5 10^6 K. Four of them exhibit pulsations with periods between 3.4 and 13.4 s.

Mit XMM-Newton gelang uns zum ersten Mal die Entdeckung breiter Absorptionslinien in den Röntgenspektren von wenigstens drei dieser radio-leuchtschwachen INS. Interpretiert man diese Linien als Proton-Zyklotron-Resonanzabsorption, dann folgt aus dem Energiewert des Zentrums der Linie die Magnetfeldstärke der Sterne zu $10^{13\text{-}14}$ G, überraschend hohe Werte, jedoch vergleichbar mit den Magnetfeldstärken junger Radiopulsare. Wir vermuten, dass es sich bei den radio-schwachen INS tatsächlich um junge, immer noch heiße Neutronensterne handelt, deren Rotation durch das starke Magnetfeld rasch abgebremst wurde.

We discovered for the first time broad absorption lines in the X-ray spectra of at least three of the radio-quiet INS with XMM-Newton. If interpreted as proton cyclotron-resonance absorption, the line-center energy determines the magnetic field strength to$10^{13\text{-}14}$ G, which is surprisingly high and comparable with the field strength deduced for young radio pulsars. We speculate that these radio-quiet INS are young and still hot neutron stars, rapidly slowed down by magnetic braking.

Für Neutronensterne die man als Radiopulsare beobachtet, kann man Magnetfeldstärke, Alter und Gesamtwert ihrer Energieabstrahlung aus der Rotations-

For neutron stars being radio pulsars, magnetic field strength, age and total energy output can be estimated from their period and period derivative. Their main

periode und deren zeitlicher Änderungen ableiten. Hauptenergiequelle ist die Rotationsenergie des Sterns, von der nur ~10^{-3} im Röntgenbereich abgestrahlt wird. XMM-Newton ist ausreichend empfindlich um auch die schwache Strahlung alter rotationsgetriebener Pulsare zu studieren. Überraschenderweise dominiert nicht-thermische statt der von heißen Polkappen erwarteten thermischen Strahlung das Röntgenspektrum (Abb. 2-22).

energy source is rotation of the neutron star, with ~10^{-3} of the energy output released in the X-ray band. XMM-Newton is sufficiently sensitive for a study of also older rotation-driven pulsars with their weaker X-ray emission. Surprisingly, X-ray emission from these old pulsars is dominated by non-thermal radiation, rather than thermal polar-cap emission (Fig. 2-22).

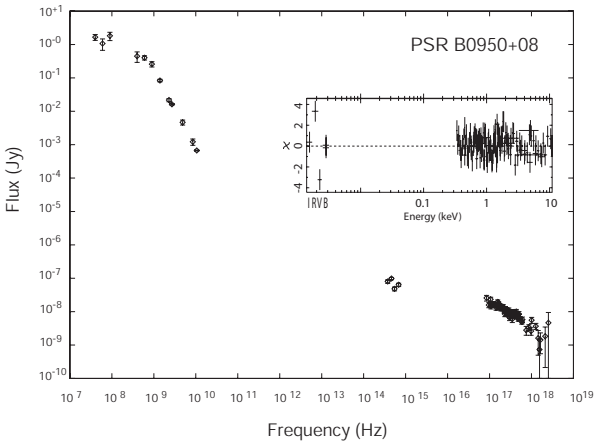


Abb. 2-22: Breitbandspektrum des ~10^7 Jahre alten rotationsgetriebenen Pulsars PSR B0950+08, mit Radio- optischen und Röntgenspektrum. Der eingesetzte Plot zeigt die Residuen für die gleichzeitige Anpassung eines nicht-thermischen Spektrums an die optischen und Röntgendaten.

Fig. 2-22: Combined radio, optical and X-ray fluxes of the ~10^7 years old rotation-driven pulsar PSR B0950+08. The inset shows the contribution to the χ^2-fit statistics for a non-thermal spectral model which fits both, to the optical and X-ray data.

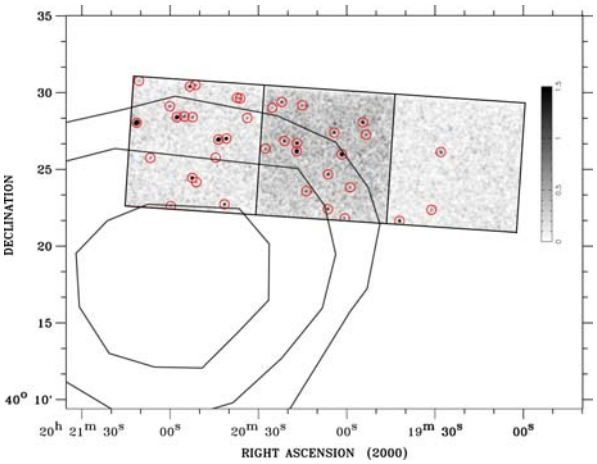


Abb. 2-23: Chandra ACIS-S Gesichtsfeld der Quelle 3EG J2020+4017. Die nur zum Teil die Beobachtung überdeckenden 68%, 95% und 99% „Likelihood" Konturlinien der 3EG Gamma-Quelle sind ebenfalls gezeigt. Die bisher nicht von Chandra überdeckten Bereiche sind Gegenstand weiterer Nachfolgebeobachtungen. Die Positionen aller mit Chandra detektierten 38 Röntgenquellen sind gekennzeichnet.

Fig. 2-23: Chandra ACIS-S field of 3EG J2020+4017. The 68%, 95% and 99% contour lines from the 3EG EGRET likelihood map of the source position are shown. The candidate source area not yet covered by these observations is subject to present and future observations. The position of the 38 sources detected by Chandra is indicated.

Die hellste aller unidentifizierten EGRET Quellen am Gammastrahlen-Himmel, 3EG J2020+4017, wurde als junger Neutronstern in seinem Supernovaüberrest interpretiert. Eine schlüssige Identifizierung ist aber in mehr als 25 Jahren Forschung nicht gelungen. Neue Röntgen- und Radiobeobachtungen schränken den Parameterbereich für die Existenz eines Neutronensterns jetzt jedoch stark ein: Chandra Beobachtungen von Teilen der EGRET-Fehlerellipse fanden insgesamt 38 Röntgenquellen mit einer Positionsgenauigkeit im Sub-Bogensekundenbereich und schließen damit die seit einigen Jahren diskutierte Röntgenquelle RX J2020.2+4026 als Gegenstück zur Gamma-Quelle aus. Beobachtungen mit dem Green Bank Radioteleskop, die den gesamten möglichen Bereich der Position der Gamma-Quelle überdecken, lieferten ebenfalls keinen Hinweis für die Existenz eines Radiopulsars. Daraus kann man folgern, dass wenn es sich bei 3EG J2020+4017 um einen jungen Neutronenstern handelt, dieser entweder kaum Radiostrahlung abstrahlt, oder der Strahlungskegel von uns weggerichtet ist und daher nicht beobachtet werden kann (Abb. 2-23).

The brightest unidentified EGRET source in the γ-ray sky, 3EG J2020+4017 has been proposed to be a young neutron star within its supernova remnant. But identifications have failed since more than 25 years, though strong constrains could be set through recent X-ray and radio observations: Chandra observations located 37 X-ray sources with sub-arcsecond accuracy, thus identifying the previously-proposed □-ray counterpart RX J2020.2+4026 as a foreground K-field star rather than being the counterpart of the EGRET source. Four Green Bank Radio Telescope observations covering the EGRET source location region with unprecedented sensitivity did not detect a radio pulsar. If there should be a pulsar operating in 3EG J2020+4017, it either does not produce significant amounts of radio emission or its geometry is such that the radio beam does not intersect the line of sight (Fig. 2-23). A new ROSAT flux limit together with the estimated supernova remnant age of 5400 years constrains period and period derivative of a putative neutron star to be ≤160 ms and 5 10^{-13} s/s, respectively.

Flussabschätzungen aus ROSAT Daten, zusammen mit dem geschätzten Alter des Supernovaüberrestes von 5400 Jahren, erlauben die Periode eines möglichen Neutronensterns, sowie deren zeitliche Änderung auf Werte von ≤ 160 ms and 5 10^{-13} s/s einzugrenzen.

Akkretierende Binärsysteme / Accreting Binaries

Enge Doppelsternsysteme in denen ein kompakter Stern (ein weißer Zwerg, Neutronenstern oder ein schwarzes Loch) Gasmassen von seinem normalen Begleitstern abzieht und akkretiert können gewaltige Beträge von potenzieller Energie in energetische Strahlung umwandeln. Die thermische und nichtthermische Leuchtkraft von Akkretionsscheiben und heißen Brennflecken wird oft durch Übergänge zwischen verschiedenen Akkretionszuständen, durch Absorption und Bedeckungen und durch kurzzeitige Strahlungsausbrüche moduliert. Um die ganze Vielfalt der Phänomene in solchen Sternsystemen zu erfassen, sind deshalb oft Langzeitbeobachtungen nötig.

Close binary systems, in which a compact star (white dwarf, neutron star, or black hole) accretes mass from its normal companion star, can convert enormous amounts of potential energy into high-energy radiation. Thermal and non-thermal luminosity from accretion disks and hot spots is often modified by transitions in states of accretion, by absorption and eclipses, and by flares and outbursts. Long term observations are therefore often necessary for realization of the full range of phenomena in such a system.

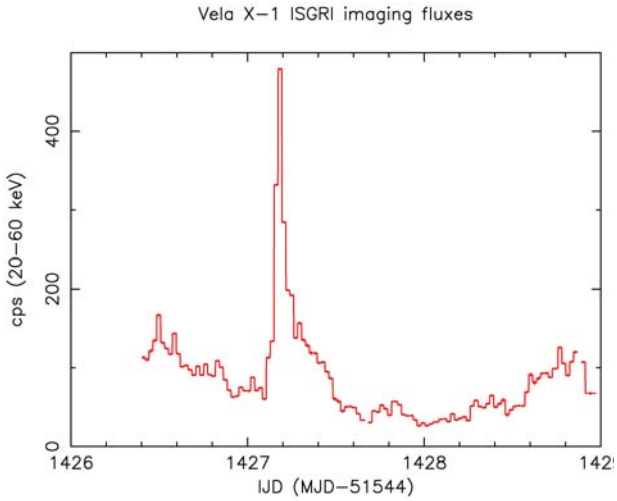


Abb. 2-24: Ein gewaltiger Strahlungsausbruch von Vela X-1 wurde mit INTEGRAL im Energiebereich 20-30 keV entdeckt. Die weitgehend konstanten Eigenschaften der Strahlung des akkretierenden Neutronensterns wie z.B. das Spektrum, die Modulation durch die Drehung des Neutronensterns und Zyklotronresonanzen im Spektrum, deuten auf eine externe Ursache des Ausbruchs hin.

Fig. 2-24: A huge flare on Vela X-1 as detected by INTEGRAL in the range 20-30 keV. Throughout these flares the emission characteristics of the accreting neutron star, such as spectral shape, rotational modulation and cyclotron features remain practically unchanged, suggesting a flare origin from external variations.

Lange Beobachtungen des massereichen Röntgen-Binärsystems Vela X-1 mit INTEGRAL (~30 Tage zu zwei Epochen in 2003) führten jetzt zu der Entdeckung einiger starker Strahlungsausbrüche von bisher unerreichter Intensität: Auf der kurzen Zeitskala von ~1 Stunde hat dabei die Helligkeit von Vela X-1 im harten Röntgenbereich bis zu einem Faktor ~10 zugenommen (Abb. 2-24). Diese Ausbrüche werden als Episoden extrem starker Massenakkretion erklärt. Der Neutronenstern, der in Vela X-1 sehr nahe um seinen Begleiter kreist, einem Überriesen vom Typ B0, akkretiert Masse aus dem starken Sternenwind des normalen Sterns. Inhomogenitäten oder Massenauswürfe in diesem Wind könnten zu den beobachteten Strahlungsausbrüchen des Neutronensterns führen.

Long-duration observations with INTEGRAL (~30 days at two epochs in 2003) of the high-mass X-ray binary system Vela X-1 have shown several strong flares of previously unknown intensity: On time scales of ~1 hour, Vela X-1 increased in brightness by up to a factor of 10 (Fig. 2-24.). The outbursts are interpreted as episodes of drastically-increased mass accretion. Orbiting very close to its optical B0 supergiant companion, the neutron star accretes matter from a massive stellar wind; inhomogeneities in this wind, or mass ejections from the supergiant, could lead to such flares.

In den inneren Bereichen der Milchstraße wurden mit INTEGRAL bis jetzt ungefähr 100 Einzelquellen von Gammastrahlung aufgelöst. Die gesamte Strahlung dieser Quellen summiert sich ungefähr zu der sogenannten „diffusen“ Strahlung, die man früher aus dieser Region kannte. Fast die Hälfte der Quellen sind neue Entdeckungen im Energiebereich oberhalb von ~20 keV. Sie könnten eine neue Population von galaktischen Gammaquellen darstellen, die man bei niederen Energien wegen möglicher Absorption in dichten,

Throughout the inner Galaxy INTEGRAL has now resolved close to 100 individual sources, which make up most of the previously known “diffuse” glow of gamma rays from this region. Nearly half of these sources are new discoveries at energies above ~20 keV and could represent a new population of gamma-ray emitters hidden at lower energies behind dense shrouds.

zirkumstellaren Gashüllen bisher nicht nachweisen konnte.

Ein solches System, der Veränderliche IGR J17464-3213, wurde nach seiner Entdeckung mit INTEGRAL sofort in einer Nachbeobachtung mit dem RXTE Teleskop vermessen. Die Eigenschaften des Strahlungsausbruchs, Intensität, spektrale Entwicklung und quasiperiodische Oszillationen, sind typisch für ein System mit einem schwarzen Loch. Anfänglich beobachtete man ein sehr hartes Spektrum durch eine massive Gasmasse mit Comptonstreuung (optische Tiefe ~3). Später entwickelt sich das Spektrum zu niederen Energien, wie man sie von einer thermischen Akkretionsscheibe erwartet.

Röntgen-Binärsysteme mit ihren charakteristischen Periodizitäten und starker Leuchtkraft können bis in große Entfernungen beobachtet werden. Nach dem bisher bekannten massereichen Binärsystem X-7 in der Galaxie M33 (Abb. 2-20), haben wir jetzt das System X-17 in NGC253 (Skulptor Gruppe, Abstand ~2.6 Mpc) als massereiches Binärsystem entdeckt. In Messungen mit XMM-Newton und Chandra konnten entsprechende Helligkeits- und spektrale Veränderungen in X-17 festgestellt werden. Diese deuten an, dass es sich bei X-17 um ein System handelt in dem ein Neutronenstern nahe der begrenzenden Eddington-Akkretionsrate strahlt.

One such system, the transient IGR J17464-3213, was quickly observed with RXTE after its detection with INTEGRAL. Its outburst characteristics, intensity and spectral evolution, as well as quasi-periodic oscillations, are typical for a black-hole system. Initially we observed a very hard spectrum through a deep Comptonization layer (optical depth ~3), which later turned into a softer spectrum from a thermal accretion disk.

X-ray binary systems with their characteristic periods and high luminosities can be detected out to large distances. In addition to the high-mass X-ray binary X-7 in M33 (Fig. 2-20), we have now identified X-17 in NGC253 (Sculptor group, d~2.6 Mpc) as a HMXB, through XMM-Newton and Chandra observations of intensity fluctuations and spectral changes. These indicate that X-17 could be a neutron star with mass accretion close to the Eddington-limiting rate.

[GROSSO, HABERL, HASINGER, KANBACH, VON KIENLIN, KRETSCHMAR, LICHTI, MISANOVIC, PIETSCH, PORQUET, POSSELT, POTTSCHMIDT, PREDEHL, RAU, SCHÖNFELDER, THOMA, TRÜMPER, VOGES, VOGLER, ZAVLIN]

2.3 GALAXIEN UND AGN / GALAXIES AND AGN

In diesem Kapitel werden Ergebnisse beschrieben, die die vielfältigen Synergie-Effekte zwischen den verschiedenen Gruppen des Institutes hervorragend widerspiegeln. Aus dem überraschenden Vorhandensein leuchtkräftiger Sterne im dichten Sternhaufen im galaktischen Zentrum ergeben sich Rückschlüsse auf die Wechselwirkungen zwischen Sternentstehung und superschweren Schwarzen Löchern, eine Thematik, die sowohl für Fragen der Sternentwicklung, als auch der Kosmologie eine wichtige Rolle spielen. Die detaillierte Untersuchung der Sterne und Sternpopulationen, sowie der Galaxiendynamik im lokalen Universum liefert wichtige Anhaltspunkte für die Galaxienentstehung und -entwicklung bei hoher Rotverschiebung. Die Ergebnisse, verdeutlichen auch wie wichtig es ist, bedeutende wissenschaftliche Themen umfassend durch Beobachtungen und Analysen von Galaxien im nahezu gesamten Bereich des elektromagnetischen Spektrums zu untersuchen. Am MPE studieren wir Sternpopulationen und Galaxiendynamik im optischen und im infraroten Bereich; Sternenstehung und molekulare Gasreservoirs im infraroten und (sub-)mm Bereich; die Eigenschaften von Sternüberresten im Röntgenlicht, sowie die extremen Umgebungen superschwerer Schwarzer Löcher im Infrarot- bis Gammastrahlenbereich. Dies sind nur einige wenige Beispiele für unser Bemühen, astrophysikalische Forschung an vorderster Front sowohl mit eigenen, am MPE entwickelten, als auch mit externen Instrumenten durchzuführen. Dieses Kapitel fasst einige solcher Highlights aus dem weiten Bereich der extragalaktischen Forschung am MPE zusammen

The results discussed in this chapter in some ways best exemplify the synergies that exist amongst the various research groups in the institute. The surprising results on the presence of luminous stars in the dense stellar cluster in the Galactic Centre illustrate the interplay between star formation and a supermassive black hole, themes important both in the chapters on stellar evolution and cosmology. The detailed studies of stellar ages and populations and the dynamics of galaxies in the local universe are integral pieces to the puzzles of galaxy formation and evolution at high redshift. The results presented here also show the power of investigating important scientific themes in a comprehensive way through observations and analysis of galaxies across nearly the full electromagnetic spectrum. At MPE we investigate the stellar populations and dynamics of galaxies in the optical and infrared; star formation and molecular gas reservoirs in the infrared and (sub)millimetre; properties of stellar remnants in the X-ray; and the extreme environments surrounding supermassive black holes from the infrared through gamma rays. These are just a few examples of how we use instruments built in-house as well as external facilities to do pioneering astrophysical research. This chapter summarizes a few such highlights from the wide range of extragalactic research.

2.3.1 Das Galaktische Zentrum / The Galactic Centre

Aufgrund seines geringen Abstandes von nur 8 kpc ist das Zentrum der Milchstrasse ein einzigartiges Laboratorium für das Studium von physikalischen Prozessen, deren Auftreten allgemein in galaktischen Kernen erwartet wird. Das zentrale Parsek unserer Milchstrasse enthält einen dichten Sternhaufen mit einer bemerkenswerten Anzahl heller, junger und massereicher Sterne, ebenso wie verschiedene Komponenten von neutralem, ionisiertem und extrem heißem Gas. Über mehr als zwei Jahrzehnte hinweg ergaben sich Hinweise darauf, dass das Galaktische Zentrum eine Ansammlung dunkler Masse beherbergt, die im Zentrum dieses Sternhaufens liegt und mit der kompakten Radioquelle Sgr A* (Durchmesser etwa 10 Lichtminuten) zusammenfällt. Vermessungen von Sterngeschwindigkeiten und (Teilen von) Orbits mit den ESO-Teleskopen NTT (SHARP) und VLT (NACO) haben überzeugende Belege dafür erbracht, dass es sich bei dieser dunklen Massenkonzentration um ein massives Schwarzes Loch mit etwa 3,5 Millionen Sonnenmassen handelt. Das Galaktische Zentrum stellt somit gegenwärtig den besten Beweis für die Existenz massiver Schwarzer Löcher in galaktischen Kernen dar. Hochaufgelöste Beobachtungen bieten die einmalige

Because of its proximity of only 8 kpc, the centre of the Milky Way is a unique laboratory for studying physical processes that are thought to occur generally in galactic nuclei. The central parsec of our Galaxy contains a dense star cluster with a remarkable number of luminous and young, massive stars, as well as several components of neutral, ionized and extremely hot gas. For two decades, evidence has been mounting that the Galactic Centre harbours a concentration of dark mass associated with the compact radio source SgrA* (diameter about 10 light minutes), located at the centre of that cluster. Measurements of stellar velocities and (partial) orbits with the ESO NTT (SHARP) and VLT (NACO) have established a compelling case that this dark mass concentration is a massive black hole of about 3.5 Million solar masses. The Galactic Centre thus presently constitutes the best proof we have for the existence of massive black holes in galactic nuclei. High-resolution observations offer the unique opportunity to stringently test the black hole paradigm and study stars and gas in the immediate vicinity of a black hole, at a level of detail that will never be accessible in any other galactic nucleus. This year has brought extremely interesting new insights into the nature of the

Gelegenheit, das Schwarze-Löcher-Paradigma zu testen und Sterne und Gas in der unmittelbaren Umgebung eines Schwarzen Loches zu studieren und das in einer Detailliertheit, die in keinem anderen Galaxienkern jemals zugänglich sein wird. Das vergangene Jahr hat neue, faszinierende Einsichten in die Natur der Sterne in der unmittelbaren Umgebung des zentralen Schwarzen Lochs, sowie in die Abstrahlungsprozesse von Sgr A* selbst ermöglicht. Im Jahr 2004 wurde das neue Integralfeldspektrometer SINFONI (eine Kombination des am MPE konstruierten Spektrometers SPIFFI und des von der ESO gebauten adaptiven-Optik-Moduls MACAO) in Betrieb genommen und gewann die ersten beugungsbegrenzten integralfeldspektroskopischen Daten aus dem Galaktischen Zentrum.

stars in the immediate vicinity of the central black hole and the radiation process of Sgr A* itself. In 2004, the new integral field spectrometer SINFONI (the combination of the SPIFFI spectrometer built at MPE and the MACAO adaptive optics module built at ESO) went online providing the first diffraction limited integral field spectroscopy in the Galactic Centre.

Die stellare Population um Sgr A* / The stellar content near Sgr A*

In der Umgebung des Galaktischen Zentrums könnte sich aufgrund der besonderen Bedingungen in der unmittelbaren Umgebung eine besondere Sternenpopulation gebildet haben. AO-unterstützte Integralfeld-Spektroskopie wird eine herausragende Rolle bei der Erkundung dieser bedeutsamen Region spielen. Wir haben das Galaktische Zentrum im Juli 2004 während der Inbetriebnahme von SINFONI bei gutem Seeing beobachtet. Abb. 2-25 (Einblendungen auf der linken Seite) zeigt den auf ein Quasi-Kontinuum kollabierten K-Band-Kubus mit einer Auflösung von 75 Millibogensekunden, also sehr nahe an der beugungsbegrenzten Auflösung des VLT im K-Band, das Strehlverhältnis betrug etwa 10%. Die SINFONI-Daten enthalten erstmals eine komplette Bestimmung der Nahinfrarot-Spektren eines Großteils der Sterne mit K<16 innerhalb eines Bereiches von etwa 20 Lichttagen um das Schwarze Loch. Die rechte obere Einblendung in Abb. 2-25 zeigt, dass ein Teil dieser „S-Sterne“ HI Brg (und HeI) Absorption aufweist, was charakteristisch ist für junge O-B-Hauptreihensterne. Tatsächlich finden wir bei wenigstens 2/3 aller Sterne innerhalb der innersten Bogensekunde mit K<16 Brg-Absorption. Dieser Befund verschärft das „Paradoxon der Jugend“, also das Rätsel, wie diese schweren und vermutlich jungen Sterne innerhalb weniger zehn Lichttage um das Schwarze Loch verbleiben konnten, dramatisch. Es existieren zahlreiche Erklärungsansätze, darunter in-situ-Entstehung in einer extrem dichten zirkumnuklearen Gasscheibe, Einspiralisieren eines massereichen jungen Sternhaufens, Streuung durch stellare Schwarze Löcher, und Aufbau massereicher Sterne durch Kollision von Sternen geringerer Masse, aber keiner dieser Ansätze ist bisher ernsthaft akzeptiert. Die Orbitparameter der S-Sterne, die aufgrund der mit SINFONI bestimmten Radialgeschwindigkeiten jetzt besser bestimmt sind, versprechen wichtige zusätzliche Hinweise auf den Ursprung des massereichen zentralen Sternhaufens. Die SINFONI-Beobachtungen liefern auch neue Informationen über die spektralen Eigenschaften von massereichen blauen Überriesen in größerem Abstand von Sgr A*. Eine AO-unterstützte Beobachtung von IRS13E (rechte untere Einblendung in Abb. 2-25) erlaubte erstmals

In the vicinity of the Galactic Centre a peculiar population of stars may have evolved as a result of the special conditions near the central black hole. AO assisted integral-field spectroscopy will play a unique role in studying this important region. We observed the Galactic Centre during SINFONI commissioning in July 2004 in good seeing conditions. Fig. 2-25 (left insets) shows the K-band data cube collapsed into a quasi-continuum image with 75 mas resolution, very close to the K-band diffraction limit of the VLT, and with a Strehl ratio of 10%. The SINFONI data provide for the first time a complete census of the near-IR spectra of most K<16 stars within about 20 light-days of the black hole. The right upper insets of Fig. 2-25 show that a number of these “S-stars” exhibit HI Brg (and HeI) absorption, characteristic of early type, OB main sequence stars. In fact we find that at least 2/3 of all stars with K<16 in the central arcsec have Brg in absorption. This finding increases dramatically the ‘paradox of youth’, as to how these massive and presumably young stars have managed to reside in the central few tens of light days around the black hole. A number of ideas have been put forward, including in situ formation in an extremely dense circumnuclear gas disc, in-spiraling of a massive young star cluster, scattering by stellar black holes, and collisional build-up of massive stars from lower-mass stars, but none is yet widely accepted. The orbital properties of the S-stars, now better constrained with the SINFONI radial velocities, promise to give important additional clues on the origin of the massive central star cluster. The SINFONI observations also provide new information on the spectral properties of massive blue supergiants further away from SgrA*. An AO assisted observation of IRS13E (lower right inset in Fig. 2-25) for the first time permitted spatially resolved spectroscopy of all three major components of this compact concentration of stars, which has been proposed to be the remnant core of an in-spiraling young star cluster. We find that all these three components have the characteristics of different types of Wolf-Rayet stars. This dense cluster might harbour an intermediate black hole of 1000 solar masses.

räumlich aufgelöste Spektroskopie der drei dominierenden Komponenten dieser kompakten Ansammlung von Sternen, von der angenommen wird, dass es sich bei ihr um den übriggebliebenen Kern eines einspiralenden jungen Sternhaufens handelt. Wir fanden heraus, dass alle drei Komponenten charakteristische Merkmale verschiedener Typen von Wolf-Rayet-Sternen aufweisen. Es wird vermutet, dass dieser dichte Sternhaufen ein Schwarzes Loch mittlerer Masse mit etwa 1000 Sonnenmassen beherbergt.

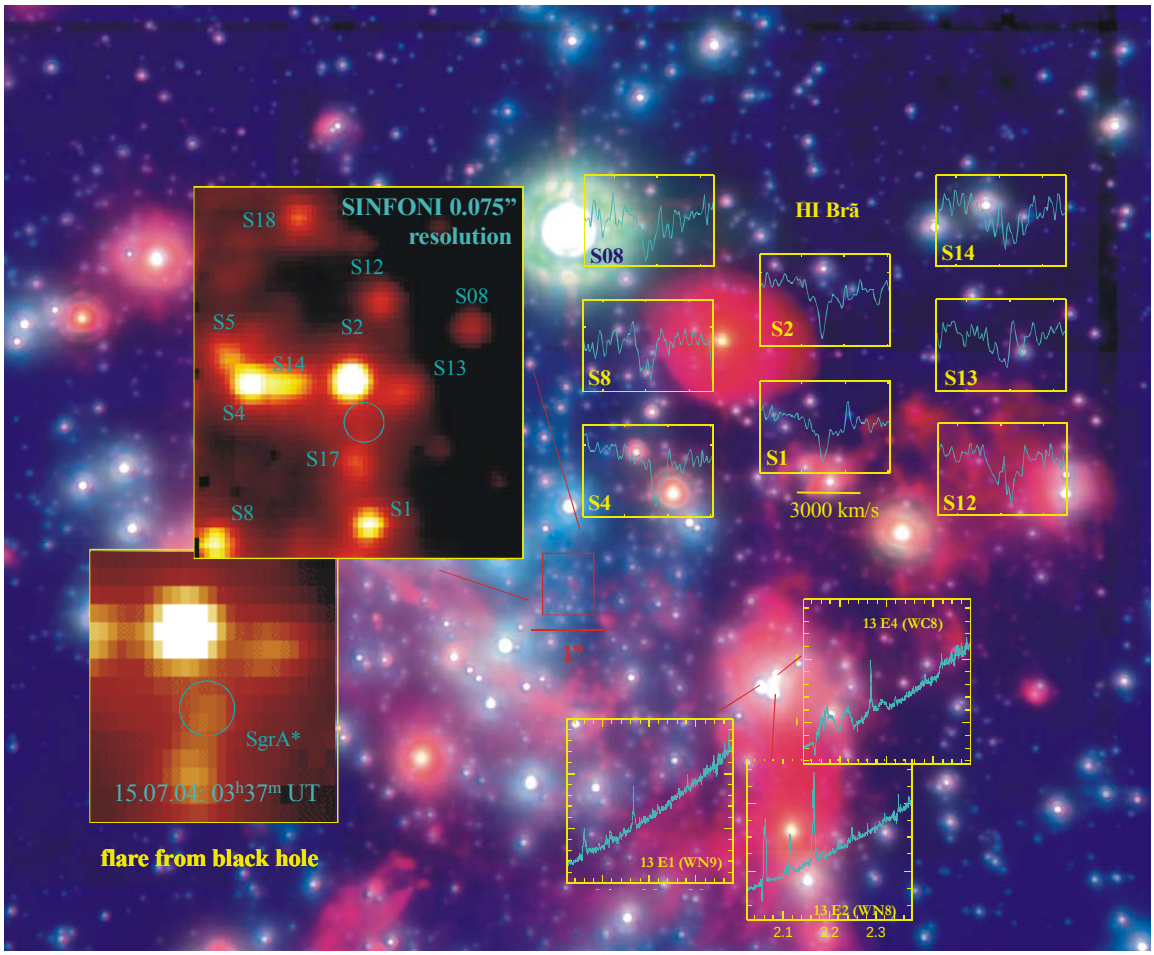


Abb. 2-25: Beugungsbegrenzte Integralfeldspektroskopie des Galaktischen Zentrums mit SINFONI. Das Hintergrundbild ist ein Farbmosaik aus H-, K_s- und L'-Aufnahmen, die mit dem AO-Kamerasystem NACO gewonnen wurden; dieses Bild gibt eine Übersicht über die Verteilung der verschiedenen Typen von Sternen und des heißen interstellaren Staubes im zentralen Parsec. Die Einblendungen auf der linken Seite zeigen rekonstruierte SINFONI-Bilder. In dieser Rekonstruktion repräsentiert jedes Pixel ein komplettes Spektrum. Der Kreis markiert die Position von Sgr A, wo mit SINFONI ein schwacher Strahlungsausbruch beobachtet wurde. Auf der rechten Seite werden Spektren von zwei Klassen von Objekten des zentralen Sternhaufens einander gegenübergestellt: Oben die Spektren der dicht am Schwarzen Loch gelegenen „S-Quellen", die alle O- oder B-Sterne sind. In der unteren Hälfte werden die Spektren von heißen Sternen eines besonders interessanten Sternhaufens dargestellt, alle Objekte sind verschiedene Typen von von Wolf-Rayet-Sternen. Dieser Haufen könnte ein Schwarzes Loch von etwa 1000 $M_\odot$ beherbergen.*

Fig. 2-25: Diffraction-limited integral-field spectroscopy of the Galactic Centre with SINFONI. The background image shows a composite H,Ks,L'-band, three-colour image taken with the AO imager NACO, delineating the distribution of the different types of stars and the hot interstellar dust in the central parsec. The left insets show reconstructed SINFONI images. Each pixel in this reconstruction actually represents a complete spectrum. The circle denotes the position of Sgr A, where a small flare was observed with SINFONI. On the right, we superposed spectra of two types of objects in the central cluster: At the top the spectra of the "S-Sources" close to the black hole, which are all O- or B-stars. On the lower half, we show the spectra of an extremely interesting cluster of hot stars, which are different types of Wolf-Rayet stars. This cluster may harbour a 1000 $M_\odot$ black hole.*

Die spektrale Energieverteilung von Sgr A* / The spectral energy distribution of Sgr A*

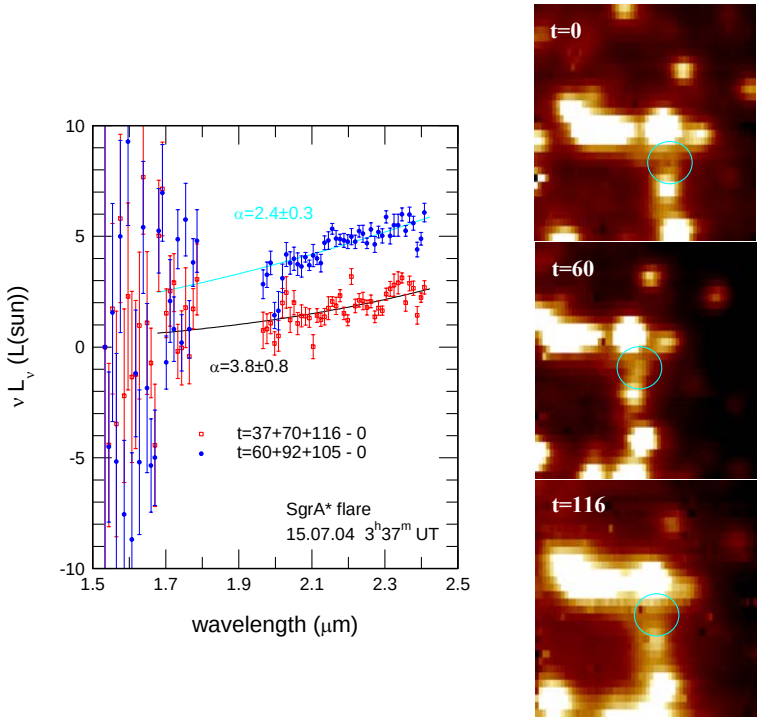


Abb. 2-26: Entrötete spektrale Energieverteilung des SgrA-Flares am 15. Juli 2004. Rechts zeigen wir Abbildungen zu drei verschiedenen Zeiten („vorher" (t=0), „Maximum" (t=60 min) und „nachher" (t=116 min)). Die Einblendung links zeigt die spektrale Energieverteilung des Flares während des Maximums (blau) und gemittelt über die drei besten Aufnahmen (rot). In beiden Fällen wurde das wellenlängenabhängige Strehlverhältnis durch Division der Beobachtungsdaten durch S2 kalibriert. Für die Korrektur von Streulicht, Konfusion sowie stellarer Vorder- und Hintergrundemission entlang der Sichtlinie haben wir außerdem das „vorher"-Spektrum vom Flare-Spektrum subtrahiert. Die magentafarbenen und schwarzen Kurven entsprechen den besten Potenzgesetz-Fits und sind jeweils zusammen mit dem spektralen Index (und 1-sigma-Fehlern) dargestellt ($\nu L_\nu \sim \nu^{-\alpha}$).*

Fig. 2-26: Dereddened νL_ν spectral energy distribution of the SgrA flare on July 15th, 2004. The right insets show the images at three time intervals ("before" (t=0), "peak" (t=60min) and "after" (t=116min)). The left inset shows the spectral energy distribution at the maximum (blue) and averaged over the three best frames (red) during the flare. In both cases we calibrated the wavelength dependent Strehl ratio by dividing the observed data by S2. To correct for scattered light/spillover and foreground/background stellar emission along the line of sight to SgrA* we also subtracted the 'before' spectrum from the flare spectra. Magenta and black curves mark the best power law fits with spectral index (and 1σ errors) given in the figure ($\nu L_\nu \sim \nu^{-\alpha}$).*

Im Jahr 2003 wurde von uns erstmals variable Infrarotemission von SgrA* selbst beobachtet. Die Quelle der IR-Emission bzw. -Ausbrüche stimmt mit einer Genauigkeit von wenigen Millibogensekunden mit Sgr A* und der Position des zentralen Schwarzen Lochs überein. Die Infrarotausbrüche sind wahrscheinlich Signaturen von heißem oder relativistischem Gas innerhalb weniger Schwarzschildradien. Entscheidende weitere Schritte sind die Erkundung des Emissionsmechanismus der variablen Infrarotabstrahlung (aus Polarisation und spektraler Steigung) sowie der physikalischen Beziehung zwischen Infrarot- und Röntgenausbrüchen. Theoretische Modelle sagen voraus, dass die Infrarotstrahlung von einer relativ kleinen Population von Elektronen nahe dem Ereignishorizont emittiert wird. Diese Elektronen werden bis auf etwa $\gamma \sim 10^3$ in einer nichtthermischen Verteilung beschleunigt und strahlen im Infraroten via Synchrotonemission. Die – nicht gleichzeitige – Beobach-

In 2003 we reported the first detection of variable infrared emission from SgrA* itself. The source of infrared variable emission/flares is coincident with SgrA* and the position of the central black hole to an accuracy of a few milliarcsec. The infrared flares probably come from hot or relativistic gas within a few times the event horizon. Key next steps are determinations of the emission process of the variable infrared emission (from polarization and spectral slope) and of the physical relationship between infrared and X-ray flares. The a priori prediction of the theoretical models is that the infrared emission comes from a small fraction of the electrons near the event horizon that are accelerated to $\gamma \sim 10^3$ in a non-thermal distribution and radiate in the near-infrared via synchrotron emission. The 2003 VLT H, K_s, and L' observations of 4 flares, albeit not at the same time, raised the tantalizing possibility that the spectral slope might be blue, inconsistent with the synchrotron model, and possibly

tung von vier Flares in H, K_s und L' mit dem VLT im Jahre 2003 deutete an, dass die spektrale Steigung blau sein könnte, was inkonsistent mit dem Modell der Synchrotronstrahlung wäre und eventuell die Annahme von thermischer Emission aus einer heißen, optisch dichten Scheibe erforderlich gemacht hätte.

requiring thermal emission from hot, optically thick gas.

Im Verlauf von Beobachtungen am 15. Juli hatten wir das Glück, einen schwachen Infrarotflare zu beobachten. Abb. 2-26 zeigt die spektrale Energieverteilung einmal im Maximum des Strahlungsausbruches (UT 3:37: blaue Punkte mit Fehlern) und einmal über die drei besten während des Flares gewonnen Bilder gemittelt (rote Punkte). Die spektrale Energieverteilung der Emission ist eindeutig „rot", d.h. νL_ν wächst mit zunehmender Wellenlänge. Die beobachtete Steigung stimmt hervorragend mit den Synchrotronmodellen überein.

During observations on 15 July we had the good luck to catch a small flare of infrared radiation from SgrA* itself. Fig. 2-26 shows the final SED at the peak of the flare (UT 3:37: blue points with uncertainties) and averaged over the three best frames during the flare (red points). The SED of this flare is clearly 'red', that is νL_ν increases with wavelength. A power fit gives a spectral slope of 2.4±0.3 and 3.8±0.8 for the peak and average of the flare. Our observed slope is in excellent agreement with the synchrotron models.

Diese wenigen Stunden an Daten, die während der Inbetriebnahme von SINFONI vom Galaktischen Zentrum gewonnen wurden, ermöglichen einen kleinen Ausblick auf die fantastischen Informationen, die beugungsbegrenzte Spektroskopie in den nächsten Jahren für die Erforschung des Galaktischen Zentrums (und von Sternhaufen) liefern wird. Mehr wird zweifellos im nächsten Jahr folgen, wenn das Instrument für die wissenschaftliche Nutzung zur Verfügung steht.

These few hours of data taken on the Galactic Centre during commissioning provide a small glimpse of the fantastic information that diffraction-limited spectroscopy will bring for Galactic Centre (and star cluster) research in the next few years. More will undoubtedly follow next year when the instrument becomes routinely available for science exploitation.

[ABUTER, EISENHAUER, GENZEL, HORROBIN, OTT, PAUMARD, TRIPPE]

2.3.2 Supermassive Schwarze Löcher und Sternentstehung in galaktischen Kernen / Supermassive Black Holes and Star Formation in Galaxy Nuclei

Zerreissen von Sternen durch supermassive Schwarze Löcher / Tidal disruption of stars by supermassive black holes

Mittels Beobachtungen dreier Röntgenobservatorien wurde in der ansonsten unscheinbaren Galaxie RXJ1242-1119 ein dramatischer Röntgenausbruch entdeckt. Dieser Ausbruch lässt auf die katastrophale Zerstörung eines einzelnen Sterns schließen, der in die Nähe des massereichen Schwarzen Loches im Zentrum der Galaxie geraten ist und von diesem zerrissen und akkretiert wurde. Dieser Prozess wurde lange von der Theorie vorhergesagt. Chandra-Beobachtungen der Galaxie RXJ1242-1119 zeigen, dass ihre Röntgenhelligkeit im Vergleich zum Maximum um einen Faktor ~1500 dramatisch abgefallen ist. Die Röntgenstrahlung ist jedoch nicht komplett abgeklungen, sondern ein „Nachleuchten" des einst hellen Flares aus dem Kern der Galaxie kann immer noch nachgewiesen werden (Abb. 2-27). Mit XMM-Newton konnten wir zum ersten Male das Hochenergie-Spektrum solch eines Ereignisses vermessen. Die Potenzgesetzform des Spektrums ist typisch für die Strahlung von Materie in der unmittelbaren Umgebung Schwarzer Löcher. Das Weltraumteleskop Hubble demonstrierte, dass die Galaxie selbst eine völlig unscheinbare Galaxie ist, die keinerlei Anzeichen von Aktivität im sichtbaren Licht zeigt. Weitere „Röntgenausbrüchler", die mit Chandra nachbeobachtet wurden, variierten vergleichbar dramatisch im Röntgenlicht, um Faktoren von 1000 (NGC 5905) bis 6000 (RXJ1624+75). Solch hohe Variabilitätsamplituden von Galaxien wurden nie

Using three X-ray observatories and the Hubble Space telescope, we have the first strong evidence of a supermassive black hole ripping apart a star and accreting a part of it. The event had long been predicted by theory. With ROSAT several powerful X-ray outbursts from galaxies were discovered, reaching quasar-like X-ray luminosities. Chandra follow-up observations of RXJ1242-1119, the galaxy which flared most recently, revealed high amplitude of variability of a factor ~1500. The emission had not faded away completely but an "afterglow" of the flare located at the centre of the galaxy was detected (Fig. 2-27). With XMM-Newton, we measured a post-flare high-energy spectrum for the first time. The X-ray spectrum has a power law shape – a characteristic signature of matter close to a black hole. Hubble Space Telescope showed that the galaxy itself is a normal galaxy with no signs for ongoing activity in visible light. Other flaring galaxies followed up with Chandra varied similarly dramatically, by factors of 1000 (NGC 5905) to 6000 (RXJ1624+75). Such large variability of galaxies has never been recorded before. With the wealth of new data we now have excellent evidence that these events represent the long sought after flares from stars tidally disrupted by supermassive black holes at the centres of the galaxies. Once the star approaches the black hole closely it is stretched by tidal forces and finally disrupted. Part of the stellar debris is then accreted by the

zuvor beobachtet. Mit der Fülle neuer Beobachtungsdaten haben wir nun exzellente Hinweise darauf, dass wir das lange Zeit theoretisch vorhergesagte Zerreißen einzelner Sterne durch die Gezeitenkräfte extrem massereicher Schwarzer Löcher beobachtet haben. Wenn der Stern sich dem Schwarzen Loch nähert, spürt er zunehmend starke Gezeitenkräfte, die ihn schließlich zerreißen. Ein Teil der stellaren Überreste wird dann von dem Schwarzen Loch aufgesogen, heizt sich dabei stark auf und sendet intensive Strahlung aus, die im Röntgenlicht nachgewiesen wurde.

black hole, causing a luminous flare of radiation we have witnessed in X-rays.

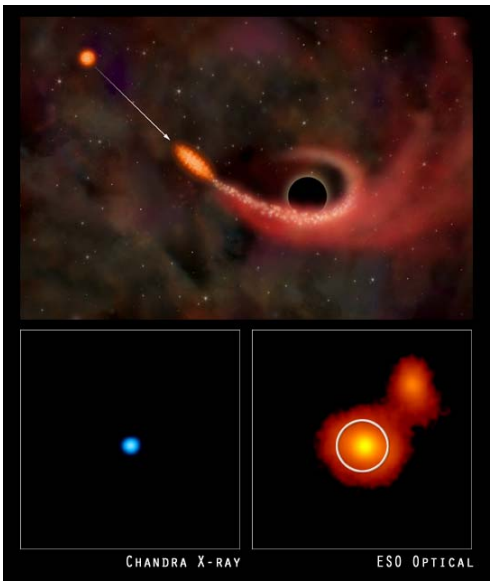


Abb. 2-27: Oben: Künstlerische Darstellung des Zerreißens und nachfolgenden Akkretierens eine Sterns durch ein massereiches Schwarzes Loch. Unten: Optisches Bild der Galaxie RXJ1242-1119 die Teil eines Galaxienpaares ist (rechts) und „Nachglühen“ des Röntgenausbruches, detektiert mit Chandra.

Fig. 2-27: Upper panel: Artist's sketch of the disruption and subsequent accretion of a star by a supermassive black hole. Lower panel: Optical image of RXJ1242-1119 which is in a pair (right) and flare “afterglow” detected with Chandra (left).

Das Zerreißen von Sternen ist eine unweigerliche Konsequenz, falls es tatsächlich Schwarze Löcher in den Kernen nicht-aktiver Galaxien gibt. Der Nachweis weiterer Röntgenausbrüche, z.B. in zukünftigen Himmelsdurchmusterungen, stellt damit eine unabhängige Methode dar, nach massereichen Schwarzen Löchern zu suchen. Die neuen Ergebnisse helfen uns auch zu verstehen, wie die Masse Schwarzer Löcher im Laufe der Zeit auf Werte bis zu Milliarden von Sonnenmassen anwachsen kann. Das Zerreißen und nachfolgende Akkretieren von Sternen ist, neben Akkretion von Gas und dem Verschmelzen Schwarzer Löcher, einer der drei Mechanismen, die vermutlich maßgeblich zum Wachstum Schwarzer Löcher beitragen.

Tidal disruptions of stars are an unavoidable consequence, if black holes reside at the centres of non-active galaxies. Detections of such events e.g. with future X-ray surveys, therefore provide a totally independent route to search for black holes. The new results also help us to understand how black holes are “fed”; i.e. how they grow to up to billions of solar masses. Stellar tidal disruption (in addition to accretion of interstellar matter and black hole-black hole merging) is one of the three major processes thought to fuel black holes.

Dynamik und Sternentstehung in den Kernen aktiver Galaxien / Nuclear Dynamics and Star Formation in AGN

Wir haben unsere spektroskopischen Untersuchungen der Kerngebiete von AGN mit den Keck- und VLT-Teleskopen fortgeführt. Durch die adaptive Optik dieser Teleskope besitzen die Daten nahezu beugungslimitierte Auflösung. Eine detaillierte Analyse des ultraleuchtkräftigen Mergers und Quasars Markarian 231 hat es zum ersten mal ermöglicht, Sternentstehung in einem Quasar mit einer räumlichen Auflösung von wenigen 10 parsec zu untersuchen. Dadurch verstehen wir nun, warum sich Mkn 231 in vielen Parametern so von anderen ULIRG-Mergern unterscheidet.

Our programme to study the nuclear regions of AGN using adaptive optics spectroscopic data from the Keck and VLT telescopes has continued with a detailed analysis of the ultraluminous merger and quasar Markarian 231. This is the first time that it has been possible to directly trace star formation on scales of only a few tens of parsecs in a quasar, and this result has led to an understanding of why Mkn 231 does not lie within the parameter space defined by other ULIRG mergers.

Das stellare Leuchtkraftprofil, das wir mit einer Auflösung im Bereich 0,1“ aus stellaren Absorptionslinien erhalten, hat kein de-Vaucouleurs-Profil, sondern

The stellar luminosity profile, traced through the stellar absorption features, is resolved on scales of 0.1” and is well represented by an exponential function

einen exponentiellen Verlauf. Daraus schließen wir, dass die Sterne nicht kugelförmig verteilt sind, sondern in einer Scheibe mit einer Skalenlänge von 300 pc. Die dynamische Masse und die K-Band-Helligkeit der Sterne deuten darauf hin, dass die Sterne in dieser Scheibe jung sind (10-100 Mio Jahre), 25-40% zur bolometrischen Leuchtkraft beitragen und einen signifikanten Teil der Masse ausmachen. Sowohl die dynamischen Eigenschaften der Linien von H_2 1-0 S(1) und [FeII] bei hoher Auflösung, als auch die stellare Dynamik sind konsistent mit einer nahezu frontal gesehenen Scheibe, was das aus dem Leuchtkraftprofil gewonnene Resultat bestätigt. Dies erklärt, warum Mkn 231, das Produkt einer Verschmelzung von gasreichen Spiralgalaxien, nicht wie andere Merger elliptischen Galaxien mittlerer Masse ähnelt. Wir sehen keine dynamisch relaxierten Sterne in einem Sphäroid um den Kern, sondern Sterne, die erst kürzlich in einer Gasscheibe entstanden sind, die sich durch die Galaxienverschmelzung beim Abkühlen des Gases gebildet hat. Diese Episode aktiver Sternentstehung ist die Ursache dafür, dass Mkn 231 die Helligkeit von Quasaren besitzt. Sobald diese nachlässt, wird die Galaxie wahrscheinlich als typischer, elliptischer Merger-Überrest mit einem Seyfert1-Kern erscheinen.

rather than a de Vaucouleurs profile, implying the stars exist in a disk with a scale length of 300 pc rather than a spheroid. Constraints from the dynamical mass and K-band stellar luminosity indicate that the stars in this region are young (10-100 Myr) and contribute 25-40% of the bolometric luminosity as well as comprising a significant fraction of the mass. The resolved dynamics of the H_2 1-0 S(1) and [FeII] lines, as well as the stellar dynamics, are all consistent with a nearly face-on disk, confirming the result from the luminosity profile. This result explains why Mkn 231, the product of a major merger between gas rich spirals, does not resemble moderate mass ellipticals as other mergers do. The stars we are seeing are not those that have relaxed into a spheroid, but instead those that have formed very recently in gas that itself cooled into a molecular disk as a result of the merger. This episode of active star formation is why Mkn 231 appears as bright as a quasar, and once it ceases and fades, the galaxy will probably resemble a typical elliptical merger remnant with a Seyfert1 nucleus.

[DAVIES, GENZEL, HASINGER, KOMOSSA, PREDEHL, TACCONI]

2.3.3 Physikalische Prozesse in AGN / Physical Processes and Unification of AGN

Test von "Unification"-Theorien im Infraroten / Testing unification theories in the infrared

In der Analyse von Daten des Infrared Space Observatory (ISO) finden wir keine Anisotropie des Kontinuums von Seyfertgalaxien im mittleren Infrarot. Starke Anisotropie wird von Strahlungstransport-rechnungen des „Torus" vorhergesagt, der vermutlich die Kerne aktiver Galaxien in bestimmte Richtungen verdeckt. Tests dieser Vorhersage waren in der Vergangenheit durch den oft hohen Hintergrund der Muttergalaxie und den Mangel an hochaufgelösten Bildern im mittleren Infrarot schwierig. Als neuen Ansatz haben wir durch Dekomposition der Spektren von 71 aktiven Galaxien das AGN-Kontinuum bei 6µm von der Galaxienemission getrennt und mit beobachteten und intrinsischen harten Röntgenflüssen (2-10 keV) verglichen. Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen Typ 1- und Typ 2-Objekten im Verhältnis der Mittelinfrarot- und Röntgenemission. Dies ist nicht verträglich mit den einfachsten vereinheitlichten Modellen, in denen ein dicker Torus die Mittelinfrarotemission dominiert. Wahrscheinlich gibt es wie in einigen nahen AGN beobachtet, signifikante andere Beiträge z.B. von Staub in der Narrow Line Region, die den erwarteten Unterschied zwischen den beiden Typen verdecken. Alternativ können klumpige Torusmodelle mit bestimmten Dichteprofilen die Anisotropie reduzieren.

Analysing Infrared Space Observatory (ISO) data, we do not find anisotropy of the mid-infrared continuum of Seyfert galaxies. Strong anisotropy is predicted by radiative transfer models of the "torus" which is suspected to obscure the central regions of active galaxies in certain viewing directions. Tests of this prediction had in the past been hindered by the often large host galaxy contamination and by the scarcity of high resolution mid-IR imaging. As a new approach, we have used spectral decomposition to separate the 6µm AGN continuum from the host emission in the spectra of 71 active galaxies. We compare the results to observed and intrinsic 2-10 keV hard X-ray fluxes. There is no significant difference between Type 1 and Type 2 objects in the average ratio of mid-infrared and hard X-ray emission. This is inconsistent with the simplest version of a unified scheme in which a thick torus dominates the mid-infrared AGN continuum. Probably, there are significant other contributions as observed in some nearby AGN, for example from dust inside the Narrow Line Region, which are masking the expected difference between the two types of AGN. Alternatively, clumpy torus models with certain density profiles may reduce the anisotropy.

Um die Eigenschaften dichten und warmen Gases um aktive Galaxienkerne zu bestimmen haben wir ISO-Spektren naher Galaxienkerne nach Anzeichen des 4.7µm-Bands von Kohlenmonoxid durchsucht. Niedrig aufgelöste Spektren von 31 AGN setzen obere Grenzen für breite Absorptionsbänder, die Absorption

To constrain the properties of dense and warm gas around active galactic nuclei, we have searched ISO spectra of local active galactic nuclei for the signature of the 4.7µm band of carbon monoxide. Low resolution spectra of 31 AGN put upper limits on the presence of wide absorption bands corresponding to ab-

durch eine große Säulendichte warmen und dichten Gases gegen das Staubkontinuum des Kerns entsprechen. Hochaufgelöste Spektren von NGC 1068 finden keine signifikante Absoprtion oder Emission in einzelnen Linien bis zu einer 3σ-Grenze von 7% des Kontinuums.

Diese oberen Grenzen für die CO-Absorption in nahen AGN sind wesentlich niedriger als die kürzliche Entdeckung starker CO-Absorption durch dichtes und warmes Gas in der ultraleuchtkräftigen Infrarotgalaxie IRAS F00183-7111, trotz Anzeichen für dichtes Material auf parsec-Skalen nahe einem AGN in beiden Fällen. Das legt nahe, dass solche Absorptionen nicht in enger Beziehung zum in nahen AGN vermuteten „Torus“ stehen, sondern die besonderen Bedingungen in der Umgebung des Kerns stark staubbedeckter Infrarotgalaxien wie IRAS F00183-7111 widerspiegeln. Sie könnten vollständiger Bedeckung statt Torus-Geometrie entsprechen.

sorption by large columns of warm and dense gas against the nuclear dust continuum. High resolution spectra of NGC 1068 detect no significant absorption or emission in individual lines, to a 3σ limit of 7% of the continuum.

These upper limits set on CO absorption in local AGN are much lower than the recent detection of strong CO absorption by dense and warm gas in the obscured ultraluminous infrared galaxy IRAS F00183-7111, despite evidence for dense material on parsec scales near an AGN in both types of objects. This suggests that such deep absorptions are not intimately related to the obscuring “torus” invoked in local AGN, but rather are a signature of the peculiar conditions in the circumnuclear region of highly obscured infrared galaxies like IRAS F00183-7111. They may reflect full covering rather than torus geometry.

Fe Kα Linien in AGN, beobachtet mit XMM-Newton / Fe Kα lines in AGN observed with XMM-Newton

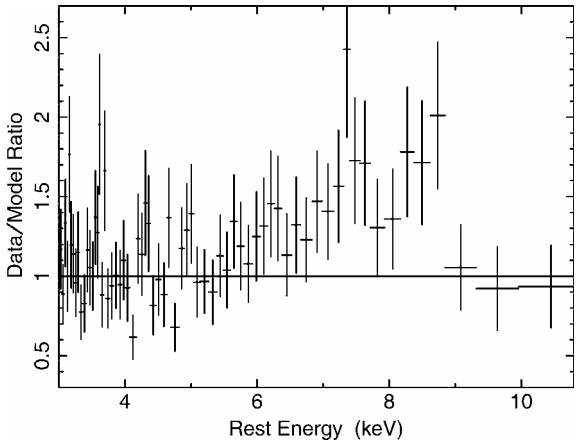


Abb. 2-28: Das Eisenlinienprofil von PG1402+261. Gezeigt ist das Verhältnis der XMM/PN-Daten zu einem Potenzgesetz Fit im Quasar-Ruhesystem

Fig. 2-28: The iron line profile of PG1402+261 showing the ratio of the XMM/PN data to a broken power law continuum fit (z=0.164, quasar rest-frame).

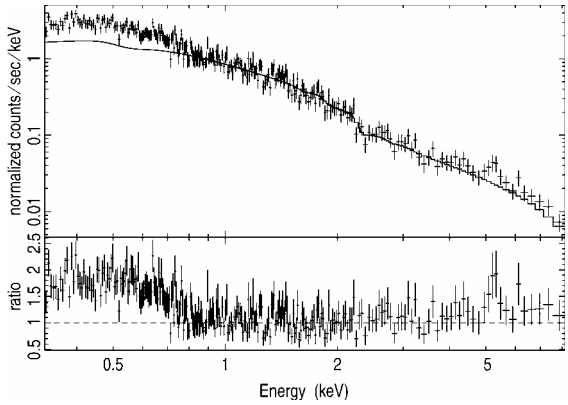


Abb. 2-29: XMM/PN Spektrum von ESO113-G010 (z=0.0257). Gefittet wurde ein Potenzgesetz an die 1-4 keV-Daten und zu niedrigen und höheren Energien extrapoliert.

Fig. 2-29: XMM/PN spectrum of ESO113-G010 (z=0.0257). We fit a power law to the 1-4 keV data and extrapolated to lower and higher energies.

Eisen Kα Fluoreszenz-Linien sind aussagekräftige diagnostische Hilfsmittel, die Zentralregionen von AGN zu verstehen. Dank der großen Sensitivität von XMM-Newton können wir nun Details der Liniencharakteristiken beobachten. Wir haben die Kα Linie in zwei verschiedenen AGN Typen untersucht: die narrow-line Seyfert 1 Galaxie PG 1402+261 und die Seyfert 1.8 ESO 113-G010. Das PN-Spektrum von PG 1402+261 (Abb. 2-28) zeigt eine ungewöhnlich starke Struktur mit einer Äquivalentbreite von ~2 keV und eine sehr breite (FWHM=1.1×10^5 km s^{-1}) Fe Kα Emissionslinie. Das Linienzentrum bei 7.3 keV scheint gegen das Eisenemissionsband im Bereich 6.4-6.97 keV blau verschoben zu sein und der blaue Linienflügel reicht bis 9 keV. Die Linie lässt sich durch ein relativistisches Profil mit einem Inklinationswinkel von 60° oder durch partielle Abdeckung erklären. Das PN Spektrum von ESO 113-G010 zeigt einen weichen

Fe Kα fluorescent lines detected in X-rays near 6-7 keV are powerful diagnostics to probe the central region of Active Galactic Nuclei (AGN). Thanks to XMM-Newton and its unprecedented high sensitivity up to 12 keV we now detect details of various line characteristics (e.g., energy, profile, intensity, shift). Here we report the XMM-Newton detections of the Fe Kα fluorescent lines in two AGN types: a narrow-line Seyfert 1 PG 1402+261 and an intermediate Seyfert 1.8 ESO 113-G010. Fig. 2-28 shows the PN spectrum of PG 1402+261. The feature can be modelled by an unusually strong equivalent width (~2 keV) and a very broad (FWHM=1.1×10^5 km s^{-1}) iron Kα emission line. The line centroid energy at 7.3 keV appears blue-shifted with respect to the iron Kα emission band between 6.4-6.97 keV, whilst the blue-wing of the line extends to 9 keV. The line can explained either by a relativistic profile with an inclination angle greater

Exzess und, interessanterweise, eine schmale Linie bei 5.4 keV, höchstwahrscheinlich eine rot-verschobene Eisenlinie (Abb. 2-29).

than 60° or by partial covering. The PN spectrum of ESO 113-G010, shown in Fig. 2-29, has a soft excess below 0.7 keV and more interestingly a narrow emission Gaussian line at 5.4 keV (quasar rest-frame), most probably originating from a redshifted iron line, ruling out a strong blue-wing to the line profile.

Zur physikalischen Natur von plötzlichen Helligkeitsabfällen in den Hochenergie-Spektren von Schmallinigen Seyfert 1 Galaxien /
The physical nature of sharp spectral drops in the high-energy spectra of Narrow-Line Seyfert 1 Galaxies

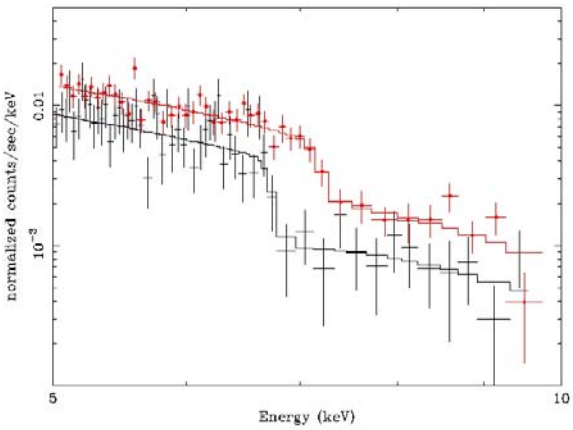


Abb. 2-30: XMM-Newton Beobachtung der Schmallinigen Seyfert 1 Galaxie 1H 0707-495 im Oktober 2000 und im Oktober 2002. Zum ersten mal wird eine Energieverschiebung des spektralen Helligkeitsabfalls von 7.1 auf 7.5 keV nachgewiesen. Materie mit hohen Ausflussgeschwindigkeiten von 0.05 c, mit neutralen Fe-Atomen, oder starke relativistische Effekte in der Nähe eines maximal rotierenden Schwarzen Loches (Kerr Schwarzes Loch) können die Beobachtung gegenwärtig erklären.

Fig. 2-30: XMM-Newton observation from October 2000 and October 2002 of the Narrow-Line Seyfert 1 Galaxy 1H 0707-495. For the first time, a shift of the sharp spectral drop from 7.1 keV to 7.5 keV, has been observed. Outflowing matter with 0.05 c neutral for Fe or light-bending effects in an extreme Kerr black hole space time can account for the observations.

Die XMM-Newton Beobachtung der schmallinigen Seyfert 1 Galaxie 1H 0707-495 im Jahr 2000 erbrachte den ersten Nachweis eines scharfen Helligkeitsfalls bei der Energie der neutralen Fe Kante (7 keV) ohne Anzeichen einer Fe Re-Emission bei 6.4 keV. Eine zweite Beobachtung von 2002 bestätigte die Detektion eines scharfen (Delta E<200 eV) Helligkeitsabfalls; jedoch bei einer signifikant höheren Energie von 7.5 keV (Abb. 2-30). Zusätzlich zur Änderung der Energie des Abfalls wird ein steileres Hochenergiespektrum gemessen. Diese erstmals gemessenen Änderungen der Energie des Helligkeitsabfalls und der Steigung der spektralen Energieverteilung kann durch zwei fundamental verschiedene Modelle erklärt werden: durch partielle Verdeckung der Akkretionssscheibe oder ein reflexionsdominiertes Akkretionsscheibenspektrum. Das Modell der partiellen Verdeckung der Akkretionsscheibe durch hochdichte Wolken in der Akkretionsscheibenumgebung erfordert hohe Ausflussgeschwindigkeiten von Materie mit Geschwindigkeiten von etwa 0.05 c. Im reflexionsdominierten Modell kann die Änderung der Energie des Abfalls durch das hochenergetische Ende einer relativistischen Fe-Emissionslinie erklärt werden. Die Schärfe des Abfalls (<200 eV) und die nicht nachweisbare Kβ UTA Absorptionslinien sind starke Hinweise auf neutrale, absorbierende Materie mit hohen Ausflussgeschwindigkeiten. Eine XMM-Newton Beobachtung von IRAS 13224-3809 zeigt einen spektralen Helligkeitsabfall bei noch höheren Energien von 8.2 keV. Falls der Helligkeitsabfall durch Absorption erklärt werden kann, erwartet man eine Breite des Abfalls von etwa 600 eV (im Fall einer ionisierten Fe K Kante, entsprechend ionisiertem Fe IXX bis Fe XIII), im Gegensatz zu den gemessenen 200 eV. Tiefere Beo-

During 2000 an XMM-Newton observation of the NLS1 1H 0707-495 revealed a sharp spectral drop at an energy of 7 keV. A second observation in 2002 confirmed the presence of the sharp feature; however, the energy was significantly higher (7.5 keV) and the depth had diminished slightly (Fig. 2-30). In addition to changes in the drop parameters, the high-energy spectrum appeared steeper. The changes in the high-energy spectrum of 1 H0707-495 could be adequately explained by two fundamentally different models: partial-covering or reflection. In partial-covering the drop is due to a dense absorber which only partly covers the continuum emitting region and is outflowing at high velocities (0.05 c). In terms of reflection, the drop is due to the blue wing of a relativistically broadened iron fluorescence line which is enhanced by light-bending close to a rotating black hole. The sharpness of the spectral drops (<200 eV) and the missing Kβ UTA features for the 7.5 keV feature might indicate the presence of neutral outflowing matter. An XMM-Newton observation of IRAS 13224-3809 revealed a spectral drop at an even higher energy of 8.2 keV. In the case of ionised material this would correspond to Fe IXX to Fe XIII and a width of 600 eV, in contrast to the observed 200 eV widths of the spectral drop. Deeper observations with XMM-Newton can reveal the correct model.

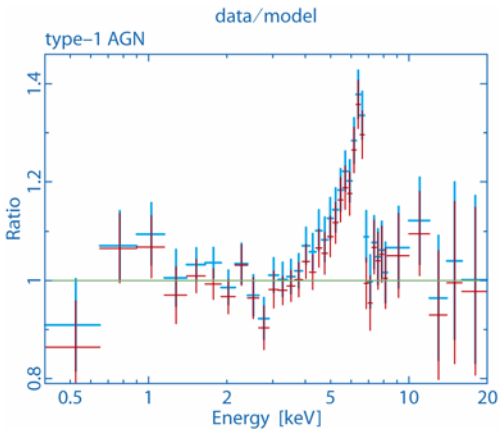
bachtungen mit XMM-Newton sind erforderlich um die Natur dieser neuentdeckten Helligkeitsabfälle zu entschlüsseln.

Entdeckung einer relativistischen Eisenlinie im mittleren Spektrum von Typ-1 und Typ-2 AGN aus dem Lockman Hole /
Relativistic Fe K lines from Lockman Hole stacked spectra of type-1 and type-2 AGN

Mit Hilfe einer 770 ksec langen XMM-Newton Beobachtung des Lockman Hole, kombiniert mit umfangreichen optischen Identifikationen der AGN-Population in diesem Feld, wurde ein mittleres Ruhesystem-Spektrum von etwa 100 AGN Typ-1 und Typ-2 Quellen abgeleitet (Abb. 2-31). Die bemerkenswerteste spektrale Signatur in den mittleren Spektren ist eine starke Fe-Fluoreszenz-Linie. In beiden Arten von AGN wurde ein deutlich verbreitertes, relativistisches Linienprofil gefunden. Ein Laor-Modell mit einem inneren Scheibenradius, der kleiner ist als der letzte stabile Orbit der Schwarzschild-Geometrie, ist am besten mit den Daten verträglich, was darauf schließen lässt, dass die meisten Schwarzen Löcher rotieren sollten. Die Äquivalentbreite der relativistischen Felinie ist 400-600 eV. Mit Hilfe eines selbstkonsistenten Scheiben-Reflektionsmodells konnten wir die Linienstarke mit der erwarteten Intensität der reflektierten Komponente vergleichen, mit dem erstaunlichen Ergebnis, dass die Eisenhäufigkeit des akkretierten Materials im Mittel etwa die dreifache solare Häufigkeit haben muss.

Using the 770 ksec XMM-Newton survey of the Lockman Hole field in combination with extensive optical identifications of the AGN population, we derive an average rest-frame spectrum of AGN types-1 and 2 (Fig. 2-31). The most prominent feature in the averaged spectrum is a strong fluorescent Fe line. In both type-1 and type-2 AGN, a clear relativistic line profile is revealed. A laor line profile with an inner disk radius smaller than the last stabl e orbit of a Schwarzschild black hole is most consistent with the data, indicating that the average supermassive black hole has significant spin. Equivalent widths of the broad relativistic lines range between 400-600 eV. We used the disk reflection model to compare the observed strength of the line with the amplitude of the reflection component, concluding that to consistently describe the observations the average iron abundance should be about three times the solar value.

[BOLLER, FINOGUENOV, GALLO, GENZEL, HASINGER, LUTZ, PORQUET, STREBLYANSKA, STURM, TANAKA]



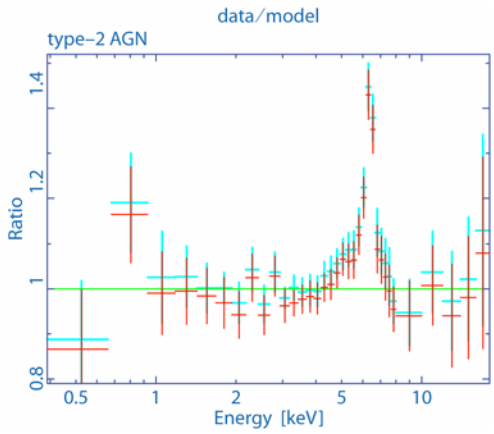


Abb. 2-31: Das mittlere Röntgenspektrum von Typ-1 (links)und Typ-2 (rechts) AGN. An die entfalteten Spektren wurden in den Energiebereichen 0.2-3 and 8-20 keV ein einfaches Potenzgesetz angepasst und das Verhältnis zwischen Daten und Modell dargestellt. Die EPIC-pn- (rot) und MOS- (schwarz) Daten zeigen klar das Signal von relativistischen Eisenlinien in beiden Spektren.

Fig. 2-31: The mean X-ray spectra of type-1 (left) and type-2 (right) AGN. The unfolded spectra were fit with a simple power-law model in the ranges 0.2–3 and 8–20 keV and the ratio to this fit is displayed. The EPIC-pn (red) and MOS (black) data show the clear signal of relativistic iron lines in both spectra.

2.3.4 Großräumige Strukturen in nahen Galaxien / Large Scale Properties in Nearby Galaxies

Röntgenquellen Population in der Lokalen Gruppe / X-ray source populations in the Local Group

Wir haben ROSAT Röntgenquellen mit Hα strahlenden Objekten korreliert und so die Zahl der Be/Röntgendoppelstern (Be/XRB) Kandidaten in der Kleinen Magellanschen Wolke (SMC) verdoppelt. In XMM-Newton Beobachtungen fanden wir bei drei

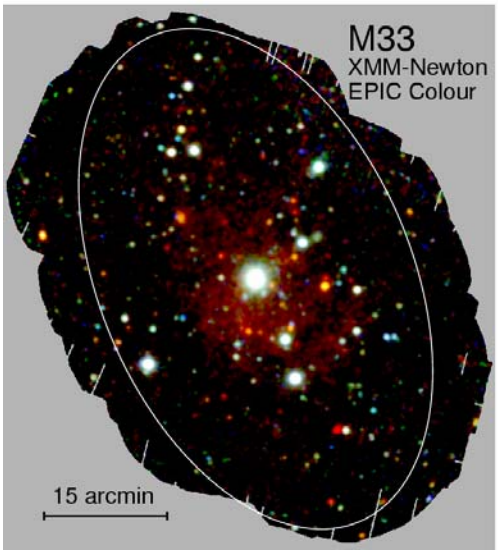
Correlating ROSAT X-ray sources and Hα emission-line objects we doubled the number of Be/X-ray binary candidates in the Small Magellanic Cloud (SMC). Our analysis of XMM-Newton observations revealed pulsations in three of them and added three

von ihnen Pulsationen und entdeckten drei neue pulsierende Be/XRBs (Perioden 140-700 s). Wir haben für diese Quellen frühere Satellitendaten neu ausgewertet und – insbesondere bei Systemen mit langen Perioden – große Drehgeschwindigkeitsänderungen festgestellt. Dies deutet darauf hin, dass die Drehgeschwindigkeiten der Neutronensterne in diesen Systemen weit von dem durch die momentane Akkretionsdrehkraft gegebenen Gleichgewicht entfernt sind und dass die Akkretionsraten früher niedriger waren. Wir kennen jetzt fast 100 massereichen Röntgendoppelsterne (HMXBs) und Kandidaten in der SMC, von denen mindestens 46 pulsieren. Die Zahl der HMXBs in der SMC übertrifft die in jeder anderen Galaxie (selbst die in der einen Faktor 100 massereicheren Milchstrasse). Erklärt werden könnte das durch erhöhte Sternbildungsaktivität in der SMC vor 10 bis 15 Millionen Jahren, d.h. die Zeitspanne, die zur Entwicklung von HMXBs aus massereichen Doppelsternen gebraucht wird.

more Be/X-ray binary pulsars (period range 140-700 s). Reanalyzing measurements from previous satellites we discovered large spin period changes, in particular for some of the long period pulsars. This suggests that the spin periods of the neutron stars in these systems are far away from equilibrium with the current accretion torques and indicates lower accretion rates in the past. The number of high mass X-ray binaries and candidates (HMXBs) in the SMC now totals almost 100 objects with at least 46 showing X-ray pulsations. The number of HMXBs in the SMC is higher than known from any other galaxy (including the 100 times more massive Milky Way). This may be explained by increased star forming activity in the SMC about 10 to 15 Million years ago, the time span needed between the formation of a massive binary and its evolution into a HMXB.

Abb. 2-32: XMM-Newton EPIC pn und MOS Röntgenfarbbild von M 33. Die Farben überdecken den Energiebereich von 0.2-12 keV, wobei die Energie von rot über grün nach blau zunimmt. Die weiße Ellipse zeigt die optische Ausdehnung der Galaxie. SSS, Fordergrundsterne und thermische SNRs erscheinen rot und gelb, XRBs, Krebsnebel-ähnliche SNRs und Hintergrundobjekte grün, blau und weiß.

Fig. 2-32: XMM-Newton X-ray colour image of M 33 combining data of the EPIC pn and MOS cameras. The colours cover the energy range 0.2-12 keV with increasing energy from red over green to blue. The white ellipse marks the optical extent of the galaxy. SSS, foreground stars and thermal SNRs appear red and yellow, XRBs, Crab-like SNRs and background objects in green, blue and white.



Mit XMM-Newton haben wir die Population der Röntgenquellen und diffuse Röntgenstrahlung im Feld von M 33, einer Sc Galaxie der Lokalen Gruppe, untersucht. Wir fanden Strahlung von heißem Gas, das mit der inneren Scheibe und den Spiralarmen zusammenfällt, sowie 408 Punktquellen, d.h. mehr als doppelt so viele wie bisher in dem Feld bekannt waren (Abb. 2-32). An Hand von Zählratenverhältnissen in verschiedenen Röntgenbändern und Informationen aus anderen Wellenlängenbereichen wurden die Quellen klassifiziert. In M 33 fanden wir fünf extrem weiche Quellen, 21 Supernovaüberreste (SNRs) und 23 SNR Kandidaten und zwei XRBs. 267 Quellen waren hart und entweder XRBs, Krebsnebel-ähnliche SNRs oder AGN. Nach den Untersuchungen tiefer Felder würde man erwarten, dass bis zur Hälfte der Quellen Hintergrundsobjekte sind (Galaxien, Galaxienhaufen, AGN). Die Zahl der SNRs in M 33 ist im Vergleich zur Milchstrasse oder M 31 hoch und die der XRBs niedrig, verglichen zum Massenverhältnis. Daher ist M 33 ähnlicher den Magellanschen Wolken, die erhöhte Sternbildungsrate zeigen.

With XMM-Newton, we studied the X-ray source population and diffuse emission in the field of the Local Group Sc galaxy M 33. We detected emission from hot gas that is correlated with the inner disk and spiral arms as well as 408 point-like sources (Fig. 2-32) which more than doubles the number of sources known in the field. The sources were classified using X-ray hardness ratios and information from other wavelengths. Within M 33 itself we found five super-soft sources (SSS), 21 supernova remnants (SNRs) and 23 SNR candidates, and two X-ray binaries (XRBs). We found 267 hard sources that could either be XRBs, Crab-like SNRs or AGN. Extrapolating from deep field observations one would expect up to half of the sources to be background objects (galaxies, clusters of galaxies, AGN). The number of SNRs in M 33 is high and that of bright low mass XRBs small compared to that of Milky Way or M 31 when scaled by galaxy mass. Thus M 33 is more similar to the Magellanic Clouds which show an increased recent star formation rate.

Die Ultraleuchtkräftige Röntgenquelle in Holmberg II / The ultraluminous X-ray source in Holmberg II

Ultraleuchtkräftige Röntgenquellen (ULX) weisen Leuchtkräfte im 0.5-10 keV Band von 10^{39-41}erg/s auf, die generell größer als die von Doppelsystemen mit einem Schwarzen Loch, wie z.B. Cyg X-1 und LMC X-1, sind, jedoch unterhalb von denen der Aktiven Galaxienkerne (AGN) liegen. Unter der Annahme von Eddington-Leuchtkräften entspricht das einer Akkretion auf ein Schwarzes Loch mit einer Masse von zehn bis zu einigen hundert Sonnenmassen, einem sogenannten Schwarze Loch mittlerer Masse (IMBHs). ULX liegen nicht im dynamischen Zentrum der sie enthaltenen Galaxie und sind daher nicht durch Sub-Eddington-Akkretion auf ein zentrales superschweres Schwarzes Loch, wie bei AGN, hervorgerufen. Die optische Identifikation der ULX ist essentiell um die Natur dieser Objekte zu verstehen. Die Anzahl der optisch identifizierten ULX ist jedoch immer noch sehr limitiert.

Ultraluminous X-ray sources (ULX) have 0.5-10 keV luminosities of 10^{39-41}erg/s, generally higher than black hole binaries such as Cyg X-1 and LMC X-1, but lower than that of active galactic nuclei (AGN). Assuming Eddington luminosities, this corresponds to accretion onto black holes of between ten and several hundred solar masses suggesting intermediate-mass black holes (IMBHs). ULXs are not located in the dynamical centre of their host galaxies and thus are not caused by sub-Eddington accretion onto a central AGN-type super-massive black hole. The identification of the optical counterparts of ULXs is essential to determine the nature of these objects. The number of optically identified ULXs is still limited, however.

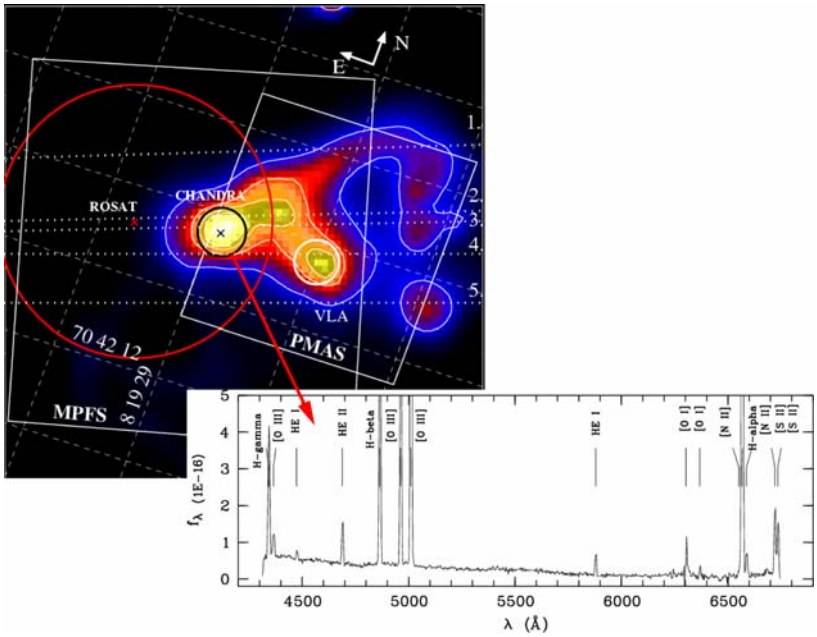


Abb. 2-33: CFHT Hα-Bild der HoII X-1 Region. Die MPFS- und PMAS-Gesichtsfelder sind überlagert. Der kleine schwarze und der große rote Kreis markieren die 90 % Fehlerkreise der Chandra ACIS-S- und ROSAT HRI-Positionen. Das Langspaltspektrum an der Position der Röntgenquelle zeigt deutlich eine He II-Emissionslinie.

Fig. 2-33: CFHT Hα image of the HoII X-1 region. The MPFS and PMAS FOV are superposed. The small black and the large red circles give the 90% confidence circles of the Chandra ACIS-S and the ROSAT HRI positions, respectively. The long-slit spectrum at the position of the X-ray source clearly reveals a He II emission line

Wir haben optische Beobachtungen von der, die ultraleuchtkräftige Röntgenquelle Holmberg II X-1, enthaltenen HII Region (Abb. 2-33) mit den „Integral Field"-Spektrographen PMAS und MPFS und dem Langspaltspektrographen LSS vorgenommen. Wir konnten hierbei die Existenz eines röntgenionisierten Nebels als optisches Gegenstück der Quelle durch das Auffinden einer ausgedehnten He II 4686 Å Region (21x47 pc) an der Chandra ACIS-S Position bestätigen. Solch He II ionisierte Nebel sind in H II Regionen sehr selten aufzufinden. Ein ausgedehntes blaues Objekt mit einer Größe von 11x14 pc ist koinzident mit der Röntgen/He II Region, das entweder auf einen jungen stellaren Komplex oder einen Haufen deutet.

We obtained optical integral field observations with PMAS and MPFS and long slit spectra with LSS of the H II region (Fig. 2-33) containing the ultraluminous X-ray source Holmberg II X-1. We confirm the existence of an X-ray ionized nebula as the counterpart of the source owing to the detection of an extended He II 4686 Å region (21x47 pc) at the Chandra ACIS-S position. Such an ionized He II nebula is very rare in H II regions. An extended blue object with a size of 11x14 pc is coincident with the X-ray/He II region, which could indicate that it is either a young stellar complex or a cluster. We find a complex velocity dispersion at the position of the ULX. In addition, there is a radial velocity variation in the X-ray ionized

Wir haben eine komplexe Geschwindigkeitsdispersion an der Position des ULX gefunden. Zusätzlich dazu, gibt es eine radiale Geschwindigkeitsvariation von ±50 km/s auf räumlichen Skalen von 2-3“ innerhalb der röntgenionisierten Region, die in der He II Emission gefunden wurde. Wir nehmen an, dass das vermeintliche Schwarze Loch nicht nur das umgebene HII-Gas ionisiert, sondern es auch dynamisch stört (durch Jets oder Akkretionsscheibenwinde). Das XMM-Newton-Spektrum von HoII X-1 ist am Besten durch ein Potenzgesetz, und zusätzlich entweder durch ein thermisch dickes Plasma, ein thermisch dünnes Plasma oder durch eine Multitemperatur – Schwarzkörperstrahlung der Scheibe (MCD) angepasst. In allen Fällen weist die thermische Komponente eine relativ geringe Temperatur (kT~0.14-0.22 keV) auf. Die Existenz des röntgenionisierten Nebels, der sich an der Position des ULX befindet und die weiche Röntgenkomponente mit einer kühlen Akkretionsscheibe, favorisiert die Interpretation des Objektes als ein IMBH. Das komplexe Geschwindigkeitsverhalten an der Position des ULX deutet auf einen dynamischen Einfluss des Schwarzen Loches auf das lokale Gas hin.

region found in the He II emission of ±50 km/s on spatial scales of 2-3”. We believe that the putative black hole not only ionizes the surrounding HII gas, but also perturbs it dynamically (via jets or the accretion disk wind). The XMM-Newton spectrum of HoII X-1 is best fitted with an absorbed power law in addition to either a thermal thick plasma or a thermal thin plasma or a multi-colour disk black body (MCD). In all cases, the thermal component shows a relatively low temperature (kT~0.14-0.22 keV). The existence of an X-ray ionized nebula coincident with the ULX and the soft X-ray component with a cool accretion disk favour the interpretation as IMBH. The complex velocity behaviour at the position of the ULX indicates a dynamical influence of the black hole on the local HII gas.

[CONSTANTINI, GREINER, HABERL, HASINGER, LEHMANN, MISANOVIC, PIETSCH]

2.3.5 Alte Galaxien in ihrer Jugend gesehen / Ages of Galaxies at Low and High Redshift

Zur Bestimmung der Epoche der Entstehung von Galaxien, kann man zwischen zwei fundamentalen Vorgehensweisen unterscheiden. Der klassische Ansatz ist, das Alter und nach Möglichkeit die gesamte Sternentstehungsgeschichte von lokalen Galaxien zu bestimmen. Je älter die Sternpopulationen einer Galaxie ist, desto früher, d.h. bei einer umso höheren Rotverschiebung, muss diese entstanden sein, und umgekehrt. Wir nennen dies „Astro-Archäologie“. Alternativ kann man versuchen, weit entfernte Objekte bei hohen Rotverschiebungen zu finden und so eventuell die Entstehung von Galaxien direkt zu beobachten. Dieser Ansatz ist erst in den letzten Jahren mit der Entwicklung von größeren Teleskopen und empfindlicheren Instrumenten möglich geworden. Das eigentliche Ziel ist es, eine Theorie zu finden, die die Entstehung von Struktur und Galaxien im Universum beschreibt, und die Beobachtungsdaten sowohl bei hoher Rotverschiebung, also im frühen Universum, als auch in unserer direkten Umgebung, also heute, reproduziert. Um dies zu ermöglichen, ist es wichtig, dass die beiden oben beschriebenen Vorgehensweisen ein einheitliches Bild liefern.

There are two fundamental possibilities to determine the epoch of galaxy formation. The classical proceeding is to derive age and as possible the complete star formation history of local galaxies. The older a stellar population is, the earlier it has to have formed. We call this astro-archaeology. An alternative possibility is to try to look for distant objects at high redshift and to observe galaxy formation directly. This approach only has become possible in the last few years by developing larger telescopes and more sensitive instruments. The goal is to find a theory describing formation of structure and of galaxies in the universe and reproducing the observed data at high redshift in the young universe as well as in our local environment.

Wie bereits in einem früheren Jahresbericht beschrieben, haben wir das Alter und Sternentstehungsgeschichten von lokalen elliptischen Galaxien untersucht und herausgefunden, dass diese zu einem sehr frühen Zeitpunkt in äußerst heftigen Prozessen entstanden sein müssen. Das ist deswegen bemerkenswert, weil damit die größten Galaxien im Universum am schnellsten entstanden zu sein scheinen. Im Rahmen heutiger Theorien der Galaxienentstehung kann dies am besten verstanden werden, wenn man annimmt, dass eine starke Wechselwirkung zwischen Sternenstehung und Quasar-Aktivität besteht. Dies

We have investigated ages and star formation histories of local galaxies and discovered that elliptical galaxies must have formed at a very early point in time in extremely violent processes. This is remarkable, since it implies that the biggest galaxies have formed in the shortest time-scales. This can be understood assuming a strong coupling between star formation and quasar activity, consistently with the fact that the most massive galaxies possess the largest black holes in their centre.

passt gut mit dem Tatbestand zusammen, dass die massereichsten Galaxien auch die größten Schwarzen Löcher in ihren Zentren haben.

Ein sehr wichtiger Aspekt, den wir nun noch zusätzlich gefunden haben ist, dass eine deutliche Abhängigkeit von der Umgebungsdichte der Galaxie besteht. Galaxien in Galaxienhaufen entstehen sehr viel früher als ihre Gegenstücke in niedrigen Umgebungsdichten, im sog. „Feld“. Dies ist in Abb. 2-34 verdeutlicht, die die Entstehungsepochen von elliptischen Galaxien in verschiedenen Umgebungsdichten zeigt. Dies ist ein sehr wichtiges Ergebnis, da gerade diese Abhängigkeit von der Umgebungsdichte von den heutigen Theorien der Galaxienentstehung vorhergesagt wird.

A very important aspect is the clear dependence on the environmental density of the galaxy. Galaxies in clusters form much earlier than their counterparts in low density areas, the so-called ‘field’. This can be seen in Fig. 2-34, where the derived formation periods of elliptical galaxies in different environmental densities are represented. This is a very important result as exactly this dependence on the environmental density is predicted by the present theories of galaxy formation.

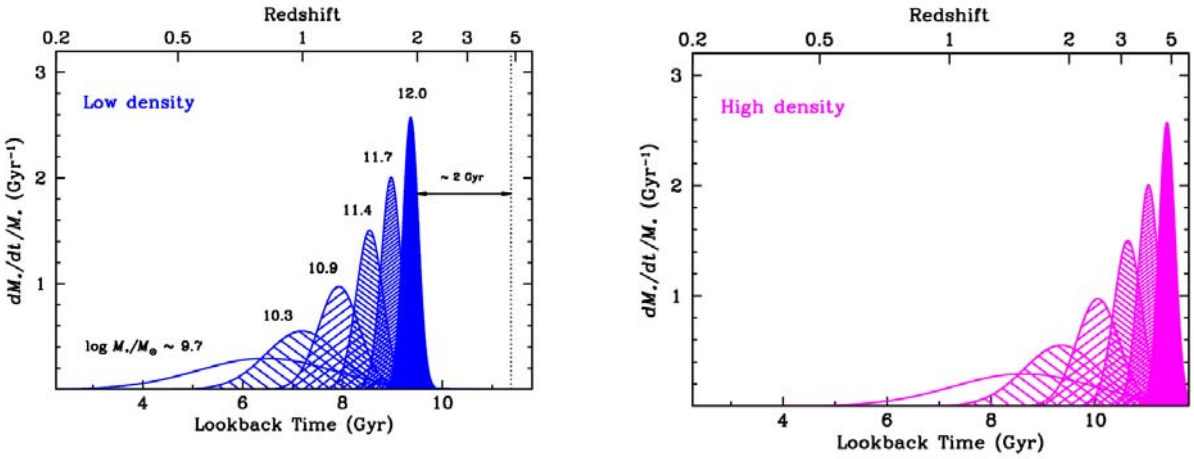


Abb. 2-34: Die Abbildung zeigt die Sternentstehungsgeschichten von elliptischen Galaxien wie sie von einem lokalen Sample abgeleitet wurden. Das linke Diagramm ist für niedrige, das rechte für hohe Umgebungsdichten. Die wichigsten Ergebnisse sind: 1) massereichere Galaxien bilden ihre Sternpopulationen schneller und früher. 2) In niedrigen Umgebungsdichten ist die Entstehung von Galaxien um ca. 1-2 Milliarden Jahre verzögert.

Fig. 2-34: Star formation history of elliptical galaxies derived from a local sample. The left diagram shows low density, the right one high density areas. The most important results are: 1) Massive galaxies form stellar populations faster and earlier. 2) Galaxy evolution is delayed by 1-2 billion years in low density areas.

Abbildung 2-34 zeigt Sternentstehungsraten für elliptische Galaxien verschiedener Massen. Dieses Ergebnis impliziert, dass die Epoche der Galaxienentstehung zu einem sehr frühen Zeitpunkt in der Entwicklung des Universums stattgefunden haben muss, also bei sehr hoher Rotverschiebung zu finden ist. In der Tat zeigt die Analyse von sog. SCUBA-Quellen, dass diese massive Galaxien bei hoher Rotverschiebung sind, in denen zu einem sehr frühen Zeitpunkt massive Sternentstehungsausbrüche stattgefunden haben (siehe Beitrag im nächsten Kapital), in guter Übereinstimmung mit den Vorhersagen in Abb. 2-34.

Figure 2-34 shows star formation rates for elliptical galaxies of different masses. This result implies that the epoch of galaxy formation must have happened at an early point of the development of universe. Indeed, the analysis of so-called SCUBA-sources shows that these objects are massive galaxies at high redshift, where massive star bursts have taken place, being in good agreement with the predictions (Fig. 2-34).

Dieses Ergebnis hat noch weitere wichtige Konsequenzen. Wenn massive Galaxien so schnell und so früh entstehen, dann sollte man bei relativ hoher Rotverschiebung Galaxien finden, deren Sternpopulationen bereits alt genug sind, um sog. Asymptotische Riesenast-Sterne entwickelt zu haben. Letztere bilden sich in massereichen Sternen einer Sternpopulation, wenn sie etwa 1 Milliarde Jahre alt ist. Wenn diese stellare Entwicklungsphase bei den entsprechenden Rotverschiebungen (zwischen z~1-3) detektiert werden könnte, wäre das ein weiterer Schritt dahin, den Kreis zwischen Astro-Archäologie und direkter Be-

This result has further consequences. If massive galaxies form so fast and early, galaxies at relatively high redshift should already have developed stellar populations old enough to form so-called asymptotic giant branch stars. These stars develop from massive stars of stellar populations with an age of about 1 billion years. A detection of this stellar evolution period at redshift of z~1-3 would be an important advance to verify the connection between astro-archaeology and direct observation at high redshift.

obachtung bei hoher Rotverschiebung zu schließen.

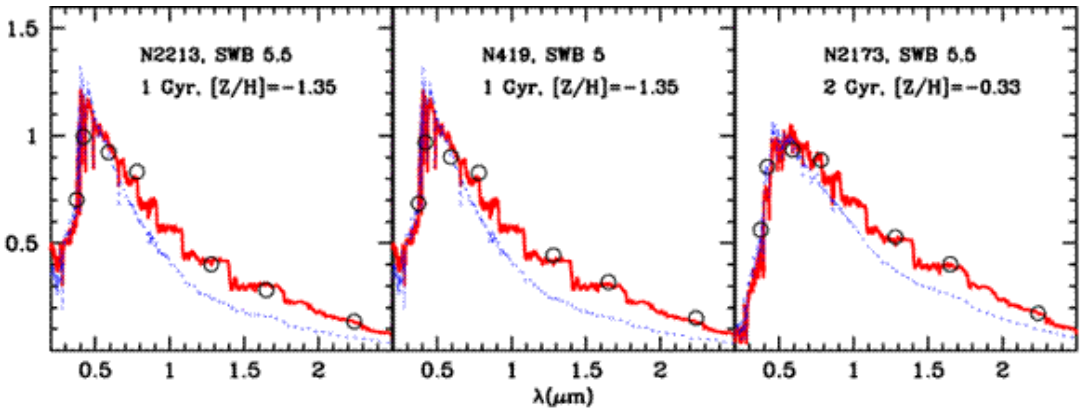


Abb. 2-35: Die offenen Kreise zeigen die spektrale Energieverteilung von jungen Kugelhaufen in der Großen Magellanschen Wolke. Die roten Linien sind Spektren von Modell-Sternpopulationen mit dem Alter von 1 bzw. 2 Milliarden Jahren. Die blau gepunkteten Linien sind ähnliche Modelle aus der Literatur, die den Beitrag der Asymptotischen Riesenast-Sterne nicht berücksichtigen. Es ist offensichtlich, dass dieser jedoch notwendig ist, um die hohe Abstrahlung im nahen Infrarot zu erklären.

Fig. 2-35: The open circles show the spectral energy distribution of young globular clusters in the LMC. The red lines are spectra of young stellar model populations at an age of 1 and 2 billion years. The blue dotted lines are similar models from the literature, but without consideration of asymptotic giant branch stars. It is obvious that this contribution is needed to explain the strong emission in the near infrared.

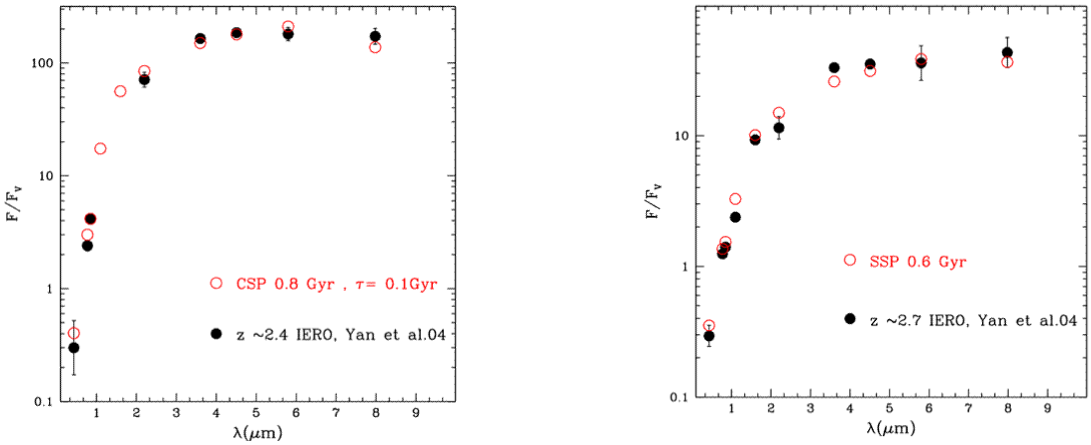


Abb. 2-36: Die schwarz gefüllten Kreise zeigen die spektralen Energieverteilungen zweier hoch rotverschobener Galaxien von Yan et al. (2004). Die roten offenen Kreise sind die Modelle mit Asymptotischen Riesenast-Sternen. Die Beobachtungsdaten werden gut reproduziert, unter der Annahme, dass die Galaxien in etwa 1 Milliarde Jahre alt sind. Ohne die Berücksichtigung des Asymptotischen Riesenastes wäre ein solch guter Fit nicht möglich. Die abgeleiteten Alter passen sehr gut zusammen mit den Vorhersagen aus Abb 2-34.

Fig. 2-36: The filled black circles show the spectral energy distributions of two galaxies at high redshift (Yan et al. 2004). The open red circles indicate the models including asymptotic giant branch stars. The observed data are well reproduced, assuming an age of 1 billion years. This would not have been possible without consideration of the asymptotic giant branch. The derived ages agree very well with the predictions in Fig. 2-34.

Für diesen Zweck haben wir Modelle von stellaren Populationen entwickelt, die explizit den Beitrag von Sternen auf dem Asymptotischen Riesenast berücksichtigen. Es stellt sich heraus, dass eine 1 Milliarde Jahre alte Sternpopulation dadurch auffällt, dass sie besonders hell im nah-infraroten Wellenlängenbereich abstrahlt (Abb. 2-35). Für Objekte bei Rotverschiebung z~2-3 wird dieser Fingerabdruck dann im beobachtbaren mittleren Infrarot bei ca. 10µm zu detektieren sein. Dieser Wellenlängenbereich ist gerade mit dem neuen amerikanischen Satelliten Spitzer Space

For this purpose we developed stellar population models, taking into account exactly this contribution of asymptotic giant branch stars. It becomes apparent that a 1 billion year old stellar population stands out emitting especially strong in the near infrared (Fig. 2-35). For objects at redshift of z~2-3 this finger print will be detectable in the mid-infrared at 10µm. This wavelength band became recently accessible thanks to the new American satellite Spitzer Space Telescope.

Telescope zugänglich geworden.

Ein erster Vergleich der Daten mit unseren Modellen zeigt, dass die beobachteten Objekte tatsächlich bei hoher Rotverschiebung liegen und durch extrem hohe Abstrahlung im nah-infraroten Wellenlängenbereich (in unserem Ruhesystem) auffallen (Abb. 2-36). Dies kann nur dadurch erklärt werden, dass es sich um massive Galaxien im frühen Universum handelt, die in etwa 1 Milliarde Jahre alt sind, und somit ein signifikanter Anteil ihres Lichts von Sternen auf dem Asymptotischen Riesenast abgestrahlt wird.

Der Bogen hat sich also tatsächlich spannen lassen: wir haben Objekte im frühen Universum entdecken können, deren Existenz wir aus den Eigenschaften lokaler Galaxien gewissermaβen vorhergesagt hatten. Eine Aufgabe in der Zukunft wird nun sein, größere Datenmengen systematisch auf diesen Aspekt hin zu untersuchen.

A first comparison of the data with our models shows that the observed objects actually are located at high redshift and stand out by strong emission in the near infrared (in observer's frame) (Fig. 2-36). This can only be explained, assuming that in the young universe the light emitted by massive galaxies of about 1 billion years age has a significant contribution by asymptotic giant branch stars.

We succeeded in reconciling the results of both procedures. We managed to detect objects in the young universe, that we predicted by the properties of local galaxies. A task for the future will be to investigate greater data sets systematically in this respect.

[BENDER, DE OLIVEIRA, MARASTON, MENDES, THOMAS]

2.3.6 Die Entwicklung der verschmelzenden und Starburst Galaxien / Evolution of Starburst Galaxies and Mergers

PAH-Analyse von Sternentstehungs-Prozessen in Galaxien / PAHs as tracer of star formation in galaxies

Interstellarer Staub erzeugt starke Emissionsbanden bei (u.a.) 3.3, 6.2, 7.7, 8.6, 11.3 und 12.7 µm, welche für gewöhnlich PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) zugeschrieben werden. PAHs eignen sich hervorragend dazu, die Zustände in staubigen Galaxien zu erkunden. Um die Anwendbarkeit der PAH-Emission zur Analyse von Sternentstehungsprozessen zu prüfen, führen wir eine Studie mit einer hochauflösenden Kamera (ISAAC) am VLT durch. Darin untersuchen wir die räumliche Verteilung der 3.3 µm-Emission in einer Auswahl typischer Vertreter verschiedener Galaxien-typen, die einen großen Bereich an Metallizitäten, Sternentstehungs- und AGN-Aktivitäten abdecken. Erste Aufnahmen der zentralen Regionen der beiden nahen Starburst-Galaxien NGC 253 und NGC 1808 zeigen, dass die Staubemission, global gesehen, tatsächlich in den inneren Starburst-Regionen der beiden Objekte am kräftigsten ist (Abb. 2-37). Auf kleineren Skalen lässt sich jedoch keine Korrelation feststellen zwischen der PAH-Emission und den Orten aktueller Sternentstehung. Offensichtlich ist die Beziehung zwischen PAH-Emission und aktiver Sternentstehung komplexer, als bisher auf der Grundlage von Daten mit niedrigerer räumlicher Auflösung vermutet wurde. Eine Größe, die allerdings wirklich räumliche Korrelation aufweist, ist das Verhältnis der PAH-Emission zur Emission des unterliegenden Kontinuums. Dieses Verhältnis ist kleiner in den Gebieten bekannter Super-Sternhaufen in NGC 1808 wie auch an der Stelle höchster Infrarot-Emission in NGC 253. Wir erklären das damit, dass die Effizienz der PAH-Emission durch Sternentstehungsprozesse vermindert wird, verursacht entweder durch mechanischen Energieübertrag an die interstellare Materie, oder durch Photoionisation oder Photodissoziation der PAH-Moleküle. Auf größeren Skalen zeigt die Abbildung von NGC 253 südliche und nördliche Ausläufer, die dem Verlauf des wohlbekannten

The mid-infrared dust emission features at 3.3, 6.2, 7.7, 8.6, 11.3 and 12.7 µm, commonly ascribed to PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons), are a powerful diagnostic of the conditions in dusty external galaxies. In order to better characterise the usefulness of PAH emission as a tracer of star formation, we are undertaking a programme of 3.3 µm narrow band imaging of a sample of nearby template galaxies covering a wide range of metallicity, star formation activity, and nuclear activity. Initial high spatial resolution images of PAH feature emission from the central regions of the nearby starburst galaxies NGC 253 and NGC 1808, taken with ISAAC at the VLT-UT1, show that, globally, the feature emission is seen to peak on the central starburst regions of both sources (Fig. 2-37). On smaller scales, however, we see no general spatial correlation or anti-correlation between the PAH feature emission and the location of sites of recent star formation, suggesting that the degree to which PAH feature emission traces starburst activity is more complicated than previously hypothesized based on results from data with lower spatial resolution. We do find spatial correlations, though, when we consider the feature-to-continuum *ratio*, which is low at the positions of known super star clusters in NGC 1808 as well as at the position of the IR peak in NGC 253. We take this to imply a decrease in the efficiency of PAH emission induced by the star formation, caused either by mechanical energy input into the ISM, or photoionisation or photodissociation of the PAH molecules. On larger scales the NGC 253 image shows tails to the south and north, tracing the well known superwind, and providing strong support that winds can be heavily mass-loaded. This observation has important implications for enriching galaxy halos and possibly the intergalactic medium with small dust grains.

Superwinds folgen. Dies unterstützt die Vermutung, dass Superwinde sehr viel Masse transportieren können, was wiederum Schlussfolgerungen über die Anreicherung von Galaxienhalos und möglicherweise dem intergalaktischen Medium mit kleinen Staubpartikeln zulässt.

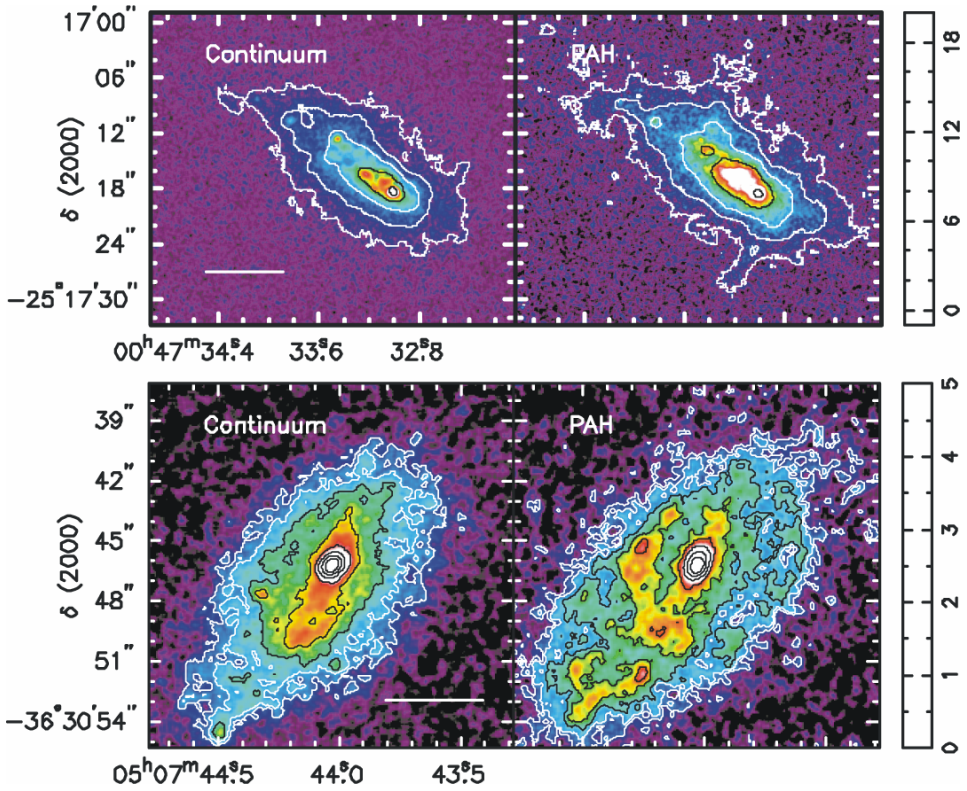


Abb. 2-37: 3.21µm Kontinuums-Emission (links) und 3.28 µm PAH-Emission (Kontinuum subtrahiert, rechts) in NGC 253 (oben) und NGC 1808 (unten). Die Balken in den linken Abbildungen entsprechen 100 pc. Die Abbildungen haben unterschiedliche Skalierungen.

Fig. 2-37: 3.21µm continuum emission (left) and 3.28 µm continuum-subtracted PAH feature emission (right) from NGC253 (top) and NGC1808 (bottom). The bars in the left panels indicate 100 pc. The images have not been scaled to a common peak level.

Der Ursprung schwacher Röntgenemission in isolierten elliptischen Galaxien / Merger origin of faint X-ray emission of isolated ellipticals

Wir haben ein representatives Sample von elf mit XMM-Newton beobachteten naheliegenden Galaxiengruppen (z<0.012) ausgewertet, die einen weiten Röntgenleuchtkraftbereich überdecken $10^{40\text{-}43}$ergs/s. Aus der gemessenen Eisenhäufigkeit, Temperatur und Dichte haben wir Entropie und Druck des Gases abgeleitet. Das Gas zeigt statistisch signifikante räumliche Strukturen (Abweichungen um 10-20% vom Mittelwert). Abweichungen von mehr als 10% können durch aktive Kerne in den Zentralgalaxien der Gruppen erklärt werden und bestätigen den Einfluss aktiver Kerne auf das Gas zwischen den Gruppengalaxien. Die Daten zeigen auch auf Skalen von kpc räumlich veränderliche Metallhäufigkeit, durch die wir Einsicht in stellare Massenverlustprozesse erhalten. Die Analyse der globalen Gruppeneigenschaften zeigt, dass die mittlere Entropie in manchen Gruppen viel höher und der Druck niedriger sind, als nach der modifizierten Entropieskalierung erwartet wird. Wir führen diese Abweichungen auf die Verschmelzungsgeschichte der

We have analyzed the XMM-Newton data on a representative sample of eleven nearby groups of galaxies (z<0.012), which span a broad range in X-ray luminosity from $10^{40\text{-}43}$ergs/s. We have measured the iron abundance and temperature distribution in these systems and derive pressure and entropy. We found a statistically significant evidence for a structure in the gas component of most of the groups at the 10-20% level. Deviations exceeding 10% could be associated with ongoing nuclear activity in the central galaxy, confirming that active galactic nuclei significantly impact the intragroup medium. The XMM-Newton data also suggest patchy metallicity distributions on the kpc scale in groups, providing insight into the processes associated with thermalisation of the stellar mass loss. Analysis of the global properties of the groups reveals the overall entropy level is much higher in a number of systems than that predicted from modified entropy scaling, while at the same time the pressure is lower. We interpret these deviations as an echo

zentralen elliptischen Galaxien zurück und sehen sie nicht als Zeichen von Gruppen im Gleichgewicht.

of the merger history of the central elliptical and do not associate it with signatures of the virialized group.

[DAVIES, FINOGUENOV, LEHNERT, LUTZ, STURM, ZIMER]

2.3.7 γ Laute AGNs / γ-Ray Loud AGNs

Das Compton Gammastrahlenobservatorium hat gezeigt, dass Blasare einen wichtigen Teil, in einigen Fällen sogar den Großteil (z.B. 3C279), ihrer Leuchtkraft im Gammabereich abstrahlen können. Diese Hochenergie-Emission wird allgemein als nichtthermische invers-Compton Strahlung interpretiert. Da weitergehende Kenntnisse noch unsicher sind, sind Blasare wichtige Beobachtungsobjekte für INTEGRAL. Um unser Wissen über deren Hochenergie-Emission zu erweitern, haben wir im Juni 2003 den bekannten Gamma-Blasar 3C279 im Rahmen einen Multifrequenz-Kampagne beobachtet, die auf INTEGRAL Messungen im harten Röntgen- und weichen Gamma-Bereich ausgerichtet war.

The Compton Gamma-Ray Observatory has shown that blazars can radiate a significant part, and in some cases even the majority (e.g. 3C279), of their luminosity at γ-ray energies. This high-energy emission is interpreted in a general sense as non-thermal inverse-Compton radiation, but further details are still under discussion. Blazars are, therefore, prime targets for the INTEGRAL observatory, where they can be observed from the hard X-ray to γ-ray bands. To improve our knowledge on the high-energy emission of blazars, we observed the prominent γ-ray blazar 3C279 with INTEGRAL in June 2003, as part of a multi-frequency campaign focussed on INTEGRAL.

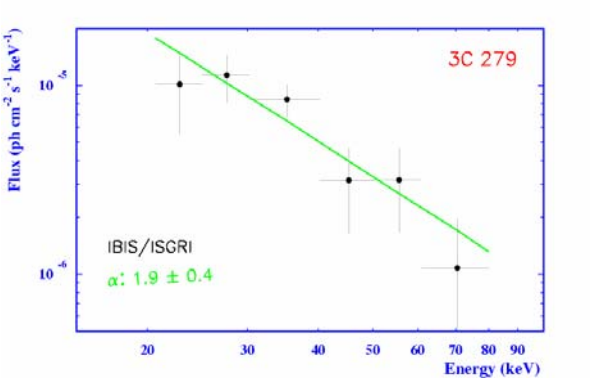


Abb. 2.-38: Das Integral IBIS Spektrum von 3C279 im harten Röntgenbereich. Dargestellt sind die Messpunkten sowie das am besten passende Potenzgesetz.

Fig. 2-38: INTEGRAL IBIS spectrum of 3C279 in the hard X-ray band. The spectral points together with the best-fit power-law shape are shown.

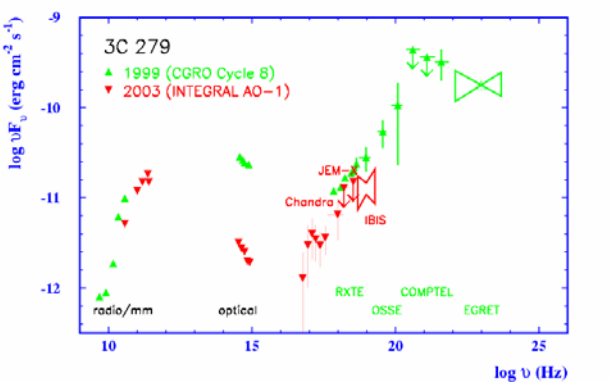


Abb. 2-39: Die Abbildung zeigt zwei Multifrequenzspektren von 3C279 im Vergleich. Das Spektrum aus 2003 (rote Datenpunkte) wurde zu Zeiten eines optischen Minimums gemessen, das 1999er Spektrum (grüne Datenpunkte) während einer hellen Phase im Optischen.

Fig. 2-39: The multi-frequency spectrum of 3C279 in June 2003 during optical low-state (red data points) compared to the high-state multi-frequency spectrum of 1999 (green data points).

Das IBIS/ISGRI Instrument auf INTEGRAL detektierte 3C279 im harten Röntgenband bei Photonenenergien zwischen 20 und 80 keV, wobei wir zum ersten Mal – früher konnten nur einzelne breitbandige Flusswerte abgeleitet werden – ein Spektrum in diesem Energiebereich messen konnten (Abb. 2-38). Es zeigt ein Potenzgesetz mit Photonenindex 1.9±0.4. Die Multifrequenzbeobachtungen fanden 3C279 in einem Zustand geringer Aktivität; insbesondere wurde die kleinste optische Helligkeit der letzten 10 Jahre gemessen. Da der optische Fluss die Stärke der Hochenergie-Aktivität anzeigen sollte, decken diese Beobachtungen das untere Ende der Aktivitätsskala von 3C279 ab, was sie sehr interessant macht. Das gemessene simultane Multifrequenzspektrum vom Radio- zum Gammabereich zeigt die typische Form mit zwei

The INTEGRAL IBIS/ISGRI instrument detected 3C279 at hard X-ray energies between 20 and 80 keV. The derived spectrum (Fig. 2-38) is the first one ever measured of 3C279 at these energies; previously only Broadband single flux estimates could be derived. It shows a power-law shape of photon index 1.9±0.4. The multi-frequency observations found 3C279 in a low-activity state, with the lowest observed optical flux of the last 10 years. Because the optical flux tracks high-energy activity, these observations are covering the low-end of the activity scale, and therefore are particularly interesting. The contemporaneous multi-frequency spectrum from radio to γ-ray energies shows the typical two-hump shape (Fig. 2-39). Particularly interesting is the comparison with a spectrum taken during an optically high-state in 1999. The new

spektralen Maxima (Abb. 2-39). Interessant ist ein Vergleich mit einem Multifrequenzspektrum von 1999, das zu Zeiten eines hohen optischen Flusses aufgenommen wurde. Das neue und auch überraschende Ergebnis ist, dass trotz der großen Unterschiede im Optischen, die Flüsse im harten Röntgenbereich ähnlich sind. Die stärksten Defizite im 2003er Spektrum zeigen sich vom optischen bis zum Röntgenbereich. Etwas hat sich gegenüber 1999 verändert, das den synchrotron Fluss im optischen Band stark unterdrückt, aber den invers-Compton-Fluss im harten Röntgenbereich nur wenig beeinflusst. Diese frequenzabhängige Variabilität liefert eine neue Einschränkung beim Modellieren der Emission von 3C279 im speziellen, aber auch für Blasare im Allgemeinen.

and surprising fact is that despite the large differences in optical flux, the hard X-ray fluxes are very similar. The main deficit in the 2003 spectrum occurs from at least the optical to the X-ray band. Something happens which suppresses the synchrotron flux at optical energies but only weakly affects the inverse-Compton flux at hard X-rays. This frequency-dependent variability is a new constraint for the modelling of 3C279 in particular and for blazars in general.

[BURWITZ, COLLMAR, KOMOSSA, KRETSCHMAR, POTTSCHMIDT]

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

Eine der interessanten Aufgaben der Kosmologie ist es, die Entstehung der heute im Universum beobachteten Strukturen, wie Galaxien und Galaxienhaufen zu erklären. Die modernen astronomischen Instrumente erlauben uns nun, die Bildung dieser Strukturen bis in die Frühstadien ihrer Entstehung zurückzuverfolgen, und ermöglichen damit unsere Vorstellungen und Modelle zum Ursprung des beobachtbaren Universums zu überprüfen.

One of the important quests of cosmology is to explain the formation of the structures, like galaxies and clusters of galaxies, observed in our Universe today. Modern astronomical instruments allow us now to trace structure formation observationally back to very early times and thus to provide clues and tests for our understanding of cosmic structure evolution.

Dieses Arbeitsgebiet ist ein wichtiger Teil der Forschung am MPE in den verschiedenen Arbeitsbereichen für submm, Infrarot- optische und Röntgenastronomie. Auf der Grundlage von Galaxiendurchmusterungen im optischen und ultravioletten Licht im Ruhesystem von nahen und entfernten Galaxien lässt sich die Geschichte der Sternbildungsrate im Universum rekonstruieren, während das rote und infrarote Licht der Galaxien am besten die vorhandene Masse aller Sterne widerspiegelt. Diese Bestandsaufnahme vermittelt inzwischen ein detailliertes Bild der Galaxienentwicklung bis zu Rotverschiebungen von z~5 und die abgeleitete integrierte Sternbildungsrate ist sehr gut mit der jeweils beobachteten Sternmassendichte konsistent. Die im submm Bereich entdeckten Galaxien zeigen die weitaus extremsten Sternbildungsraten und sind vermutlich die Geburtsstätten der heute beobachteten massiven elliptischen Galaxien. Die Erklärung der Entstehung dieser Objekte stellt eine große Herausforderung für die gegenwärtigen Galaxienentwicklungsmodelle dar. Die Suche nach Galaxien mit hochrotverschobenen Spektren, für deren Charakterisierung mit photometrischen Methoden die Ly-Kante benutzt wird, führt uns zu noch früheren Entwicklungsstadien bei Rotverschiebungen z>5.

This field of research is pursued at MPE in several photon energy domains, at submm, infrared, optical and X-ray wavelengths. Based on galaxy surveys in the optical, the UV light in the rest frame of nearby and distant the galaxies is used to record the history of the star formation rate density in the Universe, while the rest frame red colours can be used to make a census of the stellar mass density as a function of time. This census now becomes reliable back to redshifts of z=5 and the integrated star formation can consistently be matched to the observed stellar mass as a function of time. Galaxies detected at submm wavelengths show star formation in the form of the most spectacular star bursts, probably showing us birth scenarios of the most massive present day elliptical galaxies. The early formation of these objects provides a challenge to the present galaxy formation models. Searching for galaxies with a strongly redshifted spectrum traced by the Ly-break leads us to the very early stages of galaxy formation at redshifts larger than 5.

Die tiefsten Röntgenbeobachtungen des Himmels geben Aufschluss über die Entstehung und Entwicklung massiver Schwarzer Löcher in den Zentren von Galaxien. Wir finden dabei, dass sich die leuchtkräftigsten Quasare schneller in ihrer Anzahldichte entwickeln als die aktiven Galaxien mit schwacher Leuchtkraft. Es gibt somit eine erstaunliche Parallele in der Entwicklung massiver Galaxien und der massivsten zentralen Schwarzen Löcher. Es ist ebenfalls der Röntgenbereich, der ein detailliertes Studium der massereichsten, klar definierten Objekte im Universum erlaubt, der Galaxienhaufen. Eine genaue Kenntnis ihres Materiegehaltes und ihrer Struktur erlaubt wichtige Tests kosmologischer Modellszenarien. Deshalb unternehmen wir große Anstrengungen mit Hilfe der Röntgen-Observatorien XMM-Newton and CHANDRA die Struktur von Galaxienhaufen, Haufenverschmelzungen, die Turbulenz der Innerhaufenmediums und „cooling flows“ besser zu verstehen.

The deepest X-ray surveys reveal the evolution of massive black holes in the centres of galaxies. We find that the more luminous quasars show an earlier evolution than the active galaxies at lower X-ray luminosity and there is a striking similarity between the mass build-up in galaxies and the evolution of their active nuclii. Also in X-rays we study the structure and evolution of the largest well defined cosmic objects, the galaxy clusters. Understanding their mass content and structure provides important tests of cosmological scenarios. Therefore a large effort has been made to better understand cluster structure, the merging of cluster, intracluster medium turbulence, and cooling flows with XMM-Newton and CHANDRA observations.

2.4.1 Untersuchungen zur Galaxienentwicklung / Tracing Galaxy Evolution

Entwicklung der Sternentstehungsrate bis z=5 mit Hilfe tiefer Himmelsdurchmusterungen / The star formation rate in the FORS and GOODS deep fields

Wir haben das im letzten Jahresbericht beschriebene tiefe Feld, das Fors Deep Field (FDF) mit dem GOODS-South field kombiniert, um dadurch die jeweiligen Stärken der Felder optimal ausnutzen zu können. Dies erlaubte es uns die zeitliche Entwicklung der *Sternentstehungsrate* (SFR), eine essentielle Vorhersage aller theoretischen Galaxienentwicklungsmodelle, mit noch nie da gewesener Genauigkeit zu untersuchen. Im Gegensatz zum FDF, welches sehr tiefe Galaxienkataloge vor allem im Optischen, d.h. im blauen B-Band und im roten I-Band, liefert, ist das GOODS-South field optimal dazu geeignet tiefe Kataloge im infraroten Wellenlängenbereich (K-Band) beizusteuern. Ein Vergleich der verschiedenen Kataloge gibt dann darüber Aufschluss, wie wichtig die Beiträge einzelner Galaxienpopulationen im Laufe der Entwicklung des Universums sind. Zudem erlaubt ein Vergleich der Kataloge eine Quantifizierung der so genannten Feld-zu-Feld Variation aufgrund der kosmischen Varianz. Letzteres ist sehr wichtig, da man daraus ableiten kann, in wie weit die Ergebnisse der untersuchten Felder repräsentativ für das gesamte Universum sind.

We have combined the Fors Deep Field (hereafter FDF) observations described in our last report with the GOODS-South field data set. This allows us to study the *Star Formation Rate* (hereafter SFR) History of the Universe, one of the essential prediction that any model of galaxy formation and evolution should be able to match to observations. The FDF yields catalogues of galaxies selected according to their optical luminosity (either in the blue band, or in the extremely red I-band). In contrast, the galaxy catalogue extracted from the GOODS-South field selects galaxies according to their near-infrared luminosity (in the so-called K-band). Confronting the FDF and GOODs-South catalogues allows us to verify whether different types of galaxies, emitting more in the bluer than in the redder part of the spectrum, become more important when looking into the past. Moreover, possible differences quantify the size of the field-to-field variations expected from the so-called *cosmic variance* and tell us whether we have observed a large enough section of the sky to be representative of the entire Universe.

Die Entfernungsbestimmung der über 10.000 Galaxien im FDF und GOODS-South erfolgte mit Hilfe der photometrischen Rotverschiebung unter Ausnutzung von Informationen in den verschiedenen Breitbandfiltern. Die photometrische Rotverschiebungsbestimmung ist im Prinzip mit der spektroskopischen durchaus vergleichbar, besitzt jedoch eine geringere Genauigkeit von ca. 3%. Sie hat jedoch den großen Vorteil, allen Galaxien im FDFs und GOODS-South eine Entfernung zuordnen zu können, nicht nur hellen Galaxien, sondern auch noch den sehr schwachen Galaxien, welche spektroskopischen Beobachtungen nicht mehr zugänglich sind. Die absoluten Leuchtkräfte der Galaxien im Ultravioletten (UV) ermöglichen eine Bestimmung der mittleren UV-Leuchtkraftdichte des Universums als Funktion der Rotverschiebung. Da sehr massereiche und damit kurzlebige Sterne die UV Leuchtkraft einer Galaxie dominieren, ist sie ein gutes Maß für die augenblicklich gebildeten massereichen Sterne. Daraus kann man wiederum die Gesamtzahl der in einer Galaxie im Moment gebildeten Sterne, also die so genannte Sternentstehungsrate, folgern.

We measured the distances of the 10000 galaxies we found in the FDF and GOODS-South fields using the photometric redshift technique applied to our multi-band photometry. This is essentially very low resolution spectroscopy and allows us to determine distances accurate to 3% down to the faintest limits and largest distances, something that current spectroscopic surveys cannot achieve for such a large number of galaxies. Summing up the absolute luminosities of our galaxies in the ultraviolet (UV) light we derive the average UV light density emitted by galaxies as a function of distance. Since only massive, hot stars emit UV light, and at the same time they are short lived, measuring the UV light density of galaxies means determining how many massive stars are present at the time, and therefore, with an appropriate scaling, how many stars are being born there and, finally, the star formation rate of galaxies.

Wie aus Abb. 2-40 ersichtlich, sind die SFRs der optisch selektierten Kataloge (B- und I-Band) so gut wie identisch. Im Gegensatz dazu ist die SFR des K-Band selektierten Kataloges ca. 40% niedriger. Den Unterschied verursachen die schwachen Galaxien, da die SFR, berechnet aus den hellen Galaxien, für alle Kataloge übereinstimmt. Das wiederum bedeutet, dass die untersuchten Felder groß genug sind um die vorher diskutierte kosmische Varianz zu minimieren. Außerdem zeigt die Abb. 2-40, dass vorherige Messungen, welche nur für recht helle Galaxien sensitiv waren, die

Figure 2-40 shows that the SFRs derived from our optically-selected catalogues in the I- and B-bands are essentially indistinguishable, while the K-selected catalogue is ~40% lower. This difference stems from the low luminosity galaxies only, that do not shine much in the K-band. If we consider the SFR due just to the bright galaxies, the values agree at any redshift. This must also mean that the fields we considered are large enough to minimize the cosmic variance we discussed above. Moreover, Fig. 2-40 shows that previous determinations of the SFR history of the Uni-

SFR um einen Faktor 2 überschätzten. Die an die SFR angebrachte Korrektur, welche den UV Fluss der nicht detektierten schwachen Galaxien kompensiert, ging von sehr vielen schwachen Galaxien aus. Unsere tiefen Aufnahmen zeigen jedoch, dass die Anzahl der schwachen Galaxien längst nicht so hoch wie ursprünglich angenommen ist.

verse are an overestimate by a factor of 2. These older surveys were able to see only the brightest galaxies present in the universe and corrected their measurements assuming a much too high number of low-luminosity galaxies. Our deeper observations demonstrate that the contribution of these low luminosity galaxies to the SFR is not as high as thought in the past.

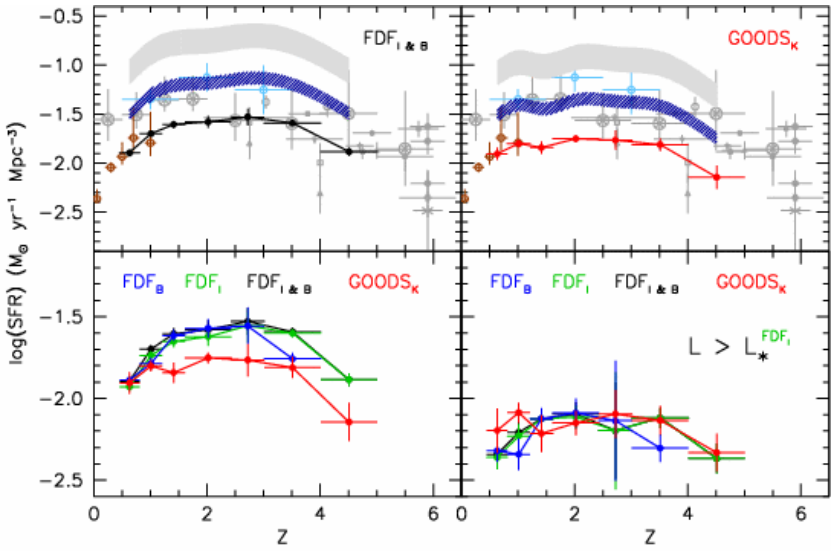


Abb. 2-40: Die SFR als Funktion der Rotverschiebung. Oben links: die SFR aus dem I+B selektierten FDF Katalog (schwarze geschlossene Symbole). Oben rechts: die SFR aus dem K selektierten GOODS-S Katalog (rote geschlossene Symbole). Unten links: Zusammenfassung der aus den verschiedenen Katalogen berechneten SFR. Unten rechts: Beitrag der hellen Galaxien zur SFR; dieser beträgt ca. 1/3. Die braunen Symbole zeigen die Ergebnisse vom GALEX Satelliten und die hellblauen Symbole die vom SPITZER Satelliten. Die grauen, offenen Symbole zeigen weitere, nicht staubkorrigierte Literaturwerte. Die grau schattierte Region gibt die Staubkorrektur nach Adelberger & Steidel wieder. Die blau schattierte Region zeigt die nach Abb. 2-41 staubkorrigierte SFR.

Fig. 2-40: The SFR as a function of redshift. The plot at the top right shows the values derived from the I+B FDF catalogue (black filled dots), the plot at the top left the ones from the K GOODS-S catalogue (red dots). The plot at the bottom left shows all the values derived from the different catalogues. The plot at the bottom right shows the SFR contributed by the bright galaxies only. This amount to 1/3 of the total SFR. The brown dots show the results of the GALEX satellite, the light blue ones the results of the SPITZER satellite. The gray filled dots show results from the literature not corrected for dust that overestimate the SFR. The gray shaded shows the dust corrections suggested by Adelberger & Steidel. The light-blue shaded area shows the dust- corrected values derived from Fig. 2-41.

Widmen wir uns nun einem weiteren wichtigen Punkt, dem Staub. Da Staub den UV Fluss von Galaxien absorbiert, muss man diesen Effekt bei der Berechnung der SFR berücksichtigen. Frühere Abschätzungen deuteten auf einen Staub-Korrekturfaktor zwischen 5 und 9 hin (siehe schattierte Region in Abb. 2-40). Dieser Faktor scheint uns aber zu hoch zu sein. Kennt man die SFR als Funktion der Zeit kann man nämlich eine stellare Massendichte des Universums aus der Summe der gebildeten Sterne berechnen. Diese Massendichte kann nun mit anderen Massendichte-Messungen verglichen werden, welche nicht durch Staub beeinflusst werden. Als Beispiel sei hier die Massendichte aus der K-Band Leuchtkraft erwähnt. Abb. 2-41 zeigt diesen Vergleich der stellaren Massendichten als Funktion der Rotverschiebung. Falls man eine mittlere Staubkorrektur von einem Faktor 2.5 bis 3 an die Sternentstehungsrate anbringt, stimmen die daraus berechnete stellare Massendichte (blau gepunktete Linie) mit den Messungen aus der K-Band

We should now discuss the issue of dust. Dust in galaxies partially absorbs the UV light they are emitting and we should correct for this effect. Previous studies suggested correction factors from 5 to 9, as shown in the dashed region of Fig. 2-40. However, we argue that even in this case the correction might be too high. Knowing the SFR as a function of time we can sum up the stars built in the past to compute the stellar mass density at any given time. This quantity can be directly measured by looking at the light that galaxies emit in the near-infrared. In Fig. 2-41 we show the comparison between the two estimates of the average star mass density. As expected, the estimate coming from the measured SFR is too low, but just a dust-corrective factor 2.5 to 3 is needed to bring the two curves into agreement.

Leuchtkraft (offene Symbole) sehr gut überein.

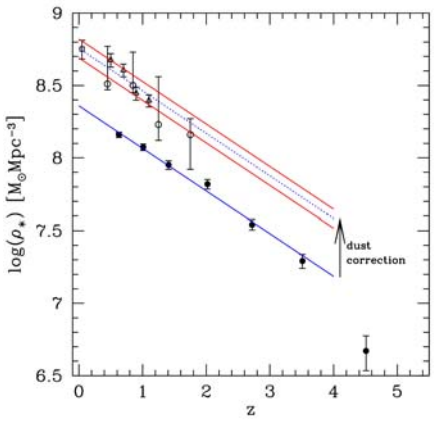


Abb. 2-41: Stellare Massendichte. Die offenen Quadrate, Dreiecke und Kreise geben die stellare Massendichte nach Cole et al., Drory et al. und Fontana et al. wieder. Die schwarzen, gefüllten Symbole zeigen die Massendichte berechnet aus dem Integral der nicht staubkorrigierten SFR (Abb. 2-40). Die roten Linien grenzen das erlaubte Gebiet der Staubkorrektur ein (Faktor 2.5 bis 3).

Fig. 2-41: Open squares, triangles and circles show the stellar mass density measured by Cole et al., Drory et al. and Fontana et al. The black dots show the results obtained integrating the SFR of Fig. 2-40. The red lines show the allowed range for dust correction, a factor 2.5 to 3.

Nach der Veröffentlichung unserer Ergebnisse haben die Satelliten SPITZER und GALEX weitere unabhängige Messungen der SFR geliefert. GALEX, welcher direkt die UV Leuchtkraft von Galaxien messen kann, lieferte die SFR unterhalb von z=1 (braune Symbole in Abb. 2-40) und fand eine sehr gute Übereinstimmung mit unseren nicht staubkorrigierten Messungen! SPITZER, welcher das Fern-Infrarote Licht misst, kann eine gute Abschätzung der SFR im Rotverschiebungsintervall z=1-3 geben. Diese Abschätzung beruht darauf, dass das Fern-Infrarote Licht hauptsächlich von heißem Staub stammt, der von den heißen, massereichen Sternen während des Prozesses der Sternenbildung aufgeheizt wird. Die hellblauen Symbole in Abb. 2-40 zeigen die Ergebnisse vom SPITZER Satellit. Auch sie zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit unseren staubkorrigierten Werten! Dies zeigt, dass wichtige kosmologisch relevante Messungen, wie sie zum Beispiel die Entwicklung der SFR darstellt, auch durch bodengebundene optische und Nah-Infrarot Beobachtungen durchgeführt werden können. Letztere sind außerdem viel günstiger als Satelliten-gestützte Aufnahmen.

Finally, after we have published the results discussed here, the two satellites GALEX and SPITZER provided two independent new estimates of the SFR. GALEX measured directly the UV emission of galaxies at redshifts below 1 (the brown points of Fig. 2-40): they agree perfectly with our (dust-uncorrected) estimates! SPITZER measured the far-infrared emission of bright galaxies between redshift 1 and 3. The far infrared light of a galaxy is also tracing its SFR, because it comes from the hot dust present in the object and heated by the hot, massive stars present there. The light-blue points of Fig. 2-40 show these measurements. They also agree perfectly with our dust-corrected estimates! This shows that meaningful constraints of cosmologically important quantities like the SFR history of the Universe can be derived from ground-based optical and near-infrared observations that are much cheaper than satellites.

Die Entwicklung der stellaren Masse von Feldgalaxien im MUNICS Projekt / The evolution of the mass function in the MUNICS project

Theoretische Modelle für die Entwicklung von Galaxien machen eindeutige Voraussagen für das Anwachsen der stellaren Masse in Galaxien im Laufe der Zeit. Die zeitliche Entwicklung der stellaren Masse von Feldgalaxien ist daher ein aussagekräftiger Test dieser Vorhersagen, vorausgesetzt dass die stellare Masse gemessen werden kann. Dies kann durch Approximation von Sternpopulationsmodellen mit variablem Alter, Sternentstehungsgeschichte, Metallizität und Staubabsorption an die gemessenen Helligkeiten der Galaxien im Optischen und Nahinfraroten erreicht werden. Wir haben dieses Vorgehen getestet, indem wir auf diese Weise berechnete stellare Massen mit denen aus den Spektren von SDSS-Galaxien ermittelten verglichen haben. Das Ergebnis des Vergleichs ist in Abb. 2-42 zu sehen und zeigt eine gute Übereinstimmung beider Methoden.

Models of galaxy evolution make predictions about the growth of stellar mass in galaxies as a function of time. The stellar mass assembly history of field galaxies is therefore a powerful test of these predictions, provided the stellar masses of galaxies can be measured. This can be achieved by fitting composite stellar population models of varying age, star-formation history, metallicity and dust attenuation to the galaxies' optical and near-infrared broad-band photometry. We have tested this procedure by comparing stellar masses derived in this manner to masses obtained from the analysis of detailed spectral features of galaxies in the Sloan Digital Sky Survey The result is presented in Fig. 2-42 and shows good agreement between the two methods.

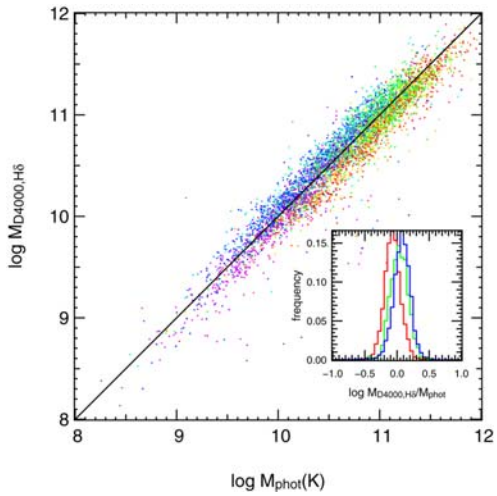


Abb. 2-42: Vergleich der stellaren Masse von SDSS-Galaxien bestimmt aus Spektralindizes und durch die Approximation von Sternpopulationsmodellen an die Photometrie der Galaxien und anschließender Umrechnung der K-Leuchtkraft unter Berücksichtigung des Masse-zu-Leuchtkraft-Verhältnisses. Die Farben stellen die Hα-Äquivalentbreite dar (ein Maß für die Sternentstehungsrate) von verschwindender Emission (rot) bis zu starker Emission (violett). Die kleine Graphik zeigt ein Histogramm der Differenzen als Funktion der Äquivalentbreite.

Fig. 2-42: Comparison of stellar masses for SDSS galaxies derived from spectroscopic indices and from fitting CSP models to the broad-band photometry and then converting the K-band luminosity to stellar mass using the mass-to-light ratio. The colours denote Hα-equivalent width (a measure for the star-formation rate) from no emission (red) to strong emission (purple). The small panel shows a histogram of the residuals as a function of H-alpha equivalent width.

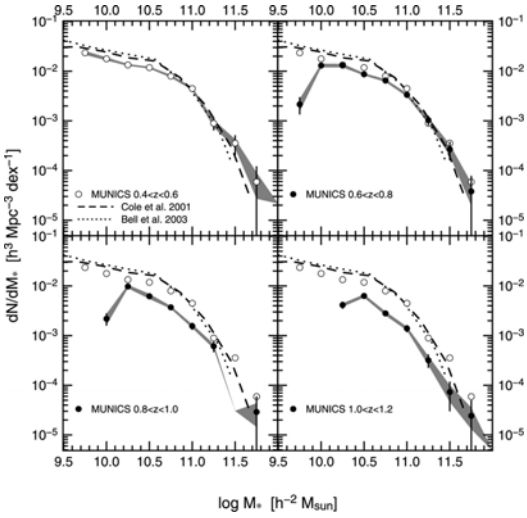


Abb. 2-43: Die Entwicklung der stellaren Massenfunktion mit der Rotverschiebung. Die offenen und gefüllten Symbole sind die MUNICS-Werte im Rotverschiebungsbereich 0.4<z<0.6 und bei höheren Rotverschiebungen. Die Werte bei der niedrigsten Rotverschiebung sind in allen Teilgraphiken gezeigt. Die Fehlerbalken geben die Poisson-Fehler an, die schraffierte Region die 1σ-Breite für die Variation der Massenfunktion unter Berücksichtigung sämtlicher systematischer Fehler. Die gepunkteten und gestrichelten Linien zeigen die lokale Bestimmung der stellaren Massenfunktion von SDSS, 2dF und 2MASS an.

Fig. 2-43: The evolution of the stellar mass function with redshift. The open and closed symbols are the MUNICS values at 0.4<z<0.6 and at higher redshifts, respectively. The lowest z values are shown in all panels for comparison. Error bars denote the uncertainty due to Poisson statistics. The shaded areas show the 1σ range of variation in the mass function given the total systematic uncertainty in the mass-to-light ratio. The dotted and dashed lines show the z=0 stellar mass function derived similarly to our methods using SDSS, 2dF, and 2MASS data.

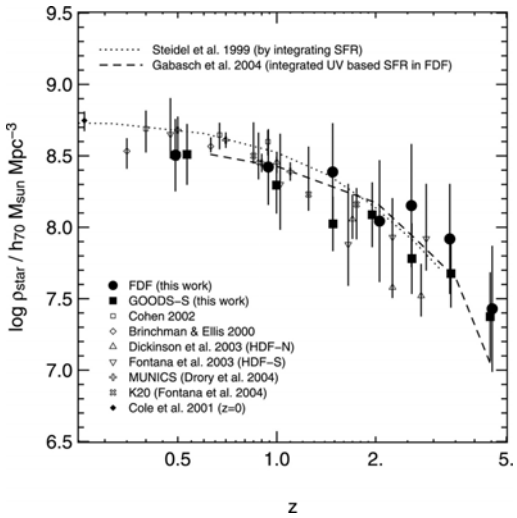


Abb. 2-44: Die Entwicklung der gesamten stellaren Massendichte des Universums. Die offenen Kreuze, gefüllten Kreise und gefüllten Quadrate zeigen die MUNICS-, FDF- und GOODS-Daten, die anderen offenen Symbole stellen Literaturwerte dar. Die integrierte Sternentstehungsrate (aus der UV-Leuchtkraft, gepunktete und gestrichelte Linie) ist zum Vergleich gezeigt.

Fig. 2-44: The evolution of the total stellar mass density in the universe. The open crosses, filled circles and filled squares are the MUNICS, FDF and GOODS-S data, other open symbols are values from the literature. The integrated star formation rate (derived from the UV luminosity, dotted and dashed curves) is shown for comparison.

Nach diesem erfolgreichen Test haben wir diese Methode angewandt, um die Massenfunktion von Feldgalaxien sowie die gesamte stellare Massendichte des Universums zu ermitteln. Dazu haben wir drei Him-

After this successful test we have applied this method to derive the evolution of the mass function of galaxies as well as the total stellar mass density of the universe. We have used three near-infrared optical galaxy sur-

melsdurchmusterungen im Nahinfraroten und Optischen verwendet: Den Munich Near-Infrared Cluster Survey, das FORS Deep Field und öffentlich verfügbare Daten für das GOODS-South-Feld. In Abb. 2-43 zeigen wir die Entwicklung der stellaren Masssenfunktion von Galaxien aus dem MUNICS-Projekt, die eine Abnahme der Anzahldichte mit der Rotverschiebung zeigt. Schließlich zeigt Abb. 2-44 die Entwicklung der gesamten stellaren Massendichte des Universums in den letzten 12 Milliarden Jahren, die aus den MUNICS-, FDF- und GOODS-Daten abgeleitet wurde und eindeutig den Aufbau der stellaren Masse bis zur heutigen Zeit demonstriert.

veys: The Munich Near-Infrared Cluster Survey (MUNICS), the FORS Deep Field FDF sample and public data for the GOODS-South field. In Fig. 2-43 we show the evolution of the stellar mass function of galaxies derived from MUNICS showing a decrease of the number density with increasing redshift. Finally, Fig. 2-44 presents the evolution of the total stellar mass density of the universe over the last 12 billion years derived from MUNICS, FDF and GOODS-South data clearly showing the build-up of stellar mass in galaxies to present times.

Hochaufgelöste mm-Aufnahmen von Submm-Galaxien / Sub-arcsecond mm imaging of submm galaxies

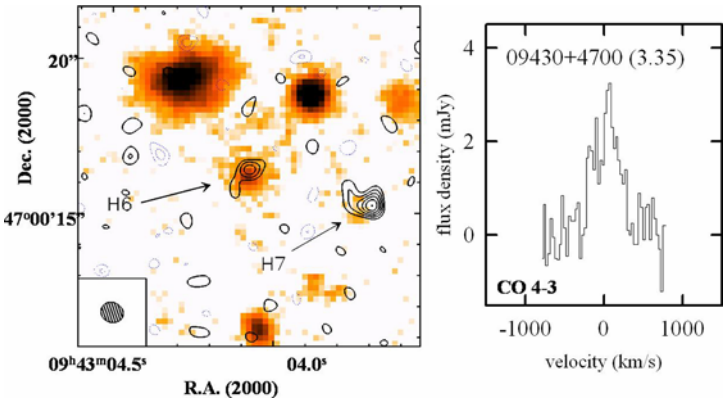


Abb. 2-45: Links: Konturendarstellung des 1.26mm-Kontinuums von SMMJ0431+4700, einer I-Band-Aufnahme überlagert. Die Halbwertsbreite der synthetisierten Antennenkeule ist 0.74"x0.63". Konturen sind beim 2,3,4...7-fachen des Rauschens der Karte gezeichnet. CO 9-8 bei 238.6 GHz trägt weniger als 1σ zum Maximalfluss bei. H6 und H7 sind zwei Radioquellen in diesem Gebiet. Die Lyα-Rotverschiebung von H6 ist 3.349, unsere CO-Rotverschiebung für H7 3.346. H6 und H7 liegen also in derselben Struktur mit projiziertem Abstand ~25 kpc und Geschwindigkeitsunterschied ~200km/s. Rechts: integrierte CO 4-3-Emission von H7. Die Geschwindigkeit ist relativ zu z=3.346 angegeben.

Fig. 2-45: Left: Contour map of the 1.26mm continuum emission of SMMJ0431+4700, superposed on an I-band image. The synthesized beam has a FWHM of 0.74"x0.63". Contours are in steps of 2,3,4..7 times the rms noise level in the map. CO 9-8 at 238.6 GHz contributes no more than about 1σ to the peak source flux. H6 and H7 are two radio sources in the field. The Lya redshift of H6 is 3.349, our CO redshift of H7 is 3.346, showing that H6 and H7 are located in the same physical structure with a projected separation of ~25 kpc and a velocity difference of ~200 km/s. Right: CO 4-3 integrated emission from H7. The velocity scale is relative to z=3.346.

Mit dem IRAM-Interferometer haben wir mit ~0.6" Auflösung das 1.3mm-Kontinuum und die Linienemission von vier Submillimetergalaxien bei Rotverschiebungen von 2.3 bis 3.4 untersucht. In mindestens zwei Quellen zeigen die Linienprofile von CO 3-2 oder 4-3 zwei Maxima, ein Zeichen für geordnete Bewegung in einer rotierenden Scheibe oder verschmelzenden Galaxien. Die intrinsischen Halbwertsbreiten (FWHM) aller Quellen sind weniger als 0.5". Zusammen mit der schon früher aufgelösten SMMJ02399-0136 ergibt sich ein Median der FWHM von etwa 3 kpc. Diese Kompaktheit schließt aus, dass die Ferninfrarot/Submm-Emission von einer kalten (T<30K) ausgedehnten Staubkomponente kommt. Unsere Messungen zeigen, dass die beobachteten Submillimeter-Galaxien hochskalierten Vertretern der lokalen Population ultraleuchtkräftiger Infrarotgalaxien (ULIRGs) ähneln. Ihre zentralen Dichten und die Tiefe der Potentialtöpfe sind mit elliptischen Galaxien oder massereichen Bulges vergleichbar. Die Eigen-

We have obtained ~0.6" resolution IRAM interferometry of the 1.3mm continuum and line emission of four submillimeter galaxies at redshifts between 2.3 and 3.4. The CO 3-2 or 4-3 line profiles in at least two of the sources are double-peaked, indicative of ordered orbital motion in a rotating disk or galactic merger. The FWHM intrinsic source sizes of all four sources are less than 0.5". Including the previously resolved SMMJ02399-0136 the median FWHM corresponds to about 3 kpc. The compactness of the sources excludes that the far-infrared/submillimeter emission comes from a cold (T<30K), extended dust distribution. Our measurements show that the submillimeter galaxies we have observed resemble scaled up version of the local Universe, ultra-luminous infrared galaxies (ULIRG) population. Their central densities and potential well depths are comparable to those of elliptical galaxies or massive bulges. The submm galaxy properties fulfil the criteria of "maximal" starbursts in which most of the initial gas reservoir of ~$10^{11}M_\odot$ is

schaften der Submm-Galaxien erfüllen die Kriterien „maximaler Starbursts“, in denen der größte Teil des Gasvorrats von $\sim 10^{11} M_\odot$ auf einer Zeitskala $\sim 10 t_{dyn} < 10^8$ Jahre in Sterne umgesetzt wird. Abb. 2-45)

converted to stars on a time scale $\sim 10_{tdyn} < 10^8$ years. Fig. 2-45

CO-Messungen in leuchtkräftigen Submm-Galaxien / CO Detections of Luminous Submm Galaxies

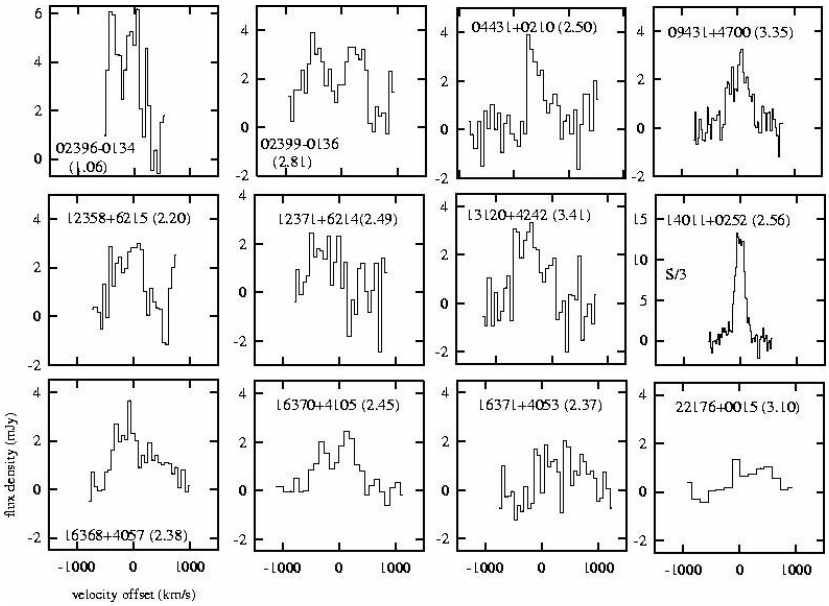


Abb. 2-46: CO (3-2) oder (4-3) Spektrum von 12 Sub-Millimeter Galaxien, die mit dem IRAM PdBI beobachtet wurden. Der Galaxienname und die Rotverschiebung sind jeweils angegeben. Die mittlere Geschwindigkeit ist etwa 400 km s^{-1}. Einige der Profile zeigen eine Doppelkornstruktur konsistent mit einer Rotationsbewegung. Die hohen Geschwindigkeitsverbreiterungen zeigen an, dass es sich um massive Galaxien bei hoher Rotverschiebung handelt.

Fig. 2-46: CO (3-2) or (4-3) spectra of 12 submillimeter galaxies observed with the IRAM PdBI. The name and redshift of each source is indicated. The average velocity width is about 400 km s^{-1}. Some of the profiles are "double horned" consistent with orbital motion. The given high velocity widths, indicate that these are massive galaxies at high redshift.

Wir haben eine Studie begonnen, in der wir mit dem IRAM Plateau de Bure Interferometer Submm-Galaxien (SMGs) bei hoher Rotverschiebung nach CO-Emission absuchen. Die Zahl der bekannten Submm-Galaxien mit CO-Detektion ist dadurch inzwischen auf 12 gestiegen (Abb. 2-46). Diese CO-Linien Beobachtungen bestätigen die optischen Rotverschiebungen, die im Bereich z=1 bis 3,5 liegen und deuten auf sehr große molekulare Massen (einige $10^{10} M_\odot$) und dynamische Massen ($>10^{11} M_\odot$) hin. Die abgeleitete Gesamtmasse von Gas und Sternen spricht dafür, dass SMGs sehr massereiche Systeme sind, die durch Baryonen in den inneren 10 kpc dominiert werden, ähnlich den lokalen elliptischen Riesengalaxien. Dies bestätigt numerische Simulationen der Entstehung der massereichsten elliptischen Systeme. Die aus den Daten ermittelte Mindestgröße der sog. co-moving number density (Anzahldichte) solcher weit entfernten, massereichen Objekte, liegt weit über den Werten, die neueste semi-analytische Modelle der Galaxienentstehung vorhersagen. Diese Diskrepanz unterstreicht die Bedeutung der kritischen offenen Fragen bezüglich den detaillierten Kühlungs- und Rückkoppelungs-Prozessen, welche die Entstehung massereicher Galaxien im Rahmen der hierarchischen Strukturbildung steuern.

We have initiated a survey of CO emission of high redshift submm galaxies (SMGs) using the IRAM Plateau de Bure interferometer, which brings the number of submillimeter galaxies with CO detections to 12 (Fig. 2-46). These CO line observations confirm the optical redshifts, which lie in the range z=1 to 3.5, and indicate very large molecular gas (few $10^{10} M_\odot$) and dynamical ($>10^{11} M_\odot$) masses. The derived total gas and stellar masses imply that the SMGs are massive systems, dominated by baryons in their inner R<10 kpc. This is similar to what is observed for local giant ellipticals and consistent with numerical simulations of the formation of the most massive ellipticals. We derive a lower limit to the co-moving number density of such massive objects at high redshift that is well above the number density of massive objects predicted from recent semi-analytical models of galaxy formation. This discrepancy highlights the critical open questions concerning the detailed cooling and feedback processes governing the formation of a massive galaxy in the framework of hierarchical structure formation.

Spektroskopie von hochrotverschobenen Galaxien im nahen Infrarot mit SINFONI (SINS) / The High Redshift Galaxy Spectroscopic Imaging Survey in the Near-Infrared with SINFONI (SINS)

In den vergangenen Jahren hat sich immer deutlicher gezeigt, dass Galaxien den Großteil ihrer baryonischen Materie bei Rotverschiebungen von z=1-3 hinzugewonnen haben. Um aber die Galaxienentstehung wirklich zu verstehen, wollen wir nicht nur wissen, wann die Masse angesammelt wurde, sondern auch, wie das geschah. Hing die Zuwachsrate von der Galaxienmasse ab, haben sich die massereichsten Galaxien vielleicht zuerst gebildet? Warum ist der Drehimpuls in manchen Galaxien so viel größer als in anderen?

It is becoming increasingly clear that most of the baryonic mass in galaxies was put in place between z=1-3. However, the real test of our understanding of galaxy formation and evolution is not just when the mass accumulated, but rather: How did it accumulate? Was the mass accumulation rate mass-dependent so that more massive galaxies formed earlier in the history of the Universe? Why do some galaxies have large amounts of angular momentum, while others do not?

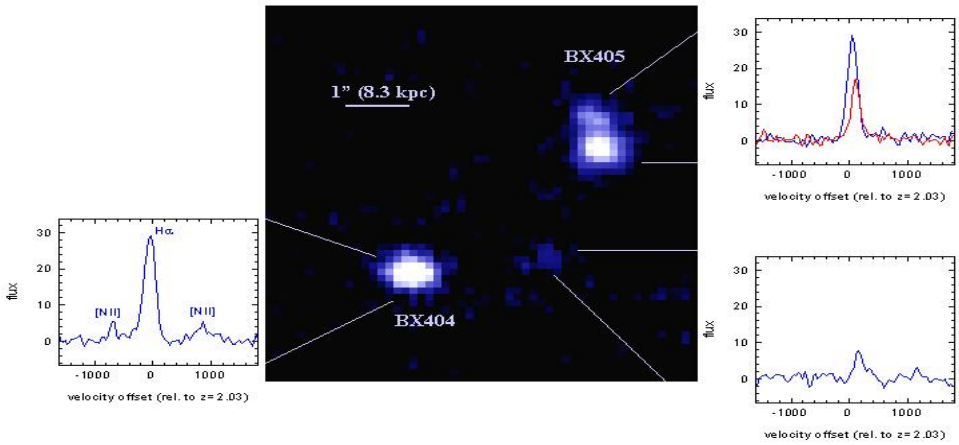


Abb. 2-47: K-Band-Morphologie des Galaxienpaars BX404/405, wie sie nach Integration über sämtliche spektralen Elemente im SINFONI Datenkubus erscheint. Daneben die Hα-Linienspektren der Komponenten bei Rotverschiebungen von jeweils z=2.03. Die Geschwindigkeiten von BX404 und BX405 unterscheiden sich um ~150 km s^{-1} bei einem projizierten Abstand von 30 kpc. Die Linienemission westlich von BX404 hat eine Geschwindigkeit von 150 km s^{-1} relativ zu BX405 und 300 km s^{-1} relativ zu BX404. Die Geschwindigkeiten der beiden Komponenten von BX405 unterscheiden sich um etwa 70 km s^{-1} über eine scheinbare Entfernung von 6 kpc. Daraus folgt eine dynamische Masse für BX405 von rund ~10^{10} $M_\odot$. Wenn BX404/405 Teil einer größeren, gravitativ gebundenen Struktur sind, so folgt aus ihrer Relativgeschwindigkeit und ihrem Abstand eine dynamische Masse von $M_{dyn}\approx10^{11}$ $M_\odot$. Das [NII]/Hα-Linienverhältnis deutet darauf hin, dass BX404 in etwa die gleiche Metallizität hat wie die Sonne, während BX405 metallärmer ist.

Fig. 2-47: SINFONI images of the galaxy pair BX404/405 constructed by combining all the K-band spectral elements and inset spectra of the region near Hα at z=2.03 of each component. The relative velocity of BX 404 and 405 is ~150 km s^{-1} and a projected separation of 30 kpc. The emission line object in the south-west has a velocity of 150 and 300 km s^{-1} relative to BX405 and BX404, respectively. The two components of BX405 have velocities that differ by about 70 km s^{-1} over about 6 kpc. The velocity and size allow a roughly dynamical mass estimate of ~10^{10} $M_\odot$ for BX405. If BX 404/405 are part of a larger gravitationally bound structure, their relative velocities and projected distances suggest $M_{dyn}\approx10^{11}$ $M_\odot$. The ratio of [NII]/Hα crudely implies that BX 404 has roughly solar metallicity, while BX405 appears to be metal poor.

Mit SINFONI am VLT untersuchen wir in einem groß angelegten Projekt die räumlich aufgelöste Dynamik, Ionisierung und Metallizität in einer großen Zahl von Galaxien bei hoher Rotverschiebung. Diese Studie umfasst den Hauptteil (60% oder 50 Nächte) unseres GTO Programms. Ausgewählt wurden Galaxien mit gut definierten, aber verschiedenen Selektionskriterien: z.B. die „BM/BX Galaxien“ aus dem Steidel et al., z≈3 LBGs, sowie Infrarot-, Submillimeter- und K-Band selektierte Galaxien bei Rotverschiebungen von z=1-3.5. Insbesondere bestimmen wir die Wachstums-

We have developed an ambitious program to determine the spatially resolved dynamics, ionization, and metallicity of a large sample of high redshift galaxies with SINFONI at the VLT. This survey constitutes a majority (60% or ~50 nights) of our entire GTO program. Our sample is chosen to be a representative subsample of several samples with well-defined selection criteria such as the ”BM/BX” of Steidel and collaborators, LBGs at z≈3, bright K-band selected (e.g., K20), (sub)mm, infrared, narrow-band H-alpha and Ly-alpha, and other optical/near-IR color (R-K/J-K)

und Mergerrate der Galaxien, ihre Metallizitäten und die Häufigkeit von Superwinden. Außerdem wollen wir die verschiedenen Objektklassen vergleichen: Wie verhalten sich die Massenverhältnisse, Metallizitäten, und Entwicklungsstadien in den verschiedenen Klassen zueinander? Abb. 2-47 zeigt ein Beispiel, was wir aus unseren SINFONI-Beobachtungen lernen können.

selected galaxies in the redshift range of 1-3.5. Through this imaging spectroscopy study, we will determine: the growth/merger rate of galaxies, metallicities, frequency of superwinds, and the relationship between various classes of high redshift objects - e.g., what are the relative masses, metallicities, and evolutionary state/star-formation history of objects across all of these selection criteria? In Fig. 47 is an example of what we can learn through SINFONI observations.

[BAKER, DAVIES, EISENHAUER, FÖRSTER SCHREIBER, GENZEL, GILBERT, GILLESSEN, LEHNERT, LUTZ, NESVADBA, TACCONI]

2.4.2 Galaxien im entfernten Universum / Galaxies in the distant Universe

Hoch rotverschobene Galaxien und die Quellen der Reionisation / High Redshift Galaxies and the Sources of Reionization

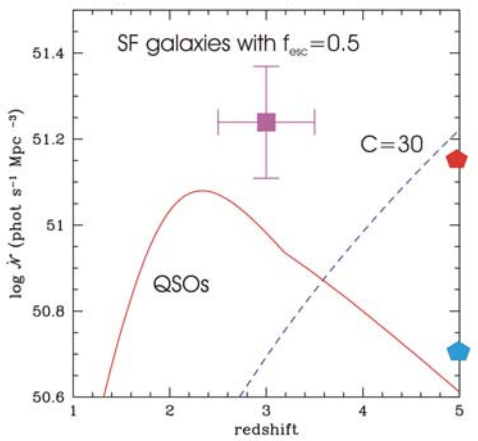


Abb. 2-48: Anzahl ionisierender Photonen je Einheitsvolumen als Funktion der Rotverschiebung. Die durchgezogene Linie gibt den Anteil der optisch selektierten QSOs wieder, die gepunktete blaue Kurve die Zahl der dazu notwendigen Photonen. Das violette Quadrat zeigt den Beitrag von Galaxien mit Sternentstehung bei z=3 und einer angenommenen Photon-Verlustrate von 50%. Das hellblaue Fünfeck zeigt unsere gemessene Photondichte bei z=5.3, das rote Fünfeck die extrapolierte Dichte aus dem besten Fit an die Leuchtkraftfunktion bis 0.2 L. Um ihre Umgebung zu reionisieren, müssen diese Galaxien also eine hohe Verlustrate haben, und der Wasserstoff muss gleichförmig im Universum verteilt sein.*

Fig. 2-48: Number of ionizing photons per unit volume versus redshift. The solid red line shows the contribution from optically selected QSOs while the dotted blue curve shows the number of photons needed assuming a clumpy distribution of Hydrogen. The large solid purple square represents star-forming galaxies at z≈3 assuming an escape fraction of 50%. The cyan hexagon represents the UV ionizing photon density we have observed at z≈5.3, while the red hexagon is the UV ionizing photon density based an extrapolation of our best fit luminosity function to 0.2 L. This implies that for these sources to reionize even their local volume, they must have a high escape fraction and the Universe needs to have a relatively smooth distribution of Hydrogen.*

Wie haben sich die ersten Objekte im All gebildet und was hat das Universum reionisiert? Wir versuchen diese Fragen mit Hilfe der Lyman-Break-Technik zu beantworten. Anhand tiefer R-, I- und z-Band Aufnahmen, die wir mit FORS am VLT gemacht haben, untersuchen wir Galaxien bei den höchsten Rotverschiebungen. Integriert über Aperturen von 2 Bogensekunden haben diese Aufnahmen 3σ-Grenzgrößen von R_{AB}=27.6, I_{AB}=26.3 und z_{AB}=26.7. Die Galaxien werden aufgrund ihrer roten R-I und I-z Farben selektiert. In erster Linie interessieren uns Galaxien mit roter R-I Farbe, die Rotverschiebungen von 4.8 bis 5.8 haben. Unsere Beobachtungen im vergangenen Semester umfassen ca. 160 Quadratbogenminuten oder (in mitexpandierenden Koordinaten) rund $\approx 4 \times 10^5$

How did the first objects forms and what reionizes the Universe? We are attempting to address these questions in a series of VLT observations using the Lyman Break selection technique. To probe galaxies at the highest redshifts, we have obtained deep R-, I-, and z-band exposures using FORS2 on the VLT. These images have 3σ detection limits in a 2 arcsec aperture of R_{AB}=27.6, I_{AB}=26.3, and z_{AB}=26.7. The galaxies are selected through their red colors in R-I and I-z. Of our primary interest are galaxies with large R-I colours which probe redshifts between 4.8 and 5.8. With last semesters observations, we have now observed ≈160 arcmin^2 or a completeness corrected co-moving volume of $\approx 4 \times 10^5$ Mpc^3. Follow-up observations using the FORS2 multi-object spectrometer have yielded a

Mpc^3. Mit FORS2 haben wir Spektren für 50 Galaxien – etwa die Hälfte der Quellen – aufgenommen. Anhand der UV-Kontinua finden wir Sternentstehungsraten von 0.1 bis 20 $M_\odot$ yr^{-1}. Die I-z Farben der Galaxien bei z=4.8-5.8 deuten auf sehr junge Populationen hin (<100 Myrs) und auf niedrige Extinktionen (A_V<0.5) (Abb. 2-48). Obere Flussgrenzen im Röntgenbereich, die für gleichartige Objekte im CDFS gefunden wurden, und unsere Spektren deuten darauf hin, dass diese Galaxien im allgemeinen keine AGN beherbergen.

Unsere Ergebnisse belegen, dass es Sterne waren, die das Universum reionisiert haben und nicht AGN. Der Großteil der ionisierenden Photonen stammte dabei von relativ lichtschwachen, massearmen Galaxien.

spectroscopic redshift determinations of about half the total sample of about 50 galaxies. The galaxies have star-formation rates of a 0.1 to 20 $M_\odot$ yr^{-1} as estimated from the strength of their UV continuum. The I-z colours of galaxies with z=4.8-5.8 are consistent with very young ages (<100 Myrs) and low extinction (A_V<0.5) (Fig. 2-48). The rest-frame UV spectra and sensitive X-ray flux upper-limits on similarly selected sources in the CDFS indicate that these sources are not generally hot AGN.

Overall, our results indicate that the Universe was reionized by stars and not by AGN, with most of the ionizing photons arising in relatively faint low mass galaxies.

[LEHNERT]

2.4.3 Die Evolution Aktiver Galaxien in tiefen Röntgen-Durchmusterungen / Evolution of AGN in deep X-ray surveys

Optische Spektroskopie der Quellen der tiefen XMM-Newton-Durchmusterung des Lockman Holes / Optical spectroscopy of the Deep XMM-Newton survey sources in the Lockman Hole

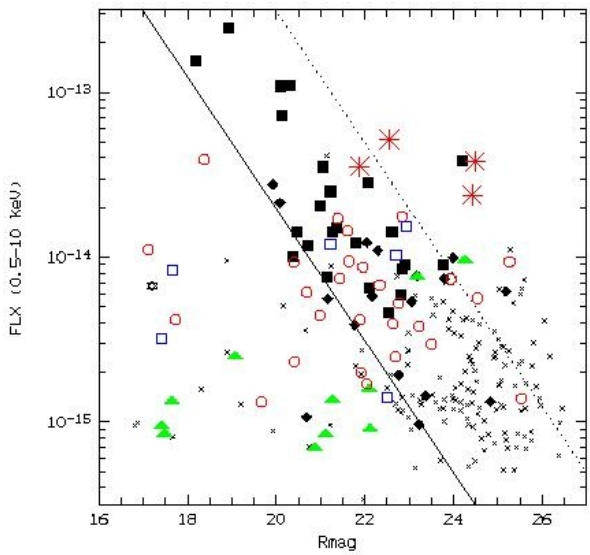


Abb. 2-49: Röntgenflüsse von 282 Quellen im zentralen Feld, aufgetragen gegen die R Größenklasse des wahrscheinlichsten Kandidaten. Die spektroskopisch identifizierten Quellen sind durch verschiedene Symbole wiedergegeben: Typ-1 AGN (L_x<10^{44}erg s^{-1}, gefüllte schwarze Rauten), Typ-1 Quasare (Lx>10^{44}erg s^{-1}, gefüllte schwarze Quadrate), Typ-2 AGN (offene rote Kreise), Type-2 Quasare (rote Sterne), Galaxien (grüne Dreiecke), Haufen (offene blaue Quadrate), ein Stern (sechseckiger Stern) und unidentifizierte Quellen (Kreuze). Die durchgezogene und die punktierte Linie entsprechen einem konstanten Röntgen-zu-optischem-Flussverhältnis von 1 bzw. 16. Die meisten AGN liegen zwischen beiden Linien.

Fig. 2-49: X-ray fluxes versus R magnitudes of the most likely optical counterparts of the 282 core sample sources. The spectroscopically identified sources are marked with different symbols: type-1 AGN (L_X <10^{44} erg s^{-1}, filled black diamonds), type-1 QSO(L_X>10^{44} erg s^{-1}, filled black squares), type-2 AGN (open red circles), type-2 Quasars (red asterisks), galaxies (green triangles), clusters (open blue squares), one star (star), and unidentified sources (crosses). The solid and dotted lines mark constant X-ray to optical flux ratios of 1 and 16. Most AGN are located between both lines.

Wir haben mit XMM-Newton eine 800 ksec lange Röntgendurchmusterung des Lockman-Hole-Felds durchgeführt. Im härtesten Röntgenband (5-10 keV) haben diese Daten eine etwas höhere Flussgrenze als die kürzlich durchgeführten, eine Megasekunde langen Chandra-Durchmusterungen. Ihr überdeckter Raumwinkel ist aber um einen Faktor zehn größer. Die XMM-Newton-Durchmusterung ist daher ideal geeignet zur Untersuchung der Population schwacher, absorbierter Aktiver Galaxien mit niederen Leuchtkräften bei mittleren Rotverschiebungen, sowie einer Population seltener Typ-2 Quasare bei hohen Rotver-

We have performed an 800 ksec ultradeep X-ray survey with the XMM-Newton observatory in the Lockman Hole field. In the hardest X-ray band (5-10 keV) this data have a somewhat higher flux limit than the recent Megasecond Chandra surveys, but a solid angle about 10 times larger. Thus this survey is ideal to study the faint, obscured AGN population at low luminosity and intermediate redshifts as well as the rare type-2 QSO population at high redshifts. We detect 282 sources within our XMM central field (off-axis angle <10 arcmin), 116 of which have previous ROSAT IDs or have been identified with LRIS and

schiebungen. Im zentralen XMM-Newton-Feld, innerhalb eines Radius von 10 Bogenminuten, entdeckten wir 282 Quellen. 116 hiervon verfügen bereits über ROSAT-Identifikationen, oder wurden mit LRIS und DEIMOS an den Keck-Teleskopen identifiziert, wodurch sich eine Identifikationsrate von 41% ergibt (Abb. 2-49). Im Jahr 2004 haben wir DEIMOS-Spektren mit einer effektiven Integrationszeit von 8 Stunden gewonnen, wobei wir für Objekte mit R<25mag Spektren hoher Qualität erhielten (Abb. 2-50). Bei etwa 19% der Röntgenquellen sind die optischen Kandidaten schwächer als R=25mag und somit auch mit Teleskopen der 8m-Klasse nicht erreichbar.

DEIMOS at the Keck telescopes giving a completenes of 41% (Fig. 2-49). In 2004 we have obtained DEIMOS spectra with 8 hours of effective integration, which allow us to obtain high quality spectra of objects with R<25mag (Fig. 2-50). About 19% of the X-ray sources have optical counterparts fainter than R=25mg, which are not accessible even with 8m class telescopes

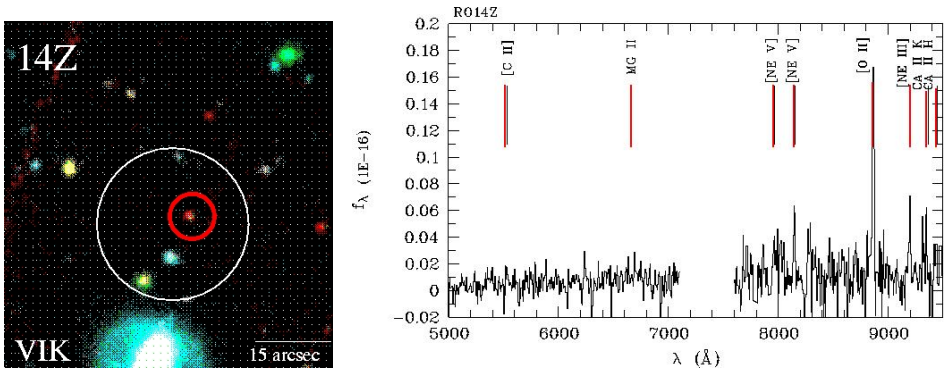


Abb. 2-50: Links: Das VIK-Farbbild des Typ-2 Quasars 14Z zeigt ein sehr rotes, schwaches Objekt (R~24.5, R-K>5.0). Norden ist oben, Osten ist links. Rechts: Das im Jahr 2004 aufgenommene Keck-DEIMOS-Spektrum von 14Z zeigt schmale [Ne V] und [O III] Emissionslinien bei z=1.380.

Fig. 2-50: Left: The VIKColour image of the type-2 Quasar 14Z reveals a very red, faint object (R~24.5, R-K>5.0). North is up, East is left. Right: Keck DEIMOS spectrum of 14Z taken in 2004 shows narrow [Ne V] and [O III] emission lines at z=1.380.

Zur Untersuchung der Evolution der Population Aktiver Galaxien in Abhängigkeit von ihren physikalischen Parametern (Anzahl, Leuchtkraft, Absorption), benötigen wir vollständige Identifikationen und Rotverschiebungen einer möglichst großen, flusslimitierten Stichprobe schwacher, harter Röntgenquellen. Wir haben einen, inzwischen bewilligten, Vorschlag zur Gewinnung von 45 weiteren spektroskopischen Identifikationen mit DEIMOS in zwei Nächten im Jahr 2005 eingereicht. Zusammen mit bewilligten MOSCA-Beobachtungen am 3.5m Calar Alto Teleskop von etwa 25 unidentifizierten Röntgenquellen mittlerer Helligkeit (R<21.5mag) werden wir den Anteil der Identifikationen von 41% auf 66% erhöhen.

In order to study the evolution of the AGN population in terms of their physical properties (number, luminosity, obscuration) we need complete identifications and redshifts for an as large flux limited sample of faint hard X-ray sources as possible. We have successfully proposed for two nights with DEIMOS in 2005 to obtain additional 45 spectroscopic identifications, mostly for objects with R>24. Together with the scheduled MOSCA observations at the 3.5m Calar Alto telescope in 2005 of about 25 moderately bright, unidentified X-ray sources (R<21.5mag), we will increase our itemisation fraction from 41% to 66%.

In Nachfolgebeobachtungen der Röntgenquellen im „Chandra Deep Field South“ (CDF-S) wurden am VLT mit den FORS1/FORS-Spektrographen insgesamt 288 mögliche Kandidaten von 253 der 349 Chandra-Quellen beobachtet. Für 168 Röntgenquellen wurden spektroskopische Rotverschiebungen bestimmt, von denen 137 sowohl zuverlässige optische Identifikationen wie Rotverschiebungen haben. Für die R<24mag Stichprobe erreichen wir eine Vollständigkeit von ~80%. Wir haben eine neue Klassifikation, ausschließlich auf der Grundlage der Röntgeneigenschaften, „Hardness-Ratio“ und Leuchtkraft, der Quellen eingeführt, die mit dem vereinheitlichten Modell der Aktiven Galaxien in Einklang ist. Diese Röntgenklassifikation deckt einen großen Anteil von optisch

In a follow-up campaign of the X-ray sources in the Chandra Deep Field South (CDFS). A total of 288 possible counterparts were observed at the VLT with the FORS1/FORS2 spectrographs for 253 of the 349 Chandra sources. Spectroscopic redshifts were obtained for 168 X-ray sources, of which 137 have both reliable optical identification and redshift estimate. For the R<24mag sample we reach a completeness of ~80%. We introduce a new classification based solely on the X-ray properties of the source, hardness ratio and X-ray luminosity, consistent with the unified AGN model. This X-ray classification uncovers a large fraction of optically obscured, X-ray-luminous AGNs missed by the classical optical classification. The fraction of X-ray Type-2 of the total AGN popula-

absorbierten, röntgenleuchtkräftigen Aktiven Galaxien auf, die durch die klassische optische Klassifikation nicht erfasst werden. Der Anteil des Röntgentyps 2 an der gesamten Population Aktiver Galaxien zeigt eine signifikante Abhängigkeit von der Röntgenleuchtkraft: Der Typ-2 Anteil nimmt von 75% im Leuchtkraftbereich 10^{42}-10^{43}erg s^{-1} auf 33% im Leuchtkraft-Bereich 10^{44}-10^{45} rg s^{-1} ab.

tion shows a significant variation with the observed X-ray luminosity: the X-ray Type-2 fraction decreases from ~75% in the luminosity range 10^{42}-10^{43}erg s^{-1}, to ~ 33% at 10^{44}-10^{45}erg s^{-1}.

Dieses spektroskopische Nachfolgeprogramm haben wir mit einer genauen Bestimmung von photometrischen Rotverschiebungen für die noch unidentifizierten Objekte ergänzt. Die Genauigkeit dieser Methode wurde mit den vorhandenen spektroskopischen Rotverschiebungen getestet. Unter Benutzung der hervorragenden, in diesem Gebiet verfügbaren Photometrie (vom optischen Spektralbereich bis ins nahe Infrarot) erreichen wir mit einer rms Streuung von ~8% einen der besten Werte für photometrische Rotverschiebungen. Gemeinsam ergeben die photometrischen und spektroskopischen Rotverschiebungen eine Vollständigkeit von 99% im CDF-S. Die neue Rotverschiebungsverteilung der Röntgenpopulation zeigt eine bessere Übereinstimmung mit den Vorhersagen der Röntgenhintergrund-Synthese-Modelle; allerdings finden wir immer noch eine Überdichte der Quellen mit niederer Rotverschiebung (z<1).

We have complemented this spectroscopic follow-up program, with an accurate determination of photometric redshifts for the still unidentified sources. We have tested the accuracy of this technique with the available spectroscopic redshifts. Taking advantage of the excellent photometry available in this area (from the optical to the near-IR) we obtained an rms scatter of ~8%, among the most accurate for photometric surveys. Adding the photometric and spectroscopic redshifs, we reach a completeness of ~99% in the CDF-S. The new redshift distribution for the X-ray source population is in better agreement with that predicted by X-ray background synthesis models; however, we still find an over density of low redshift z< 1 sources.

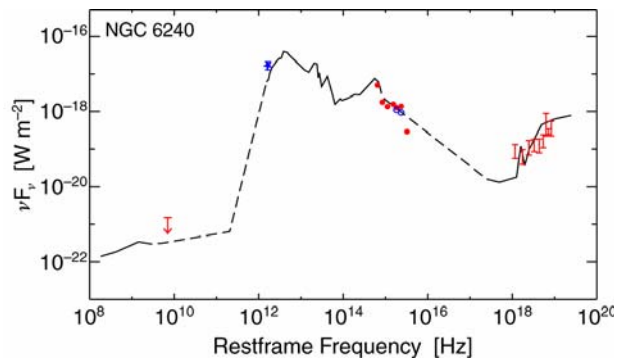


Abb. 2-51: Flüsse und Obergrenzen für die Quelle CDFS-263, die über die Spektralverteilung von NGC 6240 eingezeichnet sind. Die durchgezogene Linie zeigt wo Photometrie für NGC 6240 verfügbar ist und die gestrichelte Linie zeigt Extrapolationen. Die Daten von CDFS-263 wurden rotverschoben ins Ruhesystem der Galaxie. Das Sternsymbol zeigt den SCUBA-Fluss.

Fig. 2-51: Detections and upper limits for the source CDFS-263 plotted over the SED of NGC 6240. The solid line shows where the photometry is available while the dashed line is where the template is extrapolated. The CDFS-263 data have been shifted to the rest frame. The star symbol shows the measured SCUBA flux.

Mit Hilfe unserer spektroskopischen und photometrischen Rotverschiebungen haben wir eine Stichprobe stark absorbierter Aktiver Galaxien (Typ-2 Quasare) hoher Leuchtkraft ausgewählt. In einem Evolutionsszenario der Aktiven Galaxien können sie die Hauptwachstumsperiode des Sphäroids der Muttergalaxie und des zentralen super-massiven Schwarzen Lochs (SMSL) darstellen. In einer späteren Phase wird das umhüllende Gas weggeblasen und gibt den aktiven Kern frei. Zur Untersuchung dieser verhüllten Phase des SMSL haben wir Nachfolgebeobachtungen unserer Stichprobe von Typ-2 Quasaren im Submillimeterbereich (SCUBA) begonnen. Wir haben eine der Quellen eindeutig entdeckt und ihre gesamte spektrale Energieverteilung (SED) entspricht weitgehend der von NGC 6240 (Abb. 2-51).

From our spectroscopic and photometric redshifts results, we have selected a sample of high-luminosity, heavily obscured AGN (Type-2 QSOs). In an evolution scenario of AGN, they can represent the main growth period of the host galaxy spheroid and of the super-massive black hole (SMBH) in its center. In a later phase, the obscuring gas is blown away revealing the AGN. To investigate this “obscured” phase of the SMBH we have started a follow-up campaign in the submillimetre (SCUBA) of our sample of Type-2 QSOs. We have clearly detected one of the sources and its overall spectral energy distribution (SED) is well reproduced by that of NGC6240 (Fig. 2-51).

Die COSMOS-Durchmusterung / The COSMOS Survey

COSMOS ist eine globale multi-Wellenlängen-Kollabortion, die um ein „HST Treausury Program“ herum gebaut ist, das tiefe ACS Bilder in einem zusammen-

COSMOS is a global multiwavelength collaboration built around an HST Treasury Program providing deep ACS images that cover an unprecedentedly large con-

hängenden, zwei Quadratgrad großem Feld bereitstellt (mit dem bisher größten Produkt aus Empfindlichkeit und Raumwinkel).

Eines der wesentlichen Ziele von COSMOS ist die Untersuchung der Koevolution der Aktiven Galaktischen Kerne mit den Galaxien im Kontext der großräumigen Strukturen, in die sie eingebettet sind und unter Benutzung hochaufgelöster morphologischer Information. Aufgrund ihrer hohen Effizienz bei der Lokalisierung und Identifizierung Aktiver Galaxien und ferner Galaxienhaufen bilden die Röntgenbeobachtungen einen entscheidenden Bestandteil der COSMOS-Durchmusterung. Wir haben in einer Gesamtbeobachtungszeit von 800 ksec mit XMM-Newton (25 Einzelbeobachtungen) das gesamte, zwei Quadratgrad große COSMOS-Feld mit einer einheitlichen Empfindlichkeit von ~$8x10^{-16}$erg cm^{-2} s^{-1} im 0.5-2.0 keV Band beobachtet und erfolgreich ein weiteres „XMM-Newton Large Program“ vorgeschlagen, um das Empfindlichkeitsniveau annähernd um einen Faktor zwei zu verbessern (~$5x10^{-16}$erg cm^{-2} s^{-1}). Die Kombination der großen Empfindlichkeit von XMM-Newton im Röntgenbereich, der hohen Winkelauflösung in der Abbildung vom HST, der tiefen Photometrie durch die Observatorien CFHT/Subaru/KPNO in den Farben u,B,V,r,I,z,J,Ks über das ganze Feld, und der großen spektroskopischen Effizienz des VLT-VIMOS Instruments, machen dieses Himmelsfeld zum besten Studienobjekt für die 3-D Verteilung von Röntgenquellen als Funktion der Rotverschiebung. Außerdem werden ausreichend viele AGN entdeckt, um das Wachstum von AGN über kosmische Zeit räumlich zu untersuchen.

tiguous 2 square degrees field (the largest solid angle x sensitivity product yet achieved).

One of the primary goals of COSMOS is to study the co-evolution of ASGN and galaxies placing them in the context of the large scale structure in which they reside and with high resolution morphological information. Because of their superb efficiency in localizing and identifying active galactic nuclei (AGN) and distant clusters of galaxies, X-ray observations are a crucial element of the COSMOS survey. We have obtained a total of 800 ks with XMM-Newton (25 pointings) to cover the complete 2 deg^2 COSMOS field to a 0.5-2 keV uniform, sensitivity level of ~$8x10^{-16}$erg cm^{-2} s^{-1}; we have recently proposed an additional XMM-Newton Large program to push the sensitivity level a factor of two deeper (~$5x10^{-16}$erg cm^{-2} s^{-10}). The combination of the XMM-Newton X-ray throughput, the unprecedented solid angle cove rage of diffraction limited HST imaging, the deep CFHT/Subaru/KPNO u,B,V,r,I,z,J,Ks photometry across the whole field and the highly efficient multiplexing of the VLT VIMOS instrument, makes this field the best suited to probe for the first time 3D clustering as a function of redshift in the X-ray band and detect sufficient numbers of high-redshift AGN to probe the growth phase of black holes.

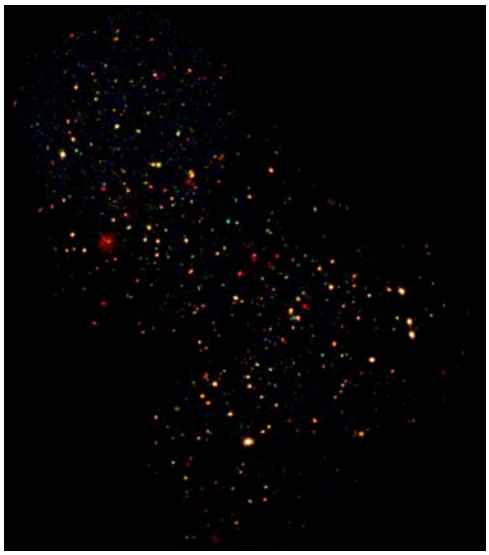


Abb. 2-52: Röntgenfarbbild der sechs XMM-Newton Beobachtungen des COSMOS-Felds, die im Jahr 2004 bereits vorlagen. Rot, grün und blau entsprechen den Energiebändern 0.5-2, 2-4.5 und 4.5-10 keV. Norden ist oben und Osten ist links. Die nominale Belichtungszeit der einzelnen Beobachtungen ist 32 ksec.

Fig. 2-52: X-ray colour image of the six XMM-Newton observations in the COSMOS field obtained in 2004. Red, green and blue colours refer to the 0.5-2, 2-4.5 and 4.5-10 keV band, respectively. North is up and East is left. The nominal exposure time is 32 ksec for each pointing.

Die Reduktion, Analyse und Quelldetektion für die im Jahr 2004 schon vorliegenden Röntgendaten wurde bereits durchgeführt (6 von 25 Beobachtungen, mit zusammen 0,65 Quadratgrad) (Abb. 2-52). Eine Quell-Liste mit ~500 in den kombinierten MOS1+MOS2+pn Bildern entdeckten Quellen wurde erzeugt und der optische Identifizierungsprozess auf der Grundlage der „Maximum Likelihood“-Technik lieferte optische Kandidaten für ~80% der Röntgenquellen, wobei der verbleibende Rest hauptsächlich schwache Objekte (I_AB>25) sind. Der aus der multi-Wellenlängen-

The X-ray data reduction, analysis and source detection has been carried out for the pointings received during 2004 (6 out of 25, for a total of 0.65 square degrees) (Fig. 2-52). A source list of ~500 sources detected in the combined MOS1+MOS2+pn images has been produced and the optical identification process based on the “maximum likelihood” technique has secured optical counterparts for ~80% of the X-ray sources, most of the remaining being faint (I_AB>25) objects. The photo-z catalogue resulting from the multi-wavelength coverage of the field was used to

Überdeckung des Felds resultierende photo-z Katalog wurde zur Erzeugung von Rotverschiebungsschichten mit dz=0.2 im gesamten Feld genutzt, wobei die frühen Galaxien zur Beschreibung der großräumigen Strukturen herangezogen wurden. Wir identifizierten die statistisch signifikanten Galaxienkonzentrationen und verglichen sie mit dem Katalog der in der bisherigen Überdeckung von XMM-Newton gefundenen diffusen Röntgenquellen. Insgesamt wurden 20 Gruppen und Galaxienhaufen entdeckt. Anhand der spektroskopischen Information für eine Gruppe bei z=0.14 und einen Haufen bei z=0.73 wurde eine Studie der Evolution der Skalierungsbeziehungen von Druck und Entropie präsentiert.

make the redshift slices at dz=0.2, over the entire area and to use the early-type galaxies to trace the structure. We identify the statistically significant galaxy concentrations and compare them to the catalogue of diffuse X-ray sources identified in the current XMM coverage of the field. A total of 20 groups and clusters of galaxies has been identified. Using the spectroscopic information available for a group at z=0.14 and a cluster at z=0.73 a study of the redshift evolution of the scaling relations for pressure and entropy has been presented.

[HASINGER, LEHMANN, SZOKOLY, MATUTE, MAINIERI, BÖHRINGER, FINOGUENOV, BRUSA]

2.4.4 Struktur und Zusammensetzung von Galaxienhaufen / The structure and the composition of galaxy clusters

XMM-Newton-Studie des Galaxienhaufenzusammenstoßes in A754/ XMM-Newton Study of the merging cluster A754

Galaxienhaufen sind die massenreichsten, gravitativ gebundenen Objekte im Universum. Gebildet werden sie durch das Zusammenschmelzen von Galaxien und Gruppen von Galaxien. Manchmal verschmelzen auch zwei Galaxienhaufen zu einem noch größeren Haufen. Dabei wird eine enorme Energiemenge freigesetzt, weitaus größer als in anderen Prozessen und nur übertroffen vom Big Bang. Ein Großteil der Energie wird als Röntgenemission abgestrahlt.

Clusters of galaxies are gravitationally bound objects with the highest mass. They form by merging of galaxies and groups of galaxies. Sometimes two clusters merge to an even bigger cluster. In such an event the energy release is tremendous, much bigger than in all other processes and only exceeded by the Big Bang. A large percentage of the energy is released as X-ray emission.

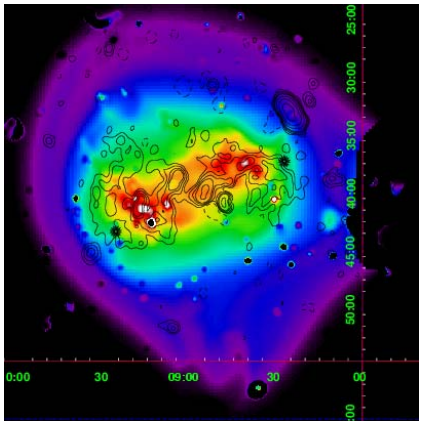


Abb. 2-53: Farbcodierte Druckkarte des Galaxienhaufens A754, die aus Beobachtungsdaten des Röntgenobservatoriums XMM-Newton gewonnen wurde. Die roten Gebiete zeigen die Regionen höchsten Drucks und vermutlich die Gravitationszentren der beiden verschmelzenden Galaxienhaufen. Als Konturkarte überlagert ist ein Bild des Galaxienhaufens im Radiobereich.

Fig. 2-53: Colour coded pressure map of the cluster of galaxies A754, deduced from data obtained with the X-ray observatory XMM-Newton. Indicated in red are regions of the highest pressure, which are coincident with the centers of gravity of the two merging clusters. Overlayed are the contours of the cluster, observed in the radio regime.

Ein besonders schönes Beispiel einer solchen Verschmelzung ist im Galaxienhaufen Abell 754 mit dem Röntgenobservatorium XMM-Newton beobachtet worden. Da A754 ein relativ naher Galaxienhaufen ist, dessen Winkelausdehnung größer als das XMM Gesichtsfeld ist, wurde der Haufen in mehreren, einander überlappenden Beobachtungen vermessen. Mit der guten spektralen und räumlichen Auflösung der CCD-Kameras konnte die Röntgenintensitätsverteilung des ganzen Haufens mit einer bis dahin nicht möglichen Qualität aufgenommen werden. Mit diesen Röntgenbildern war es möglich, die räumliche Verteilung der Plasmatemperatur und auch der Entropie und des Plasmadruckes zu bestimmen. Die Abb. 2-53 zeigt in Falschfarben die gewonnene Druckverteilung des Plasmas von A754. Es zeigen sich, im Gegensatz zur

A very nice example of such a merger has been observed with the XMM-Newton X-ray observatory in the cluster of galaxies A754. Since A754 is relatively close, its apparent diameter is larger than the field-of-view of the XMM detectors, and hence the cluster was observed in several overlapping pointings. For the very good spatial and spectral resolution of the cameras, the entire cluster's X-ray brightness map could be obtained with so far unprecedented quality. With those X-ray images it was possible to deduce the spatial distribution of the plasma temperature and also of the entropy and the plasma pressure. The Fig. 2-53 shows in false colour the pressure distribution in A754. One can clearly see two regions with high pressure (indicated in red), which are approximately coincident with regions of high galaxy density, found in

Intensitätsverteilung, zwei Druckmaxima (rote Bereiche), welche in etwa koinzident mit den beiden im optischen Bereich gefundenen Galaxienhaufen sind. deren Schwerpunkte sind mit zwei Sternen angedeutet. Die überlagerten Konturen markieren die Intensitätsverteilung der diffusen Radioquelle in A754. Möglicherweise wurde bei der Verschmelzung ein Teil der Energie in hochenergetischen Elektronen freigesetzt, welche die diffuse Radioemission hervorrufen. Die Korrelation zwischen der Radiokarte und der Druckkarte deutet an, dass die Elektronen durch Stosswellen bzw. durch Turbulenzen, hervorgerufen durch das Verschmelzen der Haufen, zu hohen Geschwindigkeiten beschleunigt wurden.

the optical regime (indicated with the two asterisks). The overlaid contours indicate the intensity distribution of the diffuse radio source in A754. Most probably a part of the merger energy was released as high energetic electrons which cause the diffuse radio emission. The correlation between the radio map and the pressure map might indicate that the electrons are accelerated to high velocities by shock waves and turbulence, caused by the merging of the clusters.

Turbulenzuntersuchungen im Coma-Galaxienhaufen / Probing turbulence in the Coma galaxy cluster

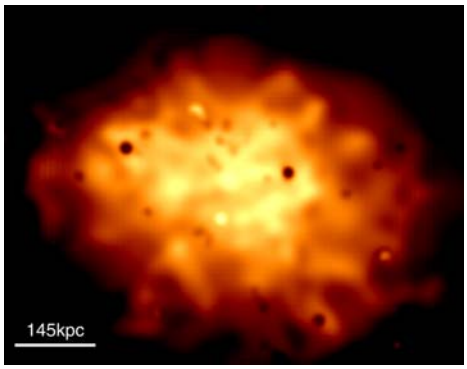


Abb. 2-54: Druckkarte der Zentralregion des Coma-Galaxienhaufens. Die Karte wird aus der mit XMM-Newton gemessenen Flächenhelligkeit und dem Spektralindex berechnet. Dunkle Kreise entsprechen Punktquellen, die bei der Analyse nicht berücksichtigt wurden.

Fig. 2-54: Pressure map of the central region of the Coma cluster of galaxies. The map is constructed from the surface brightness and hardness ratio distribution of the X-ray emission as observed with XMM-Newton. The black spots are point sources cut-out in the analysis.

Turbulenz ist ein häufig in astrophysikalischen Flüssigkeiten anzutreffendes Phänomen und könnte zum Verständnis vieler astrophysikalischer Prozesse im Intra-Haufenmedium von Galaxienhaufen (ICM) sehr wichtig sein. Über einen Skalenbereich von 20kpc bis 2.8Mpc wurden von einem Mosaik aus XMM-Newton-Beobachtungen räumlich aufgelöste Druckkarten des Gases vom Coma-Galaxienhaufen berechnet. Die Fourier-Analyse der Daten ergab ein im Bereich zwischen 40 und 90kpc skaleninvariantes Fluktuationsspektrum des Drucks, welches sehr gut durch ein projiziertes Kolmogorov/Oboukov-Turbulenzspektrum beschrieben werden kann. Die Deprojektion und Integration des Spektrums ergab für den Druckanteil der Turbulenz am Gesamtgasdruck des Mediums eine untere Grenze von etwa 10%. Die Ergebnisse schränken auch die Viskosität des Gases ein. Abb. 2-54 zeigt die Fluktuationen, die als Turbulenz des ICM interpretiert werden. Die Karte gibt den projizierten Pseudo-Druck, d.h. das Produkt aus projizierter Röntgen-Temperatur des Gases und der Wurzel der projizierten Röntgen-Flächenhelligkeit.

Turbulence is ubiquitous in many astrophysical fluids and could hold the key to many astrophysical processes taking place in the intracluster medium of galaxy clusters (ICM). Spatially-resolved gas pressure maps of the Coma galaxy cluster are obtained from a mosaic of XMM-Newton observations in the scale range between a resolution of 20kpc and an extent of 2.8Mpc. A Fourier analysis of the data reveals the presence of a scale-invariant pressure fluctuation spectrum in the range between 40 and 90kpc and is found to be well described by a projected Kolmogorov/Oboukhov-type turbulence spectrum. Deprojection and integration of the spectrum yields a lower limit of about 10% of the total intracluster medium pressure in turbulent form. The results also provide observational constraints on the viscosity of the gas. Fig. 2-54 shows the fluctuations interpreted as turbulence of the ICM. The map gives the projected pseudo pressure obtained from the product of the projected X-ray gas temperature and the square root of the projected X-ray surface brightness.

XMM Studien von Galaxienhaufen, die als Gravitationslinsen wirken / XMM studies of gravitational lensing clusters

Beobachtungen an Galaxienhaufen werden in verschiedener Weise für den Test kosmologischer Modelle genutzt. Weil für alle diese Methoden eine präzise Massenbestimmung der Haufen Voraussetzung ist, ist die Frage, wie man eine genaue Masse von Galaxienhaufen ermittelt, von zentraler Bedeutung.

In traditioneller Weise kann die Masse aus der Verteilung der baryonischen Materie im Haufen bestimmt

There are several ways to use galaxy clusters to provide independent constraints on cosmological parameters. Since all of the methods depend on the accurate determination of the cluster mass, the question of how to obtain accurate cluster masses is of central importance.

Cluster masses can be obtained through traditional baryonic mass tracers such as the velocity dispersion

werden, d.h. aus der Geschwindigkeitsdispersion der Galaxien oder der Röntgenstrahlung des Innerhaufenplasmas (ICM). Die Beobachtung starker und schwacher gravitativer Linsenwirkung erlaubt es, alternativ dazu, direkt die Verteilung der Dunklen und baryonischen Masse zu bestimmen.

of the galaxies or the X-ray emission of the intracluster medium (ICM) gas. An alternative determination of the (projected) mass is available from a combination of strong gravitational lensing on small scales and weak lensing on larger scales.

Bei Röntgenstudien bestimmt man die Masse aus den logarithmischen Steigungen der ICM –Dichte- und Temperaturprofilen und dem absoluten Wert der ICM-Temperatur unter der Annahme eines hydrostatischen Gleichgewichtes und angenäherter sphärischer Symmetrie. Mit neuen XMM-Newton Beobachtungen konnten wir die ICM Dichte- und Temperaturprofile des sehr bekannten Galaxienhaufens A2218 mit gravitativer Linsenwirkung mit hoher Genauigkeit bis fast zum Virialradius bestimmen, was in einer stark verbesserten Bestimmung der Masse des Haufens resultiert (~10% am Virialradius). Während nun die aus den Röntgendaten und aus der Linsenwirkung bestimmten Massen bei großen Radien (~> 400 kpc) übereinstimmt, ist die röntgenbestimmte Masse etwa um einen Faktor zwei kleiner als die aus der starken Linsenwirkung abgeleiteten Masse bei kleinen Radien (~ 80 kpc).

In X-ray observations, under the assumption of hydrostatic equilibrium and spherical symmetry, the cluster mass depends on the logartihmic slopes of the ICM density and temperature profiles and the absolute value of the temperature. With the XMM-Newton observation of the well-known lensing cluster A2218, we were able to determine the ICM density and temperature profiles with excellent precision out to approximately the virial radius, leading to a much-improved X-ray mass determination (~10% at the virial radius). While the X-ray and weak lensing masses are in rough agreement at large radius (~>400 kpc), the X-ray mass is two times less than the strong lensing mass at 80 kpc.

Die erstellte Temperaturkarte von A2218 zeigt eine ausgeprägte heiße Struktur bei einem Radius von einer Bogenminute, was auf einen Haufenzusammenstoß und eine Verletzung des hydrostatischen Gleichgewichts hinweißt. Beobachtungen der Galaxienverteilung im Haufen deuten auf einen Zusammenstoß entlang der Sichtlinie hin. Der Grund für die Diskrepanz in der Massenbestimmung ist daher sicherlich die komplexe, nichtrelaxierte Struktur im Zentrum.

The X-ray temperature of A2218map shows a pronounced hot peak at central arcminute radius, indicating an ongoing merger and probable violation of hydrostatic equilibrium. Observations of the galaxy distribution of the cluster suggest structure in the line of sight. It is thus likely that the key to the mass discrepancy in this cluster lies in the complex structure in the core region.

Ähnliche Ergebnisse wurden auch für den bekannten Gravitationslinsen-Galaxienhaufen CL0024+17 gefunden, der auch ein System in der Sichtlinie zusammenstoßender Haufen darstellt. Auch hier ist die Erklärung der abgeleiteten Massendiskrepanz die, dass in der Röntgenstudie die Masse eines zentralen in etwa relaxierten Gebietes bestimmt wird, während sich die Linsenmasse auf ein kollabierendes kosmisches Filament bezieht, das entlang der Sichtlinie angeordnet ist.

Similar results were found for the gravitational lense cluster CL0024+17, which is also found to be a line-of-sight merging cluster. Also here the mass discrepancy is explained by the fact, that in X-rays we trace the mass of a relaxed core region while the lensing mass refers to the mass of a collapsing cosmic filament seen in projection along the line-of-sight.

Entdeckung eines Galaxienhaufens mit einem extrem dichten Kühlungskern / Discovery of a massive cluster with an extreme cooling core

In der REFLEX Durchmusterung der 447 hellsten von ROSAT entdeckten Galaxienhaufen am Südhimmel entdeckten wir einen extrem leuchtkräftigen Haufenkandidaten, RXCJ1504-0248, mit einer überraschend kompakten Form. Mit Hilfe einer kurzen Röntgenbeobachtung mit CHANDRA konnten wir nun nachweisen, dass die Röntgenstrahlung tatsächlich vom heißen Innerhaufenplasma stammt und nicht auf einer Kontamination durch die Emission eines AGN im Haufen beruht (Abb. 2-55 links). Eine detaillierte Analyse der CHANDRA Daten zeigt einen massereichen Galaxienhaufen von fast der doppelten Masse des Coma-Haufens, eine Gastemperatur von etwa 10.5 keV und einen sehr dichten, kühlen Gaskern. In diesem dichten Kern mit sehr kleiner Kühlzeit nimmt die Temperatur zum Zentrum auf 5 keV ab (Abb. 2-55 rechts). Diese Signaturen wurden früher als sogenannte „cooling

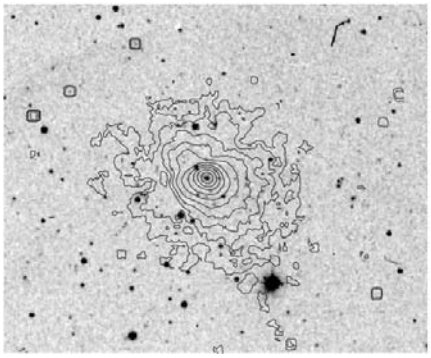
In the REFLEX survey of the 447 X-ray brightest galaxy clusters in the southern sky we found a very luminous cluster candidate, RXCJ1504-0248, featuring an extremely compact appearance. With a short follow-up CHANDRA observation early this year we can now confirm that the X-ray emission originates in the hot intracluster medium of a very massive cluster and shows no significant contamination by AGN (Fig. 2-55 left). A detailed analysis of the CHANDRA data shows a very massive cluster with a mass almost twice that of the Coma cluster, a bulk temperature of 10.5 keV, and a very dense central cooling core. The cooling core region is characterized by a very high gas density and a decline of the temperature towards the center to less than 5 keV (Fig. 2-55 right). The latter features were previously interpreted as a cooling flow. Applying a classical cooling flow treatment, we would

flows“ interpretiert. Eine traditionelle colling flow Untersuchung ergibt formell eine Massenkondensationsrate von ca. 3000 Sonnemassen pro Jahr, was diesen Haufen zum prominentesten „cooling core“ Haufen zusammen mit RXCJ1347-1144 macht.

Die zentrale Galaxie zeigt das Spektrum einer aktiven LINER-Galaxie und eine AGN Radioquelle, die typischen Merkmale des „cooling core scenarios“, in dem ein zentraler AGN für die Heizung des „cooling flows“ verantwortlich ist und damit eine massive Materiekondensatation verhindert. RXCJ1504-0248 ist daher ein interessantes Studienobjekt, in dem dieser Prozess im Extremfall beobachtet werden kann. Nimmt man an, dass die im Haufenzentrum dissipierte Energie mit der Fütterung des zentralen Schwarzen Loches verknüpft ist, kann das Schwarze Loch mit bis zu 0.5 $M_\odot$ pro Jahr anwachsen.

predict a central mass condensation rate of up to 3000 solar mass per year, which makes this object the most prominent cooling core cluster together with another REFLEX discovery, RXCJ1347-1144.

The central galaxy shows a liner like spectrum and an AGN radio source, the ingredients of the new scenario of cooling cores, where the central AGN is responsible for the heating of the cooling flow and the prevention of the enormous mass condensation. RXCJ1504-0248 constitutes thus a very nice study case where this energy recycling can be studied at its extremes. If we take for example the energy dissipated in the cooling core equal to the energy released by the central AGN we infer a mass accretion rate of the AGN of about 0.5 $M_\odot$ per year, a fast growth of the massive black hole.



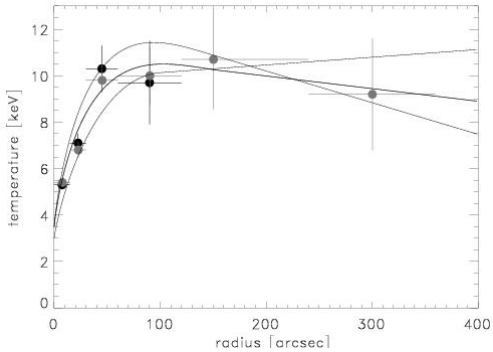


Abb. 2-55: Links: CHANDRA Röntgenaufnahme des Galaxienhaufens RXCJ1504-0248, die einem optischen Bild des digitalen Sky Surveys überlagert ist (Skala: 11.5 x 9.5 Bogenminuten^2). Rechts: Temperaturprofile des Innerhaufenmediums von RXCJ1504-0248 wie aus den Röntgendaten ermittelt.

Fig. 2-55: Left: CHANDRA image of the galaxy cluster RXCJ1504-0248 superposed on a digital sky survey image (scale 11.5 x 9.5 arcmin^2). Right: Temperature of the intracluster medium of RXCJ1504-0248 as derived from the X-ray observation.

SDSS Studien der Galaxienpopulation in Röntgen-Galaxienhaufen / The galaxy population in X-ray clusters studied in the SDSS

In unserer langfristigen Studie der optischen Eigenschaften von Röntgen-Galaxienhaufen mit Hilfe des Sloan Digital Sky Survey (SDSS) haben wir wichtige Erkenntnisse zur Leuchtkraftfunktion der Haufengalaxien als Funktion der Umgebung gewonnen (Abb. 2-56). Es zeigt sich, dass man die Leuchtkraftfunktion am besten durch die Kombination aus zwei Schechterfunktionen für den Anteil der hellen Galaxien und der Zwerge beschreiben kann. Während die Schechterfunktion für die hellen Galaxien für alle Umgebungen gleich ist, ändert sich der Teil der Funktion für die Zwerge mit dem Haufenradius und damit auch der lokalen Dichte. Wir finden vor allem, dass das Verhältnis der Zwerggalaxien zu hellen Galaxien und der Anteil der blauen Galaxien mit dem Haufenradius anwächst. Aber auch die Leuchtkraftfunktion der Zwerge zeigt ein Maß an Universalität: ermittelt man die Funktion in verschiedenen Haufen beim selben auf die Gesamtgröße skalierten Radius, so ist die Form der Funktion gleich. Dies ist ein ähnliches Ergebnis, wie man es ganz universell für Galaxienpopulationen als Funktion der Umgebung findet: die Populationsmischung hängt vor allem von der lokalen Galaxien-

In our continued effort to study the optical properties of X-ray detected galaxy clusters in the Sloan Digital Sky Survey (SDSS) we have recently concentrated on the galaxy luminosity function as a function of cluster environment Fig. 2-56). We show that the shape of the luminosity function is best described by the decomposition into two components, a giant and a dwarf contribution. Both can be characterized by a Schechter function. While the giant luminosity function is universal and independent of the environment within the uncertainty limits, the dwarf luminosity function varies significantly with cluster radius. We find in particular that the dwarf to giant ratio and the fraction of blue galaxies among the dwarfs increases with cluster radius. The dwarf luminosity function also shows some universality: if luminosity functions are taken in different clusters at the same scaled cluster radius, no significant variation is observed. Hereby the scaled cluster radius is the physical radius divided by the virial radius of the cluster with known mass. This finding is similar to what is found in general for the properties of the galaxy population as a function of environment on large-scales: the population mix de-

bzw. Materiedichte ab und weniger von den globalen Eigenschaften der Galaxienhaufen wie deren Masse oder Geschwindigkeitsdispersion. Dies gibt wichtige Hinweise für das Verständnis und die Modellierung der Galaxienentwicklung.

pends in the first place on the local galaxy or matter density and less on for example the cluster mass and velocity dispersion. This provides important constraints to galaxy evolution models.

[BÖHRINGER, BRIEL, HENRY, FINOGUENOV, POPESSO, PRATT, SCHUECKER, ZHANG]

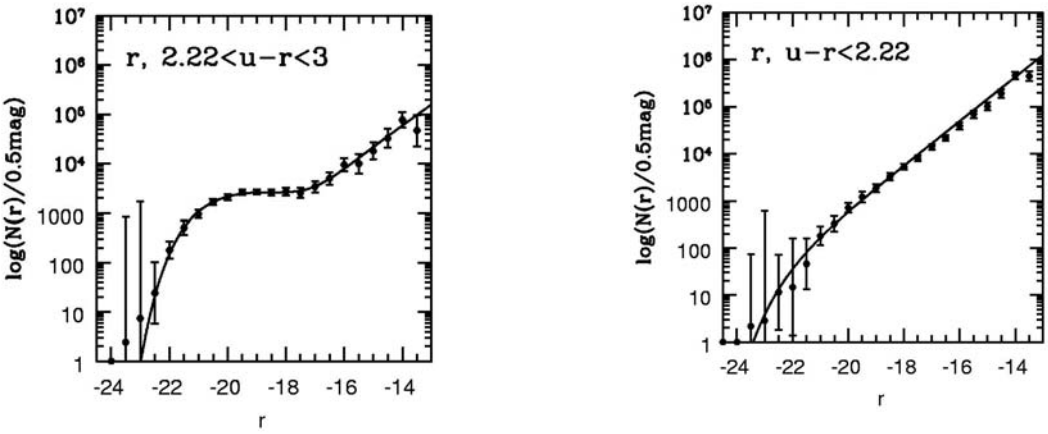


Abb. 2-56: Aufaddierte optische Galaxienleuchtkraftfunktion von röntgenselektierten Galaxienhaufen im Sloan Digital Sky Survey. Rechts: Leuchtkraftfunktion der roten Galaxien mit einem deutlichen Anstieg rechts durch eine große Zahl von Zwerg-Shpäroiden in der Zentralregion der Haufen. Links: Leuchtkraftfunktion der blauen Galaxien mit einer starken Steigung am schwachen Ende, das vermutlich auf einfallende Galaxien späten Typs zurückzuführen ist.

Fig. 2-56: Composite optical galaxy luminosity functions of X-ray detected galaxy clusters in the Sloan Digital sky survey. Right: Luminosity function of the red galaxies with a distinct upturn of dwarf spheroidals which occupy the cluster inner regions and Left: luminosity function of the blue galaxies with a steep slope at the faint end, probably caused by infalling late type dwarf galaxies.

2.5 KOMPLEXE PLASMEN / COMPLEX PLASMAS

Komplexe Plasmaforschung ist ein neues und sich schnell entwickelndes Feld, mit sich ergänzenden Untersuchungen unter Schwerkraft- und Mikrogravitations-Bedingungen. Das Komplexe Plasma besteht aus einem gewöhnlichen Plasma – mit Elektronen, Ionen und Neutralteilchen – und einer zusätzlichen Komponente von kleinen festen Partikeln, typischerweise Mikrometer groß. Diese schwere Komponente im Plasma erfordert die Durchführung von Experimenten unter Mikrogravitations-Bedingungen, obgleich auch die Levitation der Partikel im Labor viele interessante Experimente erlaubt. Die Mikroteilchen im Plasma werden durch die Absorption der freien Elektronen und Ionen auf tausende Elementarladungen aufgeladen. Dies ist für die starke Koppelung der Partikel und für den Übergang zu flüssigen und kristallenen Zuständen verantwortlich.

Complex plasma research is a new and rapidly developing field, with complementary investigations under gravity and microgravity conditions. The complex plasma consists of a common plasma – with electrons, ions and neutrals - and an additional component of small solid particles typically in the range of micrometers. This heavy component in the plasma makes it necessary to perform experiments under microgravity conditions although levitation of the particles in the laboratory allows many interesting experiments here, too. The microparticles in the plasma are charged through the absorption of free electrons and ions to thousands of elementary charges. This is responsible for the strong coupling of the particles and for the transition to liquid and crystalline states.

2.5.1 Experimentelle Resultate / Experimental results

Vertikales Wellenpaketexperiment / Vertical wave packet experiment

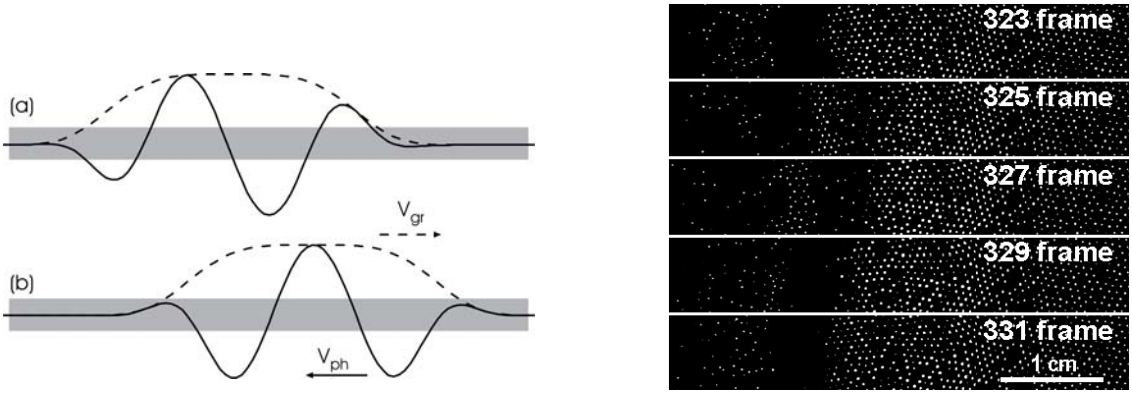


Abb. 2-57: Skizze der Seitenansicht des vertikalen Wellenpakets, das sich in einer Monolage des Kristallgitters fortpflanzt. (a) Ausgangsposition des Pakets. (b) Verschobenes Paket. Die Gruppengeschwindigkeit V_{gr} ist nach rechts gerichtet, während die Phasengeschwindigkeit V_{ph} nach links zeigt. Der beleuchtende Laserstrahl ist durch den grauen Balken repräsentiert. Wir beobachten nur die Bereiche, in denen er das Gitter (durchgezogenen Linien) schneidet, die als bewegliche Streifen im Experiment in der Aufsicht erscheinen (rechte Abbildung).

Fig. 2-57: Sketch of the side view of the vertical wave packet propagating in a monolayer lattice. (a) Initial position of the packet. (b) Displaced packet. The group velocity V_{gr} is directed to the right, while the phase velocity V_{ph} points left. The illuminating laser beam is indicated by the grey bar. We observe only the areas where it intersects the lattice (solid line), which appear as moving stripes in the experiment shown in the right image.

Die Ausbreitung von vertikalen Wellenpaketen (Abb. 2-57) wurde experimentell in einer kristallisierten hexagonalen Monolage eines komplexen Plasmas beobachtet. Sie wurden durch einen elektrostatischen Impuls an einem Draht angeregt, der unterhalb der Kristallebene positioniert war. Die vertikale Bewegung der Partikel wurde durch Messung ihrer Helligkeitsänderung während der Bewegung aus dem Beleuchtungsstrahl visualisiert. Es wurde herausgefunden, dass die Phasengeschwindigkeit um 65 mal größer war als die Gruppengeschwindigkeit und in entgegen gesetzter Richtung orientiert war, wie für ein inverse optisch-ähnliche Dispersionsrelation erwartet

Propagation of vertical wave packets (Fig. 2-57) was observed experimentally in a crystallised hexagonal monolayer complex plasma. They were excited by an electrostatic pulse applied to a wire placed below the crystal lattice. The vertical motion was visualized by measuring the change of particle brightness as they moved out of the illuminating beam. It was found that the phase velocity exceeded the group velocity by a factor 65 and was directed into the opposite direction, as expected for an inverse optical-like dispersion relation. The wave packets propagated keeping their width constant. The theoretical investigation of this behaviour is based on three-dimensional equations of motion

wird. Die Wellenpakete pflanzten sich mit konstanter Breite fort. Die theoretische Untersuchung dieses Verhaltens basiert auf den dreidimensionalen Bewegungsgleichungen und verwendet eine langwellige schwache Dispersion und eine schwache Inhomogenitätsnäherung. Während die Wellendispersion das Wellenpaket verbreitert, wirken Gitterinhomogenitäten und Neutralgasreibung dem entgegen. Eine neue Plasma-Diagnosemethode wurde entwickelt, die auf dem Verhältnis zwischen vertikalen und Staub-Gitterwellengeschwindigkeiten basiert. Dieses Verhältnis ist auf den Gitterparameter κ (Verhältnis des Partikelabstandes zur Abschirmlänge) in einem sehr nützlichen Bereich von κ<2 äußerst sensitiv.

and uses a long-wavelength weak dispersion and a weak inhomogeneity approximation. While the wave dispersion causes the wave packet to spread, lattice inhomogeneity and neutral gas drag counteract spreading. A new plasma diagnostic method was developed that is based on the ratio between vertical and dust-lattice wave speeds. This ratio is very sensitive to the lattice parameter κ (ratio of the particle separation to the screening length) in a very useful range of κ<2.

Wärmeübertragungsexperiment / Heat transfer experiment

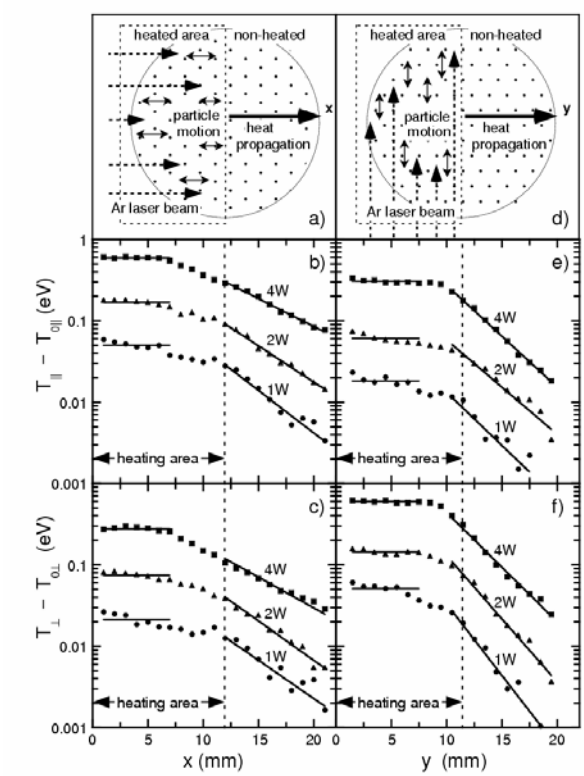


Abb. 2-58: Kinetische Temperaturverteilung in einem Monolagen-Plasmakristall. Die linke Seite des Gitters wurde durch Lichtdruck eines zufällig scanneneden Laserstrahles aufgeheizt. (a/d) Skizze des longitudinal/transversal aufgeheizten Bereichs. Der Heizungsstrahl ist senkrecht/parallel zur heißen/kalten Schnittstelle (punktierte Linie) orientiert und parallel/senkrecht zur Richtung der Wärmeausbreitung. (b/e) Komponente der kinetischen Energie parallel zur Richtung der Wärmeausbreitung. (c/f) Komponente der kinetischen Energie senkrecht zur Richtung der Wärmeausbreitung. $T_{0//}$ and $T_{0\perp}$ sind die kinetischen Gleichgewichtsenergien ohne die Gitteraufheizung. Dies zeigt, dass die kinetische Energie außerhalb des Aufheizbereiches exponentiell abnimmt (durchgezogene Linien).

Fig. 2-58: Kinetic temperature distribution in a monolayer plasma crystal. The left side of the lattice was heated by light pressure of a randomly scanned laser beam. (a/d) Sketch of the longitudinally/transverse heated area. The heating beam is directed perpendicular/parallel to the hot/cold interface (dotted line) and parallel/perpendicular to the direction of the heat propagation. (b/e) Kinetic energy component parallel to the direction of heat propagation. (c/f) Kinetic energy component perpendicular to the direction of heat propagation. $T_{0//}$ and $T_{0\perp}$ are the equilibrium kinetic energies without the lattice heating. This shows that the kinetic energy decays exponentially outside of the heated area (solid lines).

Aufwärmung und Wärmetransfer wurden in einem zweidimensionalen kristallinen komplexen Plasma auf kinetischem Niveau studiert. Das Gitter wurde aus sphärischen Mikroteilchen in einer Plasmarandschicht gebildet. Eine Hälfte des Kristalls wurde anisotrop geheizt (durch einen zufällig scanenden Laserstrahl), um höhere kinetische Temperaturen in einer Richtung zu erhalten. Wärmeübertragung wurde in Echtzeit beobachtet (Fig. 2-58). Es wurde herausgefunden, dass die longitudinalen Phononen besser Wärme leiten als die transversalen. Der gemessene Temperaturleitfähigkeitskoeffizient betrug 53 mm^2/s für longitudinale Aufwärmung und 30 mm^2/s für transversale Aufwärmung. In „natürlichen (kinetischen) Eigenschaften ausgedrückt“ (a=Teilchenabstand, c_L=Phasengeschwindigkeit der longitudinalen Wellen und

Heating and heat transfer were studied in a two-dimensional crystalline complex plasma at the kinetic level. The lattice was formed of microspheres levitated in a plasma sheath. One half of the crystal was heated anisotropically (by a randomly scanning laser beam) to obtain higher kinetic temperatures in one direction. Heat conduction was observed in real time (Fig. 2-58). It was found that the longitudinal phonons conduct heat better than the transverse. The temperature conductivity coefficient was measured to be 53 mm^2/s for longitudinal heating and 30 mm^2/s for transverse heating. In terms of “natural (kinetic) properties” (a, c_L, and c_T) the conductivity coefficients turn out to be ~2-3ac_L respectively, suggesting that most of the thermal transport is due to the shortest wavelengths (λ~2a).

c_T=Phasengeschwindigkeit der transversalen Wellen) stellt sich der Leitfähigkeitskoeffizienten als ~2-3ac_L bzw. ~2-3ac_T dar, darauf hinweisend, dass der Großteil des thermischen Transportes durch die kürzeste Wellenlänge verursacht wird (λ~2a).

Dynamische Eigenschaften und Ergodizität in Plasmakristallen / Dynamical Properties and Ergodicity in Plasma Crystals

Ergodisches Verhalten in einem Plasmakristall wird verstanden als die Äquivalenz des dynamischen Verhaltens eines einzelnen Partikels in der Zeit und im Ensemble der Partikel als Bestandteile des Kristalls bei einem bestimmten Zeitpunkt, wie es im allgemeinen in der ergodischer Theorie ausgedrückt wird. Ergodizität wird häufig bei der Interpretation der Partikeldynamik eines Plasmakristalls vorausgesetzt, wie bei der Temperatur- oder Ladungsberechnung. In den Experimenten sind lange Zeitreihen von Monolagen-Plasmakristallen mit ungefähr 200 Partikeln aufgenommen worden. Die Untersuchung war auf Zeitreihen mit Partikelverschiebungen *r* und Geschwindigkeiten *v* fokussiert. Die Verteilungsfunktionen von *r* und *v* wurden für jedes Partikel erhalten und untereinander verglichen, um eine Idee der dynamischen Gleichförmigkeit des Kristalls zu erhalten. Schließlich wurden die Verteilungen von *r* und *v* innerhalb eines Partikelensembles, das durch ein Bild gegeben war, mit einzelnen Teilchen-Zeitreihen in *r* und *v* mittels eines statistischen Tests verglichen (Kolmogorov-Smirnov- und Kuiper-Test). Das Resultat des statistischen Tests, der Vergleich der Zeit- und der Ensembleverteilungen, konnte ergodisches Verhalten der Geschwindigkeit nicht nachprüfen, aber die Übereinstimmung war noch gut genug, um die Annahme der Ergodizität für die Geschwindigkeiten nicht zu verwerfen. Die Verschiebungen wurden durch eine vom Teilchen-Wechselwirkungspotential abhängige Verteilung angepasst, die Form der Verteilung zeigte jedoch eine Abhängigkeit von der Position eines Partikels innerhalb des Kristalls. Dieser Beweis nichtergodischen Verhaltens in Bezug auf *r* wurde durch die Resultate des Kolmogorov-Smirnov Tests bestätigt. Abb. 2-59 zeigt den Anteil $N_{0.05}$ von Vergleichsergebnissen zwischen Zeit- und Ensembleverteilung von *r* und *v*, der bedeutsame Unterschiede aufwies.

Ergodic behaviour in a plasma crystal is understood as the equivalence of the dynamic behaviour of a single particle in time and the ensemble of particles as components of the crystal at one particular time, as it is expressed in general in terms of ergodic theory. Ergodicity is often presupposed in the interpretation of particle dynamics of a plasma crystal, as for temperature or charge calculation. In the experiments long time series of monolayer plasma crystals with approximately 200 particles have been recorded. The investigation was focused on the time series of particle displacements *r* and velocities *v*. The distribution functions of both *r* and *v* were obtained for each particle and compared among each other to get an idea of the dynamical uniformity of the crystal. Finally, a direct comparison of the distributions of *r* and *v* inside a particle ensemble given by one image were compared to that of single particle time series in *r* and *v* by means of statistical tests (Kolmogorov-Smirnov- and Kuiper-Test). The result of the statistical test, the comparison of time- and ensemble distributions, could not prove ergodic behaviour of the velocity uniquely, but the agreement was still good enough in order to not reject the idea of ergodicity for the velocities. The displacements were fitted by a distribution dependent on the interparticle potential, but the shape of the distribution showed a dependence on the position of a particle inside the crystal. This evidence on nonergodic behaviour with respect to *r* was confirmed by the results of the Kolmogorov-Smirnov test. Fig. 2-59 shows the fraction $N_{0.05}$ of results of comparisons between time- and ensemble distribution of *r* and *v* which exhibited significant differences.

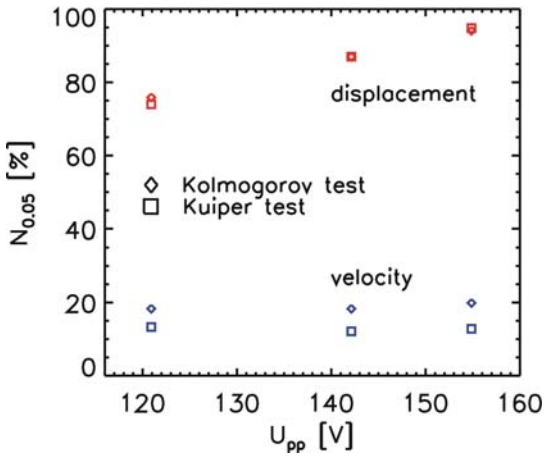


Abb. 2-59: Ergebnisse des Vergleichs von Verteilungen der einzelnen Partikel mit Ensembles. Der Anteil von Vergleichen, die erheblich unterschiedlich sind, sind für Verschiebungen (rot) und Geschwindigkeiten (blau) gezeigt.

Fig. 2-59: Result of the comparison of distributions of single particles with ensembles. The fraction of comparisons which are significantly different are shown for displacements (red) and velocities (blue).

Komplexe Plasmaflüssigkeiten / Complex plasma fluids

Untersuchungen von flüssigen Phänomenen auf dem kinetischen Niveau versprechen eine neue wichtige Entwicklung zu werden, ermöglicht durch Verwendung komplexer (flüssiger) Plasmen. Zwei Arten von Experimenten, welche die speziellen Eigenschaften der komplexen Plasmen in der flüssigen Phase zeigen, sind hier dargestellt: Zuerst ein Experiment mit einem Monolagen-System, in dem ein kontinuierlicher Fluss durch eine elektrisch pumpende Vorrichtung aufgebaut wird. Wegen der kreisförmigen Geometrie ist der Fluss praktisch endlos und verhält sich wie eine ideale Flüssigkeit. Dieses eröffnet uns die Möglichkeit langzeitige Flussexperimente durchzuführen. Bis jetzt können wir Flussgeschwindigkeiten bis hin zu Überschallgeschwindigkeiten innerhalb eines komplexen Plasmas erzielen. Die Flüssigkeit bewegt sich in Stromlinien und reagiert auf einen verringerten Querschnitt, der durch ein Hindernis bewirkt wird, entsprechend der klassischen Hydrodynamik (Gesetz von Hagen-Poiseuille). Wenn der Querschnitt verringert wird, vermischen sich zwei Stromlinien und dies setzt sich fort, bis die Flüssigkeit durch den verringerten Querschnitt hindurch treten kann. Dieses ist in Abb. 2-60 gezeigt. Auf der anderen Seite der Einengung kehrt sich dieser Prozess um und die Stromlinien spalten auf.

Investigations of fluid phenomena at the kinetic level promises to be a major new development, made possible using complex (fluid) plasmas. Two kinds of experiments showing the special properties of complex plasmas in the liquid phase are presented here: First, an experiment with a monolayer system where a continuous flow is established through an electric pumping device. Due to the circular geometry the flow is practically infinite and it behaves like an ideal fluid. This gives us the ability to perform long time flow experiments. So far we can establish flow velocities up to supersonic velocities within a plasma crystal. The fluid moves in stream lines and reacts to a reduced cross section, which is induced by an obstacle, according to classical hydrodynamics (the law of Hagen-Poiseuille). If the cross section is reduced, two stream lines merge and this continues until the fluid can pass through the reduced cross section. This is shown in Fig. 2-60. On the other side of the constriction this process reverses and stream lines split up.

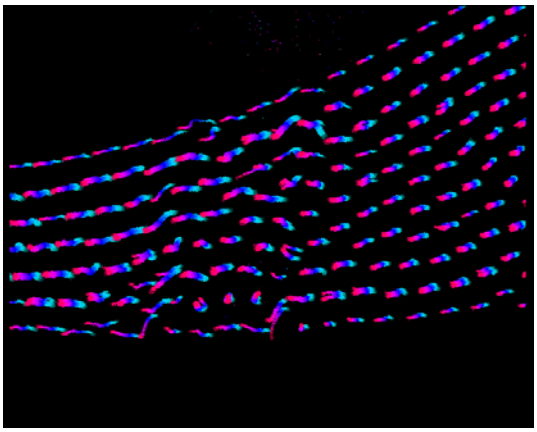


Abb. 2-60: Aufeinander folgende Bilder farbkodiert und überlagert (Partikel des ersten Bildes sind in blau und im letzten Bild in rot dargestellt, um Partikelbewegung zu zeigen, die von oben rechts nach unten links erfolgt).

Fig. 2-60: Consecutive frames colour-coded and overlayed (particles from the first picture in blue and from the last picture in red to show the particle movement, which is from upper right to lower left).

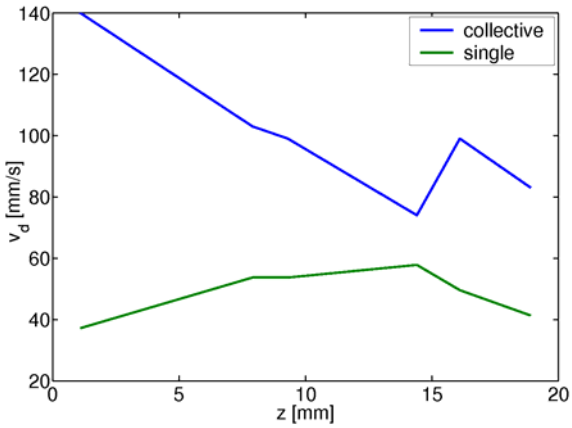


Abb. 2-61: Vergleich von Geschwindigkeiten eines einzelnen Partikels mit einer Partikelwolke beim Passieren durch die Düse.

Fig. 2-61: Comparison of velocities of a single particle with a particle cloud while passing through the nozzle.

Das zweite Experiment wird mit einem 3-dimensionalen komplexen Plasma in einer langen vertikalen Röhre durchgeführt, wobei der Fluss durch Sedimentbildung einer Mikropartikelwolke im Gravitationsgebiet entsteht. In diesem „nanofluiden“ Experiment werden die Partikel durch eine Laval-Düse hindurch gedrückt, die durch eine zentrale schmale Öffnung produziert wird. Von den Videodaten haben wir die Geschwindigkeit der Partikel erhalten. Die mittleren Geschwindigkeiten einer Strömung der Größenord-

The second experiment is performed with 3-dimensional complex plasma in a long vertical tube where the flow is due to the sedimentation of a microparticle cloud in the gravitational field. In this “nanofluidic” experiment the particles are forced through a Laval-nozzle produced by a central narrow opening. From the video data we obtained the velocity of the particles. We compared the mean velocity of a stream containing of the order of 1000 particles in the flow cross section with a single particle going through

nung von 1000 Partikeln im Querschnitt des Flusses wurden mit einem einzelnen, durch die die Düse hindurch tretenden Partikel, verglichen. Abb. 2-61 zeigt, wie man erwarten würde, dass die Geschwindigkeit eines einzelnen Partikels nahezu konstant bleibt, wenn es durch die Düse schreitet, während die mittlere Geschwindigkeit der Partikelwolke deutlich anwächst, nahezu um einen Faktor 2. Dies ist ein starker Beleg für einen kollektiven Beschleunigungsprozesses. Zusätzlich weist die Besonderheit bei z=15 mm auf die Bildung eines schwachen Rückswärtsschocks hin.

the nozzle. Fig. 2-61 shows, as one would expect, that the velocity of a single particle remains almost constant as it passes through the nozzle, whereas the mean velocity of the particle cloud increases substantially by almost a factor 2. This is a strong evidence of a collective acceleration process. In addition, the feature at z=15 mm suggests the formation of a weak reverse shock.

Manipulation von komplexen Plasmen und 3-D Clustern / Complex plasma manipulation and 3-D clusters

Diese Arbeit präsentiert eine neue Plasmakonfiguration, mit lokalisierter Radiofrequenz an der Begrenzung, die für die Manipulation von Partikeln nützlich ist. Die theoretische Analyse der RF Randschicht und der darin stattfindenden Aufladung der Partikel hat eine auf die Partikel wirkende Levitationskraft aufgedeckt, die sich wesentlich von der häufig bei der Modellierung von komplexen Plasmen verwendeten DC-Anregung unterscheidet (Abb. 2-62). Experimentell sind die elektrostatischen Strukturen durch Nanopartikel, die im Plasma wachsen, und durch injizierte Mikropartikel sichtbar gemacht worden. Die 3-D Visualisierungs-Diagnostik, bestehend aus zwei überlagerten Laserlichtebenen mit sich gegenseitig ergänzender Intensitätsmodulation, zeichnete gleichzeitig die Position der Partikel in einem Volumen von 2.3×1.7×2.3 mm^3 auf. Wir fanden Regionen von zusätzlicher Ionisation und komplexe elektrostatische Strukturen, in denen es möglich ist, einen gleichförmigen Schwerkraftausgleich in 3-D zu erreichen. Im Gleichgewicht wird die vertikale Beschränkung durch das elektrische Feld von Doppelschichten/Streifen ermöglicht, kombiniert mit geeigneten Bedingungen für die Partikelaufladung. Die Analyse der Strukturen wird klären, ob die horizontale Beschränkung durch Plasmadruck oder durch interne Kräfte innerhalb des Cluster-Bestandteils (Lennard-Jones ähnliches Potential) oder durch Ionenreibung verursacht wird.

This work presents a new plasma configuration with localised RF on the boundary, useful for particle manipulation. The theoretical analysis of the RF sheath, and of the charging of particles in it, has disclosed a levitation force on particles, which is substantially different from the DC one often used in complex plasmas modelling. Experimentally the electrostatic structures have been visualised by nano-particles grown in the plasma and by injected micro-particles (Fig. 2-62). The 3-D visualisation diagnostic simultaneously monitored the position of the particles in a volume 2.3×1.7×2.3 mm^3 based on two super-imposed laser light sheets, modulated in intensity in a complementary way. We found regions of extra ionisation and complex electrostatic structures in which it is possible to obtain uniform gravity compensation in 3-D. In equilibrium the vertical confinement is provided by the electric field of double layers/striations combined with suitable conditions for particle charging. The analysis of the structures will clarify whether the horizontal confinement is due to plasma pressure or by internal forces among the cluster component (Lennard-Jones like potential) or by ion drag.

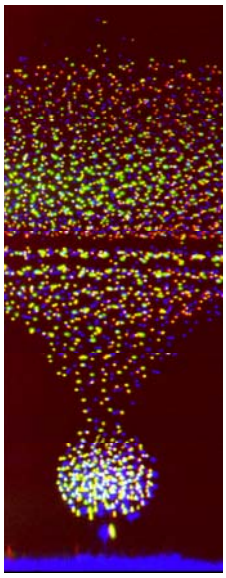


Abb. 2-62: Eine Plasmarandschicht mit lokalisierten RF Effekten, gefüllt mit Partikeln. Das grün-rote Bild zeigt einen Bereich von 2.3 x 7.6 mm^2. Farben kennzeichnen die Partikelpositionen in der zur Bildebene senkrechten Richtung.

Fig. 2-62: A plasma sheath with localised RF effects heavily loaded with particles. The green-red picture shows 2.3 x 7.6 mm^2. Colours indicate the particle positions in the perpendicular direction.

Partikel in einer elektronegativen Plasmaschicht / Particles in an electronegative plasma sheath

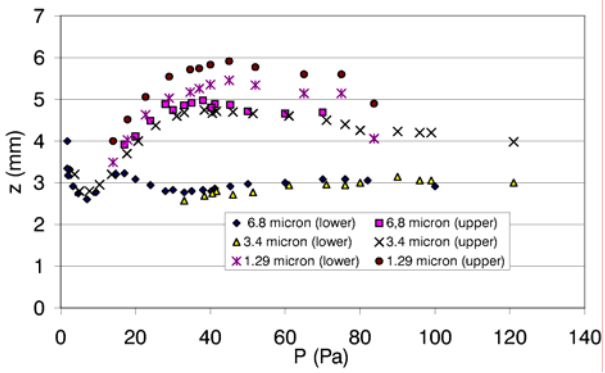


Abb. 2-63: Position der Partikel über der Elektrode als Funktion des Drucks. Die mittleren und großen Partikel lassen sich auf den zwei Seiten eines sekundären Plasmas nieder, wie durch die Theorie vorausgesagt wird.

Fig. 2-63: Position of the particles above the electrode versus pressure. The medium and large particles settle on the two sides of a secondary plasma as predicted by theory.

Elektronegative Gasentladungen werden häufig bei der Plasmabearbeitung von Materialien benutzt, weil sie in hohem Grade chemisch reaktiv sind und besondere Plasmaeigenschaften aufweisen, wie Transport- und Plasmagrenzen, nützlich für Ätzen und Ablagerung. Obgleich weitläufig verwendet, ist die Physik der Entladung aufgrund von Schwierigkeiten mit der Plasmadiagnostik nicht genau verstanden. Die elektronegative Randschicht weist verschiedene physikalische Effekte auf, die durch eine neue (nicht invasive) Diagnostik aufgeklärt worden sind; wir haben Mikroteilchen von unterschiedlichen Größen in die Randschicht hinein gegeben und ihre Gleichgewichtspositionen gemessen. Diese hängen vom Vorhandensein negativer Ionen auf zweierlei Art ab: das elektrische Feld der Randschicht kann eine nicht-monotone Funktion der Elektronegativität sein und die Partikelaufladung wird stark durch den modifizierten Bohm-Fluss von positiven Ionen beeinflusst. Die Experimente stimmen gut mit einem Modell einer strukturierten elektronegativen Plasmarandschicht überein, eine bislang nur mathematisch und numerisch untersuchte Möglichkeit. Durch Benutzung der wahrscheinlichsten Reaktionen haben wir das Vorhandensein von kalten und energischen negativen Ionen im RF Sauerstoffplasma nachgewiesen. (Abb. 2-63)

Electronegative discharges are often used in plasma processing of materials because they are highly chemically reactive and show peculiar plasma characteristics, such as transport and plasma boundaries, useful for etching and deposition. Although widely used, the physics of the discharge is not well understood, due to difficulties with the plasma diagnostics. The electronegative sheath presents several physical effects, which have been un-ravelled by a new (non invasive) diagnostic; we have injected micro-particles of different sizes in the sheath and recorded their equilibrium positions. These depend on the presence of negative ions in two ways: the electric field of the sheath can be a non-monotonic function of the electronegativity and the particle charge is strongly affected by the modified Bohm flux of positive ions. The experiments agree well with a model of a structured electronegative plasma sheath, a possibility so far only mathematically and numerically investigated. Using the most probable reactions we have demonstrated the existence of cold and energetic negative ions in RF Oxygen plasma. (Fig. 2-63)

Niederfrequente Wellen in komplexen Plasmen / Low-frequency waves in complex plasmas

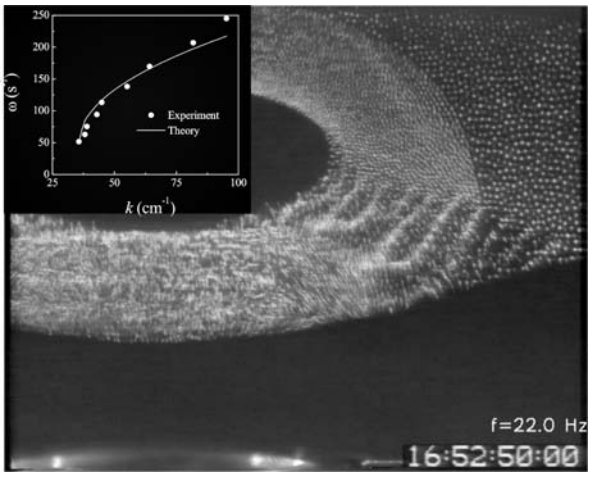


Abb. 2-64: Experimentell beobachtete typische Plasmastrukturen und Wellenführung bei einer Anregungsfrequenz von f = 22 Hz. Die Abbildung im linken oberen Bereich zeigt den Vergleich der experimentell gemessenen Dispersionsrelation (Symbole) mit den theoretischen Daten (durchgezogene Linie).

Fig. 2-64: Experimentally observed typical plasma structures and the wave channel at excitation frequency f = 22 Hz. The plot in the upper left corner shows the comparison of the experimentally measured dispersion relation (symbols) with the theoretical one (solid line).

Unter Schwerelosigkeit ist die experimentelle Untersuchung von schwach komprimierten dreidimensionalen komplexen Plasmen möglich. Ein Weg um diese

Under microgravity conditions the experimental investigation of weakly compressed three-dimensional complex plasmas is possible. One way to study these

Systeme zu studieren, ist die kontrollierte Anregung von niederfrequenten Kompressionswellen. Die Wellen wurden durch Spannungsmodulation auf den RF Elektroden angeregt. Entweder wurden die Wellen in fast der gesamten Partikelwolke beobachtet oder in einer spezifischen Wellenführung (Wellenleiter). Eine typische Abbildung von niederfrequenten Wellen, die sich durch eine Wellenführung fortpflanzen, ist in Abb. 2-64 dargestellt. Indem man die Modulationsfrequenz veränderte, wurde die Dispersionsrelation gemessen. Um die experimentellen Resultate mit der Theorie zu vergleichen, wurde ein selbstkonsistentes Modell von niederfrequenten Wellen in einem stoßdominierten komplexen Plasma mit Ionendrift entwickelt. Wir haben Plasmabedingungen berücksichtigt, die für die obigen Wellenexperimente geeignet sind, und haben folgende Effekte in Betracht gezogen: Ionen-Neutral-, Ionen-Staub- und Neutral-Staubstöße, externe auf die Mikropartikelbestandteile wirkende Kräfte (d.h., elektrische Kraft und Ionenreibung), sowie Partikelladungsvariationen bei Anwesenheit der Welle. Wir leiteten dann die lineare Disperionsrelation ab. Durch Vergleich zwischen den experimentellen und theoretischen Resultaten konnten wir die Partikelladung und die Plasmaabschirmlänge abschätzen, die sehr wichtige charakteristische Merkmale der komplexen Plasmen sind. Wir ermittelten die dimensionslose Partikelladung im Bereich zwischen z~0.4 und z~0.8, die beträchtlich kleiner ist, als die stoßfreien Orbital Motion Theorie (OML) vorhersagt, z_{OML}~2. Dieser Unterschied wurde dem wichtigen Effekt zugeschrieben, der durch Ionen-Neutral Ladungsaustauschstöße entsteht, die den Ionenstrom auf die Teilchenoberfläche erhöhen und folglich die Partikelladung verringern, selbst wenn die mittlere freie Weglänge der Ionen größer ist als die Plasmaabschirmlänge. Ein anderes wichtiges Resultat unserer „Wellendiagnose“ ist, dass es unter Schwerelosigkeit möglich ist, kristalline komplexe Plasmen mit einem Teilchenabstand zu erzeugen, der erheblich größer ist als die Plasmaabschirmlänge.

systems is by controlled excitation of low-frequency compressional waves. The waves were excited by modulating the voltage on the rf electrodes. The waves were either observed in almost the entire cloud of particles or in a specific wave channel (wave-guide). A typical picture of low-frequency waves propagating through a wave channel is shown in Fig. 2-64. By varying the modulation frequency the dispersion relation was measured. In order to compare experimental results with theory a self-consistent model of low-frequency waves in a collisional complex plasma with ion drift was developed. We considered plasma conditions appropriate to the above wave experiment and took into account the following effects: ion-neutral, ion-dust and neutral-dust collisions, external forces acting on the microparticle component (i.e., electric force and the ion drag force), as well as particle charge variations in the presence of the wave. We then derived the linear dispersion relation. From comparison between the experimental and theoretical results we could estimate the particle charge and the plasma screening length, which are very important characteristics of complex plasmas. We found the dimensionless particle charge in the range from z~0.4 to z~0.8, which is considerably smaller than the collisionless orbital motion limited (OML) theory prediction, z_{OML}~2. This difference was attributed to the important effect produced by ion-neutral charge exchange collisions, which increase the ion current to the grain surface and hence suppress the grain charge even when the ion mean free path is larger than the plasma screening length. Another important result of our “wave diagnostics” is that under microgravity conditions it is possible to create crystalline complex plasmas with intergrain spacing significantly larger than the plasma screening length.

Verteilung der potentiellen Energie innerhalb des “Voids” / Potential energy distribution inside the void

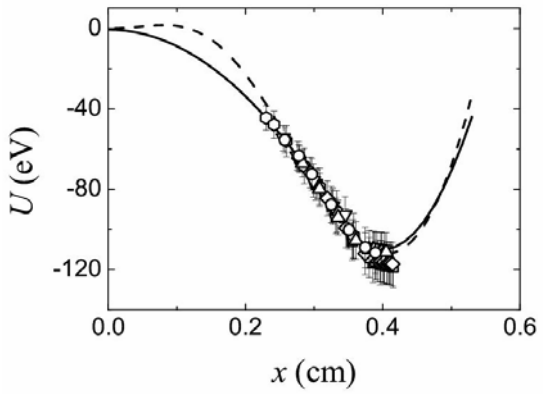


Abb. 2-65. Verteilung der potentiellen Energie innerhalb des Voids. Symbole entsprechen dem Experiment, die gestrichelte Linie entspricht der Theorie. Die Position x=0 befindet sich im Zentrum des Voids.

Fig. 2-65: Potential energy distribution inside the void. Symbols correspond to the experiment, dashed line correspond to theory. The position x=0 is at the void centre.

Die Bildung des sogenannten „Voids“ in Schwerelosigkeitsexperimenten hat zu einer Anzahl von theoretischen Erklärungen geführt, einschließlich des Effektes der Ionenreibung, thermophoretische Kaft, „Plasmalöcher“, usw. Während der Ionenreibungsmechanismus

The formation of the so-called “void” in microgravity experiments has precipitated a number of theoretical explanations, including effect of the ion drag force, thermophoretic force, “plasma holes”, etc. Whilst the ion drag mechanism of the void formation seemed

für die Void-Bildung am meisten mit den Beobachtungen konsistent erschien, war kein direkter experimenteller Beweis bisher vorhanden. In einem der Experimente beobachteten wir eine Instabilität an der Grenzfläche zwischen Partikelwolke und Void. Die Instabilität wurde von periodischen Kontraktionen des Void-Volumens und schnellen Injektionen von einer verhältnismäßig kleinen Zahl von Mikroteilchen aus der Partikelwolke in den Void begleitet. In der nachfolgenden Relaxationsphase wurden die injizierten Partikel aus dem Void in die komplexe Plasmawolke zurückgedrückt. Die Relaxationsphase war langsam genug, um eine genaue Analyse der Teilchentrajektorien während dieses Stadiums zu ermöglichen. Aus dieser Analyse wurde die Verteilung der Kräfte (und der entsprechenden potentiellen Energie) innerhalb des Voids rekonstruiert. Diese Verteilung ist in Abb. 2-65 gezeigt. Bei dem verhältnismäßig niedrigen Neutralgasdruck in den Experimenten war der direkte Vergleich mit einem Modell der Ionenreibung für stoßfreie Ionen möglich. Gute Übereinstimmung zwischen den theoretischen und experimentellen Resultaten wurde gefunden, wie in Abb. 2-65 gezeigt. Folglich können die Resultate als Beweis betrachtet werden, dass die Void-Bildung in komplexen Plasmen in Schwerelosigkeit durch den Ionenreibungsmechanismus konsistent erklärt werden kann.

most consistent with the observations, no direct experimental evidence was available previously. In one of the experiments we observed an instability of the particle cloud-void interface. The instability was accompanied by periodic contractions of the void volume and fast injection of a relatively small number microparticles from the cloud into the void. In the subsequent relaxation stage the injected grains were pushed from the void back into the complex plasma cloud. The relaxation stage was slow enough so that an accurate analysis of grain trajectories during this stage was possible. From this analysis the distribution of forces (and the equivalent potential energy) inside the void region was reconstructed. This distribution is shown in Fig. 2-65. At the relatively low neutral gas pressure used in the experiments the direct comparison with theory, with a model of the ion drag force developed for collisionless ions was possible. Good agreement between theoretical and experimental results was found as shown in Fig. 2-65. Hence the results may be considered as proof that the void formation in complex plasmas under microgravity conditions can be consistently explained by the ion drag mechanism.

Durchtritt durch Wände / Walking through walls

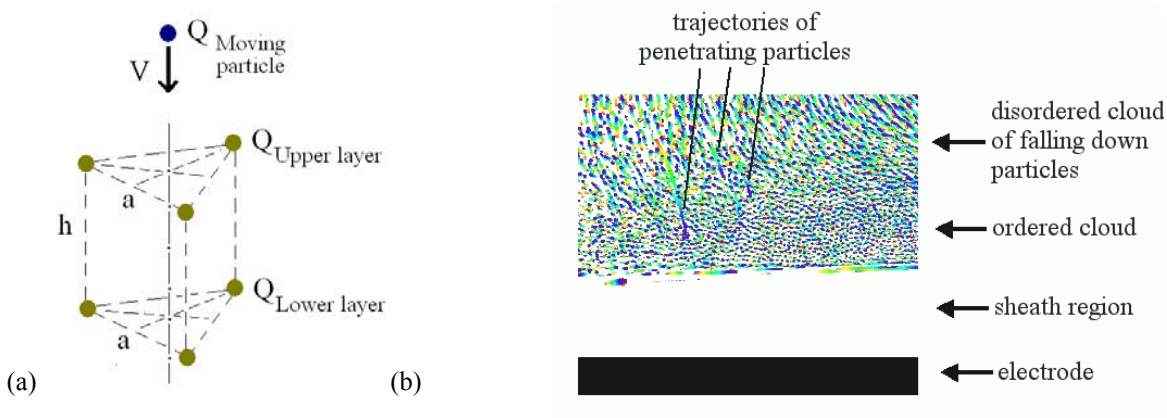


Abb. 2-66: (a) Geometrisches Modell für Ladungsvariation von durchdringenden Partikeln und Kristallpartikeln. (b) Experimentelle Trajektorien einer komplexen Plasmawolke, farbkodiert von rot nach blau. Die Trajektorien von drei durchdringenden Partikeln sind gekennzeichnet.

Fig. 2-66: (a) Geometrical model for charge variation of penetrating and crystal particles. (b) Experimental trajectories of a complex plasma cloud colour coded from red to blue. The trajectories of three penetrating particles are marked.

Manchmal wird beobachtet, dass einzelne Partikel das stark gekoppelte komplexe Plasma einfach durchdringen (sogar im kristallinen Zustand), als wenn diese Partikel „durch eine Wand hindurchgehen“. Wir haben diesen anomalen Transport, ein neues Phänomen, in Laborexperimenten beobachtet, in Experimenten unter Schwerelosigkeit und in Parabelflugexperimenten untersucht (Abb. 2-66). Zur Erklärung der Beobachtungen wurde ein „geometrisches Modell der Ladungsvariation“ der sich bewegenden Partikel und der Kristallpartikel vorgeschlagen. Die Hauptannahme der Theorie ist, dass das eindringende Partikel dem Kris-

Sometimes it is observed that individual particles appear to simply pass through a strongly coupled complex plasma (even in the crystalline state). It is if these particles can “walk through a wall”. We have studied this anomalous transport, a new phenomenon observed in ground-based laboratory experiments, in experiments under microgravity conditions and in parabolic flight experiments (Fig. 2-66). To explain the observations a “geometrical model for charge variation” of moving and crystal particles was proposed. The main assumption of the theory is that the new particle takes electrons away from crystal cell

tall Elektronen entzieht, entsprechend der Überlappung der Debyesphären. Da die Summe aller Ladungen innerhalb einer Zelle konstant ist, sollte sich die Ladung eines einzelnen Partikels verringern und die Barriere für den Durchtritt wird niedriger. Theoretische Vorhersagen stimmen mit Beobachtungen und numerischen Simulationen gut überein und zeigen, dass dieses extreme Phänomen als Folge der Nicht-Hamiltonischen Eigenschaft des komplexen Plasmas angesehen werden kann.

particles in proportion to the overlap of the Debye spheres. Since the sum of all charges remains constant inside a cell, the charge of an individual particle should decrease and the barrier for penetration will be lower. Theoretical predictions are in good qualitative agreement with observations and numerical simulations, and show that this extreme phenomenon can be considered as a consequence of the Non-Hamiltonian character of complex plasmas.

Messung der Partikelladung / Measurements of the particle charge

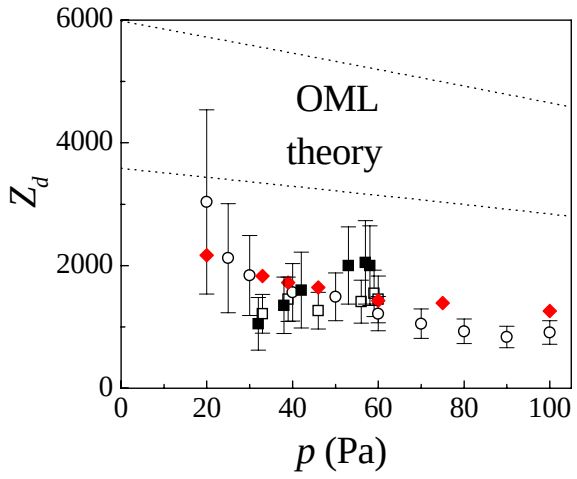


Abb. 2-67: Die in den Experimenten gemessene Partikelladung [Kräftegleichgewicht für niedrige Zahl von injizierten Partikeln (offene Kreise); Kräftegleichgewicht für Drücke oberhalb der Schwelle (offene Quadrate), Lösung der Dispersionsrelation (ausgefüllte Quadrate)] und aus MD-Simulationen (rote Rauten). Der Bereich zwischen den zwei punktierten Linien entspricht der Ladung, die durch das OML-Modell für einen Havnes-Parameter zwischen P=0.2 (obere Linie) und P=3 (untere Linie) gegeben wird.

Fig. 2-67: The particle charge obtained from experiments [force balance for low number of injected particles (open circles); force balance for pressures above the threshold (open squares), solution of dispersion relation (solid squares)], and from MD simulations (red diamonds). The area between the two dotted lines corresponds to the charge given by the OML model for Havnes parameters between P=0.2 (upper line) and P=3 (lower line)

Die Partikelladung ist die wichtigste Eigenschaft von komplexen Plasmen, welche die Wechselwirkung der Partikel mit den Plasmaelektronen und Ionen, elektromagnetischen Feldern, Wechselwirkung zwischen den Partikeln selbst, usw. bestimmt. Deshalb ist es nicht überraschend, dass die Aufladung der Partikel verstärkt theoretisch und experimentell untersucht wurde. Wir haben die Partikelaufladung experimentell im Hauptplasma einer DC-Entladung mit der PK-4 Apparatur bestimmt. Die Experimente wurden in einem breiten Druckbereich von ~20 bis ~150 Pa durchgeführt. Die Ladung wurde durch zwei unabhängige Methoden gemessen: Eine basiert auf der Analyse der Partikelbewegung in einem stabilen Partikelfluss (Kräftegleichgewichtsbedingung), die andere auf dem Übergang zum instabilen Fluss (Lösung der Dispersionsrelation). Die Experimente mit verhältnismäßig kleinen Teilchen (0.6µm Radius) wurden im Labor durchgeführt. Einige Experimente mit größeren Partikeln (1.7 und 3.4µm Radius) wurden auch unter Schwerelosigkeit während der 36. ESA-Parabelflugkampagne (März, 2004) durchgeführt. Um eine unabhängige Überprüfung der aus den Experimenten abgeschätzten Ladung vorzunehmen, wurden molekulardynamische Simulationen (MD) der Partikelladung für Bedingungen, ähnlich wie im Experiment, durchgeführt. Die Ergebnisse der beiden experimentellen Methoden und der MD-Simulationen (Abb. 2-67) zeigen eine gute Übereinstimmung. Die erhaltenen Ladungen sind beträchtlich kleiner als die durch die stoßfreie Orbital Motion Limited Theorie (OML)

The particle charge is the most important characteristics of complex plasmas, which determines the interaction of particles with the plasma electrons and ions, electromagnetic fields, interaction between the particles themselves, etc. Not surprisingly, the charging of particles is actively investigated both theoretically and experimentally. We determined the particle charge experimentally in a bulk dc discharge plasma using the PK-4 facility. The experiments were performed in a wide pressure range from ~20 up to ~150 Pa. The charge was obtained by two independent methods: One based on analysis of the particle motion in a stable particle flow (force balance condition) and another on transition to unstable flow (solution of the dispersion relation). The experiments with relatively small particles (0.6µm in radius) were performed in ground-based conditions. Some experiments with larger particles (1.7 and 3.4µm in radius) were also performed in microgravity conditions during the 36th ESA parabolic flight campaign (March, 2004). To have an independent verification of the charge estimated from experiments, molecular dynamics (MD) simulations of particle charging for conditions similar to those of the experiment were performed. The results of two experimental methods and MD simulations show good agreement (Fig. 2-67). The charges obtained are considerably smaller than those predicted by the collisionless orbit motion limited (OML) theory (especially, at higher pressures). This serves as an experimental confirmation that ion-neutral collisions significantly affect particle charging in the regime when the

vorausgesagten Werte (besonders bei höheren Drücken). Dieses Ergebnis dient als experimentelle Bestätigung dafür, dass Ionen-Neutralteilchenstöße die Partikelladung erheblich beeinflussen, wenn die mittlere freie Weglänge der Ionen vergleichbar zur Plasmaabschirmlänge ist.

ion mean free path is comparable to the plasma screening length.

[ANNARATONE, ANTONOVA, BUNK, FINK, GOLDBECK, JAMITZKY, KHRAPAK, KLUMOV, KNAPEK, KONOPKA, KRETSCHMER, MORFILL, NANOMURA, QUINN, RATYNSKAIA, SAMSONOV, THOMAS, YAROSHENKO, ZHDANOV,]

2.5.2 Theorie und Simulation / Theory and simulation

Kinetik von Nicht-Hamiltonischen Ensemblen / Kinetics of non-Hamiltonian ensembles

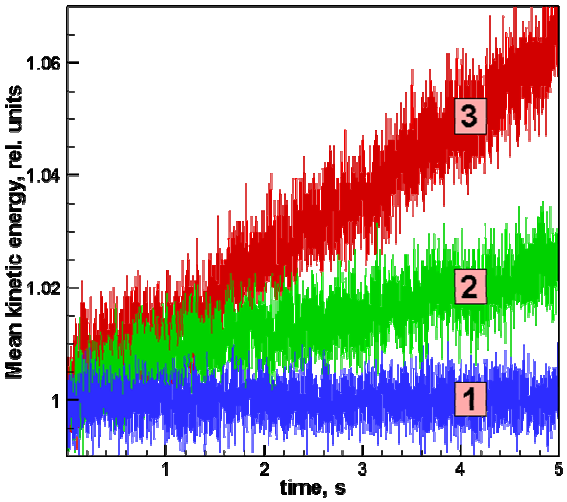


Abb. 2-68: Ausgangsstadium des mittleren Energiewachstums, wie aus den molekular-dynamischen Simulationen in Fall (i) folgt. Die Partikelenergie (normiert auf die Anfangstemperatur) ist als Funktion der Zeit für unterschiedliche Werte des dimensionslosen Ladungsgradienten aufgetragen.

Fig. 2-68: Initial stage of the mean energy growth, as obtained from the molecular dynamics simulations of case (i). The particle energy (normalized to the initial temperature) is plotted as function of time for different values of dimensionless charge gradient.

Eine der bemerkenswerten Eigenschaften, die komplexe (staubige) Plasmen von den üblichen Plasmen unterscheidet, ist, dass die Ladungen auf den Teilchen nicht konstant sind, sondern zeitlich um einen Gleichgewichtwert fluktuieren, der wiederum eine Funktion der räumlichen Koordinaten ist. Ensemble von Partikeln mit variablen Ladungen sind *nicht-Hamiltonische Systeme*, weil die gegenseitigen Stöße nicht energieerhaltend sind. Folglich ist der Gebrauch von thermodynamischen Potentialen zur Beschreibung solcher Systeme nicht wirklich gültig. Eine geeignetere Weise zur Beschreibung ihrer Entwicklung ist die Benutzung des kinetischen Zugangs. Wir haben zwei Fälle untersucht: (i) *inhomogene Ladung* – sie hängt ab von der Partikelkoordinate, aber ändert sich zeitlich nicht und (ii) *fluktuierende Ladung* – sie ändert sich zeitlich um den räumlich konstanten Gleichgewichtswert. Für beide Fälle verwendeten wir die Fokker-Planck Methode, um das Stoßintegral abzuleiten, das den Impuls- und Energietransfer während der Stöße beschreibt. Aus der Lösung der entsprechenden kinetischen Gleichung haben wir das Ergebnis erhalten, dass die mittlere Teilchenenergie zeitlich anwächst. Im Fall (i) ändert sich die Energie wie $\propto(t_{cr}-t)^{-2}$, entsprechend dem explosionsähnlichen Wachstum mit einer kritischen Zeitskala t_{cr} (Abb. 2-68). Im Fall (ii) wächst sie exponentiell. Die erhaltenen Lösungen können von großer Bedeutung sowohl für staubige Plasmen im Labor sein, als auch für Plasmen unter Schwerelosigkeitsbedingungen, in denen inhomogene Ladungsverteilungen häufig vorhanden sind. Zum Beispiel kann die Instabilität „Staubaufheizung“ in komplexen Plasmen bei niedrigen Drücken verursachen. Sie kann für das

One of the remarkable features distinguishing complex (dusty) plasmas from usual plasmas is that charges on the grains are not constant, but fluctuate in time around some equilibrium value which, in turn, is some function of spatial coordinates. Ensembles of particles with variable charges are *non-Hamiltonian systems*, because the mutual collisions do not conserve energy. Therefore, the use of thermodynamic potentials to describe such systems is not really valid. An appropriate way to investigate their evolution is to use the kinetic approach. We studied two cases: (i) *inhomogeneous charge* – it depends on the particle coordinate but does not change in time, and (ii) *fluctuating charge* – it changes in time around the equilibrium value, which is constant in space. For both cases we used the Fokker-Planck approach to derive the collision integral which describes the momentum and energy transfer in collisions. From the solution of the corresponding kinetic equation we obtain the result that the mean particle energy grows in time. In case (i) the energy changes as $\propto(t_{cr}-t)^{-2}$, exhibiting the explosion-like growth with t_{cr} a critical time scale (Fig. 2-68). In case (ii) it grows exponentially. The obtained solutions can be of significant importance for laboratory dusty plasmas as well as for space plasma environments, where inhomogeneous charge distributions are often present. For instance, the instability can cause “dust heating” in low-pressure complex plasma experiments, it can be responsible for the melting of plasma crystals and it might operate in protoplanetary disks where it could affect the kinetics of the planet formation, etc.

Schmelzen von Plasmakristallen verantwortlich sein, und sie könnte in protoplanetaren Scheiben wichtig sein, wo sie die Kinetik bei der Planetenbildung beeinflussen könnte, usw.

Kinetischer Zugang für die Ionenreibung / Kinetic approach for the ion drag force

Die binäre Stoßnäherung erfordert die folgenden Annahmen: (i) Die Ionen-Neutralteilchenstöße sind vernachlässigbar. (ii) Es wird vorausgesetzt, dass die Potentialverteilung um die Testladung isotrop ist (obgleich die Ionenflussgeschwindigkeit zur Anisotropie führt). (iii) Die Verteilungsfunktion für Ionen muss vorgegeben werden. Alle diese Punkte können erfolgreich gelöst werden, indem man die selbstkonsistente *kinetische Näherung* anwendet. Anstatt einzelne Ionentrajektorien zu berechnen und dann den resultierenden Impulstransfer zu integrieren, kann man die zur kinetischen Gleichung für Ionen gekoppelte Poissongleichung lösen und das selbstkonsistente elektrostatische Potential um die Partikel ermitteln. Das elektrische Feld der Polarisation am Ursprung der Testladung liefert uns die Kraft auf die Partikel. So lange die lineare Näherung anwendbar ist – der sogenannte „lineare dieelktrische Response-Formalismus“ – wird das vollständige Problem im Wesentlichen auf die Berechnung der passenden Plasmaresponsefunktion reduziert (Permittivität). Die generalisierte kinetische Näherung erlaubt uns, die Ionenreibungskraft für beliebige Ionen-Neutralteilchen Stoßfrequenzen und beliebige Ionenflussgeschwindigkeiten zu erhalten, wie in Abb. 2-69 gezeigt. Für einen subthermischen Fluss wächst die Kraft $\propto M_T$ und Stöße erhöhen dies, für einen suprathermischen Fluss fällt die Kraft wie $\propto M_T^{-1}$ ab und Stöße verringern dies. Die kinetische Näherung erlaubt uns auch festzustellen, wie sich die effektive Abschirmlänge mit der Ionengeschwindigkeit ändert. Abb. 2-70 zeigt, dass der Übergang von der linearisierten Debyelänge im Hauptplasma (kleine M_T) zur Elektronen-Debyelänge in der Randschicht (große M_T) in einem ziemlich schmalen Geschwindigkeitsbereich um M_T~1 auftritt.

The binary collision approach requires the following assumptions: (i) The ion-neutral collisions are neglected. (ii) The potential distribution around the test charge is presumed to be isotropic (although the ion flow velocity introduces anisotropy). (iii) The distribution function for ions has to be presumed. All these issues can be successfully resolved by employing the self consistent *kinetic approach*. Instead of calculating single ion trajectories and then integrating the resulting momentum transfer, one can solve the Poisson equation coupled to the kinetic equation for ions and obtain the self consistent electrostatic potential around the particle. The polarization electric field at the origin of the test charge gives us the force on the particle. As long as the linear approximation is applicable – the so-called “linear dielectric response formalism” – the whole problem is basically reduced to the calculation of the appropriate plasma response function (permittivity). The generalized kinetic approach allows us to obtain the ion drag force for arbitrary frequency of the ion neutral collisions and arbitrary velocity of the ion flow, as shown in Fig. 2-69. For a subthermal flow the force grows $\propto M_T$ and collisions enhance it, for a suprathermal flow the force falls off as $\propto M_T^{-1}$ and collisions reduce it. The kinetic approach also allows us to determine how the effective screening length changes with the ion velocity. Fig. 2-70 show that the transition from the linearized Debye length in bulk plasmas (small M_T) to the electron Debye length in the sheath (large M_T) occurs in a fairly narrow range of velocities around
M_T~1.

[IVLEV, KLUMOV, KHRAPAK, MORFILL ZHDANOV, TSYTOVITCH]

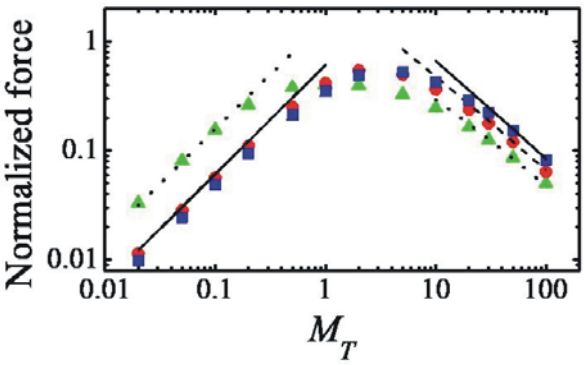


Abb. 2-69: Normierte Ionenreibungskraft als Funktion der thermischen Machzahl MT (Verhältnis der Ionenflussgeschwindigkeit zur thermischen Geschwindigkeit der Ionen). Symbole repräsentieren numerische Resultate für schwach stoßdominierte (Quadrate), Übergangsbereiche (Kreise) und stark stoßdominierte (Dreiecke) Fälle, bei denen die mittlere freie Weglänge der Ionen viel länger ist, vergleichbar, bzw. viel kürzer als die Debyeabschirmlänge ist. Linien zeigen analytische Asymptoten bei kleinen und großen Machzahlen für die gleichen Fälle.

Fig. 2-69: Normalized ion drag force versus the thermal Mach number MT (ratio of the ion flow velocity to the ion thermal velocity). Symbols represent numerical results for weakly collisional (square), transitional (circle), and strongly collisional (triangle) cases – when the ion mean free path is much longer, comparable, and much shorter than the screening Debye length, respectively. Lines show analytic asymptotes at small and large Mach numbers for the same cases.

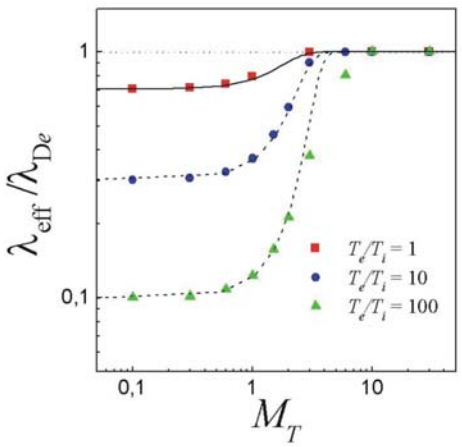


Abb. 2-70: Aufgetragen ist die effektive Abschirmlänge λ_{eff} der geladenen Teilchen im flüssigen Plasma gegen die thermische Machzahl M_T (Ionenflussgeschwindigkeit normiert zur thermischen Geschwindigkeit der Ionen) für unterschiedliche Verhältnisse der Elektronen zu Ionentemperatur. Symbole entsprechen numerischen Berechnungen, Linien zeigen einfache Fits.

Fig. 2-70: The effective screening length λeff of the charged grain in the flowing plasma versus the thermal Mach number MT (ion flow velocity normalized to the ion thermal velocity) for different electron-to-ion temperature ratios. Symbols are numerical calculations, lines are simple fits.

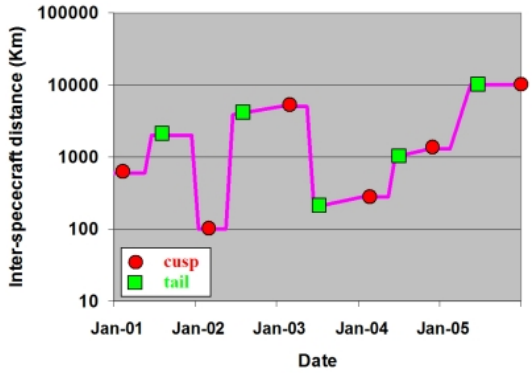
3 EXPERIMENTELLE ENTWICKLUNG UND PROJEKTE / EXPERIMENTAL DEVELOPMENT AND PROJECTS

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, die Dynamik dieser Grenzschichten, wie z.B. der Bugstoßwelle oder der Magnetopause zu untersuchen, da mit vier Satelliten erstmals räumliche und zeitliche Variationen unterschieden werden können (s.a. Kapitel 2.1).

Der Abstand der Satelliten wird im Laufe der Mission variiert, um physikalische Phänomene auf unterschiedlichen Skalenlängen in den verschiedenen Gebieten der Magnetosphäre untersuchen zu können. Im Jahre 2004 war dies ein Abstand von ~300 km in der Cusp und ~1000 km im Schweif der Magnetosphäre (Abb. 3-1). Im nächsten Jahr ist geplant, den Abstand im Schweif auf ~10.000 km zu vergrößern.



Die Cluster Mission wurde im Jahre 2002 bis zum Ende 2005 verlängert. Wegen des insgesamt guten technischen Zustands aller 4 Satelliten und ihrer Instrumentierung und des Bereichs bisher noch nicht abgedeckter großer Skalenlängen von 10.000 km und mehr, wurde eine weitere Verlängerung der Mission um 4 Jahre mit einer Bewertung in 2007 vorgeschlagen und mittlerweile vom Science Program Committee (SPC) der ESA genehmigt.

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 processes at plasma boundaries of Earth’s magnetosphere. 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 the dynamic of boundaries, like the Earth’s bow shock and magnetopause, because the 4-spacecraft measurements make it possible for the first time to distinguish between spatial and temporal variations (e.g. chapter 2.1).

The distance of the spacecraft is being varied during the mission to investigate space plasma phenomena on different length scales in different regions of the magnetosphere. In 2004 the distance was ~ 300 km in the cusp and ~1000 km in the tail of the magneto-sphere (Fig. 3-1). For the next year it is planned to increase the distance to ~10.000 km.

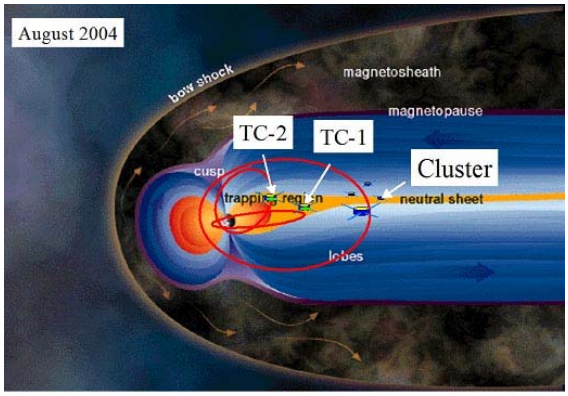
Abb. 3-1: Abstand der Cluster Satelliten in der Tetraeder Konfiguration in den Zielgebieten Cusp und Magnetosphärenschweif.

Fig. 3-1: Distance of the four Cluster spacecraft in the tetrahedron configuration in the target areas cusp and tail of the magnetosphere.

In 2002 the Cluster mission was extended to the end of 2005. Because of the excellent performance of all four spacecraft and their instrumentation and the so far not covered large distances of ~10.000 km and more, another extension of 4 years with a review after 2 years in 2007 was proposed and accepted by the Science Program Committee (SPC) of ESA in February 2005.

Das MPE ist an zwei Instrumenten der wissenschaftlichen Nutzlast von Cluster wesentlich beteiligt, und zwar am *Elektronendrift-Instrument (EDI)* und beim *Cluster-Ionen-Spektrometer (CIS)* (s. Jahresbericht 2003).

Mit der Mission Double Star wurde die Cluster Flotte um zwei weitere Satelliten erweitert. Die Mission wurde im Rahmen eines Kooperationsvertrages zwischen ESA und CNSA (Chinese National Space Administration) durchgeführt. Der erste Satellit, Double Star TC-1, wurde am 29. Dezember 2003 mit einer Rakete vom Typ Langer Marsch 2C/SM erfolgreich in Xichuan in eine äquatoriale Umlaufbahn (570x78970 km) gestartet. Der zweite Satellit wurde am 25. Juli 2004 in eine polare Umlaufbahn (690x38230 km) gestartet. Mit den vier Cluster Satelliten und Double Star können nun erstmals koordinierte Messungen in der Magnetosphäre mit bis zu 6 Satelliten durchgeführt werden (Abb. 3-2).



Die Nutzlast von Double Star TC-1 besteht aus insgesamt 8 Experimenten, wobei 5 der Sensoren Ersatzexperimente der Cluster Mission sind, darunter der Sensor *HIA (Hot Ion Analyzer)* des *CIS* Experimentes auf Cluster. Die Nutzlast von Double Star TC-2 besteht ebenfalls aus acht Experimenten, mit nur einem aus der Cluster Serie.

In diesem Jahr wurde der Aufbau des *Cluster-Archivs (CAA)* mit der Definition der Datensätze, die in das Archiv aufgenommen werden, fortgesetzt. Dieses Langzeit-Archiv wird von ESA im Rahmen des *International Living with a Star (ILWS)* Programms finanziert und in den Jahren 2004 bis 2007 aufgebaut. Ziel ist, alle relevanten Cluster Daten, insbesondere zur Untersuchung von Sonne-Erde Wechselwirkungen, einer möglichst großen internationalen wissenschaftlichen Gemeinde zur Verfügung zu stellen.

Das *Deutsche 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 Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung (MPS) 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 im Umfang von zur Zeit ~40 GByte können dann von

MPE has been heavily involved in two instruments of the science payload: in the *Electron-Drift Instrument (EDI)*, and in the *Cluster Ion Spectrometer (CIS)* (see Annual Report 2003).

With the Double Star mission the Cluster fleet has been complemented by two more spacecraft. The mission is based on an agreement between ESA and the Chinese National Space Administration (CNSA). The first spacecraft, Double Star TC-1, was successfully launched on 29 December 2003 from Xichuan with a Long March 2C/SM rocket into an equatorial orbit (570x78970 km). The second spacecraft was successfully launched on 25 July 2004 into a polar orbit (690x38230 km). With the four Cluster spacecraft and Double Star coordinated measurements with up to 6 spacecraft in the same region of the magnetosphere are now becoming possible for the first time (Fig. 3-2).

Abb. 3-2: Umlaufbahnen der 4 CLUSTER Satelliten und der beiden Satelliten der Double Star Mission, mit einem schematischen Bild der Magnetosphäre der Erde. Mit den Missionen Cluster und Double Star werden nun erstmalig koordinierte Messungen in der Magnetosphäre mit bis zu 6 Satelliten möglich.

Fig. 3-2: Orbits of the 4 Cluster spacecraft and of the 2 satellites of the Double Star mission, with a schematic picture of the magnetosphere of the Earth. With the missions Cluster and Double Star, coordinated measurements with up to 6 spacecraft are now becoming available for the first time.

The payload of Double Star TC-1 consists of eight instruments with five of the eight being spares from the Cluster mission, including *HIA (Hot Ion Analyzer)*, that is part of the *CIS* experiment onboard Cluster. The payload of Double Star TC-2 includes also eight experiments, with only one from the Cluster series.

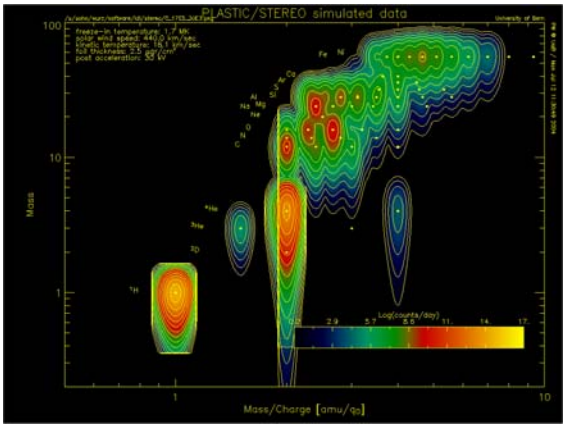
This year we continued with the design of the *Cluster-Archive (CAA)*, in particular with the definition of the EDI data sets to be included in the archive. This long-term archive is supported by ESA in the framework of the *International Living with a Star (ILWS)* program and it will be implemented in the years 2004 to 2007. The purpose of the 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 the scientific data for the German instruments, RAPID (Research with Adaptive Particle Imaging Detectors) from the Max-Planck-Institute for Solar System Research (MPS) and EDI from our institute. The resulting datasets are distributed among the various data centres such that each centre is in the possession of the data from all Cluster instruments. These data, presently ~40 GByte, can then be retrieved from any scientist in Germany par-

allen an der Cluster Mission beteiligten Wissenschaftlern in Deutschland über ein Internet-Interface abgerufen werden. Zur Zeit verzeichnet das GCDC durchschnittlich 2500 Zugriffe pro Monat mit einem Datentransfer von insgesamt ~1 GByte. Das GCDC stellt außerdem Übersichtsplots der Daten aller Cluster Instrumente her, die an die anderen Zentren verteilt werden.

Das Experiment *PLASTIC (Plasma und Supra-Thermal Ion Composition)* für die Mission *STEREO (Solar Terrrestrial Relations Observatory)* basiert auf dem CIS-CODIF Sensor auf Cluster. Das Experiment wird die Bestimmung der Parameter Dichte, Geschwindigkeit und Temperatur von Protonen und Alphateilchen des solaren Windes, sowie die Bestimmung von Masse und Ladung schwerer Ionen des solaren Windes und suprathermischer Ionen mit bis zu 100 keV/e im Massenbereich H bis Fe gestatten (s.a. Jahresbericht 2003).

In diesem Jahr wurden die Qualifikationstests und die Kalibrierungsmessungen des Proto-Flugmodells erfolgreich beendet und die Fertigung der Flugmodelle weitgehend abgeschlossen. Abb. 3-3 zeigt das Ergebnis einer Sensorsimulation für eine Reihe von Ionen im Massenbereich H bis Fe, wobei die Daten für die Auflösung in Masse und Masse/Ladung aus den Eichmessungen einzelner Ionen mit der Proto-Flugeinheit gewonnen wurden. Abb. 3-3 zeigt, dass Masse und Ionenladungszustände der häufigsten Ionen bis zur Masse von Eisen gut getrennt werden können.



Nächste Schritte sind die Qualifikationstests und die Eichmessungen der beiden Flugmodelle im Zeitraum Dezember 2004 bis April 2005. Der Start von STEREO ist für Februar 2006 geplant.

Die Projekte Cluster (EDI, CIS) und Cluster Active Archive (CAA) wurden unterstützt von ESA (1501073-2400, 18069/04/NL/NR). Die folgenden Projekte wurden von dem DLR unterstützt: Cluster: GCDC (50.OC.0104), EDI (50.OC.0001), CIS (550.OC.0102).

ticipating in the Cluster data analysis via a web-based interface. Currently, there are on average about 2500 requests to the GCDC per month with a total data transfer of about 1 GByte. The GCDC is also responsible for the production of survey plots of all Cluster instruments that are distributed to the other data centres.

The experiment *PLASTIC (Plasma und Supra-Thermal Ion Composition)* for the mission *STEREO* (*Solar Terrestrial Relations Observatory*) is based on the CIS-CODIF sensor onboard Cluster. The experiment will provide the parameters density, velocity and temperature of solar wind protons and alpha-particles, and allow the determination of mass and ionic charge of heavy ions in the solar wind, and of suprathermal particles up to 100 keV/e in the mass range H to Fe (e.g. Annual Report 2003).

In 2004 the qualification tests and the calibration of the proto-flight model and the fabrication of the two flight models have been successfully completed. Fig. 3-3 shows the result of a sensor simulation for a number of ions in the mass range H to Fe, where the results from the proto-flight model calibration for the resolution in mass and mass-per-charge have been used. Fig. 3-3 shows that mass and ionic charge states of the most abundant ions up to the mass of iron can be well resolved.

Abb. 3-3: Ansprechvermögen des PLASTIC Sensors in Masse und Masse/Ladung für Ionen im Massenbereich H – Fe. Die Simulation basiert auf den Eichmessungen der Proto-Flugeinheit einzelner Ionen und zeigt, dass die Masse und die Ionenladungszustände der häufigsten Ionen im Massenbereich H bis Fe gut getrennt werden können.

Fig. 3-3: Simulated response of the PLASTIC sensor in mass and mass/charge for ions in the mass range of H to Fe. The simulation is based on the proto-flight unit calibration measurements and shows that mass and ionic charge states of the most abundant ions in the mass range H to Fe can be well resolved.

The next steps are the qualification tests and the calibration measurements of the two flight units during December 2004 until April 2005. The launch of STEREO is planned for February 2006.

The project Cluster (EDI, CIS) and the Cluster Active Archive (CAA) have been supported by ESA (1501073-2400, 18069/04/NL/NR). The following projects have been supported by DLR: Cluster: GCDC (50.OC.0104), EDI (50.OC.0001), CIS (50.OC.0102).

3.2 INFRAROT/SUBMILLIMETER ASTRONOMIE / INFRARED/SUBMILLIMETER ASTRONOMY

Im Sommer 2004 haben wir SINFONI erfolgreich am Very Large Telescope (VLT) in Betrieb genommen. SINFONI und die hochauflösende Nahinfrarotkamera NACO werden nächstes Jahr durch den Laserleitstern mit unserem PARSEC Laser noch leistungsfähiger werden. Die Instrumentenentwicklung für Teleskope der 8m-Klasse wird mit LUCIFER für das Large Binocular Telescope und KMOS für das VLT fortgesetzt. Mit der Beteiligung am VLTI PRIMA-Projekt werden uns neue Möglichkeiten in der Interferometrie eröffnet. Im Herbst haben wir das Qualifikationsmodell von PACS für das Weltraumobservatorium Herschel der ESA getestet, zur Zeit das umfangreichste Instrumentierungsprojekt am MPE. Auch FIFI-LS für das Flugzeugobservatorium SOFIA tritt jetzt in die Testphase ein. Die neuen Instrumente bieten aufregende Chancen für unseren Ansatz, einige wissenschaftliche Schlüsselprobleme mit vielfältigen Beobachtungsmethoden anzugehen.

Höhepunkt des Jahres war sicherlich die erfolgreiche Inbetriebnahme des neuen *SINFONI*-Instruments („Spectrograph for Integral Field Observation in the Near-Infrared“), mit dem das Weltall mit bisher unerreichter Genauigkeit in drei Dimensionen erforscht werden kann (Abb. 3-4). Am Abend des 9. Juli 2004 hat SINFONI zum ersten Mal am 8.2m Yepun-Teleskop des VLT in der chilenischen Atacama-Wüste beobachtet. Mit seiner adaptiven Optik erreicht SINFONI eine Bildschärfe, wie sie sonst nur vom Weltall aus möglich ist, und sein Spektrometer kann dann das Licht jedes seiner über 2000 Bildpunkte in seine spektralen Anteile zerlegen. Die ersten Einblicke in das Zentrum unserer Milchstraße sowie in mehrere Milliarden Lichtjahre entfernte Galaxien sind spektakulär und geben einen Vorgeschmack, auf welche Weise SINFONI zur Forschung beitragen wird. SINFONI besteht aus zwei Teilen, dem abbildenden Spektrometer *SPIFFI* (Spectrometer for Infrared Faint Field Imaging) und der Adaptiven Optik MACAO (Multi Application Curvature Adaptive Optics).

Abb. 3-4: SINFONI bei der Inbetriebnahme am VLT in Chile. SINFONI besteht aus dem abbildenden Infrarotspektrometer SPIFFI und der Adaptiven Optik MACAO. Der Aluminiumzylinder mit einem Durchmesser von 1.3m beherbergt SPIFFI. Die adaptive Optik befindet sich im blauen Zylinder darüber. Das Instrument hat ein Gewicht von etwa zwei Tonnen.

Fig. 3-4: SINFONI during commissioning at the VLT in Chile. SINFONI consists of the integral field spectrometer SPIFFI and the adaptive optics MACAO. The aluminium cylinder with a diameter of 1.3m hosts SPIFFI. The adaptive optics is located in the blue cylinder on top. The instrument has a total weight of about two tons.

SPIFFI wurde am MPE in Zusammenarbeit mit dem Niederländischen Forschungsinstitut für Astronomie (NOVA) und der Europäischen Südsternwarte (ESO)

In summer 2004 we have successfully commissioned SINFONI at the Very Large Telescope (VLT). SINFONI and the high resolution near-infrared camera NACO will become yet more powerful next year through the laser guide star using our PARSEC Laser. Development of instruments for 8m class telescopes is continuing with LUCIFER for the Large Binocular Telescope and KMOS for the VLT. Through the contribution to the VLTI PRIMA project, new opportunities will become available to us in interferometry. In fall we have tested the qualification model of PACS for ESA's space observatory Herschel, currently the largest instrumentation project at MPE. FIFI-LS for the airborne observatory SOFIA is entering the test phase as well. All these upcoming instruments provide exciting prospects for our approach of tackling a few key scientific questions using a wide range of observational methods.

Highlight of the year was clearly the successful commissioning of the new *SINFONI* instrument (“Spectrograph for Integral Field Observation in the Near-Infrared”), which allows three-dimensional studies of the universe of unprecedented precision (Fig. 3.4). SINFONI had its first light on the evening of June 9, 2004 at the 8.2m Yepun telescope of the VLT, in the Chilean Atacama desert. With its adaptive optics, SINFONI reaches a spatial resolution otherwise possible only from space, and its spectrometer can disperse the light of each of more than 2000 spatial pixels into its spectral constituents. First views of the center of our Galaxy and of galaxies at several billion light years distance are spectacular and give a first impression of how SINFONI may contribute to future research. SINFONI consists of two parts, the integral field spectrograph *SPIFFI* (Spectrometer for Infrared Faint Field Imaging) and the adaptive optics MACAO (Multi Application Curvature Adaptive Optics).

SPIFFI was developed at MPE in collaboration with the Netherlands Research School for Astronomy (NOVA) and the European Southern Observatory

entwickelt. SPIFFI liefert mit einer einzigen Aufnahme für jedes seiner 64x32 Bildelemente ein Spektrum. Das Herz von SPIFFI ist der Bildzerleger, mit dem das Gesichtsfeld mit Spiegeln in 32 kleine Streifen zerschnitten wird, die dann gleichzeitig in einem Spektrometer analysiert werden. Diese spektrale Analyse erfolgt im Infraroten bei einer Wellenlänge von 1-2.5µm. Da bei diesen Wellenlängen die thermische Strahlung der Umgebung das Instrument blenden würde, wird das gesamte Spektrometer mit flüssigem Stickstoff auf -195°C abgekühlt. Die von ESO entwickelte adaptive Optik MACAO basiert auf einem verformbaren Spiegel, der mehrere Hundert Mal je Sekunde die von der Luftunruhe über dem Teleskop erzeugte Unschärfe korrigiert. Damit wird die Bildschärfe nur noch durch die Größe des VLT-Teleskops begrenzt, dessen Spiegel-Durchmesser acht Meter beträgt. Das SINFONI-Gesamtsystem eröffnet nicht nur neue Möglichkeiten abbildender Spektroskopie, sondern ist auch empfindlicher als vorhandene konventionelle Spektrographen.

Unser *PARSEC* Laser wird 2005 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. Dieses Jahr haben wir ein wichtiges Ziel erreicht: Während der Abnahmetests hat PARSEC alle Anforderungen erreicht oder übertroffen. Höhepunkt war der Dauertest bei dem PARSEC für 72 Stunden innerhalb 4 Tagen in Betrieb war, mit stets über 12W Ausgangsleistung. PARSEC ist damit der weltweit stärkste Laser für Dauerbetrieb im gelben Natriumlicht. PARSEC wird zur Zeit im Labor des MPE in die übrige Laserleitsterneinrichtung eingebaut, mit dem Ziel abschließender Systemtests. Das Gesamtsystem enthält von ESO bereitgestellte Komponenten: Ein Strahlumlenkungssystem zur Einkopplung des leistungsstarken Laserstrahls in eine einzige mikrostrukturierte Lichtleitfaser, die Faser selbst die das Licht zum projizierenden Teleskop transportiert, und dieses Teleskop das hinter dem Sekundärspiegel des UT4 montiert wird und den Strahl auf 50 cm aufweitet bevor er in die Mesosphäre projiziert wird.

LUCIFER kombiniert Nahinfrarotkamera und Spektrograph im Bereich von 1-2.5µm, für beugungs- und seeing-begrenzte Beobachtungen am LBT (Abb. 3-5). Das Instrument wird von einem deutschen Konsortium unter Führung der Landessternwarte Heidelberg gebaut. Das MPE ist für die Multi-Objekt-Einheit (MOS-Einheit) des Spektrographen zuständig. In diesem Jahr wurden alle Komponenten der MOS-Einheit mit Ausnahme der Niederhalter für die Gesichtsfeld-Masken gefertigt und in das System integriert. Seit Mitte des Jahres wurden Systemtests bei Zimmertemperatur durchgeführt (Abb. 3-6). Anfang November wurde mit Tests bei tiefen Temperaturen begonnen (etwa 90 K). Die beiden für den Magazinwechsel erforderlichen Hilfskryostaten wurden Mitte November geliefert und

(ESO). With a single exposure, SPIFFI delivers a spectrum for each of its 64x32 spatial pixels. The heart of SPIFFI is the image slicer, separating the field of view by means of mirrors into 32 small strips, which are then analysed simultaneously in a spectrometer. This spectral analysis is in the infrared at wavelengths from 1 to 2.5µm. Since thermal radiation from the surroundings would blind the instrument at these wavelengths, the whole spectrometer is cooled by liquid nitrogen to a temperature of -195°C. The ESO developed adaptive optics MACAO uses a deformable mirror which corrects several hundred times a second the image blurring caused by the turbulent air above the telescope. Thus, the spatial resolution is limited only by the size of the VLT telescope with its mirror diameter of eight meter. The SINFONI system does not only open new possibilities for imaging spectroscopy, it is also more sensitive than existing conventional spectrographs

Our *PARSEC* laser will be installed on the VLT UT4 in 2005 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 to create an artificial guide star that will allow the adaptive optics instruments NACO and SINFONI achieve very high spatial resolution even on faint science targets. This year marked the successful completion of a major milestone: During the acceptance tests, PARSEC met or exceeded all its specifications. The highlight was the long-term test, during which the laser operated almost continuously for 72 hours over a 4 day period, always with the output power above 12W. PARSEC is thus the most powerful laser worldwide for continuous operation in the yellow light of sodium. PARSEC is currently being integrated into the rest of the Laser Guide Star Facility in the laboratory at MPE in preparation for final system tests. The completed hardware includes several components designed and built by ESO: a beam relay system to inject the high power laser beam into a single mode photonic crystal fibre; the fibre itself that transports the light to the launch telescope; and the launch telescope, which will be mounted behind the secondary mirror of the UT4 and will expand the beam to a 50 cm diameter before projecting it towards the mesosphere.

LUCIFER combines a near-infrared (1 to 2.5µm) camera and a spectrograph for seeing and diffraction limited observations at the LBT (Fig. 3-5). The instrument is being built by a German consortium led by the Landessternwarte at Heidelberg. MPE is responsible for the multi-object-spectroscopy unit (MOS-unit). During this year, all MOS-unit components, except for the mask retainer, have been manufactured and have been integrated into the system. Warm system tests started in summer (Fig. 3-6, followed by cold tests (at temperatures around 90K) starting in November. The two auxiliary cryostats required for mask cabinet exchange have been delivered middle of November and will be ready for use within the first quarter of 2005.

werden im ersten Quartal 2005 einsatzbereit sein.

Abb. 3-5: LBT: Das Large Binocular Telescope, an dem MPE und andere deutsche Institute eine Anteil von 25% haben wurde am 15. Oktober 2004 in Anwesenheit von etwa 200 Gästen eingeweiht und nähert sich rasch den wissenschaftlichen Beobachtungen. Der erste 8m-Hauptspiegel wurde Mitte 2004 eingebaut und hat erstes „technisches" Licht gesehen. Wir erwarten die ersten wissenschaftlichen Daten für Mitte 2005.

Fig. 3-5: LBT: The Large Binocular Telescope, in which MPE and other German institutes have a 25% share, was dedicated on October 15, 2004 with about 200 guests present. Overall, the LBT is quickly approaching its first science data. The first 8m primary mirror was installed in mid-2004 and was followed by the first engineering light. We expect the first scientific quality data to be obtained in mid 2005.

Abb. 3-6: Die LUCIFER-MOS Einheit im Test. Rechts sind die Maskenmagazine mit einem Maskenrahmen zu erkennen. Die Spirale vorne links dient zum Antrieb während des Magazinwechsels. Dahinter befindet sich der Roboter für den Maskentransport, der über das braune Band versorgt wird. Hinter dem Roboter, halb von der Stützstrebe verdeckt, ist die Klemmvorrichtung für die Masken in der Fokalebene zu sehen.

Fig. 3-6: The LUCIFER-MOS unit during testing. To the right, the mask storage cabinets with one mask frame inserted can be seen. The large screw to the left drives the cabinet exchange. Behind the cabinets, the mask-handling robot is located which is powered via the brown flexible board. The focal plane interface, clamping the masks in the image plane is located behind the robot, partially covered by the support strut.

KMOS ist ein Multi-feldabbildender Nahinfrarotspektrograph (1-2.5µm) der zweiten Generation für das VLT, der von einem deutsch-britischen Konsortium unter Mitwirkung der Infrarotgruppe und der Gruppe für interpretative Astronomie des MPE gebaut wird. KMOS soll 2009 ans Teleskop gehen. Das Konzept sieht vor, innerhalb des Gesichtsfeldes von 7.2 Bogenminuten Durchmesser 24 kleine Felder von etwa 2x2 Bogensekunden mit Hilfe von nahezu frei positionierbaren Armen auszuwählen. Jeder Arm trägt an seiner Spitze einen kleinen Spiegel, der das Licht in den hohlen Arm lenkt, von wo es über ein optisches System auf die Eintrittsöffnung eines Bildfeld-Zerlegers (IFU) abgebildet wird. Dort wird das Bild in Streifen zerlegt, wobei jeweils 8 IFUs die Bildstreifen auf den Eintrittsspalt eines Spektrographen abbilden, so dass 3 Spektrographen benötigt werden. MPE wird innerhalb des Konsortiums für Datenanalysesoftware zuständig sein.

KMOS is a second-generation near-infrared (1-2.5µm) multi-integral-field spectrograph for the VLT, which is being built by a British-German consortium under participation of the infrared and interpretative astronomy groups at MPE. First light for KMOS is planned for 2009. The concept assumes that 24 sub-fields of 2x2 arc-seconds each can be selected within the 7.2 arc-minute diameter telescope field of view by almost freely deployable pick-off arms. Each arm carries a small mirror in its tip deflecting the light into the hollow arm, from there, it is re-imaged onto the entrance port of an integral-field unit (IFU) by a relay optics system. The IFUs re-arrange the images into stripes, with 8 IFUs re-imaging their stripes on the entrance slit of one spectrograph. Therefore, three identical spectrographs are required for KMOS. MPE will be responsible for data analysis software.

Für das *Herschel Space Observatory* der ESA, das im Jahr 2007 gestartet werden soll, trägt das MPE als PI-Institut innerhalb eines europäischen Konsortiums aus 15 Instituten in 6 Ländern die Verantwortung für den Bau und Betrieb eines der drei Fokalebeneninstrumente. *PACS* (Photodetector Array Camera & Spectrometer) ist ein abbildendes, kombiniertes Photo/Spektrometer für den Wellenlängenbereich 57-210µm.

For the *Herschel Space Observatory*, an ESA cornerstone mission to be launched in 2007, MPE as the PI-institute in a European consortium of 15 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 57-210µm.

In diesem Jahr konnte das Qualifikationsmodell von *PACS* fertig gestellt, getestet und an ESA abgeliefert werden. Zunächst wurden die letzten Tests an den Untereinheiten durchgeführt, insbesondere wurden bei uns und am MPIA (Heidelberg) die Photoleiter-Detektormodule charakterisiert, ehe sie von uns in die beiden Arraygehäuse integriert wurden. Am Leichtionenbeschleuniger der Universität von Louvain la Neuve (Belgien) wurden erste Messungen an Detektoren unter realistischer Bestrahlung mit Hochenergie-Protonen durchgeführt, um das Verhalten der Detektoren im interplanetaren Raum zu untersuchen. Die von unseren Partnern bei CEA (Saclay), CSL (Liege), IAC (Teneriffa) und IFSI (Rom) beigestellten Avionic-Modelle der Bordelektronik wurden zusammen mit der simulierten Bodenstation getestet, in Vorbereitung für die nachfolgenden Tests des gesamten PACS-Systems. Parallel dazu wurden Struktur und Optik der Fokalebeneneinheit bei Kayser-Threde München integriert und justiert, während am MPE die kryogene Testoptik mit Teleskopsimulator und Kalibrationsquellen für den Testkryostaten aufgebaut und justiert wurde. Nach Integration der Detektorarrays sowie der von CEA (Saclay) beigestellten Photometereinheit mit den Bolometerarrays und dem 0,3 K Kühler in die Fokalebeneneinheit erfolgte deren Integration mit der Testoptik im Testkryostaten (Abb. 3-7). Danach konnten die Tests des Instruments in seiner (simulierten) Umgebung an Bord des Satelliten einschließlich der Datenübertragung von und zur Bodenstation beginnen.

In the course of this year, the qualification model of *PACS* has been completed, tested, and delivered to ESA. Last tests on subunit level were performed earlier this year; in particular, the photoconductor detector modules have been characterized at our institute as well as at MPIA (Heidelberg) before their final integration into the array housings. At the light ion accelerator of the University of Louvain la Neuve (Belgium) first measurements have been performed on detectors under realistic irradiation with high-energy protons in order to investigate the behaviour of the detectors in interplanetary space. The avionics models of the on-board electronics, provided by our partners at CEA (Saclay), CSL (Liege), IAC (Tenerife), and IFSI (Rome), has been tested together with the simulated ground station, in preparation for the subsequent PACS instrument level tests. In parallel, structure and optics of the focal plane unit were integrated and aligned at Kayser-Threde (Munich), while the cryogenic test optics with telescope simulator and calibration sources was built and aligned at MPE. The integration of the photoconductor arrays and of the photometer unit with its bolometer arrays and the 0.3 K cooler, provided by CEA (Saclay), into the focal plane unit was followed by the integration of the complete focal plane unit with the test optics into the test cryostat (Fig. 3-7). After that, the tests of the instrument in its (simulated) environment on board the satellite, including telemetry/ telecommanding to and from the ground station, could begin.

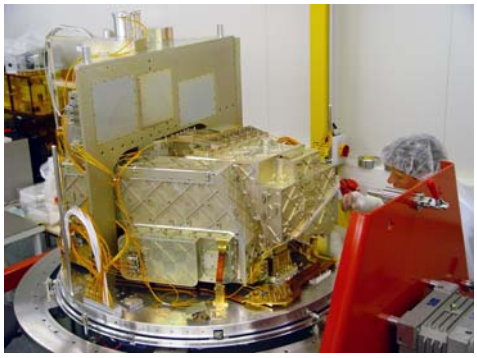


Abb. 3-7: Integration der PACS Fokalebeneneinheit mit der Testoptik auf der optischen Bank des Testkryostaten.

Fig. 3-7: Integration of the PACS focal plane unit with the test optics on the optical bench of the test cryostat.

Die Tests wurden gemeinsam vom Hardware-Team und dem PACS *Instrument Control Center (ICC)* durchgeführt (Abb. 3-8). Das ICC ist für Kalibration und Bedienung des Instruments in allen Phasen der Mission (Entwicklung bis Archivphase) zuständig. Es stellt außerdem Dokumentation, Software, Kalibrationsdaten und Prozeduren zur Datenauswertung zur Verfügung. Das PACS ICC befindet sich am MPE, mit Unterstützung von Partnerinstituten aus Deutschland, Belgien, Österreich, Italien, Frankreich und Spanien. Das PACS ICC Software-Entwicklungsteam trägt auch signifikant zum Herschel Common Science System (HCSS) bei, das gemeinsam vom Herschel Science Centre und den drei Instrumententeams entwickelt wird und auch den Rahmen für die Software zur interaktiven Datenanalyse (IA) bildet. Diese Software wird in allen Phasen der Mission von Instrumentexperten bis hin zum Beobachter benutzt. Instrumentspezifische Erweiterungen, wie etwa die Software zur Dekomprimierung oder zur Analyse der House-

These tests were performed jointly by the hardware team and the PACS *Instrument Control Center (ICC)* (Fig. 3-8). The ICC is responsible for the calibration and successful operation of the instrument, during all phases of the mission (development to archival phase). It also provides documentation, software, calibration files and procedures for the scientific processing of the raw data. The PACS ICC is located at the MPE, supported by partner institutes in Germany, Belgium, Austria, Italy, France and Spain. The PACS ICC software development team contributes significantly to the development of the Herschel Common Science System (HCSS) which is written in a common effort by the Herschel Science Center and the three instrument teams and forms the framework for the Interactive Analysis system (IA) which is used throughout all phases of the mission by users ranging from instrument experts to the general observers. Instrument specific extensions to the HCSS, like decompression and housekeeping analysis tools, are combined in the

keepingdaten, werden im PACS Common Software System (PCSS) zusammengefasst. Die Entwicklung dieses PCSS war in den vergangenen Jahren - und ist auch in Zukunft - eine der Hauptaufgaben des ICCs zur Unterstützung der Instrumenttests und der wissenschaftlichen Datenanalyse

PACS Common Software System (PCSS). The PCSS development is one of the major tasks of the PACS ICC in an ongoing effort to support the instrument tests and scientific data analysis of PACS.

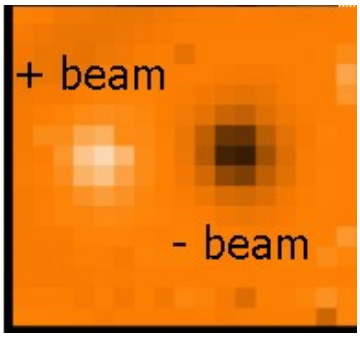


Abb. 3-8: Bilder einer externen Punktquelle im Photometer (links) und im abbildenden Spektrometer (rechts) von PACS. Das positive und das negative Signal im linken Bild entstehen durch Subtraktion von Bildern mit wechselnder Ausrichtung. Die im Test beobachteten Punktverbreiterungsfunktionen stimmen mit Berechnungen überein.

Fig. 3-8: Images of an external point source in the photometer (left) and integral field spectrometer (right) of PACS. The positive and negative signals of in the left image result from the chopping technique. The point spread functions observed during tests agree well with calculations.

Die Fertigung der Baugruppen des Flugmodells ist weit fortgeschritten; die Fertigung aller Strukturteile der Fokalebeneneinheit durch die mechanische Werkstatt des MPE sowie der Firma Markl (Kreuzpullach) ist abgeschlossen. Alle Spiegel für die komplexe Optik sind bereits getestet. Sowohl die Photoleiter-Detektoren als auch die Bolometer-Arrays sind im Bau. Für die Photoleiter-Detektoren musste bei IMEC (Leuven) eine weitere Generation von kryogenen Ausleseschaltungen entwickelt werden, nachdem die ursprünglichen FM-Schaltkreise als unzulänglich befunden wurden. Erste Messungen an den neuen Schaltkreisen weisen darauf hin, dass damit die geforderte Empfindlichkeit der Detektoren erreicht werden kann. Auch von den Bolometer-Arrays für das Flugmodell liegen erste Messungen vor, die erwarten lassen, dass die für das Photometer geplante Empfindlichkeit mindestens erreicht wird.

The manufacture of the flight model subunits is in an advanced state; the manufacture of all structural parts of the focal plane unit by the MPE mechanical shop and by our contractor Markl (Kreuzpullach) has been completed. All mirrors for the complex optics have already been tested. For both, the photoconductive detectors and the bolometer arrays construction is in progress. For the photoconductive detectors, an additional generation of cryogenic readout electronics had to be developed at IMEC (Leuven) after the original FM circuits had been found inadequate. First measurements performed with the new circuits indicate that with them the required sensitivity of the detectors can be reached. Also for the bolometer arrays, first measurements are available which suggest that the design value of the photometer sensitivity will at the least be reached.

Wir entwickeln mit *FIFI LS* (Field-Imaging Far-Infrared Line Spectrometer) eines der beiden deutschen Instrumente der ersten Generation für das Flugzeugobservatorium *SOFIA*. Hauptziel des Entwurfs ist die Optimierung der Beobachtungseffizienz, welche selbst in der unteren Stratosphäre noch durch den thermischen Hintergrund des Teleskops und der Atmosphäre begrenzt wird. Um das zu gewährleisten, wird erstmals für Beobachtungen im ferninfraroten Bereich ein feldabbildendes Spektrometer gebaut, das gleichzeitig in den Wellenlängenbereichen von 42-110µm und 110-210µm beobachten kann. Besonders schwierig war die Herstellung des Gitters für das langwellige Spektrometer (Abb. 3-9). Weniger die Gitterkonstante von 0,12mm als vielmehr die Tiefe der Gitterfurchen waren ein Herausforderung, die aber vom Hersteller Zumtobel (Dornbirn/Österreich) erfolgreich gemeistert wurde. Eine weitere Hürde, die vor der Integration des Instrumentes genommen wer-

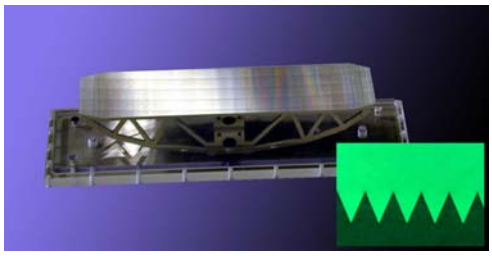
We are developing one of the two, first generation German instruments for the airborne observatory *SOFIA*: *FIFI LS* (Field-Imaging Far-Infrared Line Spectrometer). The design of FIFI LS is driven strongly by the goal of optimizing observing efficiency, which is hampered by the thermal background of the telescope and atmosphere, even from the lower stratosphere. To accomplish this, we use for the first time in the far-infrared an integral field spectrometer which is capable of simultaneously observing an object in the wavelength bands of 42-110µm and 110-210µm. Concerning the manufacturing, the grating for the long wavelength spectrometer has been a particular difficult task (Fig. 3-9). Not so much the grating constant of 0.12mm but the deep grooves of the grating were a challenge, which however was mastered successfully by the manufacturer Zumtobel (Dornbirn/Austria). Another hurdle had to be taken before the integration of the instrument could take place. The

den musste, war die Zulassung der Gefäße für die kryogenen Flüssigkeiten (flüssiger Stickstoff, LN_2, flüssiges Helium, LHe und superflüssiges Helium, LHeII) durch die amerikanische Flugaufsichtsbehörde (FAA). In Anwesenheit der FAA-Vertreter wurden die Druckgefäße erfolgreich bei einem Überdruck bis zu 4.22 bar geprüft.

airworthiness approval by the Federal Aviation Administration (FAA) had to be obtained for the vessels for the cryogenic liquids (liquid nitrogen, LN_2, liquid helium, LHe, superfluid helium, LHeII). Witnessed by FAA representatives, the vessels were tested successfully at pressures up to 4.22 bar.

Abb. 3-9: Langwelliges Gitter von FIFI-LS – Gesamtansicht und mikroskopisches Bild des Profils (Gitterkonstante 0.12mm).

Fig. 3-9: Long wavelength grating of FIFI-LS – complete view and microscopic image of the profile (grating constant 0.12mm).



Damit war der Weg frei für den ersten Kalttest von FIFI LS. Das Instrument hat vier Temperaturbereiche (Raumtemperatur, LN_2, LHe, LHeII), wobei jeder Bereich vom jeweils wärmeren umschlossen ist und durch ein Strahlungsschild abgeschirmt wird. Die Strahlungsschilde erreichten Endtemperaturen von 100K (LN_2) und 5,9K (LHe). Die entsprechenden optischen Bänke erreichten 81,4K bzw. 4,7K. Um noch niedrigere Temperaturen für die Detektoren zu erreichen, wird an dem kleineren Heliumgefäß gepumpt, wodurch das Helium seinen superflüssigen Zustand erreicht. Die optische Bank für die Detektoren kühlte sich auf eine Temperatur von 1,2K ab. Der FIFI-LS Kryostat wurde in weiteren Abkühlzyklen getestet und erwies sich als äußerst zuverlässig. Es wurden Haltezeiten von 60h bzw. 94h für das LN_2- und das LHe-Reservoir ermittelt.

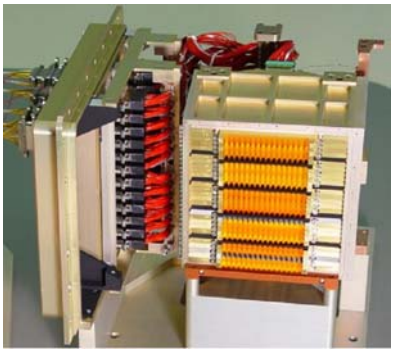
That also cleared the way for the first cool down of FIFI LS. The instrument has four temperature domains (room temperature, LN_2, LHe, LHeII) with each of them being fully enclosed by the next warmer area and separated by a radiation shield. Final temperatures reached by the radiation shields were 100K and 5.9K for the LN_2 and LHe systems. The corresponding optical benches reached 81.4K and 4.7K. To reach even lower temperatures for the detectors, we pump on the smaller helium vessel and the helium reaches its superfluid state. The optical bench for the detectors reached a temperature of 1.2K. In further cool down cycles, the FIFI-LS cryostat has proven its reliability. We estimated holding times of 60h and 94h for the LN_2 and LHe reservoirs, respectively.

Unsere Entwicklungen von *Ferninfrarot-Detektoren* haben mit der Fertigstellung der Ge:Ga Detektorarrays für das PACS CQM und für FIFI-LS das erste Entwicklungsziel erreicht. Beide Instrumente benutzen je zwei Anordnungen aus 25 Stapeln von 16 galliumdotierten Germaniumdetektoren (Abb. 3-10). Eine Erweiterung der langwelligen Grenze wird mit unseren Forschungsaktivitäten an Photoleitern auf GaAs Basis verfolgt.

Our development activities on *far infrared detectors* have reached the first goal with the completion of the Ge:Ga arrays for the PACS CQM and for FIFI-LS. Both instruments use two arrays each, consisting of 25 stacks of 16 Gallium doped Germanium detectors (Fig. 3-10). An extension of the long wavelength cut-off is aimed for with our research activities in the field of GaAs based photoconductors.

Abb. 3-10: Vollständig integriertes „rotes“ PACS Array (5 Modulgruppen à 5x16 Detektorelemente) mit Lichtsammelhörnern und Verteilungselektronik (links).

Fig. 3-10: Fully assembled “red” PACS array (5 groups of 5x16 detector modules each) with light cones and distribution board (left hand side).



Unsere Zusammenarbeit mit der University of California Berkeley, Lawrence Berkeley National Laboratory und Naval Postgraduate School in Monterey wurde fortgesetzt, um einen „Blocked Impurity Band“ (BIB) Detektor auf der Basis eines GaAs Photoleiters zu entwickeln. Erstes Ziel war der Nachweis, reproduzierbare hochreine GaAs Schichten herstellen zu können, die die Anforderungen an eine Sperrschicht für

Our collaboration with University of California Berkeley, Lawrence Berkeley National Laboratory and Naval Postgraduate School in Monterey for the development of a GaAs photoconductive far infrared blocked impurity band (BIB) detector continued. The first goal was to be able to reproducibly grow ultra-high purity GaAs layers, which meet the specifications of a blocking layer for a BIB detector. Required for a blocking

einen BIB Detektor erfüllen. Gefordert ist eine Schichtdicke von 10µm mit einer Restdotierung von $\leq 10^{13}cm^{-3}$. In einer vereinfachten Wachstumskammer mit einer Kipptiegelanordnung aus Saphir konnten GaAs Schichten in einer Reinheit von $10^{12}cm^{-3}$ erzeugt werden. Daraufhin wurden in unserer Zentrifugenanlage der Tiegel und alle anderen Graphitteile durch Saphir bzw. Molybdänteile ersetzt. Noch bestehende Mängel in der Reinheit der erzeugten Schichten sollen durch Modifikationen des komplexen Vakuumsystems der Zentrifuge beseitigt werden.

Parallel zu den Aktivitäten an der Zentrifugenanlage wurden in der kleinen Epitaxiekammer weitere Sperrschichten auf 10x10mm Substraten gezüchtet. Wir begannen bereits mit der Herstellung erster Vielfachschichten. Eine theoretische Modellierung mittels eines finiten Differenzen Modells wurde durchgeführt und Folgerungen für Schichtdicken und Betriebsmodus eines GaAs BIB abgeleitet.

Das *ISO-Spektrometerdatenzentrum* (ISOSDC) am MPE ist Mitglied in der aktiven Archivphase (AAP), die vom ISO Datenzentrum (ESAC, Spanien) geleitet wird. Die AAP wird bis Ende 2006 dauern und soll optimalen Zugang zu den ISO-Daten für die wissenschaftliche Analyse und Vorbereitung weiterer Weltraumprojekte bieten. Unterstützt von Datenreduktionskontrakten der ESA verbessern wir das Archiv der ISO-Mission (IDA). Wir betreuen Nutzer und tragen zur ISO Explanatory Library bei. Zusammen mit SRON (Groningen) und K.U. Leuven entwickeln und verbessern wir Methoden zur Datenreduktion einschließlich der offenen SWS Interactive Analysis Software (OSIA), deren vierte Version im Februar freigegeben wurde. Nach einer sehr erfolgreichen Zwischenbegutachtung im Juni bei ESAC werden die ISO-Daten voll ins Virtuelle Astronomische Observatorium (AVO) einbezogen. Verfeinerte Datenprodukte, wie die von Forschern des MPE erzeugten, werden Standard für die Nutzer des IDA (und AVO) werden.

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, die seit 2004 durch NASA unterstützt wird. MPE koordiniert dieses Projekt von sieben Max-Planck Instituten. Im Jahre 2004 gab es etwa 25 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 von der Verbundforschung für LUCIFER (05 AL9EE1 7, 05 AL2EEA1). Die Entwicklung von KMOS wird von der ESO (73209/VLG/04/5846/GWI) gefördert.

layer is an epitaxially grown GaAs film of about 10µm thickness with a carrier concentration of $10^{13}cm^{-3}$ or less. Test growths of GaAs layers in a simplified growth reactor with a small tipping crucible made out of sapphire resulted in layers with purities in the 10^{12} cm^{-3} range. Therefore, the crucible and all other graphite parts in our centrifugal system were replaced by sapphire or molybdenum. Persisting deficiencies in the purity of the layers grown will be addressed by modification of the complex vacuum system of our centrifuge.

In parallel to the work on the centrifugal system, more blocking layers were successfully grown in the small epitaxy chamber on 10x10mm substrates. We have already begun to produce the first multilayer structures. Modelling has been performed using a finite difference model, and conclusions drawn for layer thickness and operating mode of a GaAs BIB detector.

The *ISO Spectrometer Data Centre* (ISOSDC) at MPE is member of the ISO Active Archive Phase (AAP) lead by the ISO Data Centre (ESAC, Spain). The AAP will last until the end of 2006, and aims at providing optimal access to ISO data for scientific analysis and preparation of subsequent space projects. Supported by ESA data reduction contracts we continue to promote the ISO Data Archive (IDA). We provide user support, and contribute to the ISO Explanatory Library. In collaboration with SRON (Groningen) and K.U. Leuven, we develop and improve data reduction methods including the Open SWS Interactive Analysis software (OSIA). The fourth version of OSIA was released in February. Following a very successful midterm review held at ESAC in June, ISO data is becoming fully integrated into the Astrophysical Virtual Observatory (AVO) and Highly Processed Data Products, including those generated by MPE researchers, will become the default reduced product provided to users of the IDA (and the AVO).

The *UCB/MPG Center for International Exchange in Astrophysics and Space Science* is a joint project of MPG and 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, which is supported by NASA since 2004. MPE is coordinating this project of seven Max-Planck institutes. In 2004 there were approximately 25 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 LUCIFER (05 AL9EE1 7, 05 AL2EEA1). KMOS development is supported by ESO (73209/VLG/04/5846/GWI).

3.3 RÖNTGENASTRONOMIE / X-RAY ASTRONOMY

Das *ROSAT* Datenarchiv bildet sechs Jahre nach Ende der Mission weiterhin eine wertvolle Quelle wissenschaftlicher Informationen über Röntgenquellen. Viele Quellen aus den ROSAT-Katalogen bilden die Grundlage für tiefer gehende Untersuchungen mit XMM-Newton und Chandra. Obwohl sich die Forschung auf die Daten dieser zwei Observatorien konzentriert, wurden 2004 noch etwa 200 ROSAT Veröffentlichungen geschrieben, zwei Drittel davon in referierten Zeitschriften. D.h., obwohl die Gesamtzahl um etwa 100 zurückging, blieb die Zahl der referierten Publikationen nahezu auf dem Stand des Vorjahres. Die Auswertungssoftware für ROSAT Daten, EXSAS, wird weiterhin gewartet, da sie auch teilweise für andere Projekte eingesetzt wird. Um dies zu erleichtern, werden Programme modifiziert, um sie einzeln stehend einsetzen zu können.

The *ROSAT* data archive still provides six years after the end of the mission a valuable source of scientific information about celestial X-ray sources. Many sources from the ROSAT catalogues are used as basis for deeper follow-up investigations with XMM-Newton and Chandra. Although research currently concentrates on the data of these two observatories, still 200 ROSAT publications were written in 2004, two thirds of these in refereed journals. I.e., although the total number deceased by about 100, the number of refereed publications remained nearly constant in comparison to the year before. The analysis software for ROSAT data, EXSAS, is further maintained as it is also used for other projects. To make this easier programs are modified for standalone usage.

Das Identifizierungsprojekt von ROSAT Quellen durch den *SLOAN Digital Sky Survey (SDSS)* wurde weitergeführt. Während die photometrische Himmelsdurchmusterung (8.500 Quadratgrad) abgeschlossen ist, fehlen noch etwa 35% des spektroskopischen Surveys. Im öffentlichen SDSS Data Release 3 stehen damit 150 Millionen Objekte im „Imaging catalogue“ und 530.000 Spektren zur Verfügung.

The project to identify ROSAT sources with the help of the *SLOAN Digital Sky Survey (SDSS)* made further progress. While the photometric survey (8.500 square degrees) is complete, about 35% of the spectroscopic survey remains to be done. The public SDSS Data Release 3 now provides 150 million objects in the “Imaging catalogue” together with 530.000 spectra.

Der europäische Röntgensatellit *XMM-Newton* ist nun schon seit 5 Jahren im Orbit. Insgesamt sind über 640 referierte Veröffentlichungen erschienen, welche auf XMM Beobachtungen basieren, wobei unser Institut an etwa 25% beteiligt ist. Der Betrieb der im Haus entwickelten XMM-pn-CCD-Kamera war auch in diesem Jahr problemlos. Dabei ist unsere Gruppe auch weiterhin mit der Überwachung und Kalibrierung dieser Kamera beschäftigt. Pro Monat werden mehrmals Kalibrationsmessungen durchgeführt. Die Auswertung dieser Messungen zeigen, dass bei der „Charge Transfer Inefficiency“ (CTI) der Trend einer Verlangsamung der Degradation anhält. Die Energieauflösung nimmt weiterhin nur sehr langsam und nur unwesentlich ab: zur Zeit vergrößert sich die Halbwertsbreite um etwa 1.3 eV pro Jahr bei Mn-K, während bei Al-K immer noch keine signifikante Veränderung gegenüber derjenigen vor dem Start feststellbar ist.

The European X-ray satellite *XMM-Newton* is in orbit for more than 5 years. Based on XMM observations altogether more than 640 refereed papers have been published. Our Institute was involved in about 25% of them. The XMM-pn-CCD camera, developed by the MPE and the HLL, was operating without problems during this year. Our X-ray group is still monitoring the camera and working on the calibration. Several calibration measurements are performed per month. The analysis of those measurements show that the degradation of the charge transfer inefficiency (CTI) is still slowing down. The same is found for the energy resolution: the increase of the FWHM in the Mn-K line in only 1.3 eV per year, whereas no significant change was found for the Al-K line in comparison to the pre-launch values.

Eine andere wichtige Aufgabe der Kalibration der *EPIC* Instrumente ist der Vergleich der spektralen Ergebnisse, welche die einzelnen Kameras liefern. Die Auswertung einer großen Anzahl von Spektren verschiedener Röntgenquellen zeigt, dass es noch Diskrepanzen zwischen EPIC-pn und EPIC-MOS gibt. Gegenwärtig wird untersucht, inwieweit es Abhängigkeiten dieses Unterschieds von Parametern wie Quellfluss, Missionsdauer etc. gibt. Zusätzlich zu den Aufgaben der im Orbit befindlichen Kamera wird auch am Boden die „EPIC-pn spare-chain“ Kamera betrieben. Ein wesentlicher Punkt dieses Jahr war die Überarbeitung der Bodensoftware, um am Boden ein lauffähiges System zu haben, welches im wesentlichen der on-board Software entspricht. Damit sind wir für den Fall gewappnet, wenn die on-board Software geändert

The other very important task of the calibration of the *EPIC* instruments is the cross-calibration of the different cameras. The data analysis of the wealth of spectra from different targets have shown that we still find discrepancies between the EPIC-pn and EPIC-MOS cameras. At present we investigate possible correlations of the discrepancies with other parameters like source flux, mission-time etc. In addition to the tasks of the in orbit camera we also operate the EPIC-pn spare-chain in the laboratory. This years’ main task was the update of the software of the spare-chain to be able to operate this camera using the on-board software. We are now ready for a situation, in which it would be necessary to modify the on-board software.

werden müsste.

Als Teil des XMM-Newton Survey Science Centre (SSC) verbesserten wir die EPIC- und insbesondere pn-spezifischen Auswerte-Programme für das Analyse System „SAS“, von dem die Versionen 6.0 und 6.1 freigegeben wurden. SAS wird von Gastbeobachtern und in der „pipeline“ Standardanalyse verwendet. Wir haben die pipeline-Produkte von über 120 einzelnen Beobachtungen überprüft. Während über 400 „slews“ von einer Zielquelle zur nächsten, führten die EPIC Kameras Beobachtungen durch. Wir nahmen an der Analyse dieser Daten teil und passten dazu pn-spezifische Programme an. In einer Pilotstudie zeigten wir für die pn-Kamera, dass neue harte Quellen nachgewiesen werden können. Damit kann ein Quellkatalog aufgestellt werden, komplementär zur ROSAT-Himmelsdurchmusterung bei weichen Röntgenenergien.

As part of the XMM-Newton Survey Science Centre (SSC) we improved the EPIC- and particularly pn-specific programs for the 6.0 and 6.1 release of the analysis system “SAS” which is used by the guest observers and in the pipeline standard processing. We have checked the pipeline products of over 120 individual observations. For about 400 slews from one target to the next the EPIC cameras continued observing the sky. We participated in the analysis of these data and specifically adapted pn-specific programs. In a pilot study we proved for pn that new hard sources can be detected and combined to a source catalogue complementing the ROSAT all sky survey in soft X-rays.

Das *Wissenschaftliche Datenzentrum* für die Röntgenastronomie stellte auch dieses Jahr die Infrastruktur für die Datenauswertung bereit. Diese konzentriert sich zur Zeit hauptsächlich auf die XMM-Newton und Chandra Missionen. Wir halten dazu ein Archiv mit allen öffentlichen Daten der EPIC-pn CCD Kamera, dem XMM-Newton Instrument, für dessen Entwicklung das Institut verantwortlich war. Das Archiv dient als Grundlage für wissenschaftliche Auswertungen und Untersuchungen zur Eichung der Kamera. Die Auswertesoftware dieser Projekte wird stetig weiterentwickelt und die Röntgengruppe unterhält Informationsseiten im Web.

The *scientific data centre* of the X-ray astronomy group provided also this year the infra structure for the data analysis, which mainly concentrated on the XMM-Newton and Chandra missions. We maintain an archive with all public data from the EPIC-pn CCD camera, the XMM-Newton instrument which was developed by our institute. This archive provides data for scientific research as well as for investigations important for the calibration of the camera. The analysis software is continuously developed further and web pages with useful information are maintained by the X-ray group.

Da an der *PANTER-Anlage* eine zur XMM-Newton EPIC-pn baugleiche CCD-Kamera installiert ist, kann man mit dieser am Boden weitere Kalibrationen durchführen, ohne wichtige wissenschaftliche Beobachtungszeit im Orbit zu verlieren. So wurden Untersuchungen zum Kamerahintergrund durchgeführt und die Eigenschaften von Ladungsverlusten in den unterschiedlichen Betriebsmoden der pn-Kamera vermessen. Diese sollen dann mit In-Orbit-Daten verglichen und angepasst werden, um so die wissenschaftliche Qualität und Ausbeute der Daten zu erhöhen.

To perform further calibrations on ground without loosing important scientific observing time in orbit, a CCD camera identical to the XMM-Newton EPIC-pn camera is installed at the *PANTER facility*. This camera was used to investigate the instrumental background and to measure the properties of charge transfer losses depending on the different operating modes of the pn-camera. Comparison with in-orbit data will allow refinements of calibration data in order to improve the scientific return and quality of the data.

Das MPE zusammen mit der niederländischen Raumfahrt Organisation SRON haben das „low energy transmission grating spectrograph“ (LETGS) Instrument für das *Chandra* Röntgen-Observatorium entwickelt. Dieses NASA Observatorium, das 1999 gestartet wurde, wurde entworfen um hochaufgelöste Röntgen-Bilder mit seinem Teleskop mit 1.2m Durchmesser aufzunehmen. Mit diesem Röntgen-Spektrographen ist es möglich hochaufgelöste Spektren bis zu niedrigen Energien von ~0.08 keV zu untersuchen.

MPE and the Dutch Space Research organisation SRON jointly developed and built the low energy transmission grating spectrograph (LETG) for the *Chandra* X-ray observatory. This NASA observatory which was launched in 1999 was designed to obtain high resolution X-ray images with its 1.2m diameter telescope. With this X-ray spectrograph it is possible to obtain high resolution spectra of bright objects down to low energies of ~0.08 keV.

Zusammen mit den SRON und CXC LETG Gruppen, wird die Kalibration der Beiträge der höheren Ordnungen zu den beobachteten Spektren verbessert. Dies ist wichtig für helle Quellen und Quellen mit einem Kontinuumsspektrum. Um die „Cross“-Kalibrationsarbeiten zwischen verschiedenen Instrumenten zu vereinfachen, baut man am MPE eine leicht über das Netz zugängliche Datenbank auf, die alle freigegebenen LETG-Spektren in einheitlichem Format zur Verfügung stellt. Damit können sie einfach mit anderen

Further efforts together with the SRON and CXC LETG teams are being put into the calibration of higher spectral order contributions to the observed spectra. This is important for bright objects and sources with continuum spectra. Also for simplifying the efforts of cross calibration between instruments, also on different missions we at MPE have started to build an easy to access (via the web) database that contains all publicly available LETG spectra in a format that allows direct comparison with other spectra,

Datensätzen verglichen werden. Die Spektren werden fortlaufend unter Verwendung der neuesten Kalibrationsdaten prozessiert.

Im Rahmen des SMEX- (Small Explorer) Programms der NASA hatten wir bereits 2003 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 durchmustern, um so die dreidimensionale Verteilung der Galaxienhaufen zu messen.

Ähnlich zu dem ursprünglichen ABRIXAS-Konzept teilen sich bei DUO sieben hochgenestete Wolterteleskope eine Fokalebene, in der allerdings die neuen framestore pn-CCDs (s.u.) sitzen. Innerhalb einer Phase-A Studie wurde das Satellitenkonzept detailliert. Bei uns machte die technische Realisierung des Detektors große Fortschritte. In Zusammenarbeit mit der Firma Carl Zeiss wurde die Machbarkeit von Nickel- (anstelle von Gold) beschichteter Spiegelschalen untersucht.

Für DUO wurden an der Testanlage PANTER die von der Firma Carl Zeiss neuentwickelten Röntgenspiegel vermessen (Abb. 3-11). Dazu wurden zur Analyse von Absorptionskanten mit einem Doppelkristallmonochromator die effektiven Flächen in den für die Wissenschaft wichtigen Energiebereichen mit hoher spektraler Auflösung bestimmt.

processed always using the most up-to-date calibration data.

Together with colleagues from the U.S. we had proposed already in 2003 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 in order to measure the three-dimensional distribution of clusters of galaxies.

Similar to the original ABRIXAS concept, seven highly nested Wolter telescopes share a common focal plane. In contrary to ABRIXAS, this focal plane detector uses the new framestore pn-CCDs (see below). Within a Phase-A study, the satellite design has been specified. In addition, we have made a lot of progress with the technical realisation of the detector. In cooperation with the company Carl Zeiss we have investigated the feasibility of coating mirror shells with nickel rather than gold.

Newly developed X-ray mirrors for DUO by the Carl Zeiss company were measured in the PANTER facility (Fig. 3-11). For the analysis of absorption edges a double crystall monochromator was used to measure the effective areas in the scientifically important energy bands with high spectral resolution.

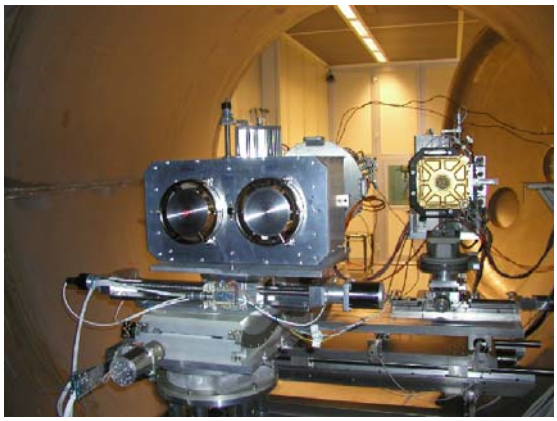


Abb. 3-11: Experimenteller Aufbau zur Vermessung von DUO Testspiegeln.

Fig. 3-11: Experimental setup to measure DUO test mirrors.

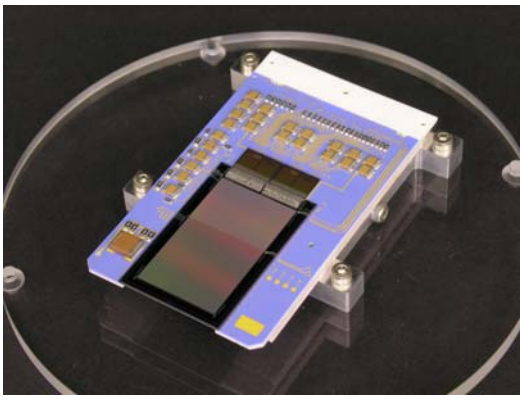


Abb. 3-12: CCD-Dtektormodul für DUO. Auf der Leiterplatte sind der im MPI Halbleiterlabor gefertigte DUO-CCD und zwei 128-Kanal CAMEX, analoge Signalprozessoren untergebracht.

Fig. 3-12: CCD-detector module for DUO. The circuit board contains the DUO-CCD manufactured at the MPI semiconductor laboratory and two 128-channel CAMEX analog signal processors.

Im *MPI-Halbleiterlabor* sind die DUO Flug-CCDs fertiggestellt worden (Abb. 3-12). Es handelt sich hierbei um Röntgenbilddetektoren, die einen Integrations- oder Bildbereich von 256x256 Pixel haben, deren Größe 75x75µm^2 beträgt. Ein schneller Transfer des aufgenommenen Bildes innerhalb von etwa 100µs in den abgeschirmten Speicherbereich des Bauelementes verhindert, dass viele während des Transfers eintreffende Photonen das Bild verwaschen, d.h., dass die

The DUO flight-CCDs were completed at the *MPI-semiconductor laboratory* (Fig. 3-12). The X-ray imaging detectors are characterized by an integration or imaging area with 256x256 pixels which have a size of 75x75µm^2. A fast transfer of the recorded image within about 100µs into the shielded storage area of the CCD chip strongly reduces the number of so-called out-of-time events. These are caused by photons detected during transfer and smear out the image. The

sogenannten Out-of-time Ereignisse stark unterdrückt werden: im Vergleich zu XMM etwa um einen Faktor 50. Der Speicherbereich des Bauelements hat ebenfalls ein Format von 256x256 Pixel, jedoch mit einer in Schieberichtung reduzierten Größe von 75x51µm^2. Während der Speicherbereich ausgelesen wird, kann im Bildbereich bereits wieder ein neues Bild aufgenommen werden. Die ersten im Reinraum gemachten Messungen von Leckströmen und Flachbandspannungsverschiebungen zeigen ein sehr schönes Ergebnis: Die thermisch generierten Leckströme sind etwa um einen Faktor 5 geringer als bei XMM und die Anzahl der elektrisch aktiven „Interfacezustände“ ist etwa um den Faktor 2 kleiner. Wir haben ca. 80 DUO CCDs hergestellt, für den Flug werden 11 pn-CCDs benötigt inkl. der Flight Spares. Der Rest wird für Testzwecke benötigt.

reduction in comparison to the XMM EPIC-pn camera is about a factor of 50. The storage area of the chip is also formed by 256x256 pixels which are, however, reduced in size in read-out direction to 75x51µm^2. During read-out of the storage area a new image can be integrated in the imaging area. The first measurements of leakage currents and flat band voltage shifts in the clean room show a very nice result: The thermally generated leakage currents are about a factor of five lower than compared to XMM EPIC-pn and the number of electrically active interface states is about a factor of two smaller. We have manufactured about 80 DUO CCDs. Eleven pn-CCDs are required for the flight including spares. The remaining CCDs are required for testing.

Im Bereich der Datenakquisition für die Labortests wurden Systeme in Betrieb genommen, die sehr flexibel Datenraten bis etwa 100 MB/s ermöglichen und demzufolge die DUO Anforderungen bei weitem erfüllen und in den angestrebten XEUS Geschwindigkeitsbereich eindringen. Für das Austesten der Detektoren ist die große Flexibilität von großer Bedeutung. Als Back-up Kamera wurde das XMM FM3 erfolgreich in Betrieb genommen. Diese Kamera ist ein vollwertiger XMM Ersatz, gefertigt auf dem <100> Silizium, welches spektroskopisch bei niedrigen Energien vorteilhaft ist. Einige technische Unterschiede erfordern noch zusätzliche Anstrengungen, um dieses System flugfähig zu machen.

Data acquisition systems for the ground tests were introduced which allow very flexible data rates up to 100 MB/s. These fulfil the DUO requirements by far and approach the high rates which are planned for XEUS. For testing the DUO detectors a high flexibility is of great importance. As back-up camera the XMM-Newton FM3 model was successfully installed. This camera is a full XMM spare, based on the Silicon <100> which is spectroscopically advantageous at low energies. Some technical differences require additional efforts to make this system ready for flight.

In der kleineren Röntgentestanlage *PUMA* wurde im letzten Jahr erstmalig ein Prototyp des framestore-CCDs für DUO in Betrieb genommen. Zur Kühlung solcher CCDs entwickelten wir ein Wärmeleitrohr mit einer Äthan-Füllung, ausgelegt für Temperaturen bis herunter zu 120 K.

In the smaller X-ray test facility *PUMA*, we could operate a prototype of the framestore CCD for DUO for the first time. In order to cool down those CCDs, we had to develop an ethan-heatpipe, working at temperatures down to 120 K.

In einer Zusammenarbeit mit der Firma Carl Zeiss entwickeln wir derzeit ein Messverfahren für EUV-Kollektoren, also vielschalige Röntgenoptiken wie sie in Zukunft für die Photolithographie in der Halbleiterindustrie verwendet werden. Zu diesem Zweck haben wir eine monochromatische Röntgenquelle für Si-L Strahlung (92 eV) und extrem großem Raumwinkel (1.6 sterad) gebaut.

Within a collaboration with the company Carl Zeiss we are currently developing a metrology method for EUV collectors, highly nested X-ray optics as they will be used in future for photolithography in semiconductor industry. For this purpose we have designed and built a monochromatic X-ray source with Si-L radiation at 92 eV and extremely large solid angle (1.6 sterad).

Wir untersuchen gegenwärtig neue Konzepte für Röntgenteleskope mit sehr hoher räumlicher Auflösung. Transmissionbeugungs-Optiken erlauben im Prinzip mehr als 1000-mal bessere Winkelauflösung als die besten verfügbaren Wolter-Teleskope. Fresnel-Linsen können trotz Aperturen mit 10m Durchmesser als leichtgewichtige Optiken gebaut werden, besitzen aber den Nachteil der Brennweitendispersion. Um diese chromatischen Fehler zumindest teilweise zu kompensieren, sind Kombinationen mit divergenten, refraktiven „Linsen“ erforderlich. Als Material solcher „Hybrid-Optiken“ haben wir die Eigenschaften von H_2 bzw. He sowohl in gasförmiger als auch flüssiger Form untersucht.

Currently we investigate new concepts for future X-ray telescopes with ultra-high angular resolution. Diffraction-based transmission optics will permit in principle more than 1000 times better angular resolution than the best available Wolter telescopes. Fresnel lenses may be designed as lightweight objectives with effective areas of several 10 m^2 but suffer from severe focal length dispersion. In order to compensate for chromatic aberration at least partially, they can be combined with diverging refractive “lenses”. We have studied liquid and gaseous components consisting of H_2 or He as material for those “hybrid optics”.

ROSITA basiert auf dem DUO Konzept, soll aber als ein Instrument auf der Raumstation installiert werden

ROSITA uses the DUO concept but is planned to be installed as instrument on the Space Station in order to

und eine vollständige Himmelsdurchmusterung durchführen. Wegen der Probleme mit dem Space Shuttle und der Raumstation einerseits und der ausstehenden NASA-Entscheidung für DUO andererseits haben wir ROSITA im letzten Jahr nicht weiter mit Hochdruck verfolgt.

perform an all-sky survey. Due to the problems with the Space Shuttle and the Space Station on one hand and the pending NASA decision regarding DUO on the other hand, we have not pursued ROSITA with high priority in 2004.

Auf der Internationalen Raumstation (ISS) wurden im Rahmen des ROSITA-Projektes sowohl CCD- als auch Spiegelproben zur Kontaminationsmessung ausgesetzt. Die Spiegel zeigen eine deutliche Verschlechterung der Röntgeneigenschaften nach dem Aussetzen und Zurückholen verglichen mit den Werten vor dem Start.

As part of the ROSITA project CCD and mirror samples were installed on the International Space Station (ISS) for contamination measurements. The mirrors show a significant degradation of the X-ray properties after release and recovery in comparison to the values before launch.

Das Projekt *XEUS* (X-ray Evolving Universe Spectrometer) ist eines der vorrangigen Projekte, die bei der ESA im *Cosmic-Vision*-Plan für das wissenschaftliche Programm nach 2015 diskutiert und vorbereitet werden. Das kürzlich veränderte Konzept sieht eine leichtgewichtige, entfaltbare Röntgenoptik mit ≥10 m^2 effektiver Sammelfläche bei 1 keV vor. Röntgenoptik und Detektoren werden angesichts einer Brennweite von 50m auf separaten Satelliten installiert. Das MPE ist an beiden Komponenten beteiligt. Wir verfolgen gegenwärtig in Kooperation mit dem Osservatorio Astronomico di Brera bei der Firma Zeiss, Oberkochen die Idee, hochpräzise dünne Glasspiegelsegmente durch thermische Behandlung (Absenken auf eine Keramikform) von Float- oder Displayglas zu fertigen (Abb. 3-13) und unter Beibehaltung der Form und Berücksichtigung der mechanischen Belastbarkeit zu größeren Einheiten zu integrieren. Die durchgeführten experimentellen Parameterstudien zum Absenkverfahren zeigen wegweisende Resultate, die im nächsten Schritt auf ein röntgenoptisch testbares Wolter-Optik-Segment angewandt werden.

The *XEUS* (X-ray Evolving Universe Spectrometer) project is one of the high priority projects which are discussed and prepared by ESA in the *Cosmic-Vision*-plan for the scientific program after 2015. The recently changed concept comprises a low-weight deployable X-ray optics with ≥10 m^2 effective collecting area at 1 keV. With a focal length of 50m X-ray optics and detectors will be installed on separate satellites. The MPE is involved in the development of both components. Currently, we investigate in cooperation with the Osservatorio Astronomico di Brera at the Zeiss company, Oberkochen, the idea to manufacture highly precise thin glass mirror segments by a thermal treatment (slump into a ceramics form) of float or display glass (Fig. 3-13). Keeping their shape and taking into account their mechanical strength the segments will then be integrated into larger units. The experimental parameter studies of the slump glass method which were performed show guiding results. In a next step these will be applied and tested with a Wolter optics segment

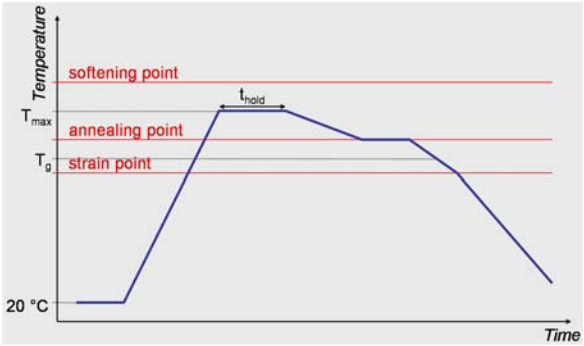


Abb. 3-13: Experimentierofen zum Absenken von Glasproben bei Zeiss (links); prinzipieller Temperaturverlauf während des Absenkprozesses (rechts.).

Fig. 3-13: Experimental oven to slump glass samples at Zeiss (left); typical temperature development during the slump process (right).

Die Entwicklungsarbeiten für den Wide Field Imager (WFI) von XEUS sind erfolgreich vorangegangen. Es wurden vollständige Matrixdetektoren mit einem Format von 64x64 DEPFET Pixel gefertigt (Abb. 3-14). Bei einer Betriebstemperatur von nur -40º C wurde eine Energieauflösung von 130 eV (FWHM) im gesamten Feld gemessen. Die Ortsauflösung entsprach dem eines Feldes mit 75µm großen Pixel. Die Auslesegeschwindigkeit betrug etwa 300 Bilder pro Sekun-

Successful progress was made in the development of the Wide Field Imager (WFI) for XEUS. Complete matrix detectors with a format of 64x64 DEPFET pixels were manufactured (Fig. 3-14). At an operating temperature of only -40º C an energy resolution of 130 eV (FWHM) was measured everywhere on the detector. The spatial resolution corresponded to that of a field with pixels with a size of 75µm. The read out speed was about 300 images per second. In parallel to

de. Parallel zu den Bauelementen wurde eine schnelle Datenakquisition entwickelt und eine neue Analysesoftware getestet. Erste Untersuchungen bestätigen die erwartete hohe inhärente Strahlungshärte der DEPFET Sensoren. Bei Belastungen, die etwa einer 30–jährigen Betriebsdauer im L2-Orbit entsprechen, haben wir keinerlei Veränderungen finden können, die die wissenschaftlich relevanten Performanceparameter verschlechtern.

the development of the detector modules a fast data aquisition system was installed, and new analysis software was tested. First investigations confirm the expected high resistance of the DEPFET sensors against inherent radiation. After a radiation dose which corresponds to a 30 year operation in an L2-orbit we found no degradation of the scientifically relevant performance parameters.

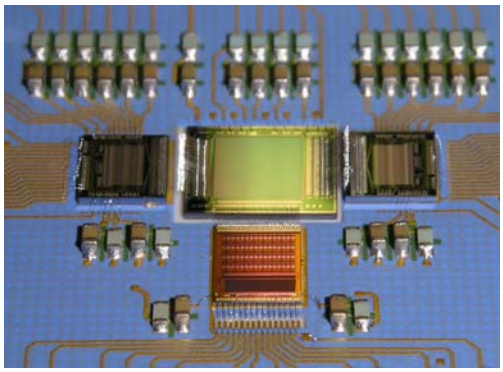


Abb. 3-14: Foto des vollständig integrierten DEPFET aktiven Pixelsensors. Der im MPI Halbleiterlabor hergestellte Detektorchip befindet sich in der Bildmitte. Die beiden Steuerchips befinden sich links und rechts. Der Signalprozessor ist unten angeordnet.

Fig. 3-14: Image of the completely integrated DEPFET active pixel sensor. The detector chip was manufactured at the MPI semiconductor laboratory and is located in the center of the image. The two control chips are seen on the left and the right. The signal processor is located underneath the detector chip.

XEUS, als Beispiel einer zukünftigen Generation von Satellitenobservatorien, erfordert Verbesserungen an der Testanlage PANTER, um z. B. die geforderte hohe räumliche Auflösung auch verifizieren zu können. Erweiterungen sind nötig um die neuen Röntgenspiegel (Durchmesser, Brennweite) aufnehmen zu können. Dazu wurden Möglichkeiten zur Brennfleckminimierung sowie zur Parallelität des Röntgenstrahls untersucht.

XEUS, as example for a future generation satellite observatory, requires improvements on the PANTER test facility, e.g. in order to be able to verify the demanded high spatial resolution. Extensions are necessary to accommodate the new X-ray mirrors (diameter, focal length). For this possibilities to minimise the heated spot of the X-ray tube were evaluated and investigations on the parallelism of the X-ray beam were started.

Ein möglicher Vorläufer von XEUS ist *Simbol-X*, ein Hochenergie-Röntgensatellit, bestehend aus zwei kleinen Satelliten, mit welchen der Formationsflug erprobt werden soll. Im Rahmen einer europäischen Kollaboration beteiligen wir uns an der Definition und Diskussion der Satelliten, welche im Energiebereich von 0.5 bis 70 keV operieren sollen. Der Spiegelsatellit trägt ein Wolterteleskop mit 100 genesteten Schalen. Zur Zeit wird die Möglichkeit der Multilayer Technik zur Bedampfung der reflektierenden Oberflächen diskutiert, um die effektive Fläche bei hohen Energien noch zu erhöhen. Der Detektorsatellit trägt einen Sandwich-Detektor, bestehend aus einem Pixeldetektor für den Energiebereich von 0.5 bis 20 keV und einem Cd(Zn)Te Detektor für den Bereich von 5 bis 70 keV. Wir beteiligen uns an der Hardware mit dem Pixeldetektor. Es ist auch vorgesehen, dass das Spiegelsystem in Neuried an unserer PANTER Anlage getestet und geeicht wird.

A possible precursor of XEUS is *Simbol-X*, a high-energy X-ray satellite consisting of two small satellites which would be used to test the formation flight. In the course of a European collaboration we participate in the definition and discussion of the satellites which are planned to operate in the 0.5 to 70 keV energy band. The mirror satellite carries a Wolter telescope with 100 nested mirror shells. At the moment the possibility to use a multi layer technique for the coating of the reflecting surfaces is discussed with the aim to increase the effective area at high energies further. The detector satellite carries a sandwich detector consisting of a pixel-detector, sensitive in the 0.5 to 20 keV energy band and a Cd(Zn)Te detector for the band between 5 and 70 keV. We contribute to the hardware with the pixel-detector. It is also foreseen to test and calibrate the mirror system at our PANTER facility

Für die Missionen SIMBOL-X und BEPI COLOMBO werden grob ortsauflösende Spektrometer benötigt, die mit wenig Leistung bei relativ warmen Temperaturen betrieben werden müssen. Dazu haben wir Siliziumdriftdetektoren mit einem verstärkenden DEPFET-Element im Zentrum entwickelt. Kleine Pixelfelder werden derzeit getestet. Bei 10°C wurden bei einer Pixelgröße von 1mm^2 Energieauflösungen um die 180 eV (FWHM) gemessen. Im Rahmen einer Promotion sollen diese Detektoren genauer analysiert werden.

The missions SIMBOL-X and BEPI COLOMBO require low spatial resolution spectrometers which need to be operated at relatively warm temperatures with little power. For this we have developed silicon drift detectors with an amplifying DEPFET element at the centre. Small pixel fields are currently tested. For a pixelsize of 1mm^2 we measured an energy resolution around 180 eV (FWHM) at a temperature of 10°C. These detectors will be accurately analysed as part of a PhD thesis.

Mit dem *CAST* Experiment (CERN Axion Solar Te-

With the *CAST* experiment at CERN (CERN Axion

lescope) versuchen wir neuartige Elementarteilchen, Axionen, nachzuweisen oder deren Masse und Kopplungsstärke an Photonen einzuschränken. Axionen wurden vor mehr als 30 Jahren als Lösung des sogenannten CP Problems der starken Wechselwirkung vorgeschlagen und gelten als viel versprechender Kandidat für Dunkle Materie. Das CP Problem beschreibt unter anderem die Tatsache, dass in der starken Wechselwirkung im Gegensatz zur schwachen Wechselwirkung keine Verletzung der CP Symmetrie auftritt, diese aber von der Theorie vorhergesagt wird. Die stärkste potentielle Axionen-Quelle ist die Sonne, in deren innerstem Kern Axionen durch den sogenannten Primakoff-Effekt erzeugt werden könnten: thermische Photonen können im elektrischen Feld des Sonnenplasmas in Axionen umgewandelt werden und die Sonne, ähnlich der Neutrinos, aufgrund ihrer schwachen Wechselwirkung anschließend verlassen.

Solar Telescope) we try to proof the existence of new elementary particles, axions, or at least to constrain their mass and coupling strength with photons. Axions were proposed more than 30 years ago as a solution for the so-called CP problem of the strong interaction and are believed to be a very promising candidate for dark matter in the universe. The CP problem describes among others the fact that in the strong interaction – opposite to the weak interaction – the CP symmetry is not violated while this is predicted by theory. The strongest potential source for axions is the nearest star, our sun. In the innermost core axions can be created via the so-called Primakoff effect: thermal photons can be converted into axions in the electrical field of the solar plasma which then can leave the sun similar to neutrinos because of their weak interaction with matter.

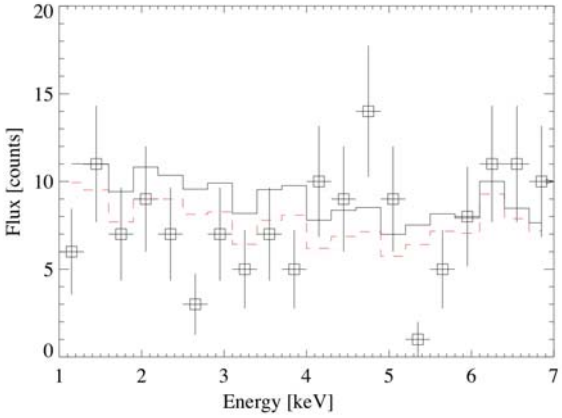


Abb. 3-15: Energiespektrum bestimmt aus den Daten des Jahres 2003. Eingezeichnet ist das theoretische Axionenspektrum für den besten Fit (rote Linie) und das theoretische Spektrum für die obere Grenze der Kopplungskonstante $g_{a\gamma\gamma}$ (95% Vertrauensintervall, schwarze Linie). Ein Axionensignal wäre im Bereich zwischen 2 und 6 keV zu erwarten.

Fig. 3-15: Energy spectrum determined from the data obtained in the year 2003. Plotted is the theoretical axion spectrum for the best fit (red line) and the theoretical spectrum for the upper limit of the coupling constant $g_{a\gamma\gamma}$ (95% confidence interval, black line). A signal from axions would be expected in the energy range between 2 and 6 keV.

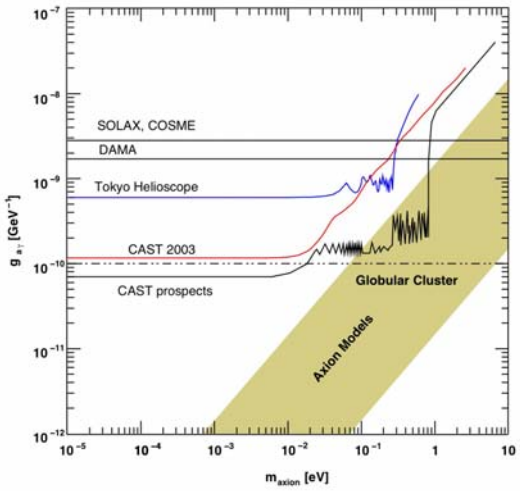


Abb. 3-16: Obere Grenze für $g_{a\gamma\gamma}$ (95% Vertrauensintervall) bestimmt aus den Daten des Jahres 2003 (CAST 2003). Zum Vergleich dazu sind die Ergebnisse früherer Experimente eingezeichnet (SOLAX, COSME, DAMA, Tokio).

Fig. 3-16: Upper limit for $g_{a\gamma\gamma}$ (95% confidence interval) determined from the data of the year 2003 (CAST 2003). For comparison the results of previous experiments are also plotted (SOLAX, COSME, DAMA, Tokyo).

Mit einem Prototypen eines supraleitenden Magneten (B=9 Tesla) der für den Large Hadron Collider am CERN entwickelt wurde, versuchen wir diese solaren Axionen durch den zeitlich umgekehrten Primakoff-Effekt in Röntgenphotonen zu konvertieren und diese wiederum mit Röntgendetektoren nachzuweisen. Dazu wird am CERN vom MPE ein Detektorsystem mit hoher Sensitivität betrieben, eine hintergrundoptimierte pn-CCD Kamera in Verbindung mit einer für ROSITA entwickelten Röntgenoptik. Das CAST Experiment ist seit Mitte 2003 in Betrieb und es konnten zwei 6 Monate lange Messphasen erfolgreich abgeschlossen werden, die den Massebereich leichter Axi-

With the prototype of a super conducting magnet (B=9 Tesla) which was developed for the Large Hadron Collider (LHC) at CERN we try to convert these solar axions via the chronologically reversed Primakoff effect to X-ray photons and to detect the photons with X-ray detectors. For this purpose MPE operates a dectector system at CERN with the highest sensitivity for CAST, which comprises a background optimised pn-CCD camera in connection with an X-ray mirror optics which was developed for ROSITA. The CAST experiment is in routine operation since the middle of 2003 and two six-month long periods of measurements could be successfully completed which covered the

onen mit m_a<0.2 eV abdecken. Die Ergebnisse der Analyse der Daten aus dem Jahre 2003 ergeben, dass bisher kein signifikantes Axionensignal festgestellt werden konnte (Abb. 3-15). Allerdings konnte die obere Grenze für die Kopplung von Axionen an Photonen auf $g_{a\gamma\gamma}=1.16\times10^{-10}\mathrm{GeV}^{-1}$ verbessert werden. Dies entspricht einer Absenkung der oberen Grenze um einen Faktor fünf im Vergleich zum bisher empfindlichsten Experiment. Mit den Daten aus dem Jahre 2004 wird es durch CAST mit einem Laborexperiment erstmals möglich sein, in den Parameterbereich astrophysikalischer Schranken (Abb. 3-16, Linie Globular Clusters) vorzudringen.

Im zweiten Jahr des German Astrophysical Virtual Observatory *(GAVO)* Projekts wurden in allen vier GAVO-Hauptarbeitsbereichen deutliche Fortschritte erzielt. Im Archivierungsbereich hat GAVO die Publikation des RAVE-Spiegelarchivs unterstützt, das mittlerweile am AIP in Potsdam on-line geschaltet wurde. Für die Next Generation Search Engine (NGSE) wurden mehrere Anwendungen implementiert: ein Download-Manager, der verteilte Kataloge anspricht und dazu die IVOA-Registry benutzt; ein „Instant Cone Search“, z.B. für proprietäre Kataloge; ein kombinierter Matcher/Klassifikator zur Identifikation von ROSAT-Quellen (in Zusammenarbeit mit dem US-NVO und der ClassX-Kollaboration); sowie ein SED-Klassifikator (in Zusammenarbeit mit dem Euro-VO bei der ESO), der derzeit zur Untersuchung von Zentralsternen planetarischer Nebel eingesetzt wird. Im Bereich „Theorie im VO“ wurde ein on-line Simulator für die Datenanalyse-Pipeline des zukünftigen Planck-Satelliten der ESA implementiert, sowie ein datenbankgestütztes Anfrage-Werkzeug für simulierte Daten. Im Arbeitsgebiet Grid-Computing wurde ein ClusterFinder implementiert, der zur automatisierten Suche nach Galaxienhaufen dienen soll. Außerdem hat GAVO das German Astrophysics Computing Grid (GACG) mitbegründet, und wesentlich zum D-GRID Förderantrag beigetragen. Um den Zugang zu den o.g. Applikationen zu erleichtern, wurde das GAVO Web-Portal runderneuert. Schließlich wurden Kontakte ausgebaut, darunter zu Universitäten (USM und TUM) sowie zu internationalen Einrichtungen (ASTRO-WISE-Groningen).

Die Projekte der Röntgenastronomie wurden wie folgt gefördert: Das DLR unterstützte XMM (50.OX. 0001). ESA/ESTEC förderte XEUS (15851/ 01/NL/HB). 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).

mass range of light axions with m_a<0.2 eV. The results of the analysis of the data from the year 2003 show that so far no significant axion signal could be detected (Fig. 3-15). However, the upper limit for the coupling of axions with photons could be improved to $g_{a\gamma\gamma}=$ $1.16\times10^{-10}\mathrm{GeV}^{-1}$. This corresponds to a decrease of the upper limit by a factor of five in comparison to the most sensitive experiment before. By adding the data from the year 2004 CAST will make it possible for the first time to reach the parameter space of astrophysical limits (Fig. 3-16, line Globular Clusters).

In the second year of the German Astrophysical Virtual Observatory *(GAVO)* project significant progress was achieved in all four major working areas of GAVO. In the archival segment GAVO has supported the publication of the RAVE mirror archive, which meanwhile is put on-line at the AIP in Potsdam. For the Next Generation Search Engine (NGSE) several applications were installed: a download-manager which accesses distributed catalogues using the IVAO registry; an “instant cone search”, e.g. for proprietary-catalogues; a combined matcher/classificator for the identification of ROSAT sources (in collaboration with the US-NVO and the ClassX-collaboration); and an SED classificator (in collaboration with the Euro-VO at ESO) which is currently used for investigations of central stars in planetary nebulae. The area “theory in the VO” an on-line simulator for the data analysis pipeline of the future Planck satellite of ESA was implemented as well as a query tool for simulated data using a data base system. A cluster finder was implemented in the working area of grid computing, which should serve for the automated search for galaxy clusters. In addition GAVO helped to found the German Astrophysics Computing Grid (GACG) and significantly contributed to the D-GRID application for financial support. To make the access to the applications mentioned above easier the GAVO web portal was redesigned. Finally contacts were extended e.g. to Universities (USM and TUM) and to international establishments (ASTRO-WISE-Groningen).

The projects of the X-ray astronomy group were supported as follows: DLR is funding XMM (50.OX. 0001), ESA/ESTEC supports XEUS (15851/ 01/NL/HB). 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

Die wichtigste Datenquelle für die Gamma-Gruppe ist nach wie vor *INTEGRAL*. Seit nun mehr als 2 Jahren in Betrieb, liefern die beiden Hauptinstrumente IBIS und SPI aufschlussreiche Ergebnisse. Die spektrale Auflösung wird seit dem Start mit halbjährlichen Heizphasen der Detektoren erfolgreich auf konstant gutem Niveau gehalten. Zwei Ge-Detekoren sind leider im Dez. 2003 bzw. Juli 2004 ausgefallen, und führen zu einer 10%igen Einbusse der Empfindlichkeit. Die wissenschaftlichen Entdeckungen sind in Kapitel 2 beschrieben. Die vielen eingegangenen Beobachtungsvorschläge für die dritte Beobachtungsperiode, die 1.5 Jahre dauert und im März 2005 begann, zeugen von einem ungebrochenen Interesse an INTEGRAL (Überbuchung der Messzeit um einen Faktor 4). MPE-Mitarbeiter sind an einem Großteil der mit den akzeptierten Vorschlägen vergebenen Beobachtungszeit beteiligt.

The most important source of data for the gamma-ray group continues to be *INTEGRAL*. Now 2 years in operation, the two main instruments IBIS and SPI are providing very significant results. The spectral resolution of SPI has been successfully kept at a constant high level, by half-yearly heating of the detectors. Two Ge-detectors have unfortunately failed, in December 2003 and July 2004, and this leads to a 10% reduction in sensitivity. The anticoincidence system, built under the responsibility of MPE, continues to fulfil its task to 100%. The scientific discoveries are described in Chapter 2. The large number of proposals for the third observation cycle, which began in March 2005 and lasts 1.5 years, testify to the continuing interest in INTEGRAL (oversubscription of observation time by a factor 4). MPE scientists are involved in a large proportion of the accepted proposals.

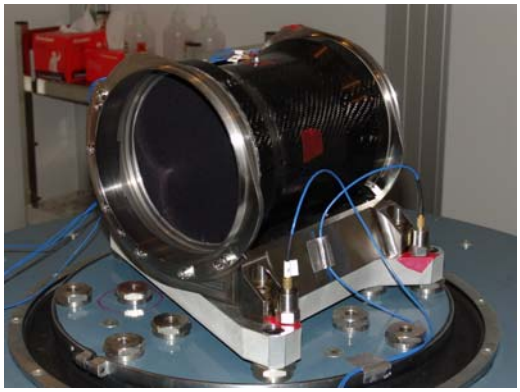


Abb. 3-17: Der mit CFRP gepackte EQM-BGO-Kristall des GBM in seiner Titanhalterung beim Vibrationstest bei der Jena-Optronik GmbH in Jena.

Fig. 3-17: The EQM-BGO crystal of GBM, with CFRP packing, in its titanium support at the vibration test in Jena-Optronik GmbH in Jena.

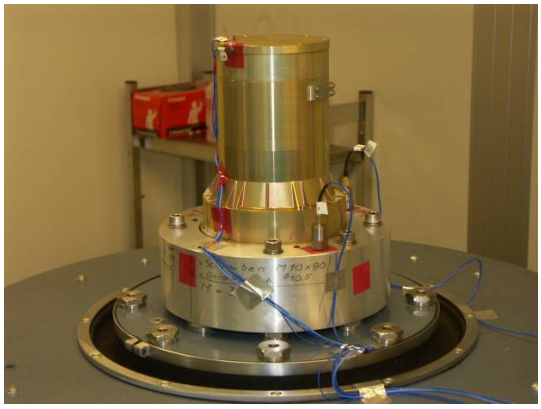


Abb. 3-18: Das Qualifikationsmodell des NaI-Detektors beim Vibrationstest bei der Jena-Optronik GmbH.

Fig. 3-18: The qualification model of the NaI-detector during the vibration test at the Jena-Optronik company.

Hauptschwerpunkte bei der experimentellen Arbeit waren die Arbeiten an der Flug-Hardware von GBM sowie die Entwicklung der ersten Komponenten von GROND. Beim GBM-Projekt, für das das MPE die Detektoren und die komplette Spannungsversorgung bauen und liefern wird, und an dem das MPE mit sechs Wissenschaftlern beteiligt ist, konnte mit dem Erreichen des Critical-Design Reviews des Gesamtsystems im Sommer 2004 ein wichtiger Meilenstein erreicht werden, so dass die Phase C/D durch die Firma Jena-Optronik weitergeführt werden konnte. Der Fortschritt war im wesentlichen durch die Beschaffung der elektronischen Bauteile, der Detektorkristalle und der Photomultiplier bestimmt, für die das MPE zuständig war. Trotz einiger Verzögerungen bei den elektronischen Bauteilen konnte diese Aufgabe erfolgreich abgeschlossen werden. Das MPE hatte auch die Aufgabe übernommen, die mechanischen Teile für die GBM-Detektoren zu bauen. Auch diese Aufgabe konnte dank des Einsatzes der hauseigenen Werkstatt erfolgreich durchgeführt werden. Trotzdem gab es

The main focus of experimental work was the flight hardware of GBM and the development of the first components of GROND. For the GBM project, for which MPE will build and deliver the detectors and the complete power supply, six scientists are involved at MPE. An important milestone was reached with the Critical Design Review of the whole system in summer 2004, so that the Phase C/D could be continued with the Jena-Optronik company. The progress was mainly marked by the acquisition of the electronic components, the detector crystals and the photomultipliers, for which MPE was responsible. Despite some delay for the electronic components, this activity could be successfully completed. MPE had also taken the responsibility to build mechanical parts for the GBM detectors. Thanks to the participation of the in-house workshop, this was also successfully completed. Nevertheless there were time delays, so that the completion and delivery of the GBM detectors (Fig. 3-17 and 3-18) to NASA will occur only in 2005.

Zeitverzögerungen, so dass die Fertigstellung und Ablieferung der GBM-Detektoren (Abb. 3-17 und 3-18) an die NASA erst in 2005 erfolgen wird.

Die Aufgabe des *GBM* wird es sein, an Bord von *GLAST* die Richtung von Gammastrahlenbursts zu bestimmen und diese dann dem Hauptinstrument LAT mitzuteilen, das dann in der Lage sein wird, das Nachleuchten bei hohen Gammaenergien (E>20 MeV) zu messen und seine Eigenschaften zu bestimmen. Die beiden GLAST-Instrumente (Large-Area Telescope und GLAST-Burstmonitor) werden damit zum ersten Mal die Energiespektren von Gammastrahlenbursts über ~6 Energiedekaden (von ~10 keV bis ~500 GeV) messen können., so dass es möglich sein wird, die Relation zwischen der hochenergetischen und der niederenergetischen Gammastrahlen-Emission zu bestimmen. Das wird dazu beitragen, neue Einblicke in das Standardmodell der Gammastrahlenausbrüche zu gewinnen und den Emissionsmechanismus der bisher unverstandenen hochenergetischen Gammaemission zu verstehen.

The goal of *GBM* will be to determine the direction of gamma-ray bursts on board *GLAST*, and to provide this information to the main instrument LAT, which will then be able to measure the afterglow at high gamma-ray energies (E>20 MeV) and determine their parameters. The two GLAST instruments (Large Area Telescope and GLAST Burst Monitor) will therefore measure for the first time the energy spectra of gamma-ray bursts over 6 decades of energy (from ~10 keV to ~500 GeV), so that it will be possible to determine the relation between the high- and low- energy gamma emission. This will contribute new insights into the standard model of gamma-ray bursts and further our understanding of the emission mechanism.

Für *GROND* (Gamma-Ray Burst Optical and Near-Infrared Detector) wurden die ersten Komponenten in der hauseigenen Werkstatt gefertigt und erfolgreich getestet. Die Konstruktion des Kryo-Kessels und der Grundplatte befindet sich im Endstadium, so dass in Kürze mit dem Zusammenbau und ersten Systemtests begonnen werden kann. Im Januar 2004 wurde der Vertrag mit der ESO unterzeichnet, der den Betrieb von GROND am 2.2m Teleskop auf La Silla regelt, und uns Prioritätsrechte bei jedem Gamma-Ray Burst zusichert. Nach einem Review-Meeting in La Silla im September 2004 haben auch die Vorbereitungen zur Integration von GROND in das Teleskop- und Steuersystem begonnen.

For *GROND* (Gamma-Ray Burst Optical and Near-Infrared Detector) the first mechanical components have been manufactured in MPE's workshop, and successfully tested. The construction of the cryovessel and the base plate are in the final stage. It is expected to begin assembly and first system tests in early 2005. The contract with ESO on the operation of GROND at the 2.2m telescope at La Silla was signed in January 2004. This contract also includes override priorities for every GRB visible from La Silla. With a review meeting held in La Silla in September 2004 also the preparations for the integration into the 2.2m telescope infrastructure have been started.

Der *SWIFT* Satellit, für den das MPE die Kalibration des Röntgenteleskops an der PANTER-Anlage durchgeführt hatte, ist erfolgreich am 20. November 2004 gestartet worden. Derzeit (8 Wochen später) sind der Burst-Detektor BAT, das Röntgenteleskop und das UV/optische Teleskop erfolgreich in Betrieb genommen worden, und auch die wesentliche technologische Neuheit von Swift, nämlich das autonome Schwenken des Satelliten nach einem GRB-Trigger, ist erfolgreich getestet worden. Mit der weiteren MPE-Beteiligung an der BAT-Software sowie der organisatorischen Abwicklung des Beobachtungsbetriebes (sog. Burst Advocates) erwarten wir in den kommenden Monaten aufregende Zeiten.

The *SWIFT* satellite has been successfully launched on November 20, 2004. MPE has participated in the project with the calibration of the X-ray telescope (XRT) at the PANTER facility. Presently (8 weeks later), the GRB detector BAT, the XRT and the UV/optical telescope have been successfully switched on. Also the autonomous re-pointing which is the main technological challenge of Swift has been successfully tested. With our additional MPE participation in the software development for BAT and the organisational help in the mission operation (so-called Burst Advocates) we foresee exciting times for GRB research.

Im Juli und Oktober 2004 wurden zwei Beobachtungskampagnen mit unserem schnellen optischen Photometer *OPTIMA* am 1.3m Teleskop des Skinakas Observatoriums auf Kreta durchgeführt. Ausgedehnte zeitgleiche Messungen der Variabilität des Schwarzen Loches in Cyg X-1 im Röntgen- (RXTE) und optischen (OPTIMA) Bereich war ein Messziel; zum zweiten wurden Hardware und Software Komponenten für den geplanten Betrieb von OPTIMA als Photopolarimeter getestet. Damit soll im Laufe von 2005 das Nachleuchten von SWIFT getriggerten Gammastrahlen-bursts vermessen werden.

In July and October 2004 two observation campaigns were conducted with the fast-timing photometer *OPTIMA* at the 1.3m telescope on Mt. Skinakas, Crete. Apart from extended measurements of coincident X-ray (RXTE) and optical (OPTIMA) variability of Cyg X-1, the main goal was to implement and test hardware and software that will enable OPTIMA to promptly observe optical afterglow emission of Gamma-Ray Bursts triggered by SWIFT in 2005.

Als Teil des EU-finanzierten *OPTICON* Projekts ent-

Concept studies for the development of a fast timing,

wickeln wir in Zusammenarbeit mit dem HLL optische Hochgeschwindigkeitsdetektoren auf der Basis von pnCCDs. Diese Detektoren sollen empfindlich für einzelne Photonen sein und mit Zeitskalen von einer Millisekunde auslesbar sein.

Das Projekt *MEGA*, eine Gammastrahlen-Kamera für den Energiebereich 0.4-50 MeV, wird gegenwärtig mit der Auswertung von Daten einer Eichung am Beschleuniger abgeschlossen. Die Ergebnisse zu den Abbildungseigenschaften, dem Gesichtsfeld, der Messung von polarisierten Photonen und der Empfindlichkeit von MEGA beweisen, dass dieser Prototyp eines astronomischen Weitwinkel-Gammastrahlenteleskops ein wegweisendes Konzept für ein künftiges Satellitenprojekt im Niederenergie-Gammabereich sein kann. Ein großer Antikoinzidenzdetektor, der den MEGA Detektor zur Abweisung von geladenen energetischen Teilchen umgeben soll, wurde in einer neuen Technologie gefertigt. Die großflächigen Plastikszintillatoren werden über wellenlängenschiebende Fasern ausgelesen. Die gleichmäßige Empfindlichkeit dieses Antikoinzidenzsystems wurde vermessen und bestätigt. Nachdem weitere Entwicklungen von MEGA am MPE nicht mehr vorgesehen sind, wird das Prototyp Ballonexperiment für den Versand an die University of New Hampshire, USA vorbereitet. Unter der Leitung eines US Teams und mit Unterstützung der NASA soll die Empfindlichkeit von MEGA auf Hintergrundstrahlung in einem Strahlungsfeld am Rande der Atmosphäre (Ballonflug) oder in weiteren Beschleunigermessungen getestet werden.

INTEGRAL wird von der DLR unter 50.OG.9503.0 und der GLAST-Burst Monitor unter 50.QV.0003 und 50.QV.0301 gefördert. EU-Förderung OPTICON (RII3-CT-2004-001566).

pnCCD type, single photon-sensitive optical detector were continued in cooperation with the HLL. This project is part of an EU-funded *OPTICON* program.

The *MEGA* project, a gamma-ray detector for the range 0.4-50 MeV, is currently finalized with the completion of the beam calibration analysis. The results on imaging, field of view, polarization response and sensitivity are very encouraging and prove that MEGA is the leading concept for an astronomical satellite telescope in this energy range. A large anticoincidence shield made of plastic scintillators read out through wavelength shifting fibers has also been calibrated and proved to be of uniform sensitivity. This shield will enclose the gamma-ray detector during a balloon flight and veto the presence of charged particle background. After the termination of further hardware development, the MEGA prototype balloon experiment is prepared for shipment to the University of New Hampshire, USA. Under the lead of a US team and with support from NASA, a balloon flight is planned to test the susceptibility of MEGA to a near-space background environment.

INTEGRAL is supported by DLR under 50.OG.9503.0, and the GLAST-Burst Monitor under 50.QV.0003. EU-fund: OPTICON (RII3-CT-2004-001566).

3.5 KOMPLEXE PLASMEN / COMPLEX PLASMAS

3.5.1 CIPS

Die hier zusammengefassten Labor- und Weltraumaktivitäten wurden im Rahmen des "CIPS" (Centre for Interdisciplinary Plasma Science) – einer gemeinsamen Initiative des MPE und des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik (IPP) – durchgeführt.

CIPS begann formal im Januar 2000 und wurde zentral von einem speziellen MGP Projektefond, sowie den beiden Instituten unterstützt. Die zentrale Unterstützung wird im Dezember 2004 aufhören. Natürlich ist das gesamte Spektrum der CIPS-Aktivitäten breiter als die hier gezeigten Auszüge (insbesondere die IPP-basierten Aktivitäten sind nicht im MPE-Report enthalten). Es gibt einen speziellen CIPS „Abschlussbericht", herauszugeben im November 2004. Dieser Schlussbericht wird natürlich übergreifend sein.

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 is a special CIPS "Final Report" released in November 2004. The final report is, of course, comprehensive.

3.5.2 Weltraum- und Laboraktivitäten / Space and laboratory activities

Komplexe Plasmen bestehen aus einem „normalen" Plasma – Elektronen und Ionen – und einer zusätzlichen Komponente von kleinen, festen Partikeln, typischerweise im Größenbereich von einigen Mikrometern. Diese schwere Komponente im Plasma ist dafür verantwortlich, dass Experimente unter Schwerelosigkeitsbedingungen notwendig sind, obwohl es auch möglich ist die Partikel im Labor in der Schwebe zu halten. Zum Beispiel können die geladenen Mikropartikel in einem starken elektrischen Feld levitiert werden. Doch dies führt zu einem erheblichen Stress auf das System der stark wechselwirkenden Partikel und bedingt, dass unter Schwerkraftbedingungen nur ein kleiner Teil des Zustandsraums der komplexen Plasmen untersucht werden kann. Um die Forschung zu vervollständigen ist es zwingend notwendig Untersuchungen unter Schwerelosigkeitsbedingungen durchzuführen. Seit 1996 führt das Institut Experimente unter Schwerelosigkeit durch, mit dem Höhepunkt des ersten Langzeitexperimentes auf der Internationalen Raumstation ISS, des PKE-Nefedov Labors.

Complex plasmas consist of a "normal" plasma – electrons and ions – and an additional component of small solid particles, typically in the range of micrometers. This heavy component in the plasma makes it necessary to perform experiments under microgravity conditions although it is possible to levitate the particles in the laboratory as well. For instance, the charged microparticles can be levitated in a strong electric field. But this induces substantial stresses to the system of strongly interacting particles and implies that under gravity conditions only a small part of the parameter phase space of complex plasmas can be investigated. To complete the research on complex plasmas, investigations under microgravity conditions are mandatory. The Institute performs experiments under microgravity conditions since 1996, with the height of the first long term mission on the International Space Station with the PKE-Nefedov laboratory.

PKE-Nefedov, als Labor installiert auf der Internationalen Raumstation, ist seit Beginn 2001 in Betrieb. Im Ganzen wurden elf Missionen, eine im Berichtszeitraum, durchgeführt, mit 36 separaten Experimentläufen zu je 90 Minuten. Es ist die meist genutzte Apparatur auf der ISS mit einem wissenschaftlichen Ergebnis von mehr als 15 referierten Publikation. Im September haben wir das 3. PKE-Nefedov Symposium mit wissenschaftlichen und technischen Vorträgen sowie Präsentationen der beteiligten russischen Kosmonauten abgehalten.

PKE-Nefedov, as a laboratory installed on the International Space Station, is operative since the beginning of 2001. In total 11 missions, 1 within the report period, with 36 separate experimental runs of 90 minutes each have been performed. It is the most actively used scientific apparatus on the ISS with a scientific outcome of more than 15 refereed publications. In September we held the 3rd PKE-Nefedov Symposium with scientific and technical presentations and also presentations from the involved Russian cosmonauts.

PK-3 Plus wird PKE-Nefedov auf der Internationalen Raumstation Ende 2005 ersetzen. Eingebaut in einen Sicherheitskontainer von 100 l, es entspricht dem Volumen des Vorgängers, hat es ein erheblich besseres Leistungsvermögen. Die Plasmakammer ist ein

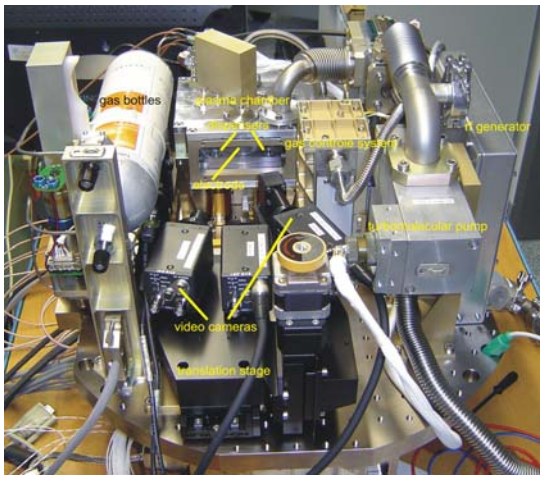
PK-3 Plus shall replace PKE-Nefedov on the International Space Station ISS end of 2005. Assembled in a safety container of 100 l., it has the same volume as the predecessor, however with vastly better performance. The plasma chamber is a novel design with par-

neues Design mit speziellem Augenmerk gerichtet auf einen minimalen internen Temperaturgradienten zur Vermeidung des thermophoretischen Effekts. Das neue Instrument erlaubt die Auswahl von zwei Gasen. Durch Verbindung von besserer Vakuumtechnologie mit einem neuen Gasfluss-System lässt sich die Gasreinheit 10- bis 100-fach verbessern. Die Erfahrung lehrt uns, dass die Gasreinheit ein wesentlicher Parameter für die Forschung mit komplexen Plasmen ist. Sechs Dispensoren, gegenüber zweien vorher, ermöglichen uns eine große Auswahl an Teilchengrößen und –Materialien. Vier Progressive-Scan CCD Kameras anstelle von zwei konventionellen Kameras beobachten sowohl die Mikropartikel als auch das Plasmaleuchten in kalibrierter Helligkeitsskala, verbesserter Auflösung und der doppelten Bildrate. In Verbindung mit Festplatten-Videoaufzeichnung hat die Performance des Videosystems erheblich an Qualität zugenommen im Hinblick auf Bildauflösung, Bildrate und Speichervolumen (Abb. 3-19).

ticular attention given to minimum internal temperature gradients thus avoiding the thermophoretic effect. The new instrument gives the choice of two gases. Combining better vacuum technology with a novel gas-flow system, the gas purity could be enhanced 10 to 100 times. Experience teaches that gas purity is a decisive parameter in complex plasma research. Six rather than two microparticle dispensers provide a comprehensive choice of particle sizes and materials. Four progressive scan CCD cameras in place of two conventional cameras monitor both particles and the plasma glow in a calibrated brightness scale, improved resolution and twice the frame rate. In conjunction with hard disc video recording the overall performance of the video system is vastly improved with regard to image quality, time resolution and storage volume (Fig. 3-19).

Abb. 3-19: Bild des PK-3 Plus Flugmodells.

Fig. 3-19: Image of the PK-3 Plus flight model.



Die Elektronik, die die Plasmadiagnostik, die Manipulation und andere Eigenschaften, zuviele um hier alle aufzuzählen, kontrolliert; wurde vollständig umkonstruiert. Es bietet hochgenaue Messungen einer Anzahl von Parametern, wie z.B. der Ionisationsdichte und der HF-Plasmaleistung, welche in der vorherigen Apparatur nicht gemessen wurden.

Drei Modell werden für PK-3 Plus gebaut: (i) Wissenschaftsmodell (in Betrieb seit über 18 Monate und auf Parabelflügen getestet). (ii) Qualifikations-, Trainings und Flugersatzmodell (ebenfalls in Betrieb). (iii) Flugmodell (zu 70% zusammengebaut). Diese Einheit wird im Sommer 2005 übergeben und im Dezember 2005 mit einem „Progress“ Transporter gestartet.

PK-3 Plus ist, wie auch schon PKE-Nefedov, ein gemeinsames russisch/deutsches Wissenschaftsprojekt. Die zusammenarbeitenden Wissenschaftsteams sind vom Institut für Hochenergie-Dichten der russischen Akademie der Wissenschaften in Moskau und CIPS-MPE. Die Wissenschaftler und Ingenieure beider Institutionen arbeiten seit 2002 an der Realisierung von PK-3 Plus.

Auf Anfrage von ESA hat das russisch/deutsche Wissenschaftsteam zugestimmt, PK-3 Plus zur Forschung anderen Wissenschaftlern von ESA-Beitragsländern

The electronics, which controls the plasma diagnostics, the manipulation and other features, too many to enumerate them all, has been completely redesigned. It provides high precision measurements of a number of parameters, including the ionisation density and the RF discharge power, not measured in the previous payload.

Three models are being built for PK-3 Plus: (i) Science Model (in operation already for 18 months and tested in parabolic flights). (ii) Qualification, Trainings and Flight Spare Model (also already in operation). (iii) Flight Unit (assembled to 70%). This unit will be commissioned in summer 2005 and launched with a “Progress” transporter in Dec. 2005.

PK-3 Plus, as its precursor PKE-Nefedov, is a joint Russian/German scientific project. The collaborating science teams are from the Russian Academy of Science Institute for High Energy Densities in Moscow and from CIPS-MPE. The scientists and engineers from both institutions have been working since 2002 on the realisation of PK-3 Plus.

At the request of ESA, the Russian/ German science team agreed to make PK-3 Plus available for research to other scientists from ESA countries, thus providing

zugänglich zu machen. Dies ermöglicht dringend benötigte wissenschaftliche Impulse für die Gemeinschaft im ESA Interim ISS Utilisation Programm. PK-3 Plus ist ein ideales Labor für die Untersuchung komplexer Plasmen unter Schwerelosigkeit. Das Wissenschaftsmodell, welches am CIPS-MPE verbleibt, ist voll funktionsfähig und mit zusätzlicher Diagnostik und anderen Funktionen ausgestattet. So bedarf es nur kleiner Änderungen an der Plasmakammer und ein Temperaturgradient kann zwischen unterer und oberer Elektrode aufgebaut werden, der die Levitation von Partikeln bestimmter Größe über die thermophoretische Kraft ermöglicht. Dies bietet ein weites Feld an interessanten wissenschaftlichen Untersuchungen.

PK-4 ist das Nachfolgeprojekt von PKE-Nefedov und PK-3 Plus. Anders als seine Vorläufer benutzt PK-4 hauptsächlich eine DC-Entladung, die optional mit ein oder zwei induktiven Entladungen kombiniert werden kann. Dies bietet insbesondere die Möglichkeit kinetische Untersuchungen von einer großen Vielfalt von dynamischen Phänomenen in komplexen Plasmen durchzuführen, wie z.B. laminarer Scherfluss und dessen Übergang zur Turbolenz, Bildung von Wellen und deren Ausbreitung, Kollisionsexperiemte und Schockwellen-Anregung, Fluss durch Düsen usw.

Es ist vorgesehen, dass PK-4 2007 der PK-3 Plus Anlage auf die ISS nachfolgt. Es ist auch ein wissenschaftliches Modul von PK-4-Bauart für die ESA Cornerstone Facility IMPACT vorgesehen, das ein Plasmalabor, die International Microgravity Plasma Facility (IMPF) beinhaltet und 2009 (zur ISS) gestartet werden könnte.

Abb. 3-20: Die im Parabelflugrack eingebaute PK-4 Plasmakammer. Röhrendurchmesser ist 30 mm.

Fig. 3-20: The PK4 plasma chamber, mounted inside the parabolic flight rack, tube diameter is 30 mm.

Während einer im August 2002 gestarteten und vom DLR finanzierten Vorentwicklungsphase wurden drei identische PK-4 Prototyp Entladungskammern entwickelt und deren Eigenschaften untersucht (Abb. 3-20). Eine der Kammern wird von der Gruppe am IHED benutzt, die mit uns zusammenarbeitet, die zweite dient als Laborkammer im MPE. Beide Laborkam-

much-needed new science impulses to the community within ESA's interim ISS utilisation programme. PK-3 Plus is an ideal laboratory for investigating complex plasmas on the ground and under microgravity conditions. The science model, which will stay at CIPS/MPE is fully functioning and equipped additionally with more diagnostics and other features. For example, it requires only slight changes to the plasma chamber and a temperature gradient can be established between the lower and the upper electrode allowing particle levitation of a certain size through the thermophoretic force. This opens up a broad field of interesting scientific observations.

PK-4 is a follow-up project of PKE-Nefedov and PK-3Plus. Other than its predecessors, PK-4 utilizes mainly a DC discharge plasma, which can optionally be combined with one or two RF inductive discharges. This offers in particular the capability to perform kinetic studies of a great variety of dynamical phenomena in complex plasmas, such as laminar shear flows and their transition into the turbulent regime, formation of waves and their propagation, collision experiments and shock wave generation, flow through nozzles and so on.

PK-4 is planned to succeed PK-3 Plus on the ISS around 2007. A science insert of the PK-4 type is also scheduled to be included in the planned ESA cornerstone facility IMPACT, which contains a Plasma Laboratory, the "International Microgravity Plasma Facility" (IMPF) and could be launched (to the ISS) in 2009.

Abb. 3-21: Im Vordergrund sieht man das in das ZERO-G Flugzeug eingebaute PK-4 Parabelflugrack und im Hintergrund des Bildes das PK-3 Plus Wissenschaftsmodell.

Fig. 3-21: PK4 parabolic flight rack inside the ZERO-G airplane in the front and PK-3 Plus science model in the back of the image.

Within a DLR funded predevelopment phase, which started in August 2002, three identical prototype PK-4 discharge chambers were developed and their functional properties investigated (Fig. 3-20). One of these chambers is used by our collaborating group at IHED in Moscow, the second serves as laboratory chamber in the MPE lab. Both lab chambers can be operated in

mern können in jeder Richtung im Hinblick zur Schwerkraft bedient werden. Die dritte Kammer bildet den zentralen Teil der PK-4 Parabelflugnutzlast (Abb. 3-21). Bisher wurde letztere auf zwei Parabelflugkampagnen der ESA (eine im Berichtszeitraum) unter Schwerelosigkeit auf dem A300 ZERO-G Flugzeug mit 180 Parabeln, je 20 Sekunden Länge, betrieben.

Bisher wurden die PK-4 Aktivitäten von grundlegenden Entwicklungsarbeiten dominiert, die zu einigen interessanten Veröffentlichungen führten.

Die International Microgravity Plasma Facility *IMPF* ist eine der zwei Anlagen des ESA Cornerstone Labors IMPACT (International Microgravity Plasma, Aerosol and Cosmic dust Twin). Sie ist als modulare Anlage, bestehend aus Untereinheiten, zur einfachen Unterbringung entwickelt. IMPACT, als die Hauptanlage, stellt die Rackstruktur, Leistung, Vakuum, Kühlung, Experiment-Kontrolle über einen Laptop und/oder über Telescience, Datenspeicherung etc. bereit. Die Experiment-Einschübe werden von der wissenschaftlichen Gemeinschaft über begutachtete Anträge definiert. Für IMPF sind zwei unterschiedliche Arten von Plasmaexperiment-Einschüben vorgesehen: ein HF-IMPF Einschub und ein kombinierter DC/HF-Einschub, beide sehr unterschiedlich im Aufbau und der wissenschaftlichen Zielsetzung. Der HF-Einschub besteht aus einem parallelen Plasmaelektroden-System, ähnlich dem von PKE-Nefedov und PK-3 Plus. Dieser Einschub wurde zur Untersuchung von stark gekoppelten Plasmen entwickelt, hauptsächlich in der kristallinen Phase einschließlich des festflüssigen Phasenüberganges. Der zweite Einschub besteht aus einer langen DC-Röhrenentladung mit HF-Spulen oder -Elektroden zur Maniplulation und zum Einfang. Dieser Aufbau wird ein neues Feld der Untersuchung unter Schwerelosigkeit eröffnen, die flüssigen komplexen Plasmen.

Das ESA Cornerstone Labor IMPACT (International Microgravity Plasma, Aerosol and Cosmic Dust Twin Laboratory) ist ein Second Generation Labor für Columbus zur Untersuchung von Schwerelosigkeitseffekten in fundamentaler Physik auf der Internationalen Raumstation und soll 2009 gestartet werden. Es besteht aus zwei Teilen die zwei unterschiedlichen wissenschaftlichen Gebieten, dem der Komplexen Plasmen und der Staub/Aerosol-Physik, gewidmet sind. Das MPE ist wesentlich an dem ersten Teil beteiligt, sowohl wissenschaftlich als auch technologisch.

Das *IMPACT Labor* besteht aus einem elektrischen und mechanischem Grundsystem welche die Rackstruktur, elektrische Leistung, Gas und Vakuum, Kühlung, Kontrolle, Datenspeicherung etc. und zwei Experimenteinschübe, eins für das Forschungsfeld der komplexen Plasmen und ein zweites für das Feld der Staub- und Aerosolphysik beinhalten(Abb. 3-22). Siehe http://www.mpe.mpg.de/pke/ für zusätzliche Informationen.

any orientation with respect to the gravitational force. The third chamber forms the central part of the PK-4 parabolic flight rack (Fig. 3-21). Up to now, the latter has been operated under microgravity conditions on two ESA parabolic flight campaigns (one in the reporting period) onboard the A300 ZERO-G airplane with a total of 180 parabolas, each 20 seconds in duration.

So far PK-4 activities were dominated by basic development tasks, but nevertheless have already led to several publications.

The International Microgravity Plasma Facility *IMPF* is one of the two facilities of the ESA cornerstone Laboratory IMPACT (International Microgravity Plasma, Aerosol and Cosmic dust Twin). It is designed as a modular facility consisting of sub-units for easy accommodation. IMPACT, as the master facility, delivers the rack structure, power, vacuum, cooling, experiment control via laptop and/or telescience, data storage etc. The experimental inserts are defined by the scientific community on evaluated proposals. For IMPF two kinds of different plasma chamber inserts are foreseen: an rf-IMPF insert and a dc/rf combined insert, both very different in their set-up and scientific goals. The rf-IMPF insert consists of a parallel plate plasma discharge, similar to the PKE-Nefedov and PK-3 Plus experiments. This insert is designed to investigate strongly coupled plasmas – mainly in the crystalline state including the solid-liquid phase transition. The second insert consists of a long dc-tube discharge with rf-coils or electrodes used for manipulation and trapping. This set-up will open up a new field of research under microgravity, liquid complex plasmas.

The ESA Cornerstone Laboratory IMPACT (International Microgravity Plasma, Aerosol and Cosmic Dust Twin Laboratory) is a Second Generation Lab for Columbus dedicated for the study of microgravity effects in fundamental physics on the International Space Station. It shall be launched in 2009. IMPACT contains two parts which are devoted to two different scientific fields, the complex plasmas and the dust/aerosol physics. MPE is strongly involved into the first part, scientifically as well as technologically.

The *IMPACT Laboratory* consists of an electronic and mechanical support system which delivers the rack structure, power, gas and vacuum, cooling, control, data storage etc. and two experiment inserts, one for the scientifoic field of complex plasmas and the second one for the field of dust and aerosol physics (Fig. 3-22). For further information, see http://www.mpe.mpg.de/theory/plasma-crystal/.

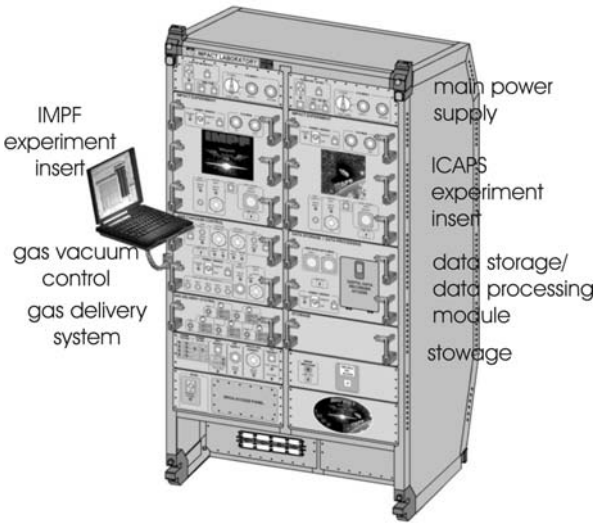


Abb. 3-22: Das IMPACT Labor mit den unterschiedlichen Einheiten. Die wesentlichen Komponenten sind im Bild beschriftet.

Fig. 3-22: The IMPACT laboratory with the different modules. The major parts are mentioned in the figure.

Die wichtigste Eigenschaft bei der Erforschung komplexer Plasmen ist die Untersuchung auf dem fundamentalsten, dem kinetischen Niveau. Dies ermöglicht neue Einsichten in die Physik und erlaubt einen leichten Vergleich mit Theorie und numerischen Simulationen. Deshalb hat das Institut mehrere experimentelle Labors aufgebaut, jedes mit speziellen Eigenschaften und Diagnostik zur Untersuchung komplexer Plasmen. Die Ausstattung für diese Labors wurde teilweise von einer speziellen Förderung der MPG im Rahmen des CIPS finanziert. Die Laborinfrastruktur wird vom IPP und MPE zur Verfügung gestellt.

Die Labors sind:

1. Das GEC-Labor: Ein Hochfrequenz (HF)-Entladungsplasma, benutzt in GEC-RF-Reference Cells zur Untersuchung von stark gekoppelten Phänomenen in komplexen Plasmen.
2. PK-3 Plus Labor: Entwicklungslabor für das nächste Weltraumexperiment.
3. PK-4 Labor: Entwicklungslabor für ein zukünftiges Weltraumexperiment.
4. Magnetlabor: Es beinhaltet einen supraleitenden Magneten bis zu ~5 Tesla von bester Homogenität. In diesem Labor werden zum ersten mal stark gekoppelte, stark magnetisierte Systeme auf dem fundamentalsten, dem kinetischen Level untersucht.
5. Paramagnetlabor: Zur Untersuchung stark gekoppelter Systeme mit magnetischer Dipolwechselwirkung – im Gegensatz zu elektrostatischer Wechselwirkung. Diese Systeme sind thermodynamisch „geschlossen“, wohingegen elektrostatische Systeme thermodynamisch „offen“ sind. Schwach gedämpfte geschlossene Systeme wurden bisher noch nicht auf dem kinetischen Level untersucht.
6. Das Adaptive Elektroden Labor: Es besteht aus einer großen Plasmakammer welche elektronisch manipuliert werden kann (durch das Ansprechen einer segmentierten Elektrode) zur Erzeugung und Untersuchung kontrollierter dynamischer Prozesse in komplexen Plasmen.
7. Plasmakristall-Praktikumslabor: Für die Studenten-Forschung (in Zusammenarbeit mit den Universitä-

The most dominant property of complex plasma research is the investigation on the most fundamental – the kinetic – level. This provides new insights into the physics and allows easy comparison with theory and numerical simulations. Therefore the Institute built many experimental laboratories, each with special features and diagnostics for the investigation of complex plasmas. The equipment for these laboratories was financed by a special grant from MPG in the framework of CIPS. The laboratory infrastructure is provided by IPP and MPE, the manpower is largely supplied by MPE.

The laboratories are:

1. The GEC-Laboratory: Radio-frequency (rf) discharge plasmas using GEC-RF-Reference cells for investigations of strong coupling phenomena in “complex plasmas”.
2. PK-3 Plus laboratory: Development laboratory for the next space experiment.
3. PK-4 laboratory: Development laboratory for a future space experiment.
4. Magnetic Laboratory: it involves a superconducting magnet up to ~5 Tesla of high homogeneity. In this laboratory strongly coupled and strongly magnetised systems will be studied at the most fundamental (the kinetic) level for the first time.
5. Paramagnetic Laboratory: for the study of strongly coupled systems with magnetic dipole interactions – in contrast to electrostatic interactions. These systems are thermodynamically “closed”, whereas electrostatic systems are thermodynamically “open”. Weakly damped closed systems have not been studied before at the kinetic level.
6. Adaptive Electrode Laboratory: It is a large plasma chamber which can be manipulated electronically (through addressing a pixelled electrode) to generate and investigate controlled dynamical processes in complex plasmas.
7. Plasma crystal educational laboratory: For student research (cooperation with Universities).
8. Diamond Growth Laboratory: For the investigation of the growth process of diamond from vapour deposition on small levitated particles.

ten).

8. Diamanten-Wachstumslabor: Zur Untersuchung des Wachstumsprozesses von Diamanten durch Aufdampfen auf kleinen levitierten Partikeln.
9. Plasma Torch Labor: Zur Untersuchung der Sterilisationsmöglichkeiten von atmosphärischen Plasmen zur Wundbehandlung in der Medizin.

Die Projekte PKE-Nefedov (Förderkennzeichen FKZ 50 WM 9852), 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.

9. Plasma Torch Laboratory: It is used for the study of sterilisation possibilities of atmospheric plasmas for wound treatment in medicine.

The projects PKE-Nefedov (Förderkennzeichen FKZ 50 WM 9852), 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

OmegaCam, das einzige Messinstrument des 2.6m 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 Frühjahr 2006 ihren Betrieb am Paranal Observatorium der ESO aufnehmen.

OmegaCam und das VST dienen als ein reines Durchmusterungsinstrument. Während ihrer 10-jährigen Lebensdauer wird OmegaCam einen großen Teil (ungefähr 30.000 Quadratgrad) des in Chile sichtbaren Himmels ablichten. Um diese außerordentliche Fläche zu erzielen kombiniert OmegaCam 32 CCD Detektoren mit einer gesamten Belichtungsfläche von 16.384 x 16.384 Pixel. Mit einem beispiellosen Gesichtsfeld von einem Quadratgrad (gleichwertig mit 4 Vollmondbildern) wird OmegaCam zur größten digitalen Kamera der Welt. Würde man eine einzelne OmegaCam-Belichtung mit Standard-Computermonitor-Auflösung darstellen, so wäre eine Fläche von mehr als 20 Quadratmeter nötig, während die Größe der vorgeschlagenen gesamten Durchmusterung fast einen Quadratkilometer entspräche.

OmegaCam wird statistische Aussagen auf einem großen Sample von Objekten ermöglichen, und zusätzlich in der Lage sein seltene ungewöhnliche Objekte zu finden. Ein signifikanter Teil der Beobachtungszeit von VST und OmegaCam wird für eine große öffentlich zugängliche Durchmusterung und die den am Bau beteiligten Instituten zugesicherte Teleskop Zeit verwendet. In der Planung für die Durchmusterung haben die Universitäts-Sternwarte München (USM) und das MPE eine wichtige Rolle eingenommen. Der Antrag, der der ESO im Januar zugestellt wird, sieht vor 1700 Quadratgrad des südlichen Himmels in fünf Filtern (u', g', r', i' und z') bis zu einer Grenzhelligkeit zwei Magnituden schwächer, und mit einer zweimal besseren Bildqualität als dem Sloan Imaging Survey zu beobachten. Die in etwa 1,5 Millionen CCD Aufnahmen dieser Durchmusterung werden dazu dienen Lichtablenkung durch Schwerkraft (gravitational lensing), die Entwicklung von Galaxien und Haufen, das Winkel-Powerspektrum, die Zustandsfunktion des Universums und die galaktische Population weißer Zwerge zu untersuchen und extrem hochrotverschobene Quasare und Galaxien zu finden. OmegaCam und das VST werden also eine wahrhafte Flut von Objekten liefern, die dann mit den größeren VLT Teleskopen weiter untersucht werden können.

Am Kameragehäuse wurde in diesem Jahr an der Universitäts-Sternwarte München die mechanisch-elektronische Integration durchgeführt (Abb. 3-23). Tests des Kameraverschlusses, der Filtereinheit sowie der verschiedenen Softwaremodule haben gezeigt, dass die bislang gefertigten Komponenten die Spezifikationen erfüllen. Das Instrument wurde mittlerweile an die ESO ausgeliefert, wo die Detektoreinheit (CCDs und

OmegaCam is a 1 square degree wide-field, optical camera that will be the sole instrument for the 2.6m 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 early 2006.

OmegaCam and the VST will act as a pure survey instrument. During its 10 year mission OmegaCam will be able to map a large fraction (about 30,000 square degrees) of the sky visible in Chile. To achieve this extraordinary area, OmegaCam combines 32 CCD detectors to create a 16,384 x 16,384 pixel array. This implies an unprecedented field-of-view of one square degree (equivalent to 4 full moons), making Omega Cam the world's largest digital camera. 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.

OmegaCam will be instrumental in providing statistics on large samples of objects, as well as having the ability to find unusual rare objects. A significant fraction of observing time with the VST and OmegaCam will be devoted to a large-area public survey and to guaranteed telescope time for the instrument builders. The design proposal for a large public survey has begun, with the Universitäts-Sternwarte München (USM) and MPE playing a significant role. The proposal, to be submitted to ESO in January, is to image 1700 square degrees of the southern sky in five filters (u', g', r', i', and z'), to sensitivity limits that are two magnitudes deeper, and with image quality that is two times better, than the ongoing Sloan Imaging Survey. The roughly 1.5 million CCD images of this survey will be used to investigate gravitational lensing, the evolution of galaxies and clusters, the angular power spectrum and equation of state of the Universe, the galactic white dwarf population, as well as for the discovery of extremely high redshift quasars and galaxies. Clearly, the VST and OmegaCam will provide a veritable flood of objects for follow-up observations with the VLT telescopes.

All of the mechanical and electronic integration within the camera housing has been completed at the Universitäts-Sternwarte München (Fig. 3-23). Tests of the camera shutter, filter exchanger and carriage, as well as the associated control software have completed their testing and fulfilled the specifications. The instrument has been delivered to ESO where the detector system (CCD's and cryostat cooling system) will be

Kryostat Kühlsystem) integriert und vor dem Versand nach Chile getestet wird. Die ersten fünf der elf Filter, die für OmegaCam vorgesehen sind, sind mittlerweile ausgeliefert worden und werden getestet, die restlichen werden bis Mitte 2005 geliefert (Abb. 3-24).

integrated and tested before being shipped to Chile. The first 5 of 11 core filters for OmegaCam have been delivered and are being tested, with the remaining filters expected by mid 2005 (Fig. 3-24).

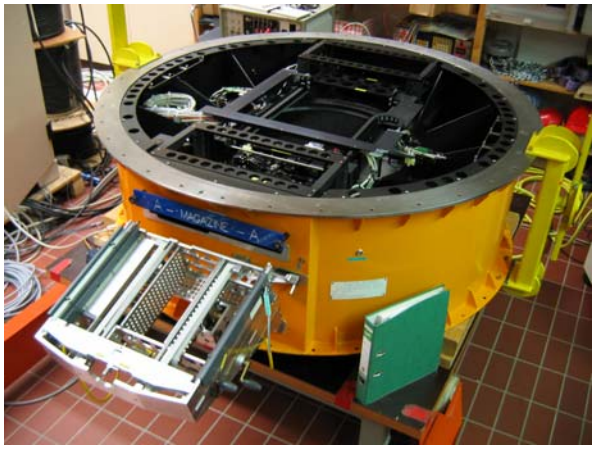


Abb. 3-23: Das Kameragehäuse während des Zusammenbaus und der Tests, unmittelbar vor Auslieferung an die ESO zum Einbau der Detektoren. Der Kameraverschluss ist ausgebaut worden, um die Filterhalter (jeweils sechs Filter) und die Filter-Austauscheinheit zu zeigen. Der Aluminiumrahmen an der Außenseite des Instrumentes ist abnehmbar und dient dem Laden und Entladen der Filter. Das Gesamtinstrument und die Elektronik wiegen mehr als 1100 kg und haben einen gesamten Durchmesser von fast 2m. Ein Leitz Ordner soll die Dimensionen der Kamera verdeutlichen.

Fig. 3-23: OmegaCam during assembly and testing at the USM, just prior to delivery to ESO for detector integration. The camera shutter has been removed to reveal the filter storage arrays (each able to hold 6 filters) and the filter exchange mechanism. The aluminum frame on the outside of the instrument is a detachable tray for inserting and removing filters. The total instrument and electronics will weigh more than 1100kg and have an overall diameter of almost 2m. A Leitz folder is placed in front of the camera for scale.

Abb. 3-24: "First light" der echten Detektoren in einem Test des ESO Detektor Labors. In diesem Test wurde ein stark abgeschwächtes Dia des Paranal Observatoriums auf weniger als die Hälfte der gesamten CCD Fläche projiziert.

Fig. 3-24: "First light" of the true detector plane recently created in the ESO detector laboratory. In this test, a strongly dimmed slide image of the Paranal observatory was projected onto less than one half of the total CCD plane.

ASTRO-WISE (ASTROnomical Wide-Feld Imaging System for Europe) ist ein System, das die die Software- und Analysenprogramme liefern wird, die notwendig sind, um die beträchtlichen Datenmengen die von OmegaCam und anderen Großfeld Kameras (MegaCam, WFI, VISTA, usw.) produziert werden, zu verarbeiten.

The *ASTRO-WISE* (ASTROnomical Wide-Feld Imaging System for Europe) is a program that will provide the software and scientific analysis routines necessary to reduce and exploit the vast quantities of data produced by OmegaCam and other wide-field sky survey cameras (MegaCam, WFI, VISTA, etc.).

Für OmegaCam erwarten wir allein durch die unbearbeiteten Himmelsaufnahmen eine jährliche Datenrate von etwa 30 Terabyte (1 Tbyte = 1000 Gbyte), aus denen durch die Datenverarbeitung weitere 10 Terabytes/Jahr entstehen werden. Dadurch, dass jedes ein Quadratgrad großes OmegaCam Bild ungefähr 10.000 astronomische Objekte enthält, werden die daraus erzeugten Tabellen, allein mit den grundlegenden Eigenschaften dieser Objekte (Helligkeit, Position, Farbe, Form, usw.) ein weiteres Terabyte pro Jahr ergeben.

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. With each one square degree OmegaCam image containing about 10,000 astronomical objects, even the tables that contain the basic properties of these objects (brightness, position, colour, shape, etc.), will be of the order of one Terabyte each year.

Das ASTRO-WISE Konsortium, bestehend aus einer Kollaboration aus Wissenschaftlern und Programmierern in den Niederlanden, Deutschland, Frankreich

The ASTRO-WISE consortium, based on a collaboration of scientists and programmers in the Netherlands, Germany, France, and Italy is developing the software

und Italien, entwickelt die benötigte Software und Hardware Infrastruktur, um der astronomischen Gemeinschaft die Möglichkeit zu geben die Großfeldaufnahmen zu kalibrieren, zu analysieren und astronomische Quellen zu extrahieren. Das Programm hat hochgesteckte Ziele, in Bezug auf Neureduktion bei Bedarf, parallele Verarbeitung, Verwaltung sehr großer Datenbanken, Entwurf und Erzeugung dynamischer Archive und Vernetzung großer Datenmengen zwischen den verschiedenen nationalen Instituten. ASTRO-WISE wird eines der ersten virtuell arbeitenden Observatorien (Virtual Observatory) werden.

Das ASTRO-WISE Projekt begann im Januar 2001, und mittlerweile haben wir eine funktionierende Datenreduktions-Pipeline, mit Bias und Flatfield Korrektur, astrometrischer und photometrischer Kalibration, automatischer Qualitätskontrolle und Extraktion der Quellen. Die Pipeline wurde mit großen Datensätzen von WFI, FORS, INT WFC und MDM getestet. Die Daten werden zuerst in die entsprechende Datenbank eingespeist, von wo aus die Pipeline sie liest, die jeweilige Operation durchführt und sie und eine Qualitätsabschätzung dann wieder zurückschreibt. Die Tabellen mit den extrahierten Quellen werden ebenfalls in der Datenbank abgelegt. Auf diese Weise kann ein Benutzer die exakten Bearbeitungsschritte jedes Bildes oder jeder detektierten Quelle nachvollziehen und die Reduktion von jedem beliebigen Zwischenschritt aus mit selbstdefinierten Parametern wiederholen.

Im letzten Jahr wurde verschiedene Meilensteine des ASTRO-WISE Projektes erreicht. Zu diesen gehörten die Auslieferung des Kerns der Datenreduktions-Pipeline an die ESO, die Entwicklung einer ausgefeilten Routine zur Suche nach Paaren von Quellen (SAssociate) mit der Möglichkeit sehr große Objektlisten schnell zu korrelieren, der erfolgreiche Test der Verknüpfung der Datenbanken (Föderation) zwischen der Universitäts-Sternwarte München (USM) und Groningen, sowie die Entwicklung eines vielseitigen Programms zur Suche in der Datenbank. Um die Fähigkeiten von ASTRO-WISE im Umgang mit großen Datenmengen zu testen, werden zur Zeit alle unreduzierten Bilder aus dem ESO WFI Archiv in die Datenbank eingelesen und durch die Pipeline neu reduziert. Im Moment enthält die Datenbank mehr als 82.000 WFI Bilder.

Um unseren Beitrag zur Unterstützung der deutschen OmegaCam Benutzer zu leisten, und um die Daten einer großen allgemein zugänglichen Durchmusterung zu reduzieren, sind wir in den letzten Stadien der Anschaffung eines leistungsfähigen Computer Clusters für das MPE. Das Design dieses Systems (16 Rechenknoten mit je zwei 64 Bit Prozessoren, einem Datenbankserver, Glasfaser Netzwerk zwischen den Rechnern und zwei Datenservern mit 16 TB erweiterbarem Speicherplatz mit schnellen I/O) ist darauf ausgelegt die OmegaCam Daten einer ganzen Nacht in 2-3 Stunden zu reduzieren (von den Rohbildern bis zu den fertigen Tabellen der Quellen). (Abb. 3-25 und 3-26) Ausführlichere Information finden Sie auf der ASTRO-WISE homepage: http://www. ASTRO-WISE.org/

tools and computing hardware infrastructure with which the astronomical community 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. ASTRO-WISE will become one of the first operational Virtual Observatory systems.

The ASTRO-WISE project began in January 2001, and we currently have a working pipeline that bias corrects, flat-fields, astrometrically and photometrically calibrates, performs quality control on each image, and extracts sources. The pipeline has been tested using large data sets from WFI, FORS, INT WFC, and the MDM. All data are 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 reprocess the data from any pipeline step with any user-defined data attributes.

This previous year saw a number of milestones within the ASTRO-WISE project. These include the delivery of the core data reduction pipeline to ESO, the creation of a sophisticated matching routine (SAssociate) with the ability to correlate very large (>10^6 sources) object lists very quickly, a sharing of data base content and access (federation) successfully tested between the Universitäts-Sternwarte München (USM) and Groningen, and the creation of an advanced data base query tool and user interface. In order to test the large-scale capabilities of ASTRO-WISE, the entire ESO WFI raw image archive is now being ingested into our data base and will be re-processed using our pipeline. Currently, there are more than 82,000 queriable WFI images in the ASTRO-WISE data base.

In order to fulfil our commitments to support the German OmegaCam user community and to process the data produced by large-area public surveys, we are now in the final stages of procuring a high performance computer cluster for the MPE. The design of this system (16 computational nodes based on dual 64-bit CPU's, a dedicated data base server, fibre channel inter-node communication, and two data servers coupled to 16 TB of scalable storage with rapid I/O), is such that an entire night of OmegaCam data can be processed (from raw data to final source lists) within 2-3 hours (Fig. 3-25 and 3-26). For more detailed information, please see the ASTRO-WISE homepage at http://www.ASTRO-WISE.org

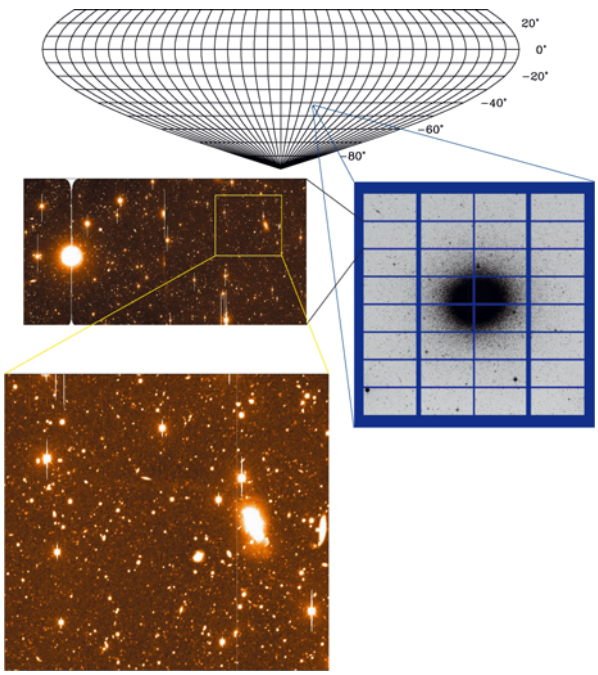


Abb. 3-25: Eine Illustration der Datenmenge, die für eine OmegaCAM Himmels-Durchmusterung zu erwarten ist. Oben: Der gesamte südliche Himmel (den OmegaCAM in nur drei Jahren beobachten kann), bedeckt mit einem 10x10-Grad-Raster. Die Größe des Feldes, das durch eine einzelne OmegaCAM Belichtung abgedeckt wird, wird als kleines Quadrat gezeigt. Rechts: Eine simulierte OmegaCAM Belichtung, bei dem das 32-CCD Mosaik deutlich sichtbar ist. Links: Ein tatsächliches CCD Bild, aufgenommen mit der BTC Kamera auf dem CTIO Mayall Teleskop (die gleiche Himmelsfläche wird von einem ***einzelnen*** *OmegaCAM CCD erfasst). Das unterste Bild zeigt einen Teilausschnitt des CCDs, der in der Auflösung dem Druck angepasst ist. Obwohl er nur ein 95stel eines einzelnen OmegaCAM Feldes misst, enthält er mehr als 1500 Quellen.*

Fig. 3-25: An Illustration of the volume of data expected from an OmegaCAM sky survey. Top: The entire southern sky (which OmegaCAM will observe in a mere three years) covered with a 10x10 degree raster. The size of the field covered by a single OmegaCAM exposure is one square degree. Right: A simulated OmegaCAM exposure, with the 32-CCD mosaic clearly visible. Left: An actual CCD image, made with the BTC camera on the CTIO Mayall telescope (covering the same amount of sky as a SINGLE OmegaCAM CCD). The lower image is a sub section of the CCD displayed at the resolution of the printed page. Although it measures a mere 1/95th of a single OmegaCAM field, it contains more than 1500 sources.

Total number of rows selected : 324

LVCatalogue

ESO	NGC	R_A	DEC	IC	DESCR	B_image filename	R_image filename	#r
2930310	None	0.133333340287	-42.4566650391	None	Sa			1
3490220	None	0.16249999404	-36.2150001526	None	SO In cluster			2
1490141	None	0.163907155395	-52.5789680481	None	None	None	None	3
1490140	None	0.17499999702	-52.5816650391	None	Double system Streamer			4
1930110	None	0.21250000596	-50.0699996948	None	SO Sev S compt, in cl			5
1490150	None	0.220833331347	-53.6083335876	None	Sc vP envelope			6
1930120	None	0.241666659713	-51.2133331299	None	Sb: In cluster			7
1110110	None	0.25	-59.9016685486	None	Peculiar S-shaped, v open, np of 2			8
1930130	None	0.366666674614	-51.6716651917	None	Sb L in group *			9

Abb. 3-26: Beispiel einer Abfrage der ASTRO-WISE Datenbank. In dieser sehr einfachen Abfrage wählt der Benutzer einen Bereich in Rektaszension und Deklination aus unserer Datenbank. Man sieht eine abgekürzte Ausgabetabelle dieser Abfrage, aus der der Benutzer dann das reduzierte Bild herunterladen kann. Dieses Abfrage Interface wird auch für Quelllisten zur Verfügung stehen.

Fig. 3-26: An example of a query to the ASTRO-WISE data base. In this very simple query a user selects a range of RA and DEC from our data base. The panel shows an abbreviated output table of this query, from which the user can then download the reduced images. This query interface will also be available for source lists

KMOS, ein multi-integral-field unit (IFU) Spektrograph, wird als Instrument der zweiten Generation für das VLT entworfen. Die Hauptanforderungen sind: (i) die Unterstützung räumlich aufgelöster (3-D) Spektroskopie; (ii) die Möglichkeit zu Mehrfach-Spektroskopien; (iii) die Möglichkeit zur Beobachtung in den J, H und K atmosphärischen Infrarot Fenstern. Das grundlegende Design verwendet 24 konfigurierbare Aufnehmer-Arme mit denen Faltungs-Prismen an benutzer-spezifizierten Positionen in der Ebene des Nasmyth Fokus (7,2 Bogenminuten Durchmesser) platziert werden können. Die so ausgewählten Teilfelder (je 2,8x2,8 Bogensekunden) werden dann an 24 weiterentwickelte bildaufspaltende IFUs weitergeleitet, die jedes Teilbild in 14 identische Streifen mit je

KMOS will be a multi-integral-field unit (IFU) spectrograph designed as 2nd generation instrument for operation on the VLT. Top-level requirements are: (i) to support spatially-resolved (3-D) spectroscopy; (ii) to allow multiplexed spectroscopic observations; (iii) to allow observations across the J, H, and K infrared atmospheric windows. The baseline design employs 24 configurable pick-off arms that position fold prisms at user-defined locations in the Nasmyth focal plane (7.2 arcmin diameter). The sub-fields thus selected (2.8x2.8 sq. arcsec each) are then fed to 24 advanced image slicer IFUs that partition each subfield into 14 identical slices, with 14 spatial pixels (0.2 arcsec spatial sampling) along each slice. The light from the IFUs is dispersed by three cryogenic grating

14 räumlichen Pixeln (0,2 Bogensekunden räumliches Sampling) entlang jedes Streifens zerlegen. Das Licht von den IFUs wird von drei kryogenen Gitterspektrometern zerlegt, die aus jedem der 24 unabhängigen Teilbilder 14x14 Spektren erzeugen. Die drei Spektrometer (Auflösung jeweils 3500) nutzen je einen einzelnen 2Kx2K HgCdTe Detektor. Sie können unabhängig konfiguriert werden um simultane Beobachtung von verschiedenen Objekten in J, H und K Bändern zu erlauben. Abb. 3-27 und 3-28 zeigen das grundlegende Design von KMOS.

spectrometers which generate 14x14 spectra for each of the 24 independent sub-fields. The three spectrometers (resolution about 3500) each employ a single 2Kx2K HgCdTe detector. They may be configured independently to allow simultaneous observations of different targets in the J, H, and K bands. Fig. 3-27 and 3-28 show the KMOS baseline design.

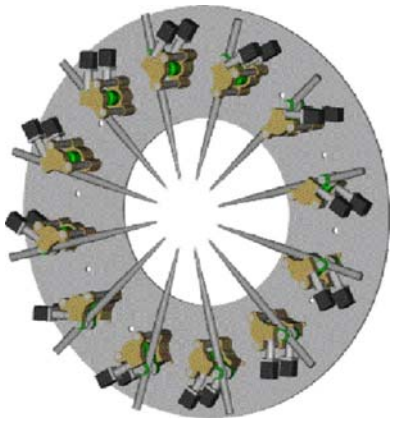


Abb. 3-27: Anordnung von zwölf konfigurierbaren Aufnahmearmen. Die anderen zwölf Arme sind auf einer weiteren Ebene angebracht.

Fig. 3-27: Layout of 12 configurable pick-off arms. The remaining 12 arms are placed in a second layer.

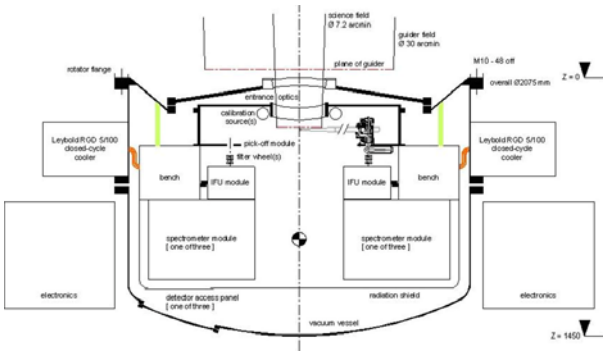


Abb. 3-28: Schematische Ansicht von KMOS von oben auf die Nasmyth Plattform gesehen, zeigt die wichtigsten Teile des Instruments in seinem Vakuum-Behälter. (Gesamtgewicht: 2200 kg, Durchmesser: 1,45m, Höhe: 2m).

Fig. 3-28: Schematic view of KMOS looking down towards the Nasmyth platform showing the basic parts of the instrument in its vacuum vessel (total weight: 2200 kg, diameter: 1.45m, height: 2m).

Die wissenschaftlichen Hauptziele für KMOS sind: Masseaufbau von Galaxien bei mittlerer bis hoher Rotverschiebung, extrem hoch rotverschobene Galaxien und Reionisation, die Verbindung zwischen Galaxienentstehung und dem Wachstum Schwarzer Löcher, stellare Populationen und der Sternentstehung in nahen Galaxien.

Das Instrument wird von einem Konsortium, bestehend aus dem Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik, der Universitäts-Sternwarte München, dem Astronomy Technology Centre Edinburgh, der Universität Durham, der Universität Oxford und der ESO gebaut.

The main science drivers for KMOS are: mass assembly of galaxies from moderate to high redshifts, extremely high redshift galaxies and re-ionisation, the connection between galaxy formation and black hole growth, stellar populations and star formation in nearby galaxies.

The instrument is being built by a consortium consisting of the Max-Planck-Institute for Extraterrestrial Physics, the University Observatory Munich, the Astronomy Technology Center Edinburgh, the University of Durham, the University of Oxford, and the European Southern Observatory.

3.7 TECHNOLOGIETRANSFER / KNOW-HOW TRANSFER

3.7.1 Komplexitätsanalyse / Complexity Analysis

Die Arbeitsgruppe „Komplexe Systeme“ beschäftigt sich in institutsinternen Projekten vor allem mit astrophysikalischen Systemen und der Analyse von Daten komplexer Plasmen. Die Entwicklung von Analysetechniken und -verfahren, sowie Komplexitätsmaßen wird daher insbesondere durch die anspruchsvollen Fragestellungen in diesen Feldern motiviert. Dieser Abschnitt behandelt jedoch vor allem die Zusammenarbeit mit externen Partnern, meist mit wissenschaftlichen Institutionen anderer Fachrichtungen. Der Ausdruck Technologietransfer bezieht sich daher auf den Wissenstransfer in Kooperationen mit interdisziplinärer Ausrichtung. Die Expertise der Gruppe liegt im Besonderen in der modellfreien Beschreibung von komplexen Systemen, die auf Messungen unterschiedlichster Datenmodalität (uni- oder multivariate Zeitreihen, Bilder, tomographische Daten oder multidimensionale Sensordaten) beruht.

Viele der Verfahren, die für die Analyse komplexer Systeme entwickelt wurden, basieren auf der Charakterisierung der Repräsentationen dieser Daten in hochdimensionalen Zustandsräumen. Dabei werden die Räume oftmals von Parametern sehr unterschiedlicher Natur aufgespannt. Die Ergebnisse der Analysen hängen deshalb sehr stark von der Skalierung der einzelnen Parameter relativ zueinander bzw. von der Partitionierung des Zustandsraums generell ab.

Wir haben in diesem Zusammenhang eine Methode zur nichtlinearen Farbreskalierung entwickelt, welche auf informationstheoretischen Konzepten beruht und nicht nur zu verbesserten Bildanalysen sondern auch zur Bildverbesserung im Allgemeinen eingesetzt wird. Die Grundidee besteht darin, dass Bildstrukturen oder -texturen sich durch eine lokal erhöhte Korrelationsfunktion auszeichnen. Um die lokale Strukturinformation zu quantifizieren, wird die Umgebung eines jeden Pixels mit einem zweidimensionalen Verschiebeoperator bewertet. Als Resultat dieser Prozedur erhält man eine zweidimensionale Verteilung von Farb-Farb-Übergängen, die den Bildstrukturelementen zugewiesen werden können. Diese zweidimensionale Verteilung wird dann mit Hilfe der mutuellen Information ausgewertet. Damit lässt sich der durchschnittliche Struktur-Informationswert von jedem Farbwert ermitteln. Schließlich wird die nichtlineare Reskalierung der Farbachsen durch eine homogene Partitionierung des Informationsraumes generiert.

Das Beispiel mit drei verschiedene Brodatz Texturen (A, B, C) steht stellvertretend für typische Probleme der Klassifikation von Texturen in der Bildverarbeitung Da die Bilder sowohl im Mittelwert als auch in der Standardabweichung übereinstimmen, beruht die Klassifikation vor allem auf den unterschiedlichen strukturellen Eigenschaften. Die Klassifikationsleis-

The working group “Complex Systems” deals with the analysis of complex systems in a number of projects arising within MPE, considering e.g. astrophysical problems and specific data analysis aspects in the study of complex plasmas. The development of analysis techniques, procedures and complexity measures is therefore mostly inspired by the demanding questions that arise there. This section, however, is devoted to cooperations with external partners mainly at scientific institutes in other fields of science. The term “Know-How-Transfer” refers to knowledge transfer in collaborations of interdisciplinary nature. The expertise of the group is in particular the model-free description of complex systems based on the measurements of arbitrary modality, e.g. univariate or multivariate time series, images, tomographic data or multidimensional sensor data.

Many techniques developed for the analysis of complex systems are applied to the representations of the respective data in (high-dimensional) state spaces. These spaces may be spanned by observables of very different nature. Hence, the results of the analyses often depend sensitively on the scaling of the individual observables with respect to each other or on the partitioning of the state space, in general.

We developed a new method of a nonlinear colour-value-rescaling based on information theoretical considerations that not only significantly improves image processing techniques based on the scaling properties, but also allows for image enhancement in general. The basic idea herein is that the structural or textural elements of an image are recognised by its locally increased correlation function. To quantify the local structural information content the surrounding of each pixel is scanned by applying a two-dimensional shift operator. As a result of this procedure one obtains a two-dimensional distribution of colour-to-colour transitions associated with structural elements of the image. This two-dimensional distribution is evaluated using mutual information which results in a specific averaged information content of each colour value. In this way the specific contribution to the total information content of the image can be assigned to each colour value. Finally a non-linear rescaling of the colour axes is achieved by a homogenous partitioning of the respective information space.

Three different Brodatz textures (A, B, C) serve as an illustrative example for a typical texture classification task. Since these images have equal mean and standard deviation the classification relies primarily on the different structural properties. The classification performance as a function of the size of the texture probe is plotted in Fig. 3-29. The texture classification using

tung als Funktion der Größe der Bildproben ist in Abb. 3-29 zu sehen. Die Klassifikation der Texturen ist bei den, bezüglich des Informationsinhalts optimierten Bildern (rote Kurve) deutlich besser als bei den originalen Bildern (blauer Graph).

the original images (blue curve) is significantly outperformed by the information-optimized images (red curve) as input.

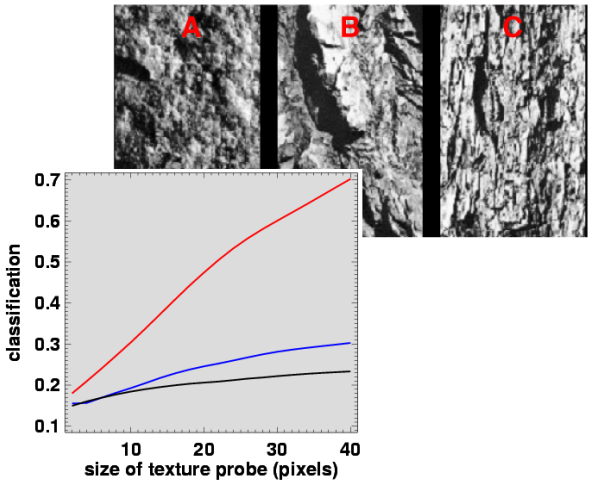


Abb. 3-29: Die Kurven zeigen die Klassifikation von Texturproben als Funktion ihrer Größe für einen einfachen grauwertbasierten Schwellwert-Ansatz (schwarz) sowie für Verfahren die auf einer Strukturanalyse mit der Skalierungs-Index-Methode basieren (rot und blau). Die Strukturinhalte werden durch die Reskalierung der Farbachse (rote Kurve) so verstärkt, dass eine Unterscheidung der Texturen bereits bei sehr kleinen Proben mit großer Zuverlässigkeit ermöglicht wird.

Fig. 3-29: The curves show the classification performance as a function of texture probe size for a simple gray value thresholding procedure (black curve) and for an analysis based on the scaling index method (red and blue curve). The application of the information-optimized colour partition results in a much more reliable classification of textures (red curve) – already with very small probes.

Solche Methoden der Datenvorverarbeitung stellen wichtige Werkzeuge beispielsweise in der bildbasierten Medizindiagnostik dar.

Data pre-processing methods of this kind are important e.g. in medical diagnostics based on tomographic images.

Ein Schwerpunkt unserer Aktivitäten auf dem Gebiet der *medizinischen Bildverarbeitung* mit nichtlinearen Methoden war die Analyse von Knochenstrukturen aus hochaufgelösten dreidimensionalen tomographischen Magnetresonanz-Aufnahmen. Ziel dieses Projektes ist eine genauere Quantifizierung des osteoporotischen Zustands und eine bessere Risikoabschätzung für Knochenbrüche bei (zumeist) älteren Patienten. Die Anwendung von Strukturmaßen eröffnet neue Perspektive in der Diagnose von Osteoporose. Diese Forschungsarbeiten wurden im Rahmen eines sogenannten *„TANDEM-Projektes“* in Zusammenarbeit mit dem Institut für Röntgendiagnostik der TU München durchgeführt.

The main focus of our studies in *medical image processing* using non-linear techniques was the analysis of bone structures as displayed in high resolution three-dimensional tomographic MR images. It aims to a better assessment of osteoporosis and the risk of fractures for (mainly) elderly persons. The application of structure measures offers new perspectives in the diagnosis of osteoporosis. 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.

Oberschenkelfrakturen gehören zu den ernstesten Folgeerscheinungen der Osteoporose. Aufgrund der hohen mechanischen Belastung des Knochens hat sich beim trabekulären Netzwerk eine anisotrope Struktur ausgebildet, die wesentlich von der lokalen Richtung der Kräfte bestimmt ist. Um dieser Richtungsabhängigkeit gerecht zu werden, haben wir die Methode der Skalierungs-Index-Methode erweitert und die sogenannte Lokal Adaptierte Skalierungs-Index-Methode entwickelt. Sie erlaubt eine automatische Detektion der lokal vorherrschenden Richtung für jedes Pixel im Bild. Diese Information wird dann in einem Verfahren zur Strukturcharakterisierung verwendet und auf hochaufgelöste Magnetresonanzbilder (HRMRI) von in-vitro Oberschenkelknochen angewendet (Abb. 3-30). Die dabei abgeleiteten dreidimensionalen lokalen Texturmaße wurden mit den biomechanischen Parametern (maximale Belastbarkeit als Goldstandard) der Proben in Beziehung gesetzt. Das neu entwickelte anisotrope Verfahren zeigt dabei höhere Korrelationen (R=0.94) verglichen mit etablierten Maßen (z.B. mine-

Proximal femur fractures are the most severe complications of osteoporosis. Due to the high mechanical stress acting on the bone, the trabecular network shows pronounced local anisotropies following the directions of the forces. To account for these asymmetries we extended the scaling index method and developed the so-called Locally Adapted Scaling Vector Method. It allows an automatic estimation of the local main orientation at every point of the image. These orientations are then incorporated in a structure characterization procedure. We applied this methodology to High Resolution Magnetic Resonance Images (HRMRI) of human proximal femoral specimens in vitro (Fig. 3-30) and extracted a 3D local texture measure to study correlations with the biomechanical properties of bone specimens (quantified by bone maximum compressive strength, as the gold standard). By quantifying the correlation *R* with this biomechanical properties, we find that our new anisotropic texture measure is superior (R=0.94) to well established prediction measures (e.g. bone mineral density: R=0.72).

ralische Knochendichte R=0.72).

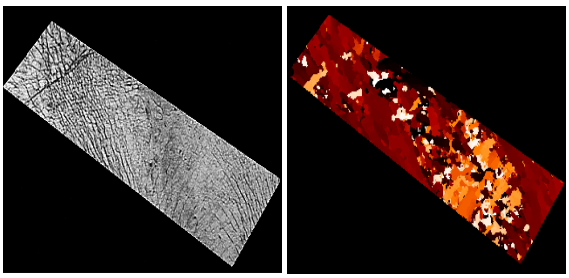


Abb. 3-30: Links: Ein Schnitt eines HRMR Bildes eines Oberschenkelknochens. Rechts: Zugehörige farbkodierte Visualisierung der Anisotropie.

Fig. 3-30: Left: One slide of HRMR images of a part of the proximal femur. Right: Corresponding orientation map. The colour coding corresponds to the local orientations of the left image.

Der Knochenumbau wird von zwei gegenläufigen Prozessen bestimmt, der Knochenresorption durch Osteoklasten und der Knochenbildung durch Osteoblasten. Der Knochenumbau lässt sich mit nichtlinearen partiellen Differentialgleichungen modellieren, welche die Effekte der Osteoklasten und -blasten auf die lokale Änderung der relativen Knochendichte wiedergibt. Wir haben die Eignung zellulärer Automaten zur Simulation stabiler trabekulärer Änderungen untersucht. Dabei ließ sich die trabekuläre Struktur aus einer uniformen Anfangsverteilung erzeugen, wobei die Trabekel sich nach der Orientierung der lokalen Kräfte ausrichteten (Gesetz von Wolff). Eine Reduzierung der Kopplung der Osteoblasten an die lokale Belastung ergab ebenfalls eine stabile Konfiguration mit allerdings geringerer Knochendichte und ausgedünnter trabekulären Struktur (Abb. 3-31). Diese strukturellen Änderungen, sie sind in der Größenordnung von in vitro oder in vivo beobachteten Effekten, können mit den Texturmaßen nachgewiesen werden. Damit sollen in Zukunft Untersuchungen von Medikamenteneffekten auf Kochen in silico möglich werden. Ein weiterer Schwerpunkt unserer zukünftigen Arbeiten ist die systematische Analyse der Sensitivität der Texturmaße auf definierte geringfügige Änderungen der Knochenstruktur.

Bone remodelling processes are governed by two opposite processes namely bone resorption by osteoclasts and bone formation by osteoblasts. These processes can be described by non-linear partial differential equations, which model the effects of osteoclasts and osteoblasts on the local change of the relative bone density. We demonstrated the feasibility of modelling stable trabecular changes using cellular automata. We showed that trabecular structures emerge from a uniform distribution whereas the alignment of the trabeculae follows the direction of the forces acting on the bone (Wolff's law). Slightly decreasing the sensitivity of osteoblasts to local strain results in a new stable configuration with lower bone density and rarefied trabecular structure (Fig. 3-31). The texture measures can account for the structural changes. These variations are comparable to those observed in vitro and in vivo. Investigations of drug effects in silico as well as a systematic analysis of the sensitivity of texture measures to slight changes in the bone structures will become possible.

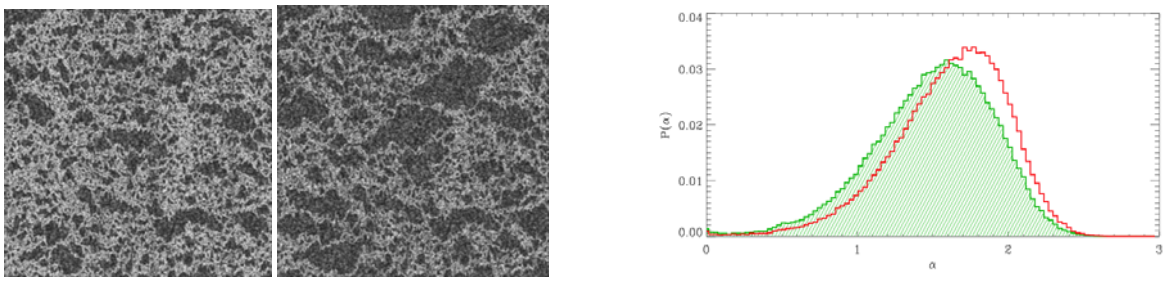


Abb. 3-31: Links: Abbildung einer simulierten zweidimensionalen trabekulären Knochenstruktur. Mitte: Simulation nach Änderung eines Parameters, der den Einfluss der Osteoblasten bestimmt. Rechts: Spektrum der Skalierungsindizes des linken (grün) und des rechten Bildes (rot).

Fig. 3-31: Left panel: Image of a simulated two-dimensional trabecular bone structure. Middle panel: Configuration after changing a parameter controlling the action of the osteoblasts. Right panel: Spectrum of the scaling indices, for the left (green) and right image (red)

Die Analyse und Strukturbestimmung von Rastersonden-mikroskopischen Aufnahmen in Kooperation mit dem Department für Umwelt- und Geowissenschaften der LMU München, wurde weiter fortgeführt. Die Aktivitäten umfassen die Erforschung von monomolekularen Schichten, Bearbeitung von AFM-Bildern, die Untersuchung des Rasterkraftmikroskops (AFM) als nicht-lineares System und molekulare Modellierung. Beispielsweise ist es möglich, die dynami-

The analysis and structure determination of scanning probe microscopic images has been continued in cooperation with the Department for Geosciences (LMU, Munich). The activities enclose the study of monomolecular layers, processing of atomic force microscopic (AFM) images, the investigations of the AFM as a non-linear system, and molecular modelling. For instance with the help of force field simulations we are able to describe the dynamical modification of the

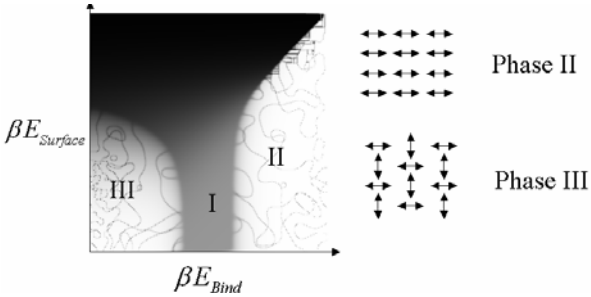
sche Veränderung von Nano-Strukturen während der Manipulation mit einer Rastertunnel-Spitze mit Hilfe einer Kraft-Feld-Rechnung zu beschreiben.

Ein Beispiel hierfür stellt die Manipulation eines einzelnen C60 Moleküls (Buckminsterfulleren) mit einem Kohlenstoff-Nanoröhrchen dar (Abb. 3-32). Der Buckyball tritt hierbei als Gastmolekül in einer Kavität auf, die durch Selbstassemblierung von Trimesin-Säure-Molekülen erzeugt worden ist. Durch diese Lokalisierung wird eine kontrollierte Manipulation durch das Kohlenstoff-Nano-Röhrchen ermöglicht, die schließlich zur Herstellung von aktiven Komponenten aus Einzelmolekülen führen soll.

Abb. 3-32: Dynamische Kraftfeld Simulation der Manipulation eines Buckminsterfulleren-Moleküls das in ein Templat von Trimesin-Säure-Molekülen eingebettet ist. Der Buckyball wird mittels eines Kohlenstoff-Nano-Röhrchens bewegt. Die Simulationen wurden durchgeführt, um ein besseres Verständnis der experimentellen Ergebnisse zu erhalten.

Fig. 3-32: Dynamical force field simulation of a manipulation of Buckminsterfullerene molecule, which is embedded into a template of molecules of trimesic acid. The buckyball is moved using a carbon nanotube. The simulations have been conducted for a better understanding of the experimental results

Um ein besseres Verständnis der Prozesses, die in der Selbst-Assemblierung von Nano-Strukturen auftreten, zu erhalten, wurde außerdem eine Simulation einer mono-molekularen Schicht von Quinacridon-Molekülen mit Hilfe eines probabilistischen zellularen Automaten durchgeführt. Das Phasendiagramm des Systems zeigt drei unterschiedliche Phasen, wobei zwei davon experimentell beobachtet wurden und die dritte gegenwärtig untersucht wird (Abb. 3-33).

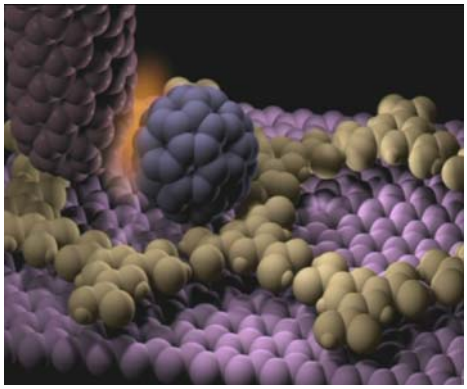


AFM-Aufnahmen werden auch zur Untersuchung des Effekts der Behandlung von Bakterien mit Plasma herangezogen. Zusammen mit ADTEC Plasma Technology Co., Ltd. (Japan) und der Ludwig-Maximilians-Universität (Prof. Stolz) wurde jüngst eine Studie begonnen, die sich mit biomedizinischen Anwendungen von Entladungsplasmen unter Atmosphärendruck befasst. Ziel ist die Entwicklung eines *innovativen Niedertemperatur-Plasma-Geräts zur in-vivo Sterilisation* im medizinischen Routine-Einsatz. Der erwartete Effekt soll zunächst zur Therapie chronischer Hautwunden an Füssen und Beinen genutzt werden.

Die linke Aufnahme in Abb. 3-34 zeigt eine mit Mikrowellen erzeugte Plasmaflamme. Für medizinische Anwendungen ist ein nicht-thermalisiertes Plasma

nano-structures during the manipulation using the tip of a scanning tunnelling microscope.

An example is the manipulation of single C60 molecules (Buckminsterfullerene) with a carbon nano-tube (Fig. 3-32). The buckyball acts as a guest molecule inside a cavity which has been generated by self assembly of a trimesic acid monolayer. This localization enables a controlled manipulation with the carbon nano-tube which will eventually result in the assembly of active components using single molecules.



In order to get a better understanding of the processes that are involved in the self-assembly of nanostructures a probabilistic cellular automaton simulation of a mono-molecular layer of Quinacridon (QAC) molecules has been performed. The phase diagram of the system shows three distinct states where two have been experimentally observed and the third is currently investigated (Fig. 3-33).

Abb. 3-33: Phasendiagramm eines probabilistischen zellularen Automaten, der das hetero-epitakitsche Wachstum von QAC auf Graphit beschreibt. Die Wahrscheinlichkeit der horizontalen Phase ist als Graustufenplot aufgetragen.

Fig. 3-33: Phase diagram of a probabilistic cellular automaton describing the hetero-epitaxial growth of QAC mono-layers on graphite. The probability for the horizontal phase is shown as grey scale plot.

AFM images play also a role in the diagnostic of the effect of plasma treatment of bacteria. In collaboration with ADTEC Plasma Technology Co., Ltd. (Japan) and the Ludwig-Maximilians-Universität (Prof. Stolz), very recently a new study for the biomedical applications of atmospheric pressure discharge plasmas has been started. The objective is the development of an *innovative low temperature plasma device for in-vivo sterilisation* in medical every-day routine. In order to utilize the expected benefits, this technique will be applied at first to the therapy of chronic foot and leg ulcers.

Figure 3-34 (left) shows the plasma flame which is generated by microwaves. For applications in health care, a non-thermal atmospheric pressure plasma,

unter Atmosphärendruck nötig, insbesondere bei niedriger Gastemperatur. In ersten Versuchen wurden die Betriebsbedingungen eines solchen Niedertemperatur-Plasma-Geräts untersucht. Dabei konnte ein Parametersatz bzgl. Zusammensetzung und Flussrate des Gases, Mikrowellenleistung und Gastemperatur identifiziert werden, welcher wesentliche Voraussetzungen zur Behandlung lebenden Gewebes erfüllt. Erste biologische Experimente deuten auf den erwünschten Effekt, Bakterien zu töten, hin. Die Effizienz der Sterilisation soll auf mikrobiologischer Ebene evaluiert und ihr Einfluss auf den Wundheilungsprozess mit Methoden der Bildverarbeitung quantifiziert werden. Letzteres wird von der Erfahrung aus einem früheren Projekt zur Früherkennung des malignen Melanoms profitieren. Neben allgemein gebräuchlichen biomedizinischen Verfahren wird auch die AFM-Mikroskopie in diesem Projekt Anwendung finden. So zeigt Abb. 3-34 eine AFM-Aufnahme von Escherichia coli Bakterien nach Plasmabehandlung.

especially at low gas-temperature, is necessary. In first experiments, the conditions of the low gas-temperature plasma device have been investigated. As a result, a parameter set concerning gas composition and rates, microwave power, and gas temperature has been identified, which fulfils major requirements for the treatment of living tissue. First biological experiments indicate the desired sterilising effect on bacteria. The efficiency of the sterilising process will be evaluated on microbiological level and its effect on the wound healing progress will be quantified using image processing. The latter will benefit from the experience gained in the project concerning the early recognition of skin cancer. Beside standard biomedical techniques, also AFM microscopy will be employed in this study. Figure 3-34 shows an AFM-image of Escherichia coli bacteria after plasma treatment.

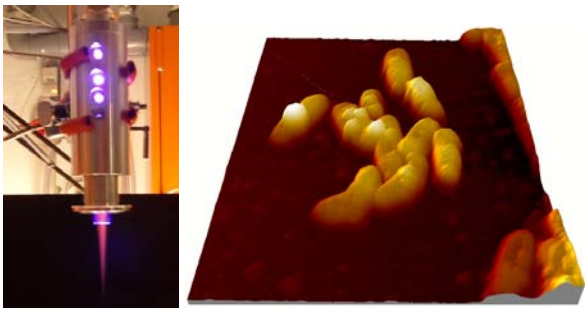


Abb. 3-34: Links: Erster experimenteller Aufbau eines Niedertemperatur-Plasma-Geräts zur in-vivo-Sterilisation von chronischen Wunden. Rechts: AFM-Aufnahme von Escherichia coli Bakterien nach Behandlung mit dem Gerät.

Fig. 3-34: Left: First experimental setup of a low-temperature plasma device for in-vivo sterilisation of chronic wounds. Right: AFM-images of Escherichia coli bacteria after treatment with the low-temperature plasma torch.

In einer Zusammenarbeit mit der Heckscher Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie (München) wurden Methoden zur Charakterisierung der *Hirnaktivität bei juvenilen Epilepsiepatienten* entwickelt. Die Grundlage der Analysen sind 21 simultane (nicht-invasive) Ableitungen des Oberflächen-Enzephalogramms. Zusätzliche Informationen können aus dem Zusammenspiel der verschiedenen EEG-Kanäle gewonnen werden: Eine raum-zeitliche Analyse der Hirnaktivität ist möglich.

Together with the Heckscher Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie (Munich) methods have been developed for characterization of *brain activity in infantile epileptic patients*. The analyses are based on 21 simultaneously recorded (non-invasive) surface encephalograms. Hence, additional information can be achieved from the interaction of the different EEG-channels: a spatio-temporal analysis of brain activity is feasible.

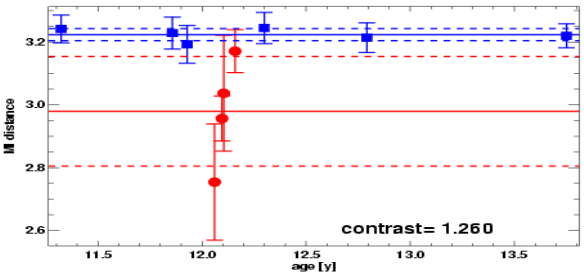


Abb. 3-35: Die Wirkung der medikamentösen Therapie kann anhand des Verlaufs des gewählten Komplexitätsmaßes (rote Punkte) nachvollzogen werden. Nach einigen Wochen der Therapie weist der Patient, der unter epileptischen Anfällen litt, vergleichbare Werte zu einem gesunden Referenzpatienten (blaue Kurve) auf.

Fig. 3-35: The effect of medication is clearly visible in the development of the chosen complexity measure (red points). After some weeks of therapy the measure derived for the patient suffering from epileptic seizures is comparable to that of healthy reference cases of similar age (blue curve).

In interiktalen Phasen, also Perioden zwischen epileptischen Anfällen, zeigt eine visuelle Inspektion der EEG oftmals keine epileptischen Anzeichen. Deshalb wird eine Methode gesucht, die auf epileptische Signaturen anspricht, auch wenn typische pathologische Muster im EEG fehlen. Die Wechselwirkung der verschiedenen Hirnregionen wird mit einer Reihe von Korrelationsmaßen – angewendet auf jeweils zwei

In interictal periods, i.e. epochs between epileptic attacks (seizures), visual inspection of the EEG often yields no indications for epileptic patterns. Therefore a method is needed, which is sensitive to epileptic signatures even if typical pathological patterns are missing in the EEG. The interaction of the different brain regions is assessed by applying a number of correlation measures on synchronous time segments (1-2 s) of

synchrone Abschnitte (1-2 s) verschiedener EEG-Kanäle – untersucht. Es stellte sich heraus, dass das Maß welches am Besten geeignet ist, zwischen epileptischen und normalen Patienten zu unterscheiden, auf der mutuellen Information beruht. Die Arbeitshypothese, dass die Korrelation zwischen verschiedenen Hirnregionen während des epileptischen Anfalls hoch ist behält auch seine Gültigkeit für interiktale Phasen. In Abb. 3-35ist der Effekt einer medikamentösen Therapie gezeigt.

pairs of EEG-channels. It turns out, that the most suitable measure to distinguish between epileptic and normal patients is derived from mutual information. The working hypotheses, that the correlation between the different brain regions during epileptic attacks is high holds even during interictal periods. In Fig. 3-35 the effect of medical therapy is demonstrated.

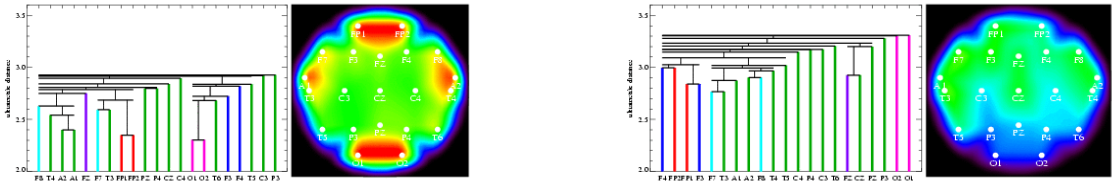


Abb. 3-36: Charakterisierung des Clusterverhaltens eines Patienten während eines epileptischen Anfalls (links) und eines Vergleichspatienten (rechts). Jeweils im linken Teil der beiden Bildtafeln ist der exakte hierarchische Baum abgebildet. Jeweils rechts ist eine zweidimensionale Approximation des Clusterverhaltens gezeigt, hohe Synchronisation ist rot, niedrige durch blaue Farbtöne gekennzeichnet.

Fig. 3-36: Characterization of clustering behaviour of a patient during an epileptic seizure (left) and a reference case (right). In the left part of each panel the exact hierarchical tree is shown, while at the right side a two dimensional approximation of the cluster behaviour is displayed. High synchronisation is colour coded in red, low in blue.

Falls die epilepsiebedingten Funktionsstörungen therapieresistent sind, wird auch ein operativer Eingriff zur Entfernung des epilepsieauslösenden Gewebes in Betracht gezogen. Dies setzt eine sehr hohe Sensitivität und Spezifität bei der Lokalisation voraus. Um die pathologische Region einzugrenzen, wird ein hierarchischer Baum (Abb. 3-36) erzeugt, der auf den Abständen beruht, die mit den oben erwähnten Korrelationsmaßen (z.B. Mutuelle Information) ermittelt wurden. Es konnten mögliche Regionen der pathologischen Hirnfunktion ermittelt werden, eine exakte Bestimmung der für die Epilepsien verantwortlichen Gehirnareale war bisher nicht möglich. Das Langzeitziel dieses Projektes ist aber natürlich die präzise und zuverlässige Lokalisation des epileptischen Focusses.

If the functional deficits stemming from epilepsies are therapy resistant, a surgical intervention and removal of the epilepsy triggering brain region is an option. This requires a very high sensitivity and specificity in selecting the right region. To get some hints for the localisation of pathological abnormalities a hierarchical tree is generated (Fig. 3-36) based on distances constructed from these correlation measures (e.g. mutual information). Up to now, candidates for pathological brain activities could be localised but the exact localisation of the origin of epileptic seizures could not be pinpointed. The long term goal of this project is, of course, the precise localisation of the epileptic focus.

3.7.2. Wissenstransfer aus dem Fertigungsbereich / Know-How Transfer from the MPI Semiconductor Laboratory

Das Halbleiterlabor der Max-Planck-Institute für extraterrestrische Physik und für Physik (MPI-HLL) besteht in seiner jetzigen Form seit 1991. Seine zentralen Aufgaben sind die Entwicklung und die Fertigung von Halbleiterdetektoren für die Astro- und für die Hochenergiephysik. Derzeit arbeiten 30 Mitarbeiter am MPI-HLL – Physiker, Elektrotechniker, Physik-Ingenieure und Techniker. Hinzu kommen 4 Doktoranden und 2 Diplomanden.

Die vor uns liegenden Hauptprojekte aus dem Bereich der Röntgenastronomie sind die Missionen DUO, ROSITA und XEUS. Für zeitlich hoch aufgelöste Messungen im optischen und nahen infraroten Wellenlängenbereich entwickeln wir zur Zeit eine Hochgeschwindigkeitskamera (HTRA, High Time Resolution Astrophysics). Kleinere Studien wurden für die Missionen SIMBOL X und ECLAIR angestellt, ebenso wie

The semiconductor laboratory of the Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik and für Physik (MPI-HLL) 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. Actually 30 physicists, engineers, and technicians are with the MPI-HLL. In addition to that 4 PhD and 2 diploma students are completing their scientific degrees.

The main future projects in X-ray astronomy are the missions DUO, ROSITA and XEUS. For highly time resolved measurement in the optical and NIR to correlate with 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

für einen schnellen Röntgenphotonenzähler für die XEUS Mission.

Gemeinsam mit dem MPI für Physik sind wir an dem CAST Experiment am CERN beteiligt, das mithilfe eines supraleitenden Magneten (10 Tesla) solare Axionen nachweisen will. Die Hauptentwicklungsprojekte des MPI für Physik sind dünne aktive Pixel Sensoren (DEPFETs) für den zukünftigen internationalen Linearcollider ILC zur präzisen Spurvermessung, Röntgendetektoren für Vorversuche zu einem Myonenbeschleuniger-Projekt und Avalanche - Detektoren für das MAGIC Teleskop auf der Kanareninsel La Palma. Hier werden Einzelphotonenzähler im optischen Wellenlängenbereich benötigt, um Luftschauer von hochenergetischen kosmischen Teilchen zu messen.

Neben diesen Hauptlinien der zwei Institute sorgt die Firma PNSensor, die auch federführend bei den Institutsprojekten mitarbeitet, für die wirtschaftliche Verwertung der im MPI-HLL entwickelten Detektorsysteme. Neben den Hauptaktivitäten, die im Kernteil des Jahresberichtes enthalten sind, arbeitet die Firma PNSensor im HLL sowohl an Vorhaben im wissenschaftlichen als auch im kommerziellen Bereich. Im letzten Jahr hatten wir die Röntgenfluoreszenzanalyse in den Vordergrund gestellt. In diesem Jahr sollen weitere Betätigungsfelder vorgestellt werden:
1. Compton-Kamera für medizinische Anwendungen.
2. pnCCD für VUV, optische und NIR Anwendungen, aber auch Single-Photon-Counting im Optischen. Die Motivation für diese beiden unabhängigen Entwicklungen kommt aus der Grundlagenforschung. Die potentiellen Anwendungen sind jedoch breiter gestreut: Biologische und pharmakologische Forschung, Qualitätssicherung und -kontrolle, schnelle Detektion von schwachen Lichtsignalen, Umweltanalytik u.v.m.

ECLAIR and for a high speed spectroscopic X-ray counter for the XEUS mission

With the MPI for physics, we share the participation in the CAST (CERN Axion Search Telescope) experiment to search for solar axions with the help of a superconducting magnet (10 Tesla). The main projects of the MPI for physics are the development of thin active pixel sensors (DEPFETs) for the future international linear collider ILC to precisely measure particle tracks, X-ray detectors for studies towards a muon particle accelerator and avalanche detectors for the MAGIC telescope on the Canary island La Palma. They are used to measure, in a single photon counting mode, air showers from extremely high energetic cosmic particles in the optical wavelength band.

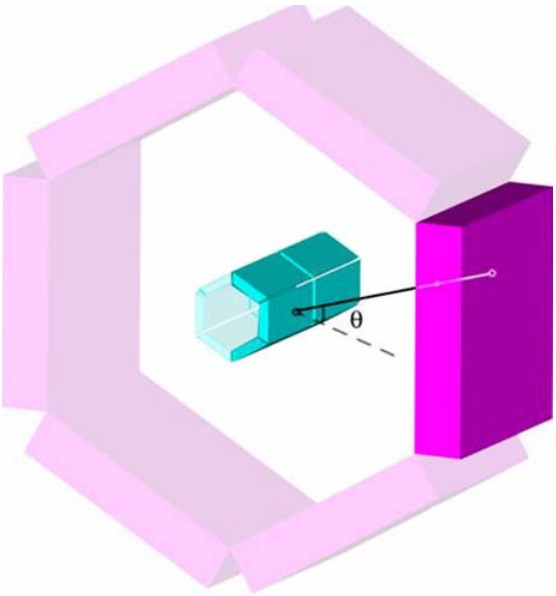
Beside those two major interests of the institutes, the company PNSensor, which equally has a leading role in the scientific research projects of the MPI-HLL, aims for a commercialization of the developed detector systems. The activities of PNSensor within the HLL are concentrating on the scientific projects, but they also have a leading role in sales of X-ray fluorescent detectors. In the last annual report we described in some detail the activities of PNSensor in the wide field room temperature X-ray detection with silicon drift detectors. This year we want to focus on the following activities:
1. A Compton camera for medical applications.
2. A pnCCD for VUV, optical and near infrared applications, with the possibility to extend it to single photon counting in the optical. The motivation for the above independent development arose from requirement from basic research: Biological and pharmaceutical research, quality assurance and control, fast detection of weak light signals, environmental analysis, etc.

Die Compton Kamera für medizinisch – pharmakologische Anwendungen / Compton camera for decal and pharmaceutical applications

Um Funktionszusammenhänge in vivo nachzuvollziehen, gibt es z.Zt. mehrere Verfahren. Allen ist gemein, dass sie radioaktive „Tracer“ in dem Gewebe benötigen, welche dann mit externen Detektoren ortsaufgelöst nachgewiesen werden. Die Energien der verwendeten Radionuklide liegen typischerweise in einem Bereich von 100 keV bis 1 MeV. Am weitesten verbreitet ist die klassische Anger-Kamera, ein System aus einem Bleikollimator mit dahinterliegenden Szintillator, der mit Photomultipliern ausgelesen wird. Die typischen Ortsauflösungen betragen hier etwa 3-5mm. Eine andere Methode ist die Positron-Emissions-Tomographie (PET). Die Annihilation von Elektron und Positron sorgt für eine Emission von zwei antiparallelen Photonen, einer Energie von je 511 keV. Eine präzise Orts- und Zeitmessung der mit Photomultipliern oder Avalanchedioden nachgewiesenen beiden Gammaquanten, erlaubt eine Rekonstruktion des „Zerfallsortes“ mit einer Genauigkeit von etwa 2-3mm. Die SPECT oder Multipinhole SPECT Methoden basieren auf dem Prinzip einer Lochkamera mit gleich guter Ortsauflösung wie das PET System, jedoch mit verringerter Effizienz. Eine Alternative zu den beste-

To better understand functional in vivo mechanisms several methods are used. They all share the use of radioactive tracers in the tissue to be analyzed. The radioactive tracers can be detected with position sensitive detectors. The energy of the radionuclides is typically in the range of 100 keV up to 1 MeV. The commonly used Anger camera, consisting of a lead collimator with a scintillator is read out with photomultiplier tubes. The position resolution is typically 3-5mm. Positron Emission Tomography (PET) is an alternative method for the in vivo functional diagnosis. The annihilation of an electron and a positron from the radionuclide generates two antiparallel emitted hard X-rays with energy of 511 keV each. A precise position and time measurement through a scintillator readout with photomultiplier or avalanche diodes allows for a reconstruction of the original “decay” position of the electron-positron pair in two Gamma-rays with an accuracy of 2-3mm. The SPECT or multipinhole SPECT methods are based on the principle of a pinhole camera with an equally good position resolution compared to the PET system, but with strongly reduced efficiency. An alternative to the existing cam-

henden Systemen ist die Compton-Kamera (Abb. 3-37).



eras for Gamma-ray imaging is the so-called Compton-camera (Fig. 3-37).

Abb. 3-37: Prinzipaufbau eines Compton-Kamera-Systems. Das zu untersuchende Gewebe in der Mitte der Anordnung ist umgeben von einem Streudetektor (blau-grün) und einem Absorptionsdetektor (violett). Im Streudetektor wird nach dem Compton-Effekt der Zeitpunkt der Wechselwirkung, der Ort und die Energie des Elektrons vermessen. Das gestreute Röntgenquant verlässt den Streudetektor und wird im Absorptionsdetektor gestoppt. Hier werden auch seine kinematischen Größen genau gemessen. Unser Beitrag besteht in der Entwicklung des schnellen, orts- und amplitudenauflösenden Streudetektors.

Fig. 3-37: Principle of a Compton camera set-up. The tissue to be analyzed is surrounded by a scatter detector (bluish part in the centre) and an absorption detector (magenta). The emitted Gamma-ray from the tissue undergoes Compton scattering in the blue detector, where time position and energy of the scattered electron are recorded. The outgoing scattered Gamma-ray will then be stopped in the absorption detector. All kinematic parameters are measured as well. Our contribution is the development of the scatter detector (Controlled Drift Detectors, CDDs).

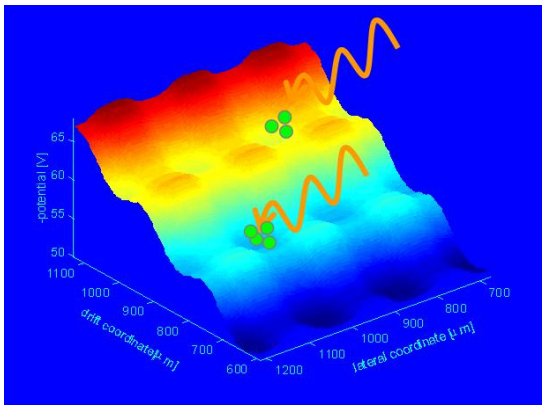


Abb. 3-38: Potentialverteilung im kontrollierten Driftdetektor während der Signalsammlungszeit. Die generierten Elektronen bleiben in den lokalen „Potentialtaschen“ gefangen.

Fig. 3-38: Potential distribution in the controlled drift detector during signal integration time. The generated signal charge carriers are confined in the local potential ”buckets”.

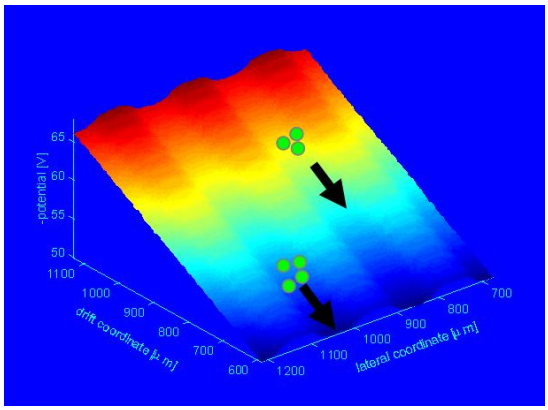


Abb. 3-39: Potentialverteilung im kontrollierten Driftdetektor während des Driftvorganges. Die in den lokalen „Potentialtaschen“ gespeicherten Elektronen laufen nun mit maximaler Driftgeschwindigkeit zu den Ausleseknoten. Amplitude und Ankunftszeit (Ort) werden präzise gemessen.

Fig. 3-39: Potential distribution in the controlled drift detector during charge drift. The local “potential buckets” have been removed upon command and the signal charges are drifting with maximum velocity to the read node. Amplitude and arrival time are precisely recorded.

Das Messprinzip besteht in der vollständigen kinematischen Rekonstruktion des Comptonstreuprozesses. Ein vom zu untersuchenden Objekt emittiertes hochenergetisches Photon streut im ersten Detektor (Abb. 3-38, blau-grüner innerer Detektor). Die Spur, die Energie und der Zeitpunkt des Ereignisses werden genau registriert. Im Absorptionsdetektor wird dann das entkommene Röntgenquant gestoppt und bezüglich Ort, Zeit und Energie vermessen. Die Physik des Compton-Prozesses erlaubt dann eine Vertexre-

The basic principle of the Compton-camera is the full kinematic reconstruction of the Compton scattering process. The object under test emits a Gamma-ray, which interacts in the first (cylindrical bluish detector in Fig. 3-38) “scattering” detector. The track of the scattered electron, its deposited energy and the interaction time of the event are exactly recorded. In the absorption detector (outer detector with magenta color) the escaped Gamma-ray is stopped and position, time and energy are measured as well. The physics of

konstruktion und somit eine Richtungsbestimmung des primären Photons (Abb. 3-39). So lassen sich die Orte hoher Strahlungsdichte, d.h. die Orte an denen sich die Tracer angelagert haben, finden. In der von uns vorgeschlagenen Anordnung liegt die Ortsauflösung bei 300-500µm bei einer Gesamteffizienz von ca. 5-10%, was um bis zu einem Faktor 1.000 höher als bei einer Anger Kamera ist. Ermöglicht wird dies durch einen neuartigen Streudetektor: der kontrollierte Silizium-Driftdetektor.

Die erreichbare Zeitauflösung liegt bei diesem Detektor zwischen 1ns und 5ns, die Ortsauflösung in drei Dimensionen ist etwa 100µm und die Energieauflösung bei Raumtemperatur ca. 500 eV bei 50 keV Elektronenenergie. Ein Prototyp eines solchen Detektors soll nun im Rahmen eines EU Projektes in Zusammenarbeit mit acht Instituten und drei mittelständigen Firmen gebaut und untersucht werden.

the Compton process allows for a full vertex reconstruction and therefore the determination of the direction of the primary photon (Fig. 3-39). Locations with high radiation intensities are positions where the radionuclides have been accumulated. In the described arrangement of Fig. 3-1 will achieve a position resolution of 300-500µm and a total system efficiency of 5-10%, which is a factor of 1.000 higher as in an Anger camera. This became possible with the recently developed scatter detector: The controlled silicon drift detector.

The achievable time resolution of such a detector system ranges from 1ns to 5ns, the position resolution in three dimensions is approximately 100µm and the anticipated energy resolution at room temperature is 500 eV at 50 keV electron energy. A prototype system will be developed within the frame of an European Project with 8 institutes and three midsize companies.

Der pnCCD für VUV, optische und NIR – Anwendungen / The pnCCD for VUV, optical and near infraded applications

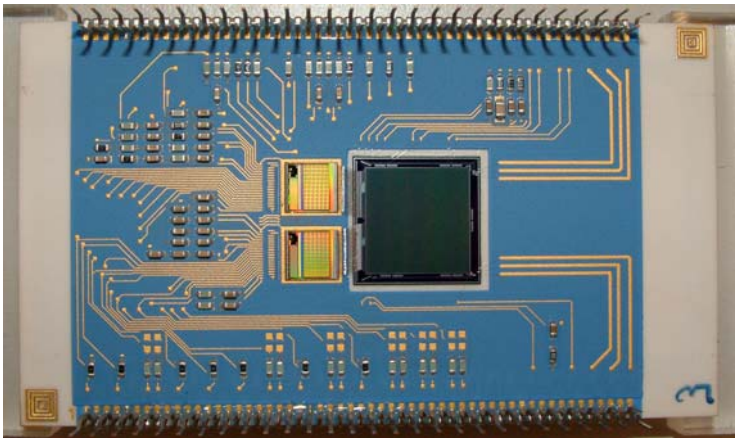


Abb. 3-40: Das pnCCD-System mit einer Pixelgröße von 50x50µm^2 und einem Format von 256x256 Pixel. Der hier abgebildete Prototyp hat 4 Ausleseknoten die mit jeweils bis zu 15MHz ausgelesen werden können. Die nächste Generation (2005) wird mit weiteren 4 Ausgängen am oberen Ende der pnCCD Spalten ausgestattet sein. In diesem Fall können mit diesem System bis zu 1.500 Bilder pro Sekunde gemacht werden. Das elektronische Rauschen ist auch unter diesen Bedingungen nicht größer als 3 Elektronen.

Fig. 3-40: The pnCCD system with a pixel size of 50×50µm^2 and a format of 256×256 pixel. The prototype shown here has 4 readout nodes, with a maximum readout speed of 15 MHz each. The next generation (2005) can be readout with 4 more nodes at the other end of the CCD. In this case 1.500 images can be recorded per second, with an associated electronic noise of less than 3 electrons.

Der ursprünglich für die XMM-Newton Mission entwickelte Fokalebenendetektor, bestehend aus pnCCDs und Vielkanalverstärkern (CMX), wurde für die DUO/ ROSITA Mission weiterentwickelt: Ein parallel arbeitender Bild- und Speicherbereich wurde implementiert und die Pixelgröße von 150µm auf 75µm verringert. Die Ladungstransfereigenschaften wurden ebenso verbessert wie die Niederenergieantwort und das elektronische Rauschen. Für Anwendungen im Optischen, nahen Infrarot- und im VUV-Bereich haben wir die Pixelgröße weiter verkleinert (50µm, Prototyp sogar mit 36µm). Mit bis zu 8 Ausleseknoten ausgestattet, die mit jeweils bis zu 15 MHz (d.h. 15 Millionen Pixel pro Sekunde) ausgelesen werden können, ist dies eine wahre Hochgeschwindigkeitskamera. Sie hat

The full frame pnCCD was originally developed as a focal plane detector for the XMM-Newton mission with a parallel readout of all CCD columns. For the DUO and ROSITA mission we have introduced an independent imaging and frame store area and we have reduced the pixel size from 150µm to 75µm. The charge transfer efficiency was substantially improved as well as the spectral quality of the low energy response and the electronic noise. For applications in the optical, near infrared and VUV range we have again reduced the pixel sizes to 50µm and 36µm. In total up to 8 digital ports, operational up to 15 MHz each, are capable to read out the entire camera with a format of 256×256 pixel about 1.500 times per second (i.e. 15 million pixel can be read out per second per node).

ebenfalls ein Format von 256×256 Pixel und kann bis zu 1.500 mal pro Sekunde ausgelesen werden (Abb. 3-40), bei einem elektronischen Rauschen von nur 3 Elektronen (rms).

Eine Besonderheit der laufenden pnCCD Entwicklungen ist die Integration eines Verstärkers am Ende einer jeden pnCCD Spalte, der einem Avalanche Verstärker gleicht. Dieser Avalanche Verstärker kann im Proportionalmodus mit geringer Verstärkung betrieben werden, was die lokale Erzeugung von optischen Photonen während des Avalanche Prozesses (optical crosstalk) stark unterdrücken wird. Ein nachgeschalteter On-Chip JFET oder DEPMOSFET kann dieses immer noch schwache Signal dann vorverstärkt in unsere CMX-Vielkanalverstärker einspeisen.

Eine antireflektierende Beschichtung auf der Strahlungseintrittsseite des pnCCDs ermöglicht eine Optimierung der Quanteneffizienz bei einer Wellenlänge von 1µm auf fast 100%. Hierfür ist hauptsächlich die sensitive Dicke von 500µm verantwortlich. Sie verhindert auch das in dünneren Detektoren, aufgrund von Interferenzen, auftretende „Fringing“. Im UV-Bereich sorgt das homogene dünne Eintrittsfenster für die Quanteneffizienz von etwa 60% bei einer Wellenlänge von 50nm. Somit ist die Kamera über einen weiten Wellenlängenbereich universell einsetzbar. In der Planung sind derzeit optische Anwendungen für die adaptive Optik in der Neutronentomographie, für die neue Generation von Röntgenlasern (XFEL am HASYLAB) und der Hochgeschwindigkeitsastronomie. Mit dem MPI für Aeronomie wurden auch Tests im Optischen mit großer Ladungskapazität (d.h. mit hohen Photonenflüssen) vereinbart.

Die hier aufgeführten Arbeiten werden gefördert von der Heidenhain Stiftung, der Fa. PNSensor der Europäischen Raumfahrtagentur (ESA) und der Europäischen Union (Hadronphysik RII3-CT-2004-506078).

Under those conditions the electronic noise contribution is still below 3 electrons (rms). In this sense this is really a low noise, high speed camera (Fig. 3-40).

One special feature in the current development of the pnCCDs is the integration of an avalanche type amplifier at the end of every CCD column. The soft avalanche operation can be made with small gain to avoid the generation of optical photons (crosstalk). A subsequent on-chip JFET or DEPMOSFET amplifier is capable to further amplify the relatively weak signal so that it can be fed in our well known CMX amplifier ASICs.

An antireflective coating (ARC) on the radiation entrance window of the pnCCD enables the quantum efficiency to rise close to 100% up to wavelengths around 1µm. The sensitive thickness of 500µm is mainly responsible for high response in the NIR while the ARC helps to push the QE close to 100 % from 300 nm to 800 nm. Due to the large thickness fringing because of interference does not occur. In the VUV range of 50nm the QE is still 60% if the very thin entrance window is used. In this sense it is a real wide bandwidth camera. We are preparing applications in the field of adaptive optics, neutron tomography and X-FEL applications at HASYLAB synchrotron. With the MPI für Aeronomie we have agreed on tests in the optical with very high photon fluxes, i.e. huge number of signal charges

The above described research projects are funded by the Heidenhain Foundation, the company PNSensor, the European Space Agency (ESA) and the European Union (Hadronphysics RII3-CT-2004-506078).

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 zugängigen Drucker. Außerdem koordiniert der DV-Ausschuss die Zusammenarbeit mit dem Rechenzentrum Garching (RZG) und organisiert die DV-Schulung der Mitarbeiter des MPE.

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 working group 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 working group is co-ordinating the collaboration with the Garching Computer Centre (RZG) and takes care of the computer-related training of MPE members.

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.

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

Der Bereich Elektronik am MPE gliedert sich in unterschiedliche Gruppen mit dedizierten Aufgaben: Die Elektronikgruppe und die Elektrowerkstatt unterstützen die experimentellen Gruppen am MPE direkt bei der Durchführung ihrer Projekte, die Elektronikgruppe mit Ingenieuren, die Elektrowerkstatt mit spezialisierten Facharbeitern. Gruppenübergreifend arbeiten die Mitarbeiter der Haustechnik, des Medien- und des Sicherheitsbereiches. Neben Innovationen im Investitionsbereich wird großer Wert auf die ständige Weiterbildung der Gruppenmitglieder gelegt.

The section Electronics at MPE is divided in several groups with different tasks: the electronics group together with the electrical workshop support the experimental groups at MPE, the first with electronic engineers, the latter with skilled technicians. Colleagues in housekeeping-, media technique- and safety-department are responsible to serve the entire institute. A major role plays innovation in investments and education of the employees.

In diesem Jahr konnten die Arbeiten an SPIFFI und PARSEC, beides Projekte der IR/Submillimeter Astronomie, abgeschlossen werden. MEGA aus der Gammagruppe wurde nach Fertigstellung eines Ballonexperimentes an eine US-amerikanische Forschergruppe übergeben. Die folgenden Projekte wurden weiter betrieben: DUO und allgemeine Röntgendetektorentwicklung, GROND, GBM, OPTIMA (Röntgen-Gammaastronomie), PACS mit Fertigstellung des QM, FIFI LS, LUCIFER (IR/Submillimeter Astronomie), PK-3+, PK-4, Laborexperimente (Komplexe Plasmen). Eine eingehende Beschreibung der erwähnten Projekte findet sich in den Kapiteln 3.1 bis 3.7.

This year, SPIFFI and PARSEC, both projects of IR/submillimeter astronomy, were completed. MEGA from Gamma was transferred to a group of investigators from US after completion. The following projects were continued: GROND, GBM, OPTIMA (Xray-Gamma astronomy), PACS with its QM, FIF LS, LUCIFER (IR/submillimeter astronomy), PK-3+, PK-4 and laboratory experiments (Complex Plasma). A detailed description of the different projects can be found in chapters 3.1 to 3.7.

Die Außenstationen PANTER und Halbleiterlabor wurden unterstützt. Der Betrieb von Testanlagen, Bauteile- und Gerätelagern nahm breiten Raum ein. In

The external facilities PANTER and HLL were supported. Test facilities, storage areas for parts and electrical equipment were managed. A series of talks given

loser Folge berichteten Wissenschaftler aller Gruppen den Mitgliedern der technischen und Dienstleistungsbereiche über ihr Arbeitsgebiet und ihre Erkenntnisse. Drei angehende Ingenieure leisteten ihre Pflichtpraktikas in der Elektronikgruppe ab.

by scientists especially for the technical and service personnel was held. Three engineering students were practically educated by the electronic group.

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 4 Drehmaschinen.

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 4 turning machines.

Im Berichtsjahr wurden unter anderem folgende Projekte bearbeitet: *ROSETTA* (Integration des Flugmodells, Unterstützung der Startkampagne), *HERSCHEL-PACS* (Entwicklung der PE-Vakuumfenster und der Kühlleitungen für den Testkryostaten, Fertigstellung der externen Kalibrationsquellen, Verbesserungen an den Detektorgehäusen), *DUO* (Fertigstellung des Prototyps eines CCD-Moduls, Erstellung eines FE-Thermalmodells des neuen Kamerakonzepts), *GROND* (Fertigstellung des Konzepts, FE-Analyse zur Gewichtsoptimierung des Gehäuses, Konstruktion eines Twisters für die Kühlleitung), *PK-4* (Konstruktion der Kameraverschiebeeinheit), HOCH-FELDLABOR (Schwenkeinheit und Schwerpunktverstellung für den Magneten). Ferner wurden PARSEC, die Röntgentestanlagen *PUMA* und *PANTER* und das Halbleiterlabor unterstützt.

Among other activities, in 2003 the following projects were carried out or supported: *ROSETTA* (integration of the flight model, support of the launch campaign), *HERSCHEL-PACS* (development of the PE window and the cooling straps for the test cryostat, completion of the external calibration sources, improvement of the detector housings), *DUO* (completion of the CCD-module prototype, development of a FE thermal model for the new camera concept), *GROND* (completion of the concept, weight optimisation of the housing by FE analysis, design of a twister for controlling the cooling line), *PK-4* (design of the camera shifting unit). High-Field Laboratory (sluing unit and CG shifting device for the magnet). In addition we supported PARSEC, the X-ray test facilities *PUMA* and *PANTER* and the MPI semiconductor laboratory.

In 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 9 Auszubildende, die zum Industriemechaniker ausgebildet wurden, und im dritten Lehrjahr bereits wesentliche Beiträge zu unseren laufenden Projekten lieferten. Dazu machten noch 8 Praktikanten

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, 9 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 8 trainees doing

ein Fach- oder Orientierungspraktikum.

Auch im abgelaufenen Jahr fanden wieder zahlreiche Umwelttests in unserem Testlabor statt. Es wurden 26 Vibrationstests und 20 Thermal-Vakuum-Testreihen durchgeführt, wobei die Tests für die Projekte *ISS PKE* den Hauptanteil ausmachten.

specialist- or information training.

In our test facility numerous tests have been performed this year. 26 vibration and 20 thermal vacuum tests have been carried out. The main share took the tests for the *ISS PKE project.*

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 gehörte auch die Auflösung der institutseigenen Druckerei. Dadurch bedingt, musste für die betroffenen Mitarbeiter ein alternativer Arbeitsplatz und für das Gebäude eine andere Nutzung gefunden werden. Weitere Schwerpunkte waren die Einführung bzw. Umsetzung des neuen Haushaltsverfahrens und der damit verbundenen Haushaltsabwicklungen (Kernhaushalt, Forschungsvorhaben usw.), die Förderung von Nachwuchskräften auf Grundlage des Marie-Curie-Stipendiums sowie die Umsetzung des äußerst verwaltungsintensiven 6. EU Rahmenprogramms.

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.

A particular task in the year under review was the closing down of the Institute's own printing works. As a result, alternative workplaces had to be found for the employees affected, and the building had to be devoted to a different use. Further focal points were the introduction of the new budget procedure and the attendant processing (core budget, research projects etc.), the promotion of junior researchers under Marie Curie Fellowships, as well as the implementation of the Sixth EU Framework Programme with its highly complex administrative measures.

3.8.5 Publikumsunterstützung und Druckerei / Publications Services and Print Shop

Die hauseigene Druckerei wurde Mitte des Jahres geschlossen und durch einen „Copyshop“ ersetzt, der Druckerzeugnisse nur noch in begrenztem Umfang (Digitaldruck) selbst herstellen kann. Dies beinhaltet im wesentlichen Berichte und Broschüren für das MPE, aber auch anderer, im Norden Münchens angesiedelter Max-Planck-Institute und der Generalverwaltung.

The institute's print shop was closed in 2004 and replaced by a "copyshop" which is able to produce printed material in a limited manner (digital print) by itself. This comprises primarily reports and brochures for the MPE but also other Max-Planck-Institutes located in the northern part of Munich and the central administration of the MPG.

Unsere Grafikgruppe ist in der Lage, alle Grafiken für Veröffentlichungen, auch für Broschüren und Poster, herzustellen.

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 befinden 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., SDSS collaboration and G.P. Szokoly: The Second Data Release of the Sloan Digital Sky Survey. Astron. J. **128**, 502-512 (2004).

Aharonian, F.A. (H.E.S.S. collaboration), including S. Gillessen: High-energy particle acceleration in the shell of a supernova remnant. Nature **432**, 75-77 (2004).

Aharonian, F.A. (H.E.S.S. collaboration), including S. Gillessen: Calibration of cameras of the H.E.S.S. detector. Astroparticle Physics **22**, 109-125 (2004).

Aharonian, F.A. (H.E.S.S. collaboration), including S. Gillessen: Very high energy gamma rays from the direction of Sagittarius A*. Astron. Astrophys. **425**, L13-L17 (2004).

Alcala, J.M., M. Pannella, E. Puddu, M. Radovich, R. Silvotti, M. Arnaboldi, M. Capaccioli, G. Covone, M. Dall'Ora, G. De Lucia, A. Grado, G. Longo, A. Mercurio, I. Musella, N. Napolitano, M. Pavlov, A. Rifatto, V. Ripepi, R. Scaramella: The Capodimonte Deep Field. Presentation of the survey and first follow-up studies. Astron. Astrophys. **428**, doi: 10.1051/0004-6361:20034099, 339-352 (2004).

Alcala, J.M., S. Wachter, E. Covino, M.F. Sterzik, R.H. Durisen, M.J. Freyberg, D.W. Hoard and K. Cooksey: Multi-wavelength observations of the star forming region in L1616. Astron. Astrophys. **416**, 677-697 (2004).

Alonso-Herrero, A., T. Takagi, A.J. Baker, G.H. Rieke, M.J. Rieke, M. Imanishi and N.Z. Scoville: Obscured Star Formation in the Central Region of the Dwarf Galaxy NGC 5253. Ap. J. **612**, 222-237 (2004).

Alton, P.B., E.M. Xilouris, A. Misiriotis, K.M. Dasyra and M. Dumke: The emissivity of dust grains in spiral galaxies. Astron. Astrophys. **425**, doi:10.1051/0004-6361;20040438, 109-120 (2004).

Amossov, G. and P. Schuecker: Non-Markov excursion set model of dark matter halo abundances. Astron. Astrophys. **421**, 425-432 (2004).

Andritschke, R., A. Zoglauer, G. Kanbach, F. Schrey, P.F. Bloser, S. Hunter, J. Macri, R. Miller, V. Litvinenko, M. Ahmed and A. Donchev: The calibration setup of the MEGA prototype at the high intensity X-ray source. New Astronomy Reviews **48**, doi:10.1016/newar.2003.11.054, 281-285 (2004).

Annaratone, B.M., T. Antonova, D.D. Goldbeck, H.M. Thomas and G.E. Morfill: Complex-plasma manipulation by radiofrequency. Plasma Physics and Controlled Fusion **46**, B495-B509 (2004).

Annaratone, B.M., T. Antonova, H.M. Thomas and G.E. Morfill: Diagnostics of the electronegative plasma-sheath at low pressures using micro-particles. Phys. Rev. Lett. **93**, 185001-185004 (2004).

Aschenbach, B., N. Grosso and D. Porquet: X-ray flares reveal mass and angular momentum of the Galactic Center black hole. Astron. Astrophys. **417**, doi:10.1051/0004-6361:20035883, 71-78 (2004).

Aschenbach, B.: Measuring mass and angular momentum of black holes with high-frequency quasi-periodic oscillations. Astron. Astrophys. **425**, doi:10.1051/0004-6361:20041412, 1075-1082 (2004).

Asnes, A., J. Stadsnes, J. Bjordal, N. Ostgaard, D.L. Detrick, T.J. Rosenberg and S.E. Haaland: Pi2-pulsations observed in energetic electron precipitation and magnetic field in association with a substorm surge. Ann. Geophysicae **22**, 2097-2105 (2004).

Atmanspacher, H. and H. Scheingraber: Stabilization of causally and non-causally coupled map lattices. Physica (A) **345**, doi:10.1016/j.physa.2004.07.020, 435-447 (2004).

Atmanspacher, H.: Quantum theory and consciousness: An overview with selected examples. Discrete Dynamics in Nature and Society **1**, 51-73 (2004).

Atmanspacher, H., T. Filk and H. Romer: Quantum Zeno features of bistable perception. Biological Cybernetics **90**, 33-40 (2004).

Baker, A.J., L.J. Tacconi, R. Genzel, D. Lutz and M.D. Lehnert: A Compact Starburst Core in the Dusty Lyman Break Galaxy Westphal-MD11. Ap. J. Lett. **613**, doi:10.1086/425174, L113-L116 (2004).

Baker, A.J., L.J. Tacconi, R. Genzel, M.D. Lehnert and D. Lutz: Molecular Gas in the Lensed Lyman Break Galaxy cB58. Ap. J. **604**, doi:10.1086/381798, 125-140 (2004).

Baker, J.B.H., R.A. Greenwald, J.M. Ruohoniemi, M. Förster, G. Paschmann, E.F. Donovan, N.A. Tsyganenko, J.M. Quinn and A. Balogh: Conjugate comparison of Super Dual Auroral Radar Network and Cluster electron drift instrument measurements of E x B plasma drift. J. Geophys. Res. **109**, A01209, doi:10.1029/2003JA009912 (2004).

Bamert, K., R. Kallenbach, N.-F. Ness, C.W. Smith, T. Terasawa, M. Hilchenbach, R.F. Wimmer-Schweingruber and B. Klecker: Hydromagnetic Wave Excitation Upstream of an Interplanetary Traveling Shock. Ap. J. Lett. **601**, L099-L102 (2004).

Bamert, K., R. Kallenbach, R.-F. Wimmer-Schweingruber, M. Hilchenbach and B. Klecker: Suprathermal ions of solar and interstellar origin associated with the April 9-12, 2001 CMES. Adv. Space Res. **34**, 161-165 (2004).

Bayet, E., M. Gerin, T.G. Phillips and A. Contursi: The submillimeter C and CO lines in Henize 2-10 and NGC 253. Astron. Astrophys. **427**, doi:10.1051/0004-6361:20035614, 45-59 (2004).

Becker, W., M.C. Weisskopf, Z. Arzoumanian, D. Lorimer, F. Camilo, R.F. Elsner, G. Kanbach, O. Reimer, D.A. Swartz, A.F. Tennant and S.L. O'Dell: A Multiwavelength Search for a Counterpart of the Brightest Unidentified Gamma-Ray Source 3EG J2020+4017 (2CG 078+2). Ap. J. **615**, 897-907 (2004).

Becker, W., M.C. Weisskopf, A.F. Tennant, A. Jessner, J. Dyks, A.K. Harding and S.N. Zhang: Revealing the X-Ray Emission Processes of Old Rotation-powered Pulsars: XMM-Newton Observations of PSR B0950+08, PSR B0823+26, and PSR J2043+2740. Ap. J. **615**, 908-920 (2004).

Belsole, E., G.W. Pratt, J.-L. Sauvageot and H. Bourdin: An XMM-Newton observation of the dynamically active binary cluster A1750. Astron. Astrophys. **415**, doi:10.1051/0004-6361:20034239, 821-838 (2004).

Boese, F.G. and W.J. Luther: Enclosure of the Zero Set of Multivariate Exponential Interval Polynomials. Numerical Algorithms **37**, 35-44 (2004).

Boese, F.G.: On the precision of X-ray source parameters estimated from ROSAT data. Astron. Astrophys. **426,** doi:10.1051/0004-6361:200400033, 1119-1134 (2004).

Boese, F.G.: Bounds for the Effective Interest Rate for Constant, Periodic Annuities. Proceed. Appl. Mathematics **3**, doi:10.1002/pamm.200310535, 531-532 (2003).

Bogdanova, Y.V., B. Klecker, G. Paschmann, L.M. Kistler, C. Mouikis, E. Moebius, H. Reme, J.M. Bosqued, I. Dandouras, J.A. Sauvaud, N. Cornilleau-Wehrlin, H. Laakso, A. Korth, M.B. Bavassano-Cattaneo, T. Phan, C. Carlson, G. Parks, J.P. McFadden, M. McCarthy and R. Lundin: Investigation of the source region of ionospheric oxygen outflow in the cusp using multi-spacecraft observations by CIS onboard Cluster. Adv. Space Res. **34**, 2459-2464 (2004).

Böhm, A., B.L. Ziegler, R.P. Saglia, R. Bender, K.J. Fricke, A. Gabasch, J. Heidt, D. Mehlert, S. Noll and S. Seitz: The Tully-Fischer relation at intermediate redshift. Astron. Astrophys. **420**, 097-114 (2004).

Böhringer, H., K. Matsushita, E. Churazov, A. Finoguenov and Y. Ikebe: Implications of the Central Metal Abundance Peak in Cooling Core Clusters of Galaxies. Astron. Astrophys. **416**, L21-L25 (2004).

Böhringer, H., P. Schuecker, L. Guzzo, C.A. Collins, W. Voges, R.G. Cruddace, A. Ortiz-Gil, G. Chincarini, S. De Grandi, A.C. Edge, H.T. MacGillivray, D.M. Neumann, S. Schindler and P. Shaver: The ROSAT-ESO Flux Limited X-ray (REFLEX) Galaxy Cluster Survey V. The cluster catalogue. Astron. Astrophys. **425**, 367-383 (2004).

Boller, Th.: Matter under strong gravity: The nuclear regions of AGN. International Journal of Modern Physics D **13**, 1509-1518 (2004).

Boller, Th.: Narrow-Line Seyfert 1 Galaxies: Observational and Theoretical Progress until 2003. Progress of Theoretical Physics Supplement **155**, 217-222 (2004).

Botzler, C.S., J.M. Snigula, R. Bender and U. Hopp: Finding structures in photometric redshift galaxy surveys: an extended friends-of-friends algorithm. Mon. Not. R. Astron. Soc. **349**, 425-439 (2004).

Bouhram, M., B. Klecker, G. Paschmann, H. Reme, A. Blagau, L. Kistler, P. Puhl-Quinn and J. Sauvaud: Multipoint analysis of the spatio-temporal coherence of dayside O^+ outflows with Cluster. Ann. Geophysicae **22**, 2507-2514 (2004).

Bouhram, M., B. Klecker, W. Miyake, H. Reme, J.-A. Sauvaud, M. Malingre, L. Kistler and A. Blagau: On the altitude dependence of transversely heated O^+ distributions in the cusp/cleft. Ann. Geophysicae **22**, 1787-1798 (2004).

Bouy, H.: X-ray detections of two young bona-fide brown dwarfs. Astron. Astrophys. **424**, doi: 10.1051/0004-6361: 20040016, 619-625 (2004).

Bouy, H., W. Brandner, E.L. Martín, X. Delfosse, F. Allard, I. Baraffe, T. Forveille and R. Demarco: A young binary brown dwarf in the R-CrA star formation region. Astron. Astrophys. **424**, doi: 10.1051/0004-6361: 20035954, 213-226 (2004).

Bouy, H., G. Duchêne, R. Köhler, W. Brandner, J. Bouvier, E. L. Martín, A. Ghez, X. Delfosse, T. Forveille, F. Allard, I. Baraffe, G. Basri, L. Close and C.E. McCabe: First determination of the dynamical mass of a binary L dwarf. Astron. Astrophys. **423**, DOI: 10.1051/0004-6361:20040551, 341-352 (2004).

Brandner, W., E.L. Martín, H. Bouy, R. Köhler, X. Delfosse, G. Basri and M. Andersen: Astrometric monitoring of the binary brown dwarf DENIS-P J1228.2-1547. Astron. Astrophys. **428**, doi: 10.1051/0004-6361: 20041912, 205-208 (2004).

Bravo-Alvaro, H., E. Brinks, A.J. Baker, F. Walter and D. Kunth: H I and CO in Blue Compact Dwarf Galaxies: Haro 2 and Haro 4. Astron. J. **127**, 264-278 (2004).

Breitschwerdt, D.: Self-consistent Modeling of the interstellar medium. Astrophys. Space Sci. **292**, 489-498 (2004).

Bremer, M.N., J.B. Jensen, M.D. Lehnert, N.M. Förster Schreiber and L. Douglas: Gemini H-Band Imaging of the Field of a z = 10 Candidate. Ap. J. Lett. **615**, 1-5 (2004).

Bremer, M.N., M.D. Lehnert, I. Waddington, M.J. Hardcastle, P.J. Boyce and S. Phillips: The properties of Lyman break galaxies at z~ 5. Mon. Not. R. Astron. Soc. **347**, 007-012 (2004).

Briel, U.G., A. Finoguenov and J.P. Henry: XMM-Newton EPIC Observation of the Galaxy Cluster A3667. Astron. Astrophys. **426**, 1-9 (2004).

Brinkmann, W., I.E. Papadakis and E. Ferrero: XMM-Newton observations of the two X-ray weak quasars PG 1411+442 and Mrk 304. Astron. Astrophys. **414**, doi:10.1051/0004-6361:20031617, 107-116 (2004).

Brinkmann, W., P. Arevalo, M. Gliozzi and E. Ferrero: X-ray variability of the Narrow Line Seyfert 1 Galaxy PKS 0558-504. Astron. Astrophys. **415**, 959-969 (2004).

Bryant, P.: The structure of the complex plasma boundary. New Journal of Physics **6**, Art.no 6 (2004).

Caccianiga, A., P. Severgnini, V. Braito, R. Della Ceca, T. Maccacaro, A. Wolter, X. Barcons, F.J. Carrera, I. Lehmann, M.J. Page, R. Saxton and N.A. Webb: The XMM-Newton HBS28 sample: Studying the

obscuration in hard X-ray selected AGNs. Astron. Astrophys. **416**, 901-915 (2004).

Caraveo, P.A., G.F. Bignami, A. De Luca, A. Pellizzoni, S. Mereghetti, R.P. Mignani, A. Tur and W. Becker: Geminga: a tale of two tails, and much more. Memorie della Societa Astronomica Italiana **75**, 470-475 (2004).

Carrington, M.E., T. Fugleberg, D. Pickering and M.H. Thoma: Dielectric Functions and Dispersion Relations of Ultra-Relativistic Plasmas with Collisions. Can. J. Phys. **82**, 671-678 (2004).

Castoldi, A., A. Galimberti, C. Guazzoni, P. Rehak and L. Strüder: Towards large area X- and gamma-ray imagers based on controlled drift detectors. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. (A) **518**, 426-429 (2004).

Castro Cerón, J.M., J. Gorosabel, A.J. Castro-Tirado, V.V. Sokolov, V.L. Afanasiev, T.A. Fatkhullin, S.N. Dodonov, V.N. Komarova, A.M. Cherepashchuk, K.A. Postnov, U. Lisenfeld, J. Greiner, S. Klose, J. Hjorth, J.P.U. Fynbo, H. Pedersen, E. Rol, J. Fliri, M. Feldt, G. Feulner, M.I. Andersen, B.L. Jensen, M.D. Perez Ramirez, F.J. Vrba, A.A. Henden, G. Israelian and N.R. Tanvir: On the constraining observations of the dark GRB 001109 and the properties of a z=0.398 radio selected starburst galaxy contained in its error box. Astron. Astrophys. **424**, 833-839 (2004).

Chapman, S.C. and R.A. Treumann: Preface: Self-organized criticality and the nonlinear state of collisionless plasmas. Phys. Plasmas **11**, 1286 (2004).

Churazov, E., W. Forman, C. Jones, R. Sunyaev and H. Böhringer: XMM-Newton observations of the Perseus cluster - II. Evidence for gas motions in the core. Mon. Not. R. Astron. Soc. **347**, 29-35 (2004).

Clénet, Y., D. Rouan, D. Gratadour, F. Lacombe, E. Gendron, R. Genzel, T. Ott, R. Schödel and P. Léna: Detection of the Sgr A* activity at 3.8 and 4.8 µm with NACO. Astron. Astrophys. Lett. **424**, doi:10.1051/0004-6361:200400045, L21-L25 (2004).

Clénet, Y., D. Rouan, E. Gendron, F. Lacombe, A. M. Lagrange, D. Mouillet, Y. Magnard, G. Rousset, T. Fusco, J. Montri, R. Genzel, R. Schödel, T. Ott, A. Eckart, O. Marco and L. Tacconi-Garman: The infrared L-band view of the Galactic Center with NAOS-CONICA at VLT. Astron. Astrophys. Lett. **417**, doi:10.1051/0004-6361:20040031, L15-L19 (2004).

Combes, F., S. Garcia-Burillo, F. Boone, L.K. Hunt, A.J. Baker, A. Eckart, P. EnglMayer, S. Leon, R. Neri, E. Schinnerer and L.J. Tacconi: Molecular gas in NUclei of GAlaxies (NUGA), II. The ringed LINER NGC 7217, Astron. Astrophys., **414**, doi: 10.1051/ 0004-6361:20031664, 857-872 (2004).

Conka-Nurdan, T., K. Nurdan, K. Laihem, A. Walenta, C. Fiorini, B. Freisleben, N. Hörnel, N. Pavel and L. Strüder: Preliminary Results on Compton Electrons in Silicon Drift Detector. IEEE Trans. Nucl. Sci. **51**, 5, 2526-2532 (2004).

Cropper, M., F. Haberl, S. Zane and V. E. Zavlin: Timing analysis of the isolated neutron star RX J0720.4-3125 revisited. Mon. Not. R. Astron. Soc. **351**, doi:10.1111/j.1365-2966.2004.07854.x, 1099-1108 (2004).

Dale, D.A., H. Roussel, A. Contursi, G. Helou, H.L. Dinerstein, D.A. Hunter, D.J. Hollenbach, E. Egami, K. Matthews, T.W. Murphy Jr., C.E. Lafon and R.H. Rubin: Near-Infrared Integral Field Spectroscopy of Star-forming galaxies. Ap. J. **601**, 813-830 (2004).

Dannerbauer, H., M.D. Lehnert, D. Lutz, L.J. Tacconi, F. Bertoldi, C. Carilli, R. Genzel and K.M. Menten: The Faint Counterparts of MAMBO Millimeter Sources near the New Technology Telescope Deep Field. Ap. J. **606**, doi:10.1086/383138, 664-682 (2004).

Davies, R.I., L.J. Tacconi and R. Genzel: The Nuclear Gas Dynamics and Star Formation of Markarian 231. Ap. J. **613,** doi:10.1086/423315, 781-793 (2004).

Davies, R.I., L.J. Tacconi and R. Genzel: The Nuclear Gas Dynamics and Star Formation in NGC 7469. Ap. J. **602**, doi:10.1086/380995, 148-161 (2004).

de Avillez, M.A. and D. Breitschwerdt: From Large to Small Scales: Global Models of the ISM. Astrophys. Space Sci. **289**, 479-487 (2004).

de Avillez, M.A. and D. Breitschwerdt: MHD Simulations of the ISM: The Importance of the Galactic Magnetic Field on the ISM „Phases“. Astrophys. Space Sci. **289**, 207-214 (2004).

de Avillez, M.A. and D. Breitschwerdt: Volume filling factors of the ISM phases in star forming galaxies. I. The role of the disk-halo interaction. Astron. Astrophys. **425**, 899-911 (2004).

de Avillez, M.A. and D. Breitschwerdt: From observations to self-consistent modeling of the ISM in Galaxies – JENAM 2002- Preface. Astrophys. Space Sci. **289**, 177-178 (2004).

De Lucia, G., B. Poggianti, A. Aragon-Salamanca, D. Clowe, C. Halliday, P. Jablonka, B. Milvang-Jensen, R. Pello, S. Poirier, G. Rudnick, R. Saglia, L. Simard and S.D.M. White: The buildup of the red sequence in galaxy clusters since z~0.8. Ap. J. Lett. **610**, L77-L80 (2004).

De Martino, D., G. Matt, T. Belloni, F. Haberl and K. Mukai: BeppoSAX observations of soft X-ray intermediate polars. Astron. Astrophys. **415**, doi:10.1051/0004-6361:20034160, 1009-1019 (2004).

Della Ceca, R., T. Maccacaro, A. Caccianiga, P. Severgnini, V. Braito, X. Barcons, F.J. Carrera, M.G. Watson, J.A. Tedds, H. Brunner, I. Lehmann, M.J. Page, G. Lamer and A. Schwope: Exploring the X-ray sky with the XMM-Newton bright serendipitous survey. Astron. Astrophys. **428,** doi:10.1051/0004-6361:20040252, 383-399 (2004).

Dewangan, G.C., G. Miyaji, R.E. Griffiths and I. Lehmann: A Transition to a Low/Soft State in the Ultraluminous Compact X-Ray Source Holmberg II X-1. Ap. J. **608**, 57-60 (2004).

Diehl, R., D.H. Hartmann, G. Kanbach, G. Korschinek, J. Knödlseder, U. Ott, N. Prantzos and V. Schönfelder: Astronomy with Radioactivities. New Astron. Rev. **48**, 1-4, 1-2 (2004).

Diehl, R., M. Cervio, D.H. Hartmann and K. Kretschmer: ^{26}Al in Galaxy Regions: Massive-star Interactions with the ISM. New Astr. Rev. **48**, 1-4, 81-86 (2004).

DiStefano, R., A.K.H. Kong, J. Greiner, F.A. Primini, M.R. Garcia, P. Barmby, P. Massey, P.W. Hodge, B.F. Williams, S.S. Murray, S. Curry and T.A. Russo: Supersoft X-ray sources in M31: I. A Chandra survey

and an extension to quasisoft sources. Ap. J. **610**, 247-260 (2004).

D'Onghia, E. and A. Burkert: Bulgeless Galaxies and their Angular Momentum Problem. Ap. J. Lett. **612**, L13-L16 (2004).

D'Onghia, E. and G. Lake: Cold Dark Matter's Small Scale Crisis Grows Up. Ap. J. **612**, 628-632 (2004).

Dotto, E., M.A. Barucci, J.R. Brucato, T.G. Müller and J. Carvano: 308 Polyxo: ISO-SWS spectrum up to 26 micron. Astron. Astrophys. **427**, 1081-1084 (2004).

Drory, N., R. Bender and U. Hopp: Comparing spectroscopic and photometric stellar mass estimates. Ap. J. **616**, 103-106 (2004).

Drory, N., R. Bender, G. Feulner, U. Hopp, C. Maraston, J. Snigula, and G.J. Hill: The München Near-Infrared Cluster Survey (MUNICS) - VI. The stellar masses of K- and selected field galaxies to z ~ 1.2. Ap. J. **608**, 742-751 (2004).

Eckart, A., F.K. Baganoff, M. Morris, M.W. Bautz, W. N. Brandt, G.P. Garmire, R. Genzel, T. Ott, G. R. Ricker, C. Straubmeier, T. Viehmann, R. Schödel, G. C. Bower and J.E. Goldston: First simultaneous NIR/X-ray detection of a flare from Sgr A*. Astron. Astrophys. **427**, 1-11 (2004).

Eisenhauer, F., M. Tecza, N. Thatte, R. Genzel, R. Abuter, C. Iserlohe, J. Schreiber, M. Horrobin, A. Schegerer, A.J. Baker, R. Bender, R. Davies, M.D. Lehnert, D. Lutz, N. Nesvadba, S. Seitz and L.J. Tacconi: First Results from SPIFFI, II: The Luminous Infrared Galaxy NGC 6240 and the Luminous Sub-millimeter Galaxy SMMJ 14011+0252. Astron. Nachr. **325**, doi:10.1002/asna.200310189, 120-123 (2004).

Encrenaz, Th., E. Lellouch, P. Drossart, H. Feuchtgruber, G.S. Orton and S.K. Atreya: First detection of CO in Uranus. Astron. Astrophys. Lett. **413**, L5-L9 (2004).

Fabian, A.C., G. Miniutti, L. Gallo, Th. Boller, Y. Tanaka, S. Vaughan and R. Ross: X-ray reflection in the narrow-line Seyfert 1 galaxy 1H 0707-495. Mon. Not. R. Astron. Soc. **353**, doi:10.1111/j.1365-2966.2004.08036.x, 1071-1077 (2004).

Fan, X., SDSS collaboration and G.P. Szokoly: A Survey of z>5.7 Quasars in the Sloan Digital Sky Survey. III. Discovery of Five Additional Quasars. Astron. J. **128**, 512-525 (2004).

Farrah, D., J. Geach, M. Fox, S. Serjeant, S. Oliver, A. Verma, A. Kaviani and M. Rowan-Robinson: The environments of hyperluminous infrared galaxies at 0.44 < z < 1.55. Mon. Not. R. Astron. Soc. **349**, doi:10.1111/j.1365-2966.2004.07515.x, 518-526 (2004).

Ferraro, F.R., L. Origlia, V. Testa and C. Maraston: Probing the RGB-phase transition: Near-IR photometry of six intermediate age LMC clusters. Ap. J. **608**, 772-780 (2004).

Finkbeiner, D.P., SDSS Collaboration and G.P. Szokoly: Sloan Digital Sky Survey Imaging of Low Galactic Latitude Fields: Technical Summary and Data Release. Astron. J. **128**, 2577-2592 (2004).

Finoguenov, A. and F. Miniati: The impact of high pressure cluster environment on the X-ray luminosity of Coma early-type galaxies. Astron. Astrophys. Lett. **418**, L21-L25 (2004).

Finoguenov, A., M.J. Henriksen, U.G. Briel, J. de Plaa and J.S. Kaastra: XMM-Newton Study of A3562 and its Immediate Shapley Environs. Ap. J. **611**, 811-820 (2004).

Finoguenov, A., U.G. Briel, J.P. Henry, G. Gavazzi, J. Iglesias-Paramo and A. Boselli: The X-ray luminosity function of galaxies in the Coma cluster. Astron. Astrophys. **419**, 47-61 (2004).

Finoguenov, A., W. Pietsch, B. Aschenbach and F. Miniati: XMM-Newton witness of M 86 X-ray metamorphosis. Astron. Astrophys. **415**, doi:10.1051/0004-6361:20031672, 415-424 (2004).

Fiorini, C., A. Gola, A. Longoni, F. Perotti and L. Strüder: Timing Properties of Silicon Drift Detectors for Scintillation Detection. IEEE Trans. Nucl. Sci. **51**, 3, 1091-1097 (2004).

Fischer, J., T. Klaassen, N. Hovenier, G. Jakob, A. Poglitsch and O. Sternberg: Cryogenic Far-Infrared Laser Absorptivity Measurements of the Herschel Space Observatory Telescope Mirror Coatings. Appl. Opt. **43**, 3765-3771 (2004).

Forbrich, J., K. Schreyer, B. Posselt, R. Klein and Th. Henning: An Extremely Young Massive Stellar Object near IRAS 07029-1215. Ap. J. **602**, doi:10.1086/381180, 843-849 (2004).

Förster Schreiber, N.M., H. Roussel, M. Sauvage and V. Charmandaris: Warm dust and aromatic bands as quantitative probes of star formation activity. Astron. Astrophys. **419**, 501-516, doi:10.1051/0004-6361 (2004).

Förster Schreiber, N.M., P.G. van Dokkum, M. Franx, I. Labbé, G. Rudnick, E. Daddi, G.D. Illingworth, M. Kriek, A.F.M. Moorwood, H.-W. Rix, H. Röttgering, I. Trujillo, P. van der Werf, L. van Starkenburg and S. Wuyts: A substantial population of red galaxies at z > 2: modelling of the spectral energy distributions of an extended sample. Ap. J. **616**, 40-62, doi:10.1086/424838 (2004).

Fortov, V.E., A.G. Khrapak, S.A. Khrapak, V.I. Molotkov and O.F. Petrov: Dusty plasmas. Physics Uspekhi **47** (5), 447-492 (2004).

Fortov, V.E., O.S. Vaulina, O.F. Petrov, V.I. Molotkov, A.M. Lipaev, G.E. Morfill, H. Thomas, S.A. Khrapak, Yu.P. Semenov and A.I. Ivanov: Dynamics and structural properties of dusty plasma liquid in microgravity: experiments onboard the International Space Station. Plasma Physics and Controlled Fusion **46**, B359-B366 (2004).

Freyberg, M.J.: X-rays from the Local Bubble. Astrophys. Space Sci. **289** (3), 229-238 (2004).

Friedrich, S., S. Jordan and D. Koester: Do weak magnetic fields prevent hydrogen from accreting onto metal-line white dwarf stars? Astron. Astrophys. **424**, doi:10.1051/0004-6361:20041183, 665-669 (2004).

Fynbo J.P.U., J. Sollerman, J. Hjorth, F. Grundahl, J. Gorosabel, M. Weidinger, P. Møller, B.L. Jensen, P. M. Vreeswijk, C. Fransson, E. Ramirez-Ruiz, P. Jakobsson, S.F. Jørgensen, C. Vinter, M.I. Andersen, J.M. Castro Cerón, A.J. Castro-Tirado, A.S. Fruchter, J. Greiner, C. Kouveliotou, A. Levan, S. Klose, N. Masetti, H. Pedersen, E. Palazzi, E. Pian, J. Rhoads, E. Rol, T. Sekiguchi, N. R. Tanvir, P. Tristram, A. de Ugarte Postigo, R.A.M.J. Wijers and E. van den

Heuvel: On the Afterglow of the X-Ray Flash of 2003 July 23: Photometric Evidence for an Off-Axis Gamma-Ray Burst with an Associated Supernova? Ap. J., **609**, 962-971 (2004).

Gabasch, A., M. Salvato, R.P. Saglia, R. Bender, U. Hopp, S. Seitz, G. Feulner, N. Drory, M. Pannella, M. Schiremer and T. Erben: The star formation rate history in the FORS Deep and GOODS fields. Ap. J. Lett. **616**, L83-L86 (2004).

Gabasch, A., R. Bender, S. Seitz, U. Hopp, R.P. Saglia, G. Feulner, J. Snigula, N. Drory, I. Appenzeller, J. Heidt, D. Mehlert, S. Noll, A. Böhm, K. Jäger, B. Ziegler and K.J. Fricke: The evolution of the luminosity functions in the FORS Deep Field from low to high redshift: I. The blue bands. Astron. Astrophys. **421**, 41-58 (2004).

Gaidashev, D.G. and S.K. Zhdanov: On the transverse instability of the two-dimensional Benjamin-Ono solitons. Phys. Fluids **16**, 1915-1921 (2004).

Gallo, L.C, Y. Tanaka, Th. Boller, A.C. Fabian, S. Vaughan and W.N. Brandt: Long-term spectral changes in the partial-covering candidate narrow-line Seyfert 1 galaxy 1H 0707-495. Mon. Not. R. Astron. Soc. **353**, doi:10.1111/j.1365-2966.2004.08248.x, 1064-1070 (2004).

Gallo, L.C., Th. Boller, W.N. Brandt, A.C. Fabian and D. Grupe: An intense soft excess and evidence for light bending in the luminous narrow-line quasar PHL 1092. Mon. Not. R. Astron. Soc. **352**, doi:10.1111/j.1365-2966.2004.08003.x, 744-752 (2004).

Gallo, L.C., Th. Boller, W.N. Brandt, A.C. Fabian and S. Vaughan: I Zw 1 observed with XMM-Newton . Low-energy spectral complexity, iron lines, and hard X-ray flares. Astron. Astrophys. **417**, doi:10.1051/0004-6361:20034411, 29-38 (2004).

Gallo, L.C., Th. Boller, Y. Tanaka, A.C. Fabian, W.N. Brandt, W.F. Welsh, N. Anabuki and Y. Haba: The X-ray variability of the narrow-line type 1 Seyfert galaxy IRAS 13224-3809 from an XMM-Newton observation. Mon. Not. R. Astron. Soc. **347**, doi:10.1111/j.1365-2966.2004.07196.x, 269-276 (2004).

Gehrels, N., G. Chincarini, P. Giommi, K.O. Mason, J.A. Nousek, A.A. Wells, N.E. White, S.D. Barthelmy, D.N. Burrows, L.R. Cominsky, K. Hurley, F.E. Marshall, P. Meszaros, P.W.A. Roming, L. Angelini, L.M. Barbier, T. Belloni, S. Campana, P.A Caraveo, M.M. Chester, O. Citterio, T. Cline, M.S. Cropper, J.R. Cummings, A.J. Dean, E.D. Feigelson, E.E. Fenimore, D.A. Frail, A.S. Fruchter, G.P Garmire, K. Gendreau, G. Ghisellini, J.Greiner, J.E. Hill, S.D. Hunsberger, H.A. Krimm, S.R. Kulkarni, P. Kumar, F. Lebrun, N.M. Lloyd-Ronning, C.B. Markwardt, B.J. Mattson, R.F. Mushotzky, J.P. Norris, J. Osborne, B. Paczynski, D.M. Palmer, H.-S. Park, A.M. Parsons, J. Paul, M.J. Rees, C.S. Reynolds, J.E. Rhoads, T.P. Sasseen, B.E. Schaefer, A.T. Short, A.P. Smale, I.A. Smith, L. Stella, G. Tagliaferri, T. Takahashi, M. Tashiro, L.K. Townsley, J. Tueller, M.J.L. Turner, M. Vietri, W. Voges, M.J. Ward, R. Willingdale, F.M. Zerbi and W.W. Zhang: The SWIFT Gamma-Ray Burst Mission. Ap. J. **611**, 1005-1020 (2004).

Gezari, S., J.P. Halpern, S. Komossa, D. Grupe, and K. M. Leighly: Erratum: Follow-Up Hubble Space Telescope/Space Telescope Imaging Spectroscopy of Three Candidate Tidal Disruption Events. Ap. J. **601**, 1159-1159 (2004).

Gioia, I.M., A. Wolter, C.R. Mullis, J.P. Henry, H. Böhringer and U.G. Briel: RXJ1821.6+6827: A cool cluster at z = 0.81 from the ROSAT NEP survey. Astron. Astrophys. **428**, 867-875 (2004).

Gleissner, T., J. Wilms, G.G. Pooley, M.A. Nowak, K. Pottschmidt, S. Markoff, S. Heinz, M. Klein-Wolt, R.P. Fender and R. Staubert: Long Term Variability of Cygnus X-1 III. Radio-X-ray correlations. Astron. Astrophys. **425**, 1061-1068 (2004).

Gleissner, T., J. Wilms, K. Pottschmidt, P. Uttley, M.A. Nowak and R. Staubert: Long Term Variability of Cygnus X-1 II. The rms-flux relation. Astron. Astrophys. **414**, 1091-1104 (2004).

Gorosabel, J., E. Rol, S. Covino, A.J. Castro-Tirado, J.M. Castro Cerón, D. Lazzati, J. Hjorth, D. Malesani, M. Della Valle, S. di Serego Alighieri, F. Fiore, A.D. Fruchter, J.P.U. Fynbo, G. Ghisellini, P. Goldoni, J. Greiner, G.L. Israel, L. Kaper, N. Kawai, S. Klose, C. Kouveliotou, E. Le Floc'h, N. Masetti, F. Mirabel, P. Moller, S. Ortolani, E. Palazzi, E. Pian, J. Rhoads, G. Ricker, P. Saracco, L. Stella, G. Tagliaferri, N. Tanvir, E. van den Heuvel, M. Vietri, P.M. Vreeswijk, R.A.M.J. Wijers and F.M. Zerbi: Polarization in the case of a smooth optical decay. Astron. Astrophys. **422**, 113-119 (2004).

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 I, 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: The optical/near-IR spectral energy distribution of the GRB 000210 host galaxy . Ap. J. **312**, 267-270 (2004).

Greiner, J., R. DiStefano, A. Kong and F. Primini: Supersoft X-ray sources in M31: II. ROSAT-detected supersoft sources in the ROSAT, Chandra and XMM eras. Ap. J. **610**, 261-268 (2004).

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, I. Salamanca, N.R. Tanvir, P.M. Vreeswijk, R.A.M.J. Wijers and E. van den Heuvel: GRB011121: Jet, wind and supernova - all in one. Ap. J. **312**, 263-266 (2004).

Greiner, J., A. Iyudin, M. Jimenez-Garate, V. Burwitz, R. Schwarz, R. DiStefano and N. Schulz: Resonant Scattering and recombination in CAL 87. Astron. Astrophys. **420**, 18-20 (2004).

Greve, T.R., R.J. Ivison, F. Bertoldi, J.A. Stevens, J.S. Dunlop, D. Lutz and C.L. Carilli: A 1200µm MAMBO survey of ELAIS N2 and the Lockman hole - I. Maps, sources and number counts. Mon. Not. R. Astron. Soc. **354**, 779-797 (2004).

Griessl, S. J.H. , M. Lackinger, F. Jamitzky, T. Markert, M. Hietschold and W.M. Heckl: Incorporation and Manipulation of Coronene in an Organic Template Structure. Langmuir **20**, 9403-9407 (2004).

Griessl, S.J.H., M. Lackinger, F. Jamitzky, T. Markert, M. Hietschold and W.M. Heckl: Room Temperature STM Manipulation of Single C60 Molecules at the Liquid Solid Interface - Playing Nano-Soccer. J. Phys. Chem. **108**, 11556-11560 (2004).

Grocott, A., T.K. Yeoman, R. Nakamura, S.W.H. Cowley, H.U. Frey, H. Reme and B. Klecker: Multi-instrument observations of the ionospheric counterpart of a bursty bulk flow in the near-Earth plasma sheet. Ann. Geophysicae **22**, 1061-1075 (2004).

Grosso, N., T. Montmerle, E.D. Feigelson and T.G. Forbes: Chandra observation of an unusually long and intense X-ray flare from a young solar-like star in M 78. Astron. Astrophys. **419**, doi:10.1051/0004-6361:20034070, 653-665 (2004).

Grupe, D., K.M. Leighly, V. Burwitz, P. Predehl and S. Mathur: Chandra Observations of the Narrow-Line Seyfert 1 Galaxy RX J2217.9-5941. Astron. J. **128**, doi:10.1086/423442, 1524-1528 (2004).

Grupe, D., S. Mathur and S. Komossa: Markarian 1239: A Highly Polarized Narrow-Line Seyfert 1 Galaxy with a Steep X-Ray Spectrum and Strong Ne IX Emission. Astron. J. **127**, 3161-3167 (2004).

Gunell, H., M. Holmström, E. Kallio, P. Janhunen and K. Dennerl: X rays from solar wind charge exchange at Mars: A comparison of simulations and observations. Geophys. Res. Lett. **31**, doi:10.1029/2004GL020953, L22801-1-L22801-4 (2004).

Haaland, S.E., B.U.Ö. Sonnerup, M.V. Dunlop, E. Georgescu, G. Paschmann, B. Klecker and A. Vaivads: Orientation and motion of a discontinuity from Cluster curlometer capability: Minimum variance of current density. Geophys. Res. Lett. **31**, L10804, doi:10.1029/2004GL020001 (2004).

Haaland, S.E., B.U.Ö. Sonnerup, M.W. Dunlop, A. Balogh, E. Georgescu, H. Hasegawa, B. Klecker, G. Paschmann, P. Puhl-Quinn, H. Reme, H. Vaith and A. Vaivads: Four-spacecraft determination of magnetopause orientation, motion and thickness: comparison with results from single-spacecraft methods. Ann. Geophysicae **22**, 1347-1365 (2004).

Haberl, F. and W. Pietsch: X-ray observations of Be/X-ray binaries in the SMC. Astron. Astrophys. **414**, doi:10.1051/0004-6361:20031654, 667-676 (2004).

Haberl, F., C. Motch, V.E. Zavlin, K. Reinsch, B.T. Gänsicke, M. Cropper, A.D. Schwope, R. Turolla and S. Zane: The isolated neutron star X-ray pulsars RX J0420.0-5022 and RX J0806.4-4123: New X-ray and optical observations. Astron. Astrophys. **424**, doi:10.1051/0004-6361:20040440, 635-645 (2004).

Haberl, F., V.E. Zavlin, J. Trümper and V. Burwitz: A phase-dependent absorption line in the spectrum of the X-ray pulsar RX J0720.4-3125. Astron. Astrophys. **419**, doi:10.1051/0004-6361:20034129, 1077-1085 (2004).

Haberl, F., W. Pietsch, N. Schartel, P. Rodriguez and R. H.D. Corbet: Two long-period X-ray pulsars detected in the SMC field around XTE J0055-727. Astron. Astrophys. **420**, doi:10.1051/0004-6361:20040156, L19-L22 (2004).

Haberl, F.: AXPs and X-ray-dim isolated neutron stars: recent XMM-Newton and Chandra results. Adv. Space Res. **33**, doi:10.1016/j.asr.2003.07.022, 638-644 (2004).

Haerendel, G., E. Georgescu, K. Glassmeier, B. Klecker, Y. Bogdanova, H. Reme and H. Frey: Cluster observes formation of high-beta plasma blobs. Ann. Geophysicae **22**, 2391-2401 (2004).

Halliday, C., B. Milvang-Jensen, S. Poirier, B. Poggianti, P. Jablonka, A. Aragon-Salamanca, R.P. Saglia, G. de Lucia, R. Pello, L. Simard, D.I. Clowe, G. Rudnick, J.J. Dalcanton, S.D.M. White and D. Zaritsky:`Spectroscopy of high redshift clusters in the ESO Distant Cluster Survey (EDisCS). Astron. Astrophys. **427**, 397-413 (2004).

Halpern, J., S. Gezari and S. Komossa: Follow-Up Chandra Observations of Three Candidate Tidal Disruption Events. Ap. J. **604**, 572-578 (2004).

Hambaryan, V., A. Staude, A.D. Schwope, R.-D. Scholz, S. Kimeswenger and R. Neuhäuser: A new strongly X-ray flaring M 9 dwarf in the solar neighborhood. Astron. Astrophys. **415**, doi:10.1051/0004-6361:20034378, 265-272 (2004).

Harlaftis, E.T. and J. Greiner: The rotational broadening and the mass of the donor star of GRS 1915+105. Astron. Astrophys. **414**, L13-L16 (2004).

Hasegawa, H., B.U.Ö. Sonnerup, M.W. Dunlop, A. Balogh, S.E. Haaland, B. Klecker, G. Paschmann, B. Lavraud, I. Dandouras and H. Reme: Reconstruction of two-dimensional magnetopause structures from Cluster observations: verification of method. Ann. Geophysicae **22**, 1251-1266 (2004).

Hashimoto, Y., X. Barcons, H. Böhringer, A.C. Fabian, G. Hasinger, V. Maynieri and H. Brunner: Abundance constraints and direct redshift measurement of the diffuse X-ray emission from a distant cluster of galaxies. Astron. Astrophys. **417**, doi: 10.1051/0004-6361:20034229 , 819-825 (2004).

Henry, J.P., A. Finoguenov and U.G. Briel: Wide-field X-ray temperature, pressure and entropy maps of A754 and their correlation with the diffuse radio source. Ap. J. **615**, 181-195 (2004).

Héraudeau, Ph. , S. Oliver, C. del Burgo, C. Kiss, M. Stickel, T. Müller, M. Rowan-Robinson, A. Efstathiou, C. Surace, L. Tóth, S. Serjeant, D.M. Alexander, A. Franceschini, D. Lemke, T. Morel, I. Pérez-Fournon, J.-L. Puget, D. Rigopoulou, B. Rocca-Volmerange and A. Verma: The European Large Area ISO Survey - VIII. 90µm final analysis and source counts. Mon. Not. R. Astron. Soc. **354**, doi:10.1111/j.1365-2966.2004.08259.x, 924-934 (2004).

Hopkins, P.F., SDSS collaboration and G.P. Szokoly: Dust Reddening in Sloan Digital Sky Survey Quasars. Astron. J. **128**, 1112-1123 (2004).

Horanyi M., T. Hartquist , O. Havnes, D. Mendis and G. Morfill: Dusty plasma effects in Saturn's magnetosphere. Reviews of Geophysics **42** (4): Art. No. RG4002 (2004).

Horrobin, M., F. Eisenhauer, M. Tecza, N. Thatte, R. Genzel, R. Abuter, C. Iserlohe, J. Schreiber, A. Schegerer, D. Lutz, T. Ott and R. Schödel: First results

from SPIFFI. I: The Galactic Center. Astron. Nachr. **325,** 88-91 (2004).

Hunt, L.K., D. Pierini and C. Giovanardi: Near-infrared observations of galaxies in Pisces-Perseus. V. On the origin of bulges. Astron. Astrophys. **414**, 905-918 (2004).

Ikebe, Y., H. Böhringer and T. Kitayama: X-Ray Measurement of the Dark Matter „Temperature“ in A1795. Ap. J. **611**, 175-185 (2004).

Ivlev, A.V., S.A. Khrapak, S.K. Zhdanov, G. Joyce and G.E. Morfill: Force on a charged test particle in a collisional flowing plasma. Phys. Rev. (E) **92**, 205007-1-205007-4 (2004).

Ivlev, A.V., S.K. Zhdanov, B.A. Klumov, V.N. Tsytovich, U. de Angelis and G.E. Morfill: Kinetics of ensembles with variable charges. Phys. Rev. (E) **70**, 056412 (2004).

Ivlev, A.V., S.K. Zhdanov, S.A. Khrapak and G.E. Morfill: Ion drag force in dusty plasmas. Plasma Physics and Controlled Fusion **46**, B267 -B279 (2004).

Iyudin, A. F., B. Aschenbach, W. Becker, K. Dennerl and F. Haberl: XMM-Newton observations of the supernova remnant RX J0852.0-4622 / GRO J0852-4642. Astron. Astrophys. **429**, doi:10.1051/0004-6361:20041779, 225-234 (2004).

Iyudin, A.F., H. Böhringer, V. Dogiel and G. Morfill: Gamma-ray emission from galaxy clusters. Astron. Astrophys. **413**, 817-825 (2004).

Jaeger, K., B.L. Ziegler, A. Boehm, J. Heidt, C. Moellenhoff, U. Hopp, R.H. Mendez and S.J. Wagner: Internal kinematics of spiral galaxies in distant clusters. II. Observations and data analysis. Astron. Astrophys. **422**, 907-913 (2004).

Jaroschek, C.H., H. Lesch and R.A. Treumann: Relativistic Kinetic Reconnection as the Possible Source Mechanism for High Variability and Flat Spectra in Extragalactic Radio Sources. Ap. J. **605**, L09-L12 (2004).

Jaroschek, C.H., H. Lesch and R.A. Treumann: Self-consistent diffusive lifetimes of Weibel magnetic fields in gamma-ray bursts. Ap. J. **616**, 1065-1071 (2004).

Jaroschek, C.H., R.A. Treumann, H. Lesch and M. Scholer: Fast reconnection in electron positron pair plasmas. Phys. Plasmas **11**(3), doi:10.1063/1.1644814, 1-13 (2004).

Joergens, V., R. Neuhaeuser and M. Fernandez: Formation and early evolution of brown dwarfs in ChaI. In: Proceedings of New deal in European astronomy: Trends and Perspectives, JENAM. (Ed.) M. Kun. Baltic Astronomy **13**, 2004, 505-509 (2004).

Joko, S., H. Nilsson, R. Lundin, B. Popielawska, H. Reme, M. Bavassano-Cattaneo, G. Paschmann, A. Korth, L. Kistler and G. Parks: Shell-like configuration in O^+ ion velocity distribution at high altitudes in the dayside magnetosphere observed by Cluster/CIS. Ann. Geophysicae **22**, 2474-2483 (2004).

Justtanont, K., T. de Jong, A.G.G.M. Tielens, H. Feuchtgruber and L.B.F.M. Waters: W Hya: Molecular inventory by ISO-SWS. Astron. Astrophys. **417**, 625-635 (2004).

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: Spatially resolved X-ray spectroscopy of cooling clusters of galaxies. Astron. Astrophys. **413**, 415-439 (2004).

Kalemci, E., J.A. Tomsick, R.E. Rothschild, K. Pottschmidt and P. Kaaret: A close look at the state transitions of Galactic black hole transients during outburst decay. Ap. J. **603**, 231-241 (2004).

Kallenbach, R., K. Bamert, M. Hilchenbach and B. Klecker: Probing diffusion parameters of suprathermal ions near heliospheric shocks. Adv. Space Res. **34**, 157-160 (2004).

Kanbach, G., R. Andritschke, F. Schopper, V. Schönfelder, A. Zoglauer, P.F. Bloser, S.D. Hunter, J.A. Ryan, M. McConnell, V. Reglero, G. DiCocco and J. Knödlseder: The MEGA project. New Astronomy Reviews **48**, doi:10.1016/j.newar.2003.11.056, 275-280 (2004).

Katayama, H., I. Takahashi, Y. Ikebe, K. Matsushita and M.J. Freyberg: Properties of the background of EPIC-pn onboard XMM-Newton. Astron. Astrophys. **414**, 767-776 (2004).

Keiling, A., H. Reme, I. Dandouras, J.-M. Bosqued, G.K. Parks, M. McCarthy, L. Kistler, E. Amata, B. Klecker, A. Korth and R. Lundin: Transient ion beamlet injections into spatially separated PSBL flux tubes observed by Cluster-CIS. Geophys. Res. Lett. **31**, L12804, doi:10.1029/2004GL020192 (2004).

Keiling, A., H. Reme, I. Dandouras, J.-M. Bosqued, V. Sergeev, J.-A. Sauvaud, C. Jacquey, B. Lavraud, P. Louarn, T. Moreau, C. Vallat, C.P. Escoubet, G.K. Parks, M. McCarthy, E. Moebius, E. Amata, B. Klecker, A. Korth, R. Lundin, P. Daly and Q.-G. Zong: New properties of energy-dispersed ions in the plasma sheet boundary layer observed by Cluster. J. Geophys. Res. **109**, A05215, doi:10.1029/2003JA010277 (2004).

Kempe, A., F. Jamitzky, W. Altermann, B. Baisch, T. Markert and W.M. Heckl: Discrimination of Aqueous and Aeolian Paleoenvironments by Atomic Force Microscopy-A Database for the Characterization of Martian sediments. Astrobiology **4,** 51-64 (2004).

Khrapak, S.A. and G.E. Morfill: Dusty plasmas in a constant electric field: Role of the electron drag force. J. Phys. (E) **69**, 066411 (2004).

Khrapak, S.A., A.V. Ivlev and G.E. Morfill: Momentum transfer in complex plasmas. Phys. Rev. (E) **70**, 056405 (2004).

Khrapak, S.A., A.V. Ivlev, G.E. Morfill, S.K. Zhdanov and H.M. Thomas: Scattering in the attractive Yukawa potential: application to the ion-drag force in complex plasmas. IEEE Trans. Plasma Sci. **32**, 555-560 (2004).

Kirsch, M.G.F., K. Mukerjee, M. G. Breitfellner, S. Djavidnia, M.J. Freyberg, E. Kendziorra and M.J.S. Smith: Studies of orbital parameters and pulse profile of the accreting millisecond pulsar XTE J1807-294 . Astron. Astrophys. **423**, L09-L12 (2004).

Kirsch, M.G.F., W. Becker, S. Benlloch-Garcia, F.A. Jansen, E. Kendziorra, M. Kuster, U. Lammers, A.M. Pollock, F. Possanzini, E. Serpell and A. Talavera: Timing accuracy and capabilities of XMM-Newton . SPIE **5165**, 85-95 (2004).

Kis, A., M. Scholer, B. Klecker, E. Möbius, E.A. Lucek, H. Reme, J.M. Bosqued, L.M. Kistler and H. Kucharek: Multi-spacecraft observations of diffuse

ions upstream of Earths bow shock. Geophys. Res. Lett. **31**, L20801, doi:10.1029/2004GL020759 (2004).

Klindworth, M., A. Piel, A. Melzer, U. Konopka, H. Rothermel, K. Tarantik and G.E. Morfill: Dust-Free Regions around Langmuir Probes in Complex Plasmas under Microgravity. Phys. Rev. Lett. **93**, 195002, doi:10.1103/PhysRevLett.93.195002, L195002-1-L195002-4 (2004).

Klose, S., A.A. Henden, U.R.M.E. Geppert, J. Greiner, H.H. Guetter, D.H. Hartmann, C. Kouveliotou, C.B. Luginbuhl, B. Stecklum and F.J. Vrba: A near-infrared survey of the N49 region around the Soft Gamma-Ray Repeater 0526-66 . Ap. J. **609**, L13-L16 (2004).

Klose, S., E. Palazzi, N. Masetti, B. Stecklum, J. Greiner, D.H. Hartmann and H.M. Schmid: Prospects for multiwavelength polarization observations of GRB afterglows and the case GRB 030329. Astron. Astrophys. **420**, 899-903 (2004).

Klose, S., J. Greiner, A. Rau, A.A. Henden, D.H. Hartmann, A. Zeh, C. Ries, N. Masetti, D. Malesani, E. Guenther, J. Gorosabel, B. Stecklum, M.I. Andersen, C. Brinkworth, UJ.M. Castro Cerón, A.J. Castro-Tirado, S. Covino, A. Fruchter, J.U. Fynbo, G. Ghisellini, J. Hjorth, R. Hudec, M. Jelinek, L. Kaper, C. Kouveliotou, K. Lindsay, E. Mayorano, F. Mannucci, M. Nysewander, E. Palazzi, K. Pedersen, E. Pian, D.E. Reichart, J. Rhoads, E. Rol, P.M. Vreeswijk, R.A.M.J. Wijers and E. van den Heuvel: Probing a GRB progenitor at a redshift of z=2: a comprehensive observing campaign of the afterglow of GRB 030226. Astron. J. **128**, 1942-1954 (2004).

Komossa, S., J. Halpern, N. Schartel, G. Hasinger, M. Santos-Lleo and P. Predehl: A Huge Drop in the X-Ray Luminosity of the Nonactive Galaxy RX J1242.6-1119A, and the First Postflare Spectrum: Testing the Tidal Disruption Scenario. Astron. Astrophys. Lett. **603**, doi: 10.1086/382046, L17-L20 (2004).

Komossa, S.: NGC 6240, Local Key Representative and Pathfinder to the High-Redshift Universe of ULIRGs. Astron. Nachr. **324**, 33 (2003).

Kornmeier, J., M. Bach and H. Atmanspacher: Correlates of perceptive instabilities in event-related potentials. International Journal of Bifurcation and Chaos **14**, 727-736 (2994).

Kreykenbohm, I., J. Wilms, W. Coburn, M. Kuster, R. E. Rothschild, W. A. Heindl, P. Kretschmar and R. Staubert: The variable cyclotron line in GX 301-2. Astron. Astrophys. **427**, 975-986 (2004).

Kucharek, H., E. Möbius, M. Scholer, C. Mouikis, L. Kistler, T. Horbury, A. Balogh, H. Reme and J. Bosqued: On the origin of field-aligned beams at the quasi-perpendicular bow shock: multi-spacecraft observations by Cluster. Ann. Geophysicae **22**, 2301-2308 (2004).

La Franca, F., C. Gruppioni, I. Matute, F. Pozzi, C. Lari, M. Mignoli, G. Zamorani, D.M. Alexander, F. Cocchia, L. Danese, A. Franceschini, P. Hraudeau, J.K. Kotilainen, M. Linden-Vornle, S. Oliver M. Rowan-Robinson, S. Serjeant, L. Spinoglio and A. Verma: The Nature of the Mid-Infrared Population from Optical Identifications of the ELAIS-S1 Sample. Astron. J. **127**, doi:10.1086/420987, 3075-3088 (2004).

Lackinger, M., S. Griessl, T. Markert, F. Jamitzky and W.M. Heckl: Self-assembly of benzene-dicarboxylic acid isomers at the liquid solid interface - steric aspects of hydrogen-bonding. J. Phys. Chem. **108**, 13652-13655 (2004).

Lebrun, F., R. Terrier, A. Bazzano, G. Belanger, A. Bird, L. Bouchet, A. Dean, M. Del Santo, A. Goldwurm, N. Lund, H. Morand, A. Parmar, J. Paul, J.-P. Roques, V. Schönfelder, A.W. Strong, P. Ubertini, R. Walter and C. Winkler: Compact sources as the origin of the soft gamma-ray emission of the Milky Way. Nature **428**, 293-296 (2004).

Lee, B.C., S.S. Allam, D.L. Tucker, J. Annis, D.E. Johnston, R. Scranton, Y. Acebo, N.A. Bahcall, M. Bartelmann, H. Böhringer, N. Ellman, E.K. Grebel, L. Infante, J. Loveday, T.A. McKay, F. Prada, D.P. Schneider, C. Stoughton, A.S. Szalay, M.S. Vogeley, W. Voges and B. Yanny: A Catalogue of Compact Groups of Galaxies in the SDSS Commissioning Data. Astron. J. **127**, 1811-1859 (2004).

Lembege, B., J. Giacalone, M. Scholer, T. Hada, M. Hoshino, V. Krasnoselskikh, H. Kucharek, P. Savoini and T. Terasawa: Selected Problems in Collisionless-Shock Physics. Space Sci. Rev. **110**, 161-226 (2004).

Lichti, G.G., M. Briggs, R. Diehl, G. Fishman, J. Greiner, R.M. Kippen, C. Kouveliotou, C. Meegan, W. Paciesas, R. Preece, V. Schönfelder and A. von Kienlin: Measurements of Gamma-Ray Bursts with Glast. Baltic Astronomy 13, 311-316 (2004).

Lumb, D.H., A. Finoguenov, R. Saxton, B. Aschenbach, P. Gondoin, M. Kirsch and I.M. Stewart: In-Orbit Vignetting Calibrations of XMM-Newton Telescopes. Exp. Astron. **15**, 089-111 (2003).

Lutz, D., E. Sturm, R. Genzel, H.W.W. Spoon and G.J. Stacey: Gas near active galactic nuclei: A search for the 4.7 µm CO band. Astron. Astrophys. Lett. **426**, L5-L8 (2004).

Lutz, D., R. Mayolino, H.W.W. Spoon and A.F.M. Moorwood: The relation between AGN hard X-ray emission and mid-infrared continuum from ISO spectra: Scatter and unification aspects. Astron. Astrophys. **418**, 465-473 (2004).

Lutz, G., H. Bräuninger, J. Englhauser, R. Hartmann, D. Kang, R. Kotthaus, M. Kuster, W. Serber and L. Strüder: An application of space technology to the terrestrial search for axions: The X-ray mirror telescope at CAST. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. (A) **518**, 201-206 (2004).

Mayllard, J.P., T. Paumard, S.R. Stolovy and F. Rigaut: The nature of the Galactic Center source IRS 13 revealed by high spatial resolution in the infrared. Astron. Astrophys. **423**, doi:10.1051/0004 6361:20034147, 155-167 (2004).

Malzac, J., T. Belloni, H.C. Spruit and G. Kanbach: The optical and X-ray flickering of XTE J1118+480. Nuclear Physics B Vol. **132**, 400-403 (2004).

Mamun, A.A., P.K. Shukla and G.E. Morfill: New resonance and cut-off for low frequency electromagnetic waves in dusty magnetoplasmas. Phys. Plasmas, **11**, 2307-2310 (2004).

Mamun, A.A., P.K. Shukla and G.E. Morfill: New cut-off frequency for low-frequency electromagnetic

waves in a multi-ion magnetoplasma with charged dust particulates. Physics Letters A **323**, 105-109 (2004).

Mamun, A.A., P.K. Shukla and G.E. Morfill: Theory of Mach cones in magnetized dusty plasmas with strongly correlated charged dust grains. Physical Review Letters **92**, Art.no. 095005 (2004).

Maraston, C., N. Bastian, R.P. Saglia, M. Kissler-Patig, F. Schweizer and P. Goudfrooij: The dynamical mass of the young cluster W3 in NGC 7252: Heavy-weight globular cluster or ultra compact dwarf galaxies? Astron. Astrophys. **416**, 467-473 (2004).

Marchaudon, A., J.-C. Cerisier, J.-M. Bosqued, M.W. Dunlop, J.A. Wild, P.M.E. Décréau, M. Förster, D. Fontaine and H. Laakso: Transient plasma injections in the dayside magnetosphere: one-to-one correlated observations by Cluster and SuperDARN. Ann. Geophysicae **22**, 141-158 (2004).

Marcucci, M.F., M.B. Bavassano Cattaneo, G. Pallocchia, E. Amata, R. Bruno, A.M. Di Lellis, V. Formisano, H. Reme, J.M. Bosqued, I. Dandouras, J.-A. Sauvaud, L.M. Kistler, E. Moebius, B. Klecker, C.W. Carlson, G.K. Parks, M. McCarthy, A. Korth, R. Lundin and A. Balogh: Energetic magnetospheric oxygen in the magnetosheath and its response to IMF orientation: Cluster observations. J. Geophys. Res. **109**, A07203, doi:10.1029/2003JA010312 (2004).

Marghitu, O., B. Klecker, G. Haerendel and J. McFadden: ALADYN: a method to investigate auroral arc electrodynamics from satellite data. J. Geophys. Res. **109**, A11305, doi:10.1029/2004JA010474 (2004).

Martins, F., D. Schaerer, D.J. Hillier and M. Heydari-Malayeri: Puzzling wind properties of young massive stars in SMC-N81. Astron. Astrophys. **420**, doi:10.1051/0004-6361:20034509, 1087-1106 (2004).

Masetti, N., E. Palazzi, E. Pian, A. Simoncelli, L.K. Hunt , E. Mayorano, S. Savaglio, E. Rol, A. Levan and A.J. Castro-Tirado: Optical and NIR monitoring of the GRB 020405 afterglow. Ap. J. **312**, 225-228 (2004).

Matsui, H., V.K. Jordanova, J.M. Quinn, R.B. Torbert and G. Paschmann: Derivation of electric potential patterns in the inner magnetosphere from Cluster EDI data. J. Geophys. Res. **109**, A10202, doi:10.1029/2003JA010319 (2004).

Matsukiyo, S., R.A. Treumann and M. Scholer: Coherent waveforms in the auroral upward current region. J. Geophys. Res. **109**, A06212, doi:10.1029/2004JA010477 (2004).

Mavromatakis, F., B. Aschenbach, P. Boumis and J. Papamastorakis: Multi-wavelength study of the G 82.2+5.3 supernova remnant. Astron. Astrophys. **415**, doi:10.1051/0004-6361:20031694, 1051-1063 (2004).

Meidinger, N., K. Dennerl, G. Hartner and L. Strüder: Radiation damage effects on the EPIC pnCCD detector aboard XMM-Newton. Mem. S. A. It. **75**, 551 (2004).

Mendes de Oliveira, C., E.S. Cypriano, L. Sodré, Jr., and C. Balkowski: A nursery of young objects: Intergalactic HII regions in Stephan's quintet. Ap. J. **605**, L17-L20, Part 2 (2004).

Meziane, K., C. Mazelle, M. Wilber, D. LeQuéau, J. Eastwood, H. Reme, I. Dandouras, J. Sauvaud, J. Bosqued, G. Parks, L. Kistler, M. McCarthy, B. Klecker, A. Korth, M. Bavassano-Cattaneo, R. Lundin and A. Balogh: Bow shock specularly reflected ions in the presence of low-frequency electromagnetic waves: a case study. Ann. Geophysicae **22**, 2325-2335 (2004).

Meziane, K., M. Wilber, C. Mazelle, D. LeQuéau, H. Kucharek, E.A. Lucek, H. Reme, A.M. Hamza, J.A. Sauvaud, J.M. Bosqued, I. Dandouras, G.K. Parks, M. McCarthy, B. Klecker, A. Korth, M.B. Bavassano-Cattaneo and R.N. Lundin: Simultaneous observations of field-aligned beams and gyrating ions in the terrestrial foreshock. J. Geophys. Res. **109**, A05107, doi:10.1029/2003JA010374 (2004).

Mignani, R. and W. Becker: VLT observations of the solitary millisecond pulsar PSR J2124-3358. Adv. Space Res. **33**, 616-619 (2004).

Miller, J.M., A.C. Fabian, C.S. Reynolds, M.A. Nowak, J. Homan, M.J. Freyberg, M. Ehle, T. Belloni, R. Wijnands, M. van der Klis, P.A. Charles and W.H.G. Lewin: Evidence of Black Hole Spin in GX 339-4: XMM-Newton/EPIC-pn and RXTE Spectroscopy of the Very High State. Ap. J. Lett. **606**, L131-L134 (2004).

Mimica, P., M.-A. Aloy, E. Müller and W. Brinkmann: Computation of X-ray blazar light curves using RHD simulations. Astrophys. Space Sci. **293**, 165-172 (2004).

Mimica, P., M.A. Aloy, E. Müller and W. Brinkmann: Synthetic light curves of BL Lacs from relativistic hydrodynamic simulations. Astron. Astrophys. **418**, 947-958 (2004).

Mineo, T., G. Cusumano, E. Massaro, W. Becker and L. Nicastro: Spectral and timing properties of the X-ray emission from the millisecond pulsar PSR B1821-24. Astron. Astrophys. **423**, 1045-1050 (2004).

Moles, M., D. Bettoni, G. Fasano, P. Kjærgaard, P. Varela and B. Milvang-Jensen: The peculiar galaxy IC 1182: An ongoing merger? Astron. Astrophys. **418**, doi:10.1051/0004-6361:20034295, 495-507 (2004).

Morelli, L., C. Halliday, E.M. Corsini, A. Pizzella, D. Thomas, R.P. Saglia, R.L. Davies, R. Bender, M. Birkinshaw and F. Bertola: Nuclear stellar discs in low-luminosity elliptical galaxies: NGC 4458 and 4478. Mon. Not. R. Astron. Soc. **354**, doi:10.1111/j.1365-2966.2004.08236.x, 753-762 (2004).

Morfill, G.E., S.A. Khrapak, A.V. Ivlev, B.A. Klumov, M. Rubin-Zuzic and H.M. Thomas: From fluid flows to crystallization: New results from complex plasmas. Physica Scr. T **107**, 59-64 (2004).

Morfill, G.E., A.V. Ivlev, S.A. Khrapak, B.A. Klumov, M. Rubin-Zuzic, U. Konopka and H.M. Thomas: Ten years of plasma crystals - from ICPIG (Bochum) to ICPIG (Greifswald). Contributions to Plasma Physics **44**, 450-457 (2004).

Morfill, G.E., M. Rubin-Zuzic, H. Rothermel, A.V. Ivlev, B.A. Klumov, H.M. Thomas, U. Konopka and V. Steinberg: Highly Resolved Fluid Flows: Liquid Plasmas at the Kinetic Level. Phys. Rev. Lett. **92**, 175004, doi:10.1103/PhysRevLett.92.175004, L175004-1-L175004-4 (2004).

Morisset, C.,D. Schaerer, J.C. Bouret and F. Martins: Mid-IR observations of Galactic H II regions: Constraining ionizing spectra of massive stars and the nature of the observed excitation sequences. Astron.

Astrophys. **415**, doi:10.1051/0004-6361:20034622, 577-594 (2004).

Moskalenko, I.V., A.W. Strong and O. Reimer: Diffuse gamma rays, Cosmic Gamma-Ray Sources.(Eds.) K.S. Cheng, G.E. Romero. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 279-310 (2004).

Moultaka, J., A. Eckart, T. Viehmann, N. Mouawad, C. Straubmeier, T. Ott and R. Schödel: Dust embedded sources at the Galactic Center. 2 to 4 µm imaging and spectroscopy in the central parsec. Astron. Nachr. **425,** doi:10.1051/0004-6361:20035807, 529-542 (2004).

Mugrauer, M., R. Neuhäuser, E.W. Guenther, A.P. Hatzes, N. Huélamo, M. Fernández, M. Ammler, J. Retzlaff, B. König, D. Charbonneau, R. Jayawardhana and W. Brandner: HD 77407 and GJ 577: Two new young stellar binaries. Detected with the Calar Alto Adaptive Optics system ALFA. Astron. Astrophys. **417**, doi:10.1051/0004-6361:20040008, 1031-1038 (2004).

Müller, T.G. and J.A.D.L. Blommaert: 65 Cybele in the thermal infrared: Multiple observations and thermophysical analysis. Astron. Astrophys. **418**, 347-356 (2004).

Müller, T.G., M.F. Sterzik, O. Schütz, P. Pravec and R. Siebenmorgen: Thermal infrared observations of near-Earth asteroid 2002 NY40. Astron. Astrophys. **424**, 1075-1080 (2004).

Mullis, C.R., J.P. Henry, I.M. Gioia, H. Böhringer, U.G. Briel, W. Voges and J.P. Huchra: Spatial Correlation Function of X-ray Selected AGN. Ap. J. **617**, 192-208 (2004).

Nakamura, R., W. Baumjohann, C. Mouikis, L.M. Kistler, A. Runov, M. Volwerk, Y. Asano, Z. Vörös, T.L. Zhang, B. Klecker, H. Reme and A. Balogh: Spatial scale of high-speed flows in the plasma sheet observed by Cluster. Geophys. Res. Lett. **31**, L09804, doi:10.1029/2004GL019558 (2004).

Nakamura, R., W. Baumjohann, T. Nagai, M. Fujimoto, T. Mukai, B. Klecker, R. Treumann, A. Balogh, H. Reme, J.A. Sauvaud, L. Kistler, C. Mouikis, C.J. Owen, A.N. Fazakerley, J.P. Dewhurst and Y. Bogdanova: Flow shear near the boundary of the plasma sheet observed by Cluster and Geotail. J. Geophys. Res. **109**, A05204, doi:10.1029/2003JA010174 (2004).

Narita, Y., K. Glassmeier, S. Schäfer, U. Motschmann, M. Fränz, I. Dandouras, K. Fornaçon, E. Georgescu, A. Korth, H. Reme and I. Richter: Alfvén waves in the foreshock propagating upstream in the plasma rest frame: statistics from Cluster observations. Ann. Geophysicae **22**, 2315-2323 (2004).

Ness, J.-U., J.H.M.M. Schmitt, S.J. Wolk, K. Dennerl and V. Burwitz: X-ray emission from Saturn. Astron. Astrophys. **417**, doi:10.1051/0004-6361:20035736, 337-345 (2004).

Nicastro, L., G. Cusumano, O. Loemer, M. Kramer, L. Kuiper, W. Hermsen, T. Mineo and W. Becker: BeppoSAX observation of PSR B1937+21. Astron. Astrophys. **413**, 1065-1072 (2004).

Nilsson, H., S. Joko, R. Lundin, H. Reme, J. Sauvaud, I. Dandouras, A. Balogh, C. Carr, L. Kistler, B. Klecker, C. Carlson, M. Bavassano-Cattaneo and A. Korth: The structure of high altitude O^+ energization and outflow: a case study. Ann. Geophysicae **22**, 2497-2506 (2004).

Noll, S., D. Mehlert, I. Appenzeller, R. Bender, A. Böhm, A. Gabasch, J. Heidt, U. Hopp, K. Jäger, S. Seitz, O. Stahl, C. Tapken and B.L. Ziegler: The FORS Deep Field spectroscopic survey. Astron. Astrophys. **418**, doi:10.1051/0004-6361:20034434, 885-906 (2004).

Norman, C., A. Ptak, A. Hornschemeier, G. Hasinger, J. Bergeron, A. Comastri, R. Giacconi, R. Gilli, K. Glazebrook, T. Heckman, L. Kewley, P. Ranalli, P. Rosati, G. Szokoly, P. Tozzi, J. Wang, W. Zheng and A. Zirm: The X-Ray-derived Cosmological Star Formation History and the Galaxy X-Ray Luminosity Functions in the Chandra Deep Fields North and South. Ap. J. **607**, doi:10.1086/383487, 721 (2004).

Onishchenko, O.G., O.A. Pokhotelov, R.Z. Sagdeev, L. Stenflo, R.A. Treumann and M.A. Balikhin: Generation of convective cells by kinetic Alfven waves in the upper ionosphere. J. Geophys. Res. **109**, A03306, doi:10.1029/2003JA01024 (2004).

Ortiz-Gil, A., L. Guzzo, P. Schuecker, H. Böhringer and C.A. Collins: The X-ray Luminosity - Velocity Dispersion Relation in the REFLEX Cluster Survey. Mon. Not. R. Astron. Soc. **348**, 325-332 (2004).

Osmond, J.P.F., T.J. Ponman and A. Finoguenov: The unusual morphology of the intragroup medium in NGC 5171. Mon. Not. R. Astron. Soc. **355**, 11-19 (2004).

Park, S., S.A. Zhekov, D.N. Burrows, E. Michael, R. McCray, G.P. Garmire and G. Hasinger: Chandra observations of SNR 1987A. Adv. Space Res. **33**, doi:10.1016/j.asr.2003.08.017, 386-391 (2004).

Paumard, T., J.P. Mayllard and M.R. Morris: Kinematic and structural analysis of the Minispiral in the Galactic Center from BEAR spectro-imagery. Astron. Astrophys. **426,** doi:10.1051/0004-6361:20034209, 81-96 (2004).

Pfeffermann, E., N. Meidinger, L. Strüder, H. Bräuninger and G. Hartner: Lessons learned from the EPIC pnCCD camera for future missions. Mem. S. A. It. **75**, 555 (2004).

Phan, T., M. Dunlop, G. Paschmann, B. Klecker, J. Bosqued, H. Reme, A. Balogh, C. Twitty, F. Mozer, C. Carlson, C. Mouikis and L. Kistler: Cluster observations of continuous reconnection at the magnetopause under steady interplanetary magnetic field conditions. Ann. Geophysicae **22**, 2355-2367 (2004).

Pierini, D., C. Maraston, R. Bender and A.N. Witt: Extremely red galaxies: dust attenuation and classification. Mon. Not. R. Astron. Soc. **347**, 1-16 (2004).

Pierini, D., K.D. Gordon, A.N. Witt and G.J. Madsen: Dust Attenuation in Late-Type Galaxies. I. Effects on Bulge and Disk Components. Ap. J. **617**, 1022-1046 (2004).

Pietsch, W., B.J. Mochejska, Z. Misanovic, F. Haberl, M. Ehle and G. Trinchieri: The eclipsing massive X-ray binary M 33 X-7: New X-ray observations and optical identification. Astron. Astrophys. **413**, doi:10.1051/0004-6361:20034081, 879-887 (2004).

Pietsch, W., Z. Misanovic, F. Haberl, D. Hatzidimitriou, M. Ehle and G. Trinchieri: XMM-Newton survey of

the Local Group galaxy M 33. Astron. Astrophys. **426**, doi:10.1051/0004-6361:20047068, 11-24 (2004).

Pokhotelov, O.A., R.Z. Sagdeev, M.A. Balikhin and R.A. Treumann: Mirror instability at finite ion-Larmor radius wavelengths. J. Geophys. Res. **109**, A09213, doi:10.1029/2004JA010568 (2004).

Popesso, P., H. Böhringer, J. Brinkmann, W. Voges and D.G. York: ROSAT-SDSS Galaxy Clusters Survey. I. The Catalog and the correlation of X-ray and optical properties. Astron. Astrophys. **423**, 449-467 (2004).

Porquet, D., J.N. Reeves, P. Uttley and T.J. Turner: XMM-Newton observation of the Seyfert 1.8 ESO 113-G010: Discovery of a highly redshifted iron line at 5.4 keV. Astron. Astrophys. **427**, doi:10.1051/0004-6361:20041637, 101-105 (2004).

Porquet, D., J.N. Reeves, P.T. O'Brien and W. Brinkmann: XMM-Newton EPIC observations of 21 low-redshift PG quasars. Astron. Astrophys. **422**, doi:10.1051/0004-6361:20047108, 85-95 (2004).

Porquet, D., J.S. Kaastra, K.L. Page, P.T. O'Brien, M.J. Ward and J. Dubau: XMM-Newton observation of the Seyfert 1 ESO 198-G24. Astron. Astrophys. **413**, doi:10.1051/0004-6361:20031603, 913-920 (2004).

Pottelette, R., R. Treumann and E. Georgescu: Crossing a narrow-in-altitude turbulent auroral acceleration region. Nonlinear Processes in Geophysics **11**, 197-204 (2004).

Pozzi, F., C. Gruppioni, S. Oliver, I. Matute, F. La Franca, C. Lari, G. Zamorani, S. Serjeant, A. Franceschini, and M. Rowan-Robinson: The Mid-Infrared Luminosity Function of Galaxies in the European Large Area Infrared Space Observatory Survey Southern Fields. Ap.J. **609**,122-132 (2004).

Pratt, G.W., K. Mukai, B.J.M. Hassall, T. Naylor and J.H. Wood: An XMM-Newton observation of the nova-like variable UX UMa: spatially and spectrally resolved two-component X-ray emission. Mon. Not. R. Astron. Soc. Lett. **348**, doi:10.1111/j.1365-2966.2004.07574.x, L49-L53 (2004).

Prieto, M.A., K. Meisenheimer, O. Marco, J. Reunanen, M. Contini, Y. Clenet, R.I. Davies, D. Gratadour, Th. Henning, U. Klaas, J. Kotilainen, Ch. Leinert, D. Lutz, D. Rouan and N. Thatte: Unveiling the Central Parsec Region of an Active Galactic Nucleus: The Circinus Nucleus in the Near-Infrared with the Very Large Telescope. Ap. J. **614**, 135-141 (2004).

Puzia, T.H., M. Kissler-Patig, D. Thomas, C. Maraston, R. P. Saglia, R. Bender, T. Richtler, P. Goudfrooij and M. Hempel: VLT spectroscopy of globular cluster systems. I. The photometric and spectroscopic data set. Astron. Astrophys. **415**, doi:10.1051/0004-6361:20031448, 123-143 (2004).

Ratynskaia, S. , M. Kretschmer, S.A. Khrapak, R.A. Quinn, M.H. Thoma, G.E. Morfill, A. Zobnin, A. Usachev, O. Petrov and V. Fortov: Dust Mode in Collisionally Dominated Complex Plasmas with Particle Drift. IEEE Trans. Plasma Sci. **32**, 613-616 (2004).

Ratynskaia, S. , S.A. Khrapak, A. Zobnin, M.H. Thoma, M. Kretschmer, A. Usachev, V. Yaroshenko, R.A. Quinn, G.E. Morfill, O. Petrov and V. Fortov: Experimental Determination of Dust-Particle Charge in a Discharge Plasma at Elevated Pressure. Phys. Rev. Lett. **93**, 085001-1-085001-4 (2004).

Rau, A., J. Greiner, S. Klose, M. Salvato, J.M. Castro-Ceron, D.H. Hartmann, A. Fruchter, A. Levan, N.R. Tanvir, J. Gorosabel, J. Hjorth, A.Zeh, A. Küpüc Yoldas, J.P. Beaulieu, J. Donatowicz, C. Vinter, A.J. Castro-Tirado, J.P.U. Fynbo,D.A. Kann, C. Kouveliotou, N. Masetti, P. Müller, E. Palazzi, E. Pian, J. Rhoads, R.A.M.J. Wijers and E.P.J. van den Heuvel: Discovery of the near-IR afterglow and of the host of GRB 030528. Astron. Astrophys. **427,** doi:10.1051/0004-6361:20041545, 815-823 (2004).

Reeves, J.N., D. Porquet and T.J. Turner: An Extreme, Blueshifted Iron-Line Profile in the Narrow-Line Seyfert 1 PG 1402+261: An Edge-on Accretion Disk or Highly Ionized Absorption? Ap. J. **615**, doi:10.1086/424478, 150-155 (2004).

Reimer, A., O. Reimer, R. Schlickeiser and A. Iyudin: The Coma Cluster at gamma-ray energies: multifrequency constraints. Astron. Astrophys. **424**, 773-778 (2004).

Rouan D., F. Lacombe, E. Gendron, D. Gratadour, Y. Clénet, A.-M. Lagrange, D. Mouillet, C. Boisson, G. Rousset, T. Fusco, L. Mugnier, M. Séchaud, N. Thatte, R. Genzel, P. Gigan, R. Arsenault and P. Kern: Hot Very Small dust Grains in NGC 1068 seen in jet induced structures thanks to VLT/NACO adaptive optics. Astron. Astrophys. **417**, L1-L4 (2004).

Rowan-Robinson, M., C. Lari, I. Pérez-Fournon, E. Gonzalez-Solares, F. La Franca, M. Vaccari, S. Oliver, C. Gruppioni, P. Ciliegi, P. Héraudeau, S. Serjeant, A. Efstathiou, T. Babbedge, I. Matute, F. Pozzi, A. Franceschini, P. Vaisanen, A. Afonso-Luis, D.M. Alexander, O. AlMayni, A.C. Baker, S. Basilakos, M. Barden, C. del Burgo, I. Bellas-Velidis, F. Cabrera-Guerra, R. Carballo, C.J. Cesarsky, D.L. Clements, H. Crockett, L. Danese, A. Dapergolas, B. Drolias, N. Eaton, E. Egami, D. Elbaz, D. Fadda, M. Fox, R. Genzel, P. Goldschmidt, J.I. Gonzalez-Serrano, M. Graham, G. L. Granato, E. Hatziminaoglou, U. Herbstmeier, M. Joshi1, E. Kontizas, M. Kontizas, J. K. Kotilainen, D. Kunze, A. Lawrence, D. Lemke, M. J.D. Linden-Vrnle, R.G. Mann, I. Mrquez, J. Masegosa, R.G. McMahon, G. Miley, V. Missoulis, B. Mobasher, T. Morel, H. Nrgaard-Nielsen, A. Omont, P. Papadopoulos, J.-L. Puget, D. Rigopoulou, B. Rocca-Volmerange, N. Sedgwick, L. Silva, T. Sumner, C. Surace, B. Vila-Vilaro, P. van der Werf, A. Verma, L. Vigroux, M. Villar-Martin, C.J. Willott, A. Carramiana and R. Mujica: The European Large-Area ISO Survey (ELAIS): the final band-merged catalogue. Mon. Not. R. Astron. Soc. 2004, doi:10.1111/j.13652966.-2004.07868.x, 1290-1306 (2004).

Rubin, K.H.R., P.G. van Dokkum, P. Coppi, O. Johnson, N.M. Förster Schreiber, M. Franx and P. van der Werf: Chandra constraints on the AGN fraction and star formation rate of red z > 2 galaxies in the FIRES MS1054-03 field. Ap. J. Lett. **613**, L5-L8, doi:10.1086/424903 (2004).

Rubio, M., F. Boulanger, F. Rantakyro and A. Contursi: Millimeter dust emission from an SMC cold molecular

cloud. Astron. Astrophys. **425,** doi:10.1051/0004-6361:200400046, L1-L4 (2004).

Runov, A., V. Sergeev, R. Nakamura, W. Baumjohann, Z. Vörös, M. Volwerk, Y. Asano, B. Klecker, H. Reme and A. Balogh: Properties of a bifurcated current sheet observed on 29 August 2001. Ann. Geophysicae **22**, 2535-2540 (2004).

Rypdal K. and S. Ratynskaia: Fluctuation threshold and profile resilience in weakly ionized plasma in a curved, unsheared magnetic field. Phys. Plasmas **11**, 4623-4633 (2004).

Rypdal K. and S. Ratynskaia: Comment on „Statistical analysis of turbulent flux and intermittency in the nonfusion magnetoplasma Blaamann“ (Phys. Plasmas 10, 4335 (2003)). Phys. Plasmas **11**, 3679-3681.

Sakano, M., R.S. Warwick, A. Decourchelle and P. Predehl: XMM-Newton observations of Sagittarius A East. Mon. Not. R. Astron. Soc. **350**, doi:10.1111/j.1365-2966.2004.07571.x, 129-139 (2004).

Salvato, M., J. Greiner and B. Kuhlbrodt: Multiwavelength Scaling Relations for Nuclei of Seyfert Galaxies. Ap. J. Lett. **600,** L31-L34 (2004).

Samsonov, D., S.K. Zhdanov and G.E. Morfill: Shock waves and solitons in complex (dusty) plasmas. AIP Conf. Proc. **706**, 111-114 (2004).

Samsonov, D., S.K. Zhdanov, R.A. Quinn, S.I. Popel and G.E. Morfill: Shock melting of a two dimentional complex (dusty) plasma. Phys. Rev. Lett. **92**, 255004-1L-255004-4L (2004).

Sanders, D.B.: The cosmic evolution of luminous infrared galaxies: from IRAS to ISO, SCUBA and SIRTF. In: Advances in Space research (book series), Astronomy at IR/SUBMM and the MICROWAVE background **34**, 535-542 (2004).

Sanservino, M.A., A.C. Lopez, E.V. Albano and R.A. Monetti: Study of a monomer-monomer reaction system with short-range repulsive interactions. European Physical Journal B **40**, doi:10.1140/epjb/-e2004-00271-1, 305-312 (2004).

Sasaki, M., D. Breitschwert and R. Supper: SNR surface density distribution in nearby galaxies. Astrophysics and Space Science **289** (3-4), 283-286 (2004).

Sato, Y, L.L. Cowie, K. Kawara, H. Matsuhara, H. Okuda, D.B. Sanders, Y. Sofue, Y. Taniguchi and K. Wakamatsu: Faint 6.7 Micron Galaxies And Their Contributions To The Stellar Mass Density In The Universe. Astron. J. **127**, 1285-1304 (2004).

Saul, L., E. Möbius, C.W. Smith, P. Bochsler, H. Grünwaldt, B. Klecker and F. Ipavich: Observational evidence of pitch angle isotropization by IMF waves. Geophys. Res. Lett. **31,** L05811, doi:10.1029/GL019014 (2004).

Sauvaud, J.-A., P. Louarn, G. Fruit, H. Stenuit, C. Vallat, J. Dandouras, H. Reme, M. André, A. Balogh, M. Dunlop, L. Kistler, E. Möbius, C. Mouikis, B. Klecker, G.K. Parks, J. McFadden, C. Carlson, F. Marcucci, G. Pallocchia, R. Lundin, A. Korth and M. McCarthy: Case studies of the dynamics of ionospheric ions in the Earth's magnetotail. J. Geophys. Res. **109**, A01212, doi:10.1029/2003JA009996 (2004).

Schneider, D.P., X. Fan, P.B. Hall, S. Jester, G.T. Richards, C. Stoughton, M.A. Strauss, M. SubbaRao, D.E. V. Berk, S.F. Anderson, W.N. Brandt, J.E. Gunn, J. Gray, J.R. Trump, W. Voges, B. Yanny, N.A. Bahcall, M.R. Blanton, W.N. Boroski, J. Brinkmann, R. Brunner, S. Burles, F.J. Castander, M. Doi, D. Eisenstein, J.A. Frieman, M. Fukugita, T.M. Heckman, G.S. Hennessy, Z. Iveziç, S. Kent, G.R. Knapp, D.Q. Lamb, B.C. Lee, J. Loveday, R.H. Lupton, B. Margon, A. Meiksin, J.A. Munn, H.J. Newberg, R.C. Nichol, M. Niederste-Ostholt, J.R. Pier, M.W. Richmond, C.M. Rockosi, D.H. Saxe, D.J. Schlegel, A.S. Szalay, A.R. Thakar, A. Uomoto and D.G. York: The Sloan Digital Sky Survey Quasar Catalog. Ii. First Data Release. Astron. J. **126**, 2579-2593 (2003).

Scholer, M. and S. Matsukiyo: Nonstationarity of quasi-perpendicular shocks: a comparison of full particle simulations with different ion to electron mass ratio. Ann. Geophysicae **22**, 2345-2353 (2004).

Scholz, R.D., I. Lehmann, I. Matute and H. Zinnecker: The nearest cool white dwarf (d˜4pc), the coolest M-type subdwarf (sdM9.5), and other high proper motion discoveries. Astron. Astrophys. **425**, 519-527 (2004).

Schönfelder, V.: Imaging Principles and Techniques in Space Borne Gamma-Ray Astronomy. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. (A) **525**, 098-106 (2004).

Schuecker, P., A. Finoguenov, F. Miniati, H. Böhringer and U.G. Briel: Probing turbulence in the Coma galaxy cluster. Astron. Astrophys. **426**, 387-397 (2004).

Schuecker, P., H. Böhringer and W. Voges: Detection of X-ray clusters of galaxies by matching RASS photons and SDSS galaxies within GAVO. Astron. Astrophys. **420**, 61-74 (2004).

Schwope, A.D., G. Lamer, D. Burke, M. Elvis, M.G. Watson, M.P. Schulze, G. Szokoly and T. Urrutia: A serendipitous survey for galaxy clusters by the XMM-Newton Survey Science Center. Adv. Space Res. **34**, 2604-2609 (2004).

Shaw, S., M. Chernyakova, J. Rodriguez, R. Walter, P. Kretschmar and S. Mereghetti: INTEGRAL observations of the PSR B1259-63/SS2883 system after the 2004 periastron passage. Astron. Astrophys. **426**, L33-L36 (2004).

Shukla P., A. Mamun, B. Eliasson, G. Morfill: Oscillonic Mach cones in a dusty magnetoplasma. Phys. Plasmas **11**, 4142-4145 (2004).

Shukla P., R. Bharuthram, A. Mamun, G. Morfill, R. Schlickeiser and L. Stenflo: Response to „Comment on Instability of the Shukla mode in a dusty plasma containing equilibrium density and magnetic field inhomogeneities' and 'New resonance and cutoff for low-frequency electromagnetic waves in dusty magnetoplasmas“. [Phys. Plasmas **11**, 4154 (2004)]. Phys. Plasmas **11**, 4156-4158 (2004).

Shukla, P.K. and B. Eliasson: Complete theory for Langmuir envelope solitons in dusty plasmas. Phys. Plasmas **11**, 584-594 (2004).

Sidoli, L., J. Wilms, A. Paizis, S. Larsson, G. Burki, G. Bourban, M. Chernyakova, T. Courvoisier, G. di Cocco, P. Kretschmar, I. Kreykenbohm, S. Mereghetti, K. Pottschmidt, A. Santangelo, A. Segreto, R. Staubert and N.J. Westergaard: Monitoring of persistent

accreting pulsating neutron stars observed during the INTEGRAL Core Program. Nuclear Physics B - Proceedings Supplements **132**, 648-651 (2004).

Soltan, A.M. and M.J. Freyberg: Revealing the hot intergalactic medium with ROSAT. Adv. Space Res. **34**, 2535-2539 (2004).

Sonnerup, B.U.Ö, H. Hasegawa and G. Paschmann: Anatomy of a flux transfer event seen by Cluster. Geophys. Res. Lett. **31**, L11803, doi:10.1029/2004GL020134 (2004).

Sonnerup, B.U.Ö, S. Haaland, G. Paschmann, B. Lavraud, M.W. Dunlop, H. Reme and A. Balogh: Orientation and motion of a discontinuity from single-spacecraft measurements of plasma velocity and density: Minimum mass flux residue. J. Geophys. Res. **109**, A03221, doi:10.1029/2003JA010230 (2004).

Spoon, H.W.W., A.F.M. Moorwood, D. Lutz, A.G.G.M. Tielens, R. Siebenmorgen and J.V. Keane: Mid-infrared spectral evidence for a luminous dust enshrouded source in Arp 220. Astron. Astrophys. **414**, 873-883 (2004).

Stelzer, B. and J.H.M.M. Schmitt: X-ray emission from a metal depleted accretion shock onto the classical T Tauri star TW Hya. Astron. Astrophys. 418, doi: 10.1051/0004-6361:20040041, 687-697 (2004).

Stenflo, L. and P.K. Shukla: Comment on „Kinetic effects on the parametric decays of circularly polarized electromagnetic waves in a relativistic pair plasma“ (Phys. Plasmas 11, 3497, 2004), Phys. Plasmas **11**, 4882 (2004).

Strong, A.W., I.V. Moskalenko and O. Reimer: A new determination of the extragalactic gamma-ray background from EGRET data. Ap. J. **613**, 956-961 (2004).

Strong, A.W., I.V. Moskalenko and O. Reimer: Diffuse Galactic continuum gamma rays. A model compatible with EGRET data and cosmic-ray measurements. Ap. J. **613**, 962-976 (2004).

Strong, A.W., I.V. Moskalenko, O. Reimer, S. Digel and R. Diehl: The distribution of cosmic-ray sources in the Galaxy, gamma rays and the gradient in the CO-to-H2 relation. Astron. Astrophys. Lett. **422**, L47-L51 (2004).

Strüder, L.: High Resolution imaging silicon X-ray spectrometers. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. (A) **522**, 146 (2004).

Szkody, P., L. Homer, B. Chen, A. Henden, G.D. Schmidt, S.F. Anderson, D.W. Hoard, W. Voges and J. Brinkmann: XMM-Newton Observations of the Extremely Low Accretion Rate Polars SDSS J155331.12+551614.5 and SDSS J132411.57+ 032050.5. Astronomical Journal **128**, 2443-2447 (2004).

Szkody, P., A. Henden, O. Fraser, N. Silvestri, J. Bochanski, M.A. Wolfe, M. Agüeros, B. Warner, P. Woudt, J. Tramposch, L. Homer, G. Schmidt, G.R. Knapp, S.F. Anderson, K. Covey, H. Harris, S. Hawley, D.P. Schneider, W. Voges and J. Brinkmann: Cataclysmic Variables From The Sloan Digital Sky Survey. III. The Third Year. Astronomical Journal **128**, 1882-1893 (2004).

Szokoly, G.P., J. Bergeron, G. Hasinger, L. Kewley, V. Maynieri, M. Nonino, P. Rosati, R. Giacconi, R. Gilli, R. Gilmozzi, C. Norman, M. Romaniello, E. Schreier, P. Tozzi, J.X. Wang, W. Zheng and A. Zirm: The Chandra Deep Field-South: Optical Spectroscopy. Ap. J. Suppl. Ser. **155**, 271-349 (2004).

Tanaka, Y., Th. Boller, L. Gallo, R. Keil and Y. Ueda: Partial Covering Interpretation of the X-Ray Spectrum of the The NetherlandsS1 1H0707-495. Publ. Astron. Soc. Jpn. **56**, L09-L13 (2004).

Tecza, M., A.J. Baker, R.I. Davies, R. Genzel, M.D. Lehnert, F. Eisenhauer, D. Lutz, N. Nesvadba, S. Seitz, L.J. Tacconi, N.A. Thatte, R. Abuter and R. Bender: SPIFFI Observations of the Starburst SMM14011+0252: Already Old, Fat, and Rich by z=2.565. Ap. J. Lett. **605**, doi:10.1086/420895, L109-L112 (2004).

Testa, V., W. Becker, D.A. Swartz, G.G. Pavlov, R.F. Elsner, J. Grindlay, R. Mignani, A.F. Tennant, D. Backer, L. Pulone and M.C. Weisskopf: Chandra X-ray observations of the globular cluster M28 and optical HST identification of the X-ray sources. Memorie della Societa Astronomica Italiana 75, 50-53 (2004).

Thoma, M.H.: Strongly Coupled Plasmas in High-Energy Physics. IEE Trans. Plasma Sci. **32,** 738-741 (2004).

Thoma, M.H., J. Trümper and V. Burwitz: Strange dark matter in neutron stars? New resilts from Chandra and XMM. Journal of Physics G - Nuclear and Particle Physics **30** , 471-478 (2004).

Thomas, D., C. Maraston and A. Korn: Higher-order Balmer line indices in Fe-enhanced stellar population models. Mon. Not. R. Astron. Soc. Lett. **351**, doi:10.1111/j.1365-2966.2004.07944.x, L19-L23 (2004).

Thomas, J., R.P. Saglia, R. Bender, D. Thomas, K. Gebhardt, J. Magorrian and D. Richstone: Mapping stationary axisymmetric phase-space distribution functions by orbit libraries. Mon. Not. R. Astron. Soc. **353**, doi:10.1111/j.1365-2966.2004.08072.x, 391-404 (2004).

Toft, S., V. Maynieri, P. Rosati, C. Lidman, R. Demarco, M. Nonino and S.A. Stanford: K-s-band luminosity function of the z = 1.237 cluster of galaxies RDCS J1252.9-2927. Astron. Astrophys. **422**, 29-38 (2004).

Treumann, R.A., C.H. Jaroschek, O.D. Constantinescu, R. Nakamura, O.A. Pokhotelov and E. Georgescu: The strange physics of low frequency mirror mode turbulence in the high temperature plasma of the magnetosheath. Nonlinear Processes in Geophysics **11**, 1607-7946/npg/2004-11-647, 647-657 (2004).

Treumann, R.A., C.H. Jaroschek and M. Scholer: Stationary plasma states far from equilibrium. Phys. Plasmas **11**, doi:10.1063/1.1667498, 1317-1325 (2004).

Trümper, J., V. Burwitz, F. Haberl and V.E. Zavlin: The puzzles of RX J1856.5-3754: neutron star or quark star? Nuclear Physics B-Proceeding Supplements **132**, 560-565 (2004).

Trujillo, I., G. Rudnick, H.-W. Rix, I. Labbé, M. Franx, E. Daddi, P.G. van Dokkum, N.M. Förster Schreiber, K. Kuijken, A.F.M. Moorwood, H. Röttgering, A. van der Wel, P. van der Werf and L. van Starkenburg: The luminosity-size and mass-size relations of galaxies out

to z ~ 3. Ap. J. **604**, 521-533, doi:10.1086/382060 (2004).

Tsytovich, V. and S. Vladimirov: Spinning of spherical grains in dusty plasmas. IEEE Trans. Plasma Sci. **32**, 659-662 (2004).

Tsytovich V., G. Morfill, H. Thomas: Complex plasmas IV: Theoretical approaches to complex plasmas and their application. Plasma Physics Reports. **30** (10): 816-864 (2004).

Tsytovich, V., N. Gusein-Zade and G. Morfill: Dust-dust interactions and formation of helical dust structures. IEEE Trans. Plasma Sci. **32**, 637-652 (2004).

Tsytovich, V., G. Morfill and A.V. Ivlev: Van der Waal's approach in the theory of phase transitions in complex plasmas. Contributions to Plasma Physics 43, 439-446 (2004).

Twitty, C., T.D. Phan, G. Paschmann, B. Lavraud, H. Rème and M. Dunlop: Cluster survey of cusp reconnection and its IMF dependence. Geophys. Res. Lett. **31**, doi:10.1029/2004GL020646, L19808 (2004).

Uchida, G., U. Konopka and G. Morfill: Wave Dispersion Relation of Two-Dimensional Plasma Crystals in a Magnetic Field. Phys. Rev. Lett. **93**, 155002, doi:10.1103/PhysRevLett.**93**. 155002, L155002-1-L155002-4 (2004).

Vaivads, A., Y. Khotyaintsev, M. Andre, A. Retino, S.C. Buchert, B.N. Rogers, P. Décréau, G. Paschmann and T.D. Phan: Structure of the Magnetic Reconnection Diffusion Region from Four-Spacecraft Observations. Physical Review Letters **93** (10), Art.no. 105001 (2004).

Vaith, H., G. Paschmann, J. Quinn, M. Förster, E. Georgescu, S. Haaland, B. Klecker, C. Kletzing, P. Puhl-Quinn, H. Reme and R. Torbert: Plasma convection across the polar cap, plasma mantle and cusp: Cluster EDI observations. Ann. Geophysicae **22**, 2451-2461 (2004).

Van Dokkum, P.G., M. Franx, N.M. Förster Schreiber, G.D. Illingworth, E. Daddi, K. Kraiberg Knudsen, I. Labbé, A.F.M. Moorwood, H.-W. Rix, H. Röttgering, G. Rudnick, I. Trujillo, P. van der Werf, A. van der Wel, L. van Starkenburg and S. Wuyts: Stellar populations and kinematics of red galaxies at z > 2: implications for the formation of massive galaxies. Ap. J. **611**, 703-724, doi:10.1086/422308 (2004).

Vanzella, E., S. Cristiani, A. Fontana, M. Nonino, S. Arnouts, E. Giallongo, A. Grazian, G. Fasano, P. Popesso, P. Saracco and S. Zaggia: Photometric redshifts with the Multilayer Perceptron Neural Network: Application to the HDF-S and SDSS. Astron. Astrophys. **423**, 761-776 (2004).

Véron-Cetty, M.-P., S.K. Balayan, A.M. Mickaelian, R. Mujica, V. Chavushyan, S. A. Hakopian, D. Engels, P. Véron, F.-J. Zickgraf, W. Voges and D.-W. Xu: Optically bright active galactic nuclei in the ROSAT-Faint source catalogue. Astron. Astrophys. **414**, 487-496 (2004).

Vignali, C., W.N. Brandt, Th. Boller, A.C. Fabian and S. Vaughan: Ark 564: an XMM-Newton view. Mon. Not. R. Astron. Soc. **347,** doi:10.1111/j.1365-2966.2004.07269.x, 854-861 (2004).

Volwerk, M., K. Glassmeier, A. Runov, R. Nakamura, W. Baumjohann, B. Klecker, I. Richter, A. Balogh, H. Reme and K. Yumoto: Flow burst-induced large-scale plasma sheet oscillation. J. Geophys. Res. **109**, A11208, doi:10.1029/2004JA010533 (2004).

Volwerk, M., W. Baumjohann, K. Glassmeier, R. Nakamura, T. Zhang, A. Runov, Z. Vörös, B. Klecker, R. Treumann, Y. Bogdanova, H. Eichelberger, A. Balogh and H. Reme: Compressional waves in the Earth's neutral sheet. Ann. Geophysics **22**, 303-315 (2004).

Volwerk, M., Z. Vörös, W. Baumjohann, R. Nakamura, A. Runov, T. Zhang, K. Glassmeier, R. Treumann, B. Klecker, A. Balogh and H. Reme: Multi-scale analysis of turbulence in the Earth's current sheet. Ann. Geophysicae **22**, 2525-2533 (2004).

Vörös, Z., W. Baumjohann, R. Nakamura, A. Runov, M. Volwerk, T.L. Zhang and A. Balogh: Wavelet analysis of magnetic turbulence in the Earth's plasma sheet. Phys. Plasmas **11**, 1333-1338 (2004).

Vörös, Z., W. Baumjohann, R. Nakamura, M. Volwerk, A. Runow, T.L. Zhang, H.U. Eichelberger, R. Treumann, E. Geogescu, A. Balogh, B. Klecker and H. Reme: Magnetic turbulence in the plasma sheet. J. Geophys. Res. **109**, A11215, doi:10.1029/2004JA010404 (2004).

Wachter, S., S. Patel, C. Kouveliotou, P. Bouchet, F. Vzel, A. Tennant, P.M. Woods, K. Hurley, W. Becker and P. Slane: Precise Localization of the Soft Gamma Repeater SGR 1627-41 and the Anomalous X-Ray Pulsar AXP 1E1841-045 with Chandra. Ap. J. **615**, 887-896 (2004).

Wahl, U., J.G. Correia, A. Czermak, S.G. Jahn, P. Jalocha, J.G. Marques, A. Rudge, F. Schopper, J.C. Soares, A. Vantomme, P. Weilhammer and the ISOLDE collaboration: Position-sensitive Si pad detectors for electron emission channeling experiments. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment **524**, 245-256 (2004).

Walter, F.M., J.A. Pons, V. Burwitz, J.M. Lattimer, D. Lloyd, S.J. Wolk, M. Prakash and R. Neuhäuser: Properties of the isolated neutron star RX J185635-3754. Adv. Space Res. **33**, doi: 10.1016/j.asr.2003.06.-018 , 513-517 (2004).

Wang, P. and C.R. Vidal: Electron impact dissociative ionization of carbonyl chloro fluoride. International Journal of Mass Spectrometry **235**, 207-212 (2004).

Wang, P., C.R. Vidal, J. Geith, T.M. Klaptke and W. Fu: Dissociation of multiply ionized isocyanic acid through electron impact. Journal of Chemical Physics **120**, 123-128 (2004).

Wegmann, R., K. Dennerl and C.M. Lisse: The morphology of cometary X-ray emission. Astron. Astrophys. **428**, doi:10.1051/0004-6361:20041008, 647-661 (2004).

Weisskopf, M.C., S.L. O'Dell, F. Paerels, R. Elsner, W. Becker, A.F. Tennant and D.A. Swartz: Chandra Phase-Resolved X-Ray Spectroscopy of the Crab Pulsar. Ap. J. **601**, 1050-1057 (2004).

Weisskopf, M.C., W. Becker, D.A. Swartz, G.G. Pavlov, R.F. Elsner, J. Grindlay, R. Mignani, A.F. Tennant, D. Backer, L. Pulone and V. Testa: Chandra X-Ray Observatory observations of the globular cluster M28

and its millisecond pulsar PSR B1821–24. Nuclear Physics B - Proceedings Supplements **132**, Pages 3-723 (2004).

WeRemes, N., L. Andricek, P. Fischer, K. Heinzinger, S. Herrmann, M. Karagounis, R. Kohrs, H. Krüger, G. Lutz, P. Lechner, I. Peric, M. Porro, R. H. Richter, G. Schaller, M. Schnecke, F. Schopper, L. Strüder, M. Trimpl, J. Ulrici and J. Treis: New Results on DEPFET Pixel Detectors for Radiation Imaging and High Energy Particle Detection. IEEE Trans. Nucl. Sci. **51**, 3, 1121-1128 (2004).

Wilber, M., E. Lee, G. K. Parks, K. Meziane, C. W. Carlson, J. P. McFadden, H. Rème, I. Dandouras, J. A. Sauvaud, J. M. Bosqued, L. Kistler, E. Moebius, M. McCarthy, A. Korth, B. Klecker, M. B. Bavassano-Cattaneo, R. Lundin and E. Lucek: Cluster observations of velocity space-restricted ion distributions near the plasma sheet, Geophys. Res. Lett., **31** (24), L24802, 10.1029/2004GL020265, 2004.

Wolf, C., K. Meisenheimer, M. Kleinheinrich, A. Borch, S. Dye, M. Gray, L. Wisotzky, E.F. Bell, H.-W. Rix, A. Cimatti, G. Hasinger and G. Szokoly: A catalogue of the Chandra Deep Field South with multi-colour classification and photometric redshifts from COMBO-17. Astron. Astrophys. **421**, doi:10.1051/0-004-6361:20040525, 913-936 (2004).

Worsley, M.A., A.C. Fabian, X. Barcons, S. Mateos, G. Hasinger and H. Brunner: The (un)resolved X-ray background in the Lockman Hole. Mon. Not. R. Astron. Soc. Lett. **352**, doi:10.1111/j.1365-2966.-2004.08142.x, L28-L33 (2004).

Wunderer, C.B., S.E. Boggs, W. Coburn, K. Hurley, J. Greiner and D. Smith: A systematic study of GRB millisecond flares at MeV energies aiming to constrain Quantum Gravity. Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 0, 8, 0 (2004).

Xue, Y.-J., H. Böhringer and K. Matsushita: An XMM-Newton study of the RGH 80 galaxy group. Astron. Astrophys. 420, 833-845 (2004).

Yaroshenko, V.V., B.M. Annaratone, S.A. Khrapak, H.M. Thomas, G.E. Morfill, V.E. Fortov, A.M. Lipaev, V.I. Molotkov, O.F. Petrov, A.I. Ivanov and M.V. Turin: Electrostatic modes in collisional complex plasmas under microgravity conditions. Phys. Rev. (E) **69**, 066401 (2004).

Yaroshenko V., G. Morfill, D. Samsonov, S. Vladimirov: Agglomerations of magnetized dust particles in complex plasmas. IEEE Trans. Plasma Sci. **32** (2): 675-679 Part 2 (2004).

Yaroshenko, V.V., G.E. Morfill and D. Samsonov: Vertical oscillations of paramagnetic particles in complex plasmas. Phys. Rev. (E) **69**, 016410 (2004).

Yuan, W., S. Komossa, D. Xu, J. Osborne, M. Watson and R. McMahon: Discovery of high-amplitude X-ray variability in the Seyfert-LINER transition galaxy NGC7589. Mon. Not. R. Astron. Soc. Lett. 353, L29-L33 (2004).

Zavlin, V.E., G.G. Pavlov and D. Sanwal: Variations in the Spin Period of the Radio-quiet Pulsar 1E 1207.4-5209. Ap. J.606, 444-451 (2004).

Zhang, S., W. Collmar, W. Hermsen and V. Schönfelder: Spectral constraints on unidentified EGRET gamma-ray sources from COMPTEL MeV observations. Astron. Astrophys. 421, doi:10.1051/0004-6361:20035671, 983-990 (2004).

Zhang, Y.-Y., A. Finoguenov, H. Böhringer, Y. Ikebe, K. Matsushita and P. Schuecker: Temperature gradients in XMM-Newton observed REFLEX-DXL galaxy clusters at z~0.3. Astron. Astrophys. **413**, 4074, doi:10.1051/0004-6361:20031531 (2004).

Zhdanov, S.K., G.E. Morfill, D. Samsonov, M. Zuzic and O. Havnes: Origin of the curved nature of Mach cone wings in complex plasmas. Phys. Rev. (E) **69**, 026407-1-026407-8 (2004).

Zhdanov S.K., G.G. Morfill, D. Samsonov, M. Zuzic, O. Havnes, R. Kompaneetz, V. Tsytovich and G. Morfill: Weak dust ion-acoustic and dust acoustic solitons with absoption of ions, ionization and ion drag. IEEE Transactions On Plasma Science **32** (2): 561-568 Part 2 (2004).

Zheng, W., V.J. Mikles, V. Maynieri, G. Hasinger, P. Rosati, C. Wolf, C. Norman, G. Szokoly, R. Gilli, P. Tozzi, J.X. Wang, A. Zirm and R. Giacconi: Photometric Redshift of X-Ray Sources in the Chandra Deep Field-South. Ap. J. Suppl. Ser. **155,** doi:10.1086/424385, 73-87 (2004).

Zioutas, K., D.H.H. Hoffmann, K. Dennerl and Th. Papaevangelou: What is Dark Matter Made Of? Science **306**, 1485-1488 (2004).

Zioutas, K., K. Dennerl, L. DiLella, D.H.H. Hoffmann, J. Jacoby and Th. Papaevangelou: Quiet Sun X-rays as Signature for New Particles. Ap. J. **607**, 575-579 (2004).

Zoglauer, A., R. Andritschke and G. Kanbach: Data analysis for the MEGA prototype. New Astronomy Reviews **48,** doi:10.1016/j.newar.2003.11.049, 231-235 (2004).

Zubko, V., D. Li, T. Lim, H. Feuchtgruber and M. Harwit: Observations of Water Vapor Outflow from NML Cygnus. Ap. J. **610,** 427-435 (2004).

4.2 REFERIERTE PROCEEDINGS / REFEREED PROCEEDINGS

*Andritschke, R., A. Zoglauer, G. Kanbach, V. Schönfelder, F. Schrey, F. Schopper, P.F. Bloser, S. D. Hunter, J. Macri, R.S. Miller, V.N. Litvinenko and I.V. Pinayev***:** Calibration of the MEGA prototype. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop, München, Germany, 2004. (Eds.) V. Schönfelder, G. Lichti, C. Winkler. ESA SP **552**,761-764 (2004).

Beckmann, V., J. Borkowski, T.J.L. Couvoisier, D. Gotz, P. Favre, R. Hudec, S. Mereghetti, S.E. Shaw, A. von Kienlin and C. Wigger: Time resolved spectroscopy of

GRB030501 using INTERGRAL. Nuclear Physics B – Proc. Suppl. Vol. **132**, 301-304 (2004).

Bhat, P.N., C.A. Meegan, G.G Lichti, M.S. Briggs, V. Connaughton, R. Diehl, G.J. Fishman, J. Greiner, R.M. Kippen, C. Kouveliotou, W.S. Paciesas, R.D. Preece, V. Schönfelder, R.B. Wilson and A. von Kienlin: The GLAST Burst Monitor. In: Proceedings of „Gamma-Ray Bursts: 30 Years of Discovery: Gamma-Ray Burst Symposium“. (Eds.) E.E. Fenimore, M. Galassi. AIP Conference Proceedings Vol. **727,** American Institute of Physics, NY, 684-687 (2004).

Bhargavi, S.G., J.E. Rhoads, R. Perna, J. Feldmeier and J. Greiner: Searching for GRB remnants in nearby galaxies. AIP Conf. Proc. **727**, 388-391 (2003).

Böhm, H., C. Räth, R. Monetti, D. Newitt, S. Majumdar, E. Rummeny, G. Morfill and T. Link: Nichtlineare Texturmaße basierend auf den Minkowski-Funktionalen in 3D: Vorhersage der Bruchlast trabekulärer Knochenpräparate durch Strukturanalyse hochauflösender MR-Aufnahmen. In: Bildverarbeitung für die Medizin. (Eds.) T. Tolxdorff, H. Handels, A. Horsch, H.-P. Meinzer. Bildverarbeitung für die Medizin, Springer Verlag, Berlin, 140-144 (2004).

Böhm, H., T. Link, R. Monetti, D. Müller, E. Rummeny, D. Newitt, S. Majumdar and C. Räth: Application of the Minkowski functionals in 3D to high resolution MR images of trabecular bone: prediction of the biomechanical strength by non-linear topological measures. In: Proceedings of the SPIE: Medical Imaging: Image Prcessing, San Diego, CA (USA), 2004. (Eds.) J.M. Fitzpatrick, M. Sonka. Proceedings of SPIE Vol. **5370**, Bellingham, 172-180 (2004).

Böhm, H., T. Link, R. Monetti, D. Müller, E. Rummeny, D. Newitt, S. Majumdar and C. Räth: Application of the Minkowski functionals in 3D to high resolution MR images of the trabecular bone for the prediction of the biomechanical strength. In: Proceedings of Microscopy and Microanalysis. (Eds.) I. M. Anderson, R. Price, E. Hall, E. Clark, S. McKernan. Microscopy and Microanalysis Vol. **10**, Cambridge University Press, Cambridge, 716-717 (2004).

Böhm, H., T. Link, R. Monetti, D. Müller, E. Rummeny, G. Morfill and C. Räth: Assessment of Vertebral Fractures in Post-Menopausal Women by Topological Analysis of High Resolution MRI of the Distal Radius in 2D and 3D Using Bone Mineral Density and Linear Texture Measures as a Standard of Reference. (Ed.) J.A. Eisman. JBMR Vol. **19**, American Society of Bone and Mineral Research, Washington, DC, 371 (2004).

Böhringer, H.: Chemical and thermal history of the intracluster medium. In: Recycling Intergalactic and Interstellar Matter. (Eds) P-A. Duc, J. Braine and E. Brinks, IAU Symposia **217**, 92-101 (2004).

Chen, Y., Y. Ikebe and H.Böhringer: X-ray spectroscopy of the cluster if galaxies PKS 0745-191 with XMM-Newton In: High energy processes and phenomena in Astrophysics, IAU Symposia **214**, 254-256 (2004).

Collmar, W., M. Böttcher, V. Burwitz, T. Courvoisier, S. Komossa, P. Kretschmar, E. Nieppola, K. Nilsson, T. Ojala, K. Pottschmidt, M. Pasanen, T. Pursimo, A. Sillanpää, L. Takalo, M. Tornikoski, H. Ungerechts, E. Valtaoja, R. Walter, R. Webster, M. Whiting, K. Wiik, and I. Wong: Multifrequency Observations of the Gamm-Ray Blazar 3C 279 in Low-State during INTEGRAL AO-1. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 555-558 (2004).

De Avillez, M.A. and D. Breitschwert: Does the interstellar magnetic field follow the Chandrasekhar-Fermi law? Baltic Astronomy 13, 386-391 (2004).

Diehl, R., K. Kretschmer, G. Lichti, V. Schönfelder, A.W. Strong, A. von Kienlin, J. Knödlseder, P. Jean, V. Lonjou, G. Weidenspointner, J.-P. Roques, G. Vedrenne, S. Schanne, N. Mowlavi, C. Winkler and C. Wunderer: Al(26) Studies with INTEGRAL's Spectrometer SPI. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 27-32 (2004).

Dubath, P., I. Kreykenbohm, J. Knödlseder, P. Connell, G.K. Skinner, A.W. Strong, P. Sizun, D. Attie, S. Schanne, B. Cordier, L. Bouchet and A. von Kienlin: Performance of SPI Point-Source Data Analysis. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 841-845 (2004).

Götz, D., S. Mereghetti, I.F. Mirabel, K. Hurley, S. Brandt, N. Lund, P. Ubertini, M. Del Santo, E. Costa, M. Feroci, A. Castro-Tirado, A. Gimenez, J.-L. Atteia, M. Boer, T. Cline, F. Frontera, G. Pizzichini, A. von Kienlin, E. Gougus, C. Kouveliotou, M. Finger, C. Thompson, H. Pedersen and M. van der Klis: The INTEGRAL view of the Soft Gamma-ray Repeater SGR 1806-20. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 615-622 (2004).

Greiner, J., S. Klose, H.M. Schmid, C. Kouveliotou, E. Palazzi, 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 and O. Reimer: The polarization evolution of the optical afterglow of GRB 030329. AIP Conf. Proc. **727**, 269-273 (2004).

Gros, M., V. Tatischeff, J. Kiener, B. Cordier, C. Chapuis, G. Weidenspointner, G. Vedrenne, A. von Kienlin, R. Diehl, A. Bykov and M. Mendez: INTEGRAL/SPI Observation Of The 2003 Oct 28 Solar Flare. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, (Eds.) V. Schönfelder, G. Lichti, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 669-676 (2004).

Guglielmetti, F., R. Fischer, V. Dose, W. Voges and G. Boese: Source Detection with Bayesian Inference on ROSAT All-Sky Survey Data Sample. In: Astronomical Data Analysis Software and Systems (ADASS) XIII. (Eds.) F. Ochsenbein, M. G. Allen, D. Egret. ASP Conference Proceedings Vol. **314**,

Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 253-256 (2004).

Guglielmetti, F., R. Fischer, W. Voges, G. Boese and V. Dose: Source Detection and Background Estimation with Bayesian Inference. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 847 -850 (2004).

Hasinger, G.: Hunting the first black holes. In: Proceedings of Frontiers of X-ray astronomy, Cambridge,UK, 2004. (Eds.) A.C. Fabian, K.A. Pounds, R.D. Blandford. Frontiers of X-ray astronomy Cambridge University Press, Cambridge, UK, 211-225 (2004).

Hasinger, G.: The X-ray background and AGNs. Nuclear Physics B Vol. **132**, 86-96 (2004).

Heindl, W.A., R.E. Rothschild, W. Coburn, R. Staubert, J. Wilms, I. Kreykenbohm and P. Kretschmar: Timing and Spectroscopy of Accreting X-ray Pulsars: the State of Cyclotron Line Studies. In: Proceedings of X-ray Timing 2003: Rossi and Beyond. (Eds.) P. Kaaret, F.K. Lamb, J.H. Swank. Vol. **714**, 323-330 (2004).

Hurley, K., A. Rau, A. von Kienlin and G. Lichti: INTEGRAL Joins The 3rd Interplanetary Network. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 645-648 (2004).

Jamitzky, F., M. Stark, W. Bunk, W.M. Heckl and R. W. Stark: Nonlinear dynamics of a microcantilever in close proximity to a surface. In: Proceedings of IEEE Nano 2004. (Ed.). IEEE Conference Proceeedings, 1-4 (2004).

Joergens, V., R. Neuhäuser and M. Fernández: Formation and Early Evolution of Brown Dwarfs in Cha I. In: Proceedings of Joint European and National Astronomical Meeting 2003. (Ed.). Baltic Astronomy **13,** 505-509 (2004).

Klose, S., B. Stecklum, A.A. Henden, J. Greiner, D.H. Hartmann, N. Cardiel, J. Gallego, N.R. Tanvir, A.J. Castro-Tirado and E. Pian: The dark side of GRB 020819. Astronomical Society of the Pacific **312**, 217-220 (2004).

Klose, S., J. Greiner, A. Zeh, A. Rau, A.A. Henden, D.H. Hartmann, N. Masetti, A.J. Castro-Tirado, J. Hjorth, E. Pian, N.R. Tanvir, R.A.M.J. Wijers and E. van den Heuvel: The Optical Afterglow of GRB 030226. In: Proceedings of the Gamma-ray Burst Symposium, Santa Fe, NM (USA), 2003. (Eds.) E.E. Fenimore, M. Galassi. AIP Conference Proceedings Vol. **727**, American Institute of Physics, Melville, NY, 483-486 (2004).

Knödlseder, J., E. Cisana, R. Diehl, G. Lichti, M. Harris, P. Jean, K. Kretschmer, A. von Kienlin, J.-P. Roques, S. Schanne, V. Schönfelder, G. Vedrenne, G. Weidenspointner and C. Wunderer: Search for gamma-ray line emission from the radioactive decay of 60Fe with SPI. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 123-128 (2004).

Knödlseder, J., M. Valsesia., M. Allain., S. Boggs., R. Diehl, P. Jean., K. Kretschmer., J.-P. Roques, V. Schönfelder, G. Vedrenne, P. von Ballmoos, G. Weidenspointner and C. Winkler.: SPI/INTEGRAL observation of 1809 keV gamma-ray line emission from the Cygnus X region. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 33-38 (2004).

Komosssa, S., G. Hasinger and N. Schulz: Winds and Outflows in Starburst Galaxies and AGN. In: Proceedings of International Astronomical Union Symposium, Sydney, (Australia) 2003. (Eds.) P.-A. Duc, J. Braine, E. Brinks. IAU No. **217**, Astronomical Society of the Pacific, Sydney, Australia, 338 (2004).

Kretschmar, P., R. Staubert, I. Kreykenbohm, M. Chernyakova, A. v. Kienlin, S. Larsson, K. Pottschmidt, J. Wilms, L. Sidoli, A. Santangelo, A. Segreto, D. Attie, P. Sizun and S. Schanne: INTEGRAL Broadband Spectroscopy of Vela X-1. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 267-272 (2004).

Kretschmer, K., R. Diehl and D.H. Hartmann: Line shape diagnostics of Galactic ^{26}Al. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 103-106 (2004).

Kreykenbohm, I., J. Wilms, W. Coburn, M. Kuster, R.E. Rothschild, W.A. Heindl, P. Kretschmar and R. Staubert: The variable cyclotron line in GX 301-2. In: Proceedings of the 2nd BeppoSAX Conference: The Restless High-Energy Universe. (Eds.) E.P.J. van den Heuvel, R.A.M.J. Wijers, J.J.M. in 't Zand. Nuclear Physics B - Proceedings Supplements Vol. **132**, Elsevier, 612-615 (2004).

Kreykenbohm, I., K. Pottschmidt, P. Kretschmar, A. La Barbera, S. Sidoli, J. Wilms, S. Fritz, A. Santangelo, W. Coburn, W.A. Heindl, R.E. Rothschild and R. Staubert: GX 301-2 as seen by INTEGRAL. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 333-336 (2004).

Larsson, S., F. Ryde, L. Borgonovo, Z. Bagoly, A. Meszaros, M. Pearce, N. Lund, A. v. Kienlin and G. Lichti: The Background of the INTEGRAL SPI Anticoincidence Shield and the observations of GRBs. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 649-652 (2004).

Lubinski, P., P. Dubath, P. Kretschmar, K. Pottschmidt and R. Walter: INTEGRAL Cross-Calibration Status. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 871-874 (2004).

Meidinger, N., L. Andricek, S. Bonerz, J. Englhauser, R. Hartmann, G. Hasinger, R. Hartmann, P. Holl, R.H.

Richter, H. Soltau and L. Strüder: Frame store PN-CCD detector for space applications. In: Proceedings of the SPIE, Glasgow, UK, 2004. (Eds.) A. Kathryn, H.W. Oswald. Instrumentation for Astronomy XIII Vol. **5165**, Flanagan, 26-36 (2004).

Mereghetti, S., D. Götz, A. Paizis, A. Pellizzoni, S. Vercellone, N.J. Westergaard, O.Vilhu, T. Belloni, R. Walter, T. Courvoisier, K. Ebisawa, P. Kretschmar, L. Stella, J.-P. Swings, J. Knödlseder, A. Dean, A.W. Strong, P. Hakala and A. Zdziarksi: INTEGRAL Observations of the Large Magellanic Cloud Region. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 585-588 (2004).

Mereghetti, S., D. Götz, J. Borkowski, M. Beck, A. von Kienlin and N. Lund: The INTEGRAL Burst Alert System: Results And Future Perspectives. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 599-606 (2004).

Mignani, R. and W. Becker: VLT observations of the solitary millisecond pulsar PSR J2124-3358. In: Proceedings of COSPAR 2003. (Ed.) W. Hermsen. Advances in Space Research Vol. **33,** Elsevier, 616-619 (2004).

Monetti, R., H. Böhm, D. Müller, E. Rummeny, G. Morfill, S. Majumdar, D. Newitt, T. Link and C. Räth: Structure Analysis of High Resolution MRI of the Proximal Femur Using a 3D Anisotropic Method for the Prediction of Mechanical Strength In Vitro. (Ed.) J.A. Eisman. JBMR Vol. **19**, American Society of Bone and Mineral Research, Washington, DC, 235 (2004).

Monetti, R., H. Böhm, D. Müller, E. Rummeny, T. Link and C. Räth: Assessing the biomechanical strength of trabecular bone in vitro using 3D anisotropic non-linear texture measures: the scaling vector method. In: Proceedings of the SPIE: Medical Imaging: Image Processing. (Eds.) J.M. Fitzpatrick, M. Sonka. Proceedings of the SPIE **5370**, Bellingham, 215-224 (2004).

Moran, L., L. Hanlon, A. von Kienlin, B. McBreen, S. McBreen, S. McGlynn, J. French, R. Preece, Y. Kaneko, O.R. Williams, K. Bennett and R.M. Kippen: Preliminary INTEGRAL Analysis of GRB040106. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 653-656 (2004).

Müller, D., R. Monetti, H. Böhm, J. Bauer, E. Rummeny, T. Link and C. Räth: Three-dimensional-based scaling index algorithm to optimize structure analysis of trabecular bone in postmenopausal women with and without osteoporotic spine fractures. In: Proceedings of the SPIE: Medical Imaging: Image Processing, San Diego, CA, USA, 2004. (Eds.) J.M. Fitzpatrick, M. Sonka. Proceedings of SPIE **5370**, Bellingham, 225-232 (2004).

Müller, D., R. Monetti, S. Majumdar, D. Newvitt, H. Böhm, C. Räth, E. Rummeny and T. Link: Relationship Between Structure Analysis Based on the 3D Scaling Index Method and DXA in Postmenopausal Women with Osteoporotic Spine Fractures. (Ed.) J.A. Eisman. JBMR Vol. **19**, American Society of Bone and Mineral Research, Washington, DC, 113 (2004).

Müller, D., R. Monetti, S. Majumdar, H. Böhm, C. Räth, E. Rummeny and T. Link: Structure Analysis of High Resolution Magnetic Resonance Images of the Calcaneus using the Anisotropic 3D Scaling Vector Method. In: JBMR. (Ed.) J.A. Eisman. JBMR Vol. **19,** American Society of Bone and Mineral Research, Washington, DC, 127 (2004).

Nakamura, R., C. Mouikis, L. Kistler, W. Baumjohann, A. Runov, Y. Asano, M. Volwerk, B. Klecker, A. Balogh and H. Rème: Plasma sheet fast flows and their relationships to tail current sheet dynamics: CLUSTER observation, In: Proc 7th Int. Conf. Substorms, N. Ganushkina and T. Pulkkinen (Eds), Finnis Meteorological Institute Helsinki, 133-139, 2004.

Nakamura, R., W. Baumjohann, H. Noda, K. Torkar, T. Nagai, M. Fujimoto, T. Mukai, B. Klecker, G. Paschmann, P. Puhl-Quinn, H. Vaith, J. Bogdanova, A. Balogh, H. Reme, J.A. Sauvaud, J. Quinn; R. Torbert and L. Kistler: Plasma sheet expansion observed by Cluster and Geotail, In: Frontiers in Magnetospheric Plasma Physics **16**, M. Hoshino et al. (Eds), Elsevier-Pergamon, Amsterdam, 177-185, 2004.

Posselt, B., R. Klein, K. Schreyer and Th. Henning: Dense Cloud Cores in Massive Star-Forming Regions. In: Proceedings of Joint European and National Astronomical Meeting 2003. Baltic Astronomy **13**, 411-414 (2004).

Pottschmidt, K. , J. Wilms, M.A. Nowak, P. Dubath, I. Kreykenbohm, T. Gleissner, M. Chernyakova, J. Rodriguez, A.A. Zdziarski, V. Beckmann, P. Kretschmar, G.G. Pooley, S. Martínez-Núñez, T.J.-L. Courvoisier, V. Schönfelder and R. Staubert: INTEGRAL-RXTE Observations of Cygnus X-1. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 345-348 (2004).

Räth, C., R. Monetti, D. Müller, H. Böhm, E. Rummeny and T. Link: Comparing nonlinear texture measures for quantifying trabecular bone structures using surrogates. In: Proceedings of the SPIE: Medical Imaging: Image Processing, San Diego, CA (USA), 2004. (Eds.) J.M. Fitzpatrick, M. Sonka. Proceedings of SPIE **5370**, Bellingham, 207-214 (2004).

Räth, C., R. Monetti, D. Müller, T. Link and H. Böhm: Modelling Trabecular Changes using Cellular Automata. In: JBMR. (Ed.) J.A. Eisman. JBMR Vol. **19**, American Society of Bone and Mineral Research, Washington, DC, 371 (2004).

Rau, A., A. von Kienlin, K. Hurley and G.G. Lichti: The Sample Of Gamma-Ray Bursts Observed With SPI-ACS. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 607-613 (2004).

Scholer, M.: Kinetic structure of the heliospheric termination shock and implications for pickup ion injection. In: Physics of the Outer Heliosphere. (Eds.) V. Florinski, N.V. Pogorelov, G.P. Zank. AIP

Conference Proceedings Vol. **719**, American Institute of Physics, Melville, 311-316 (2004).

Shaw, S., N. Mowlawi, K. Ebisawa, A. Paizis, J. Rodriguez, J. Zurita, M. Tuerler, J. Soldan, A. Sauvageon, N. Produit, K. Pottschmidt, P. Meynis de Paulin, L. Martins, L. Lerusse, P. Lubinski, I. Kreykenbohm, P. Kretschmar, P. Haymoz, P. Favre, P. Dubath, S. Deluit, T. Courvoisier, M. Chernyakova, A. Bodaghee and V. Beckmann: Scientific Performance of the ISDC Quick Look Analysis. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 897-900 (2004).

Staubert, R., I. Kreykenbohm, P. Kretschmar, M. Chernyakova, K. Pottschmidt, S. Benlloch-Garcia, J. Wilms, A. Santangelo, A. Segreto, A. v. Kienlin, L. Sidoli, S. Larsson and N. Westergaard: INTEGRAL Observations of Vela X-1 in a Flaring State. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 259-266 (2004).

Strong, A.W., R. Diehl, H. Halloin, V. Schönfelder, L. Bouchet, P. Mandrou, B.J. Teegarden, F. Lebrun and R. Terrier: SPI Measurements of the Diffuse Galactic Hard X-ray Continuum. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 507-511 (2004).

Strüder, L., G. Hasinger, P. Holl, P. Lechner, G. Lutz, M. Porro, R.H. Richter, H. Soltau and J. Treis: XEUS wide-field imager: first experimental results with the x-ray active pixel sensor DEPFET. In: Proceedings of of the SPIE, Glasgow, UK, 2004. (Eds.) A. Kathryn, H.W. Oswald. Instrumentation for Astronomy XIII **5165**, Flanagan, 10-18 (2004).

Terrier, R., F. Lebrun, G. Belanger, A. Goldwurm, A.W. Strong, V. Schönfelder, L. Bouchet, J.P. Roques and A. Parmar: Contribution of point sources to the soft gamma-ray Galactic emission. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 513-518 (2004).

Thoma, M.H., J. Trümper and V. Burwitz: Strange Quark Matter in Neutron Stars? - New Results from Chandra and XMM. In: Proceedings of 7th Int. Conf. „Strangeness in Quark Matter“, Atlantic Beach (USA), 2003. (Eds.) S.A. Bass, B. Müller, G.S.F. Stephans, T. Ulrich. J. Phys. G **30**, 471-478 (2004).

Trümper, J.E., V. Burwitz, F. Haberl and V.E. Zavlin: The Puzzles of RXJ1856-3754: Neutron Star or Quark Star? In: Proceedings of the 2nd BeppoSAX Conference 2003: The Restless High-Energy Universe. (Eds.) E.P.J. van den Heuvel, R.A.M.J. Wijers, J.J.M. in 't Zand. Nuclear Physics B Vol. **132,** 560-565 (2004).

Trümper, J.E.: Freiherr Franz Xaver von Zach and the Bavarian Academy of Sciences in München. In: Proceedings of the Symposium on the era and work of Franz Xaver von Zach (1754-1832) -The European Scientist-, Budapest (Ungarn), 2004. (Eds.) L.G. Balázs, P. Brosche, H.W. Duerbeck, E. Zsoldos. Acta Historica Astronomiae **24**, Harri Deutsch, Frankfurt, 11-16 (2004).

von Kienlin, A., A. Rau, V. Beckmann and S. Deliut: Gamma-Ray Bursts Observed with the Spectrometer SPI Onboard INTEGRAL. In: Gamma-Ray Bursts: 30 Years of Discovery, Santa Fe, NM (USA), 8 - 12 September 2003. (Ed.). AIP Conference Proceedings Vol. **727**, American Institute of Physics, Melville, 622-625 (2004).

von Kienlin, A., D. Attie, S. Schanne, B. Cordier, R. Diehl, A.F. Iyudin, G.G. Lichti, J.-P. Roques, V. Schoenfelder and A. Strong.: Search for ^{44}Ti gamma-ray line emission from GRO J0852-4642 with INTEGRAL/SPI. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 87-94 (2004).

von Kienlin, A., N. Arend, G. Lichti and A. Strong: Gamma-Ray Burst Detection with INTEGRAL/SPI. In: Proceedings of “Third Rome Workshop on Gamma-Ray Bursts in the Afterglow Era“. (Eds.) M. Feroci, F. Frontera, N. Masatti, L. Piro. ASP Conference Series Vol. **312**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, California, 551-554 (2004).

Zeh, A., S. Klose, J. Greiner, D.H. Hartmann, K. Lindsay, A.J. Castro-Tirado, A. Fruchter, J. Hjorth, L. Kaper, E. van den Heuvel and E. Pian: The afterglow light curve and the supernova of GRB 011121. In: Proceedings of “Third Rome Workshop on Gamma-Ray Bursts in the Afterglow Era“. (Eds.) M. Feroci, F. Frontera, N. Masatti, L. Piro. ASP Conference Series Vol. **312**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, California, 294-297 (2004).

Zoglauer, A., R. Andritschke and G. Kanbach: Image reconstruction for the MEGA telescope. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 917-920 (2004).

Zoglauer, A., R. Andritschke, G. Kanbach, P.F. Bloser and V.N. Litvinenko: Polarization measurements with the MEGA telescope. In: Proceedings of the 5th INTEGRAL Workshop (The INTEGRAL Universe), München, Germany, 2004. (Eds.) G. Lichti, V. Schönfelder, C. Winkler. ESA SP **552**, Noordwijk, 921-924 (2004).

4.3 NICHTREFERIERTE PUBLIKATIONEN / NON-REFEREED PUBLICATION

Appenzeller, I., R. Bender, A. Böhm, S. Frank, K. Fricke, A. Gabasch, J. Heidt, U. Hopp, K. Jäger, D. Mehlert, S. Noll, R. Saglia, S. Seitz, C. Tapken and B. Ziegler: Exploring Cosmic Evolution with the The FORS Deep Field. The Messenger **116**, 18-24 (2004).

Arnaud, M., G.W. Pratt and E. Pointecouteau: Structural and scaling properties of galaxy clusters: probing the physics of cluster formation. Mem. Soc. Astron. Ital. **75**, 529-537 (2004).

Aschenbach, B.: Supernovae - Schöpfung oder Apokalypse? Sterne und Weltraum - Spezial **4**, 72-79 (2003).

Bardelli, S., S. Giacintucci, E. Zucca, T. Venturi, G. Brunetti, S. Ettori, D. Dallacasa, A. Finoguenov and P. Rao: Multiwavelength view of merging clusters. Mem. Soc. Astron. Ital. Supplement **5,** 331-334 (2004).

Barret, D., J.-L. Médale, M. Rhode, G. Skinner and L. Strüder: XTRA: the fast timing detector on XEUS. In: Proceedings of „High-Energy Detectors in Astronomy“, Glasgow, UK, 2004. (Ed.) A. D. The Netherlands. Proceedings of SPIE **5501**, Bellingham, 23-31 (2004).

Bayet, E., M. Gerin, T.G. Phillips and A. Contursi: C and CO lines in nearby galaxies, study of interstellar medium cooling. In: Proceedings of SeMayne de l'Astrophysique Française. (Eds.) F. Combes, D. Barret, T. Contini, F. Meynadier, L. Pagani. EdP-Sciences, Conference Series, 2004, 121 (2004).

Bayet, E., M. Gerin, T.G. Phillips and A. Contursi: The contribution of the submillimeter lines of CO and C in the cooling in the nearby galaxies. In: Proceedings of The Dusty and Molecular Universe: A Prelude to Herschel and ALMA. (Ed.) A. Wilson. ESA Conference Series, 2004, 168-170 (2004).

Beck, M., A. Aubord, V. Beckmann, M. Gaber, D. Götz, T. Jaffe, D. Jennings, P. Kretschmar, D. Landriu, I. Lecoeur, L. Lerusse, T. Lock, M.T. Meharga, S. Mereghetti, M. Morisset, N. Mowlavi, S. Paltani, J. Peachey, B. O'Neel, N. Produit, R. Rohlfs, A. Sauvageon, S. Shaw, M. Türler and R. Walter: In: Proceedings of Astronomical Data Analysis Software and Systems (ADASS). Vol. **314**, 436-439 (2004).

Benlloch, S., K. Pottschmidt, J. Wilms, M.A. Nowak, T. Gleissner and G.G. Pooley: Different kinds of long-term variability from Cygnus X-1. In: Proc. X-Ray Timing 2003: Rossi and Beyond, Cambridge, MA (USA), 2003. (Eds.) P. Kaaret, F.K. Lamb, J.H. Swank. AIP Conference Proceedings Vol. **714**, American Institute of Physics, Melville, 61-64 (2004).

Birkmann, S.M., K. Eberle, U. Grözinger, D. Lemke, J. Schreiber, L. Barl, R. Katterloher, A. Poglitsch, J. Schubert and H. Richter: Characterisation of high- and low-stressed GeGa array cameras for HERSCHEL’s PACS Instrument. In: Proceedings of Optical, Infrared, and Millimeter Space Telescopes. (Ed.) J.C. Mather. SPIE Conference Proceedings **5487**, Bellingham, 98227-0010, 437-447 (2004).

Bonnet, H., R. Abuter, A. Baker, W. Bornemann, A. Brown, R. Castillo, R. Conzelmann, R. Damster, R. Davies, B. Delabre, R. Donaldson, C. Dumas, F. Eisenhauer, E. Elswijk, E. Fredrigo, G. Finger, H. Gemperlein, R. Genzel, A. Gilbert, G. Gillet, A. Goldbrunner, M. Horrobin, H. Richter, S. Huber, N. Hubin, C. Iserlohe, A. Kaufer, M. Kissler-Patig, J. Kragt, G. Kroes, M. Lehnert, W. Lieb, J. Liske, J.-L. Lizon, D. Lutz, A. Modigiliani, G. Monnet, N. Nesvadba, J. Patig, J. Pragt, J. Reunanen, C. Röhrle, S. Rossi, R. Schmutzer, T. Schoenmaker, J. Schreiber, S. Ströbele, T. Szeifert, L. Tacconi, M. Tecza, N. Thatte, S. Tordo, P. van der Werf and H. Weisz: First Light of SINFONI at the VLT. ESO Messenger **117**, 17-24 (2004).

Bräuninger, H., W. Burkert, G.D. Hartner, O. Citterio, M. Ghigo, F. Mazzoleni, G. Pareschi and D. Spiga: Calibration of hard x-ray (15 - 50 keV) optics at the MPE test facility PANTER. In: Proceedings of „Optics for EUV, X-Ray, and Gamma-Ray Astronomy“, San Diego, CA, USA, 2003. (Eds.) O. Citterio, S. L. O'Dell. SPIE Conference Proceedings **5168**, Bellingham, 283-293 (2004).

Bravo-Alfaro, H., R. Coziol, E. Brinks, A.J. Baker, F. Walter and D. Kunth: Multifrequency Study of the Blue Compact Dwarf Haro 2. In: Proceedings of IAU Symposium 217, Recycling Intergalactic and Interstellar Matter, Sydney (Australia), 2003. (Eds.) P.-A. Duc, J. Braine, E. Brinks. IAU Symposium Series Vol. **217**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 144-145 (2004).

Breitschwerdt, D. and D.P. Cox: Is the Local Bubble dead? In: Proceedings of Conference: “How the Galaxy Works - Galactic Tertulia: A Tribute to Don Cox and Ron Reynolds“, Granada (Spain), 2003. (Eds.) E. J. Alfaro, E. Perez, J. Franco. Astrophysics and space science library Vol. **315**, Kluwer Academic, Dordrecht, 391-402 (2004).

Breitschwerdt, D. and M.A. de Avillez: 3D Simulations of the Local Bubble: How much O VI can we expect?. In: Proceedings of Conference: “How the Galaxy Works - Galactic Tertulia: A Tribute to Don Cox and Ron Reynolds“, Granada (Spain), 2003. (Eds.) E.J. Alfaro, E. Perez, J. Franco. Astrophysics and Space Science Library Vol. **315**, Kluwer Academic, Dordrecht, 383 (2004).

Breitschwerdt, D. and M.J. Freyberg: XMM-Newton observations of the Local Bubble and the Galactic Halo. In: Proceedings of Conference: ``How the Galaxy Works - Galactic Tertulia: A Tribute to Don Cox and Ron Reynolds", Granada (Spain), 2003. (Eds.) E.J. Alfaro, E. Perez, J. Franco. Astrophysics and space science library Vol. **315**, Kluwer Academic, Dordrecht, 384 (2004).

Briel, U.G., A. Finoguenov and J.H. Henry: XMM-Newton Observation of two nearby Galaxy Clusters. SPIE **5488**,, Bellingham, 156-164 (2004).

Briel, U.G., K. Dennerl, M.J. Freyberg, F. Haberl and V.E. Zavlin: Status of the calibration of the EPIC-pn camera onboard XMM-Newton. In: X-Ray and Gamma-Ray Instrumentation for Astronomy XIII. (Eds.) K.A. Flanagan, O.H.W. Siegmund. Proceedings of SPIE **5165**, 096-103 (2004).

Burkert, A. and E. D'Onghia: Galaxy Formation and the Cosmological Angular Momentum Problem. In: Proceedings of the workshop Penetrating Bars Through Masks of Cosmic Dust: The Hubble Tuning Fork Strikes a New Note, Pilansberg (South Africa), 2004. (Eds.) D. Block, I. Puerari, K. Freeman, R. Groess, E. Block, Springer, Dordrecht, 341-356 (2004).

Burrows, D.N., J.E. Hill, A.A. Wells, G. Chincarini, A.F. Abbey, A.P. Beardmore, J. Bosworth, H.W. Bräuninger, W. Burkert, S. Campana, M. Capalbi, W. Chang, O. Citterio, M.J. Freyberg, P. Giommi, G.D. Hartner, R. Killough, B. Kittle, R. Klar, C. Mangels, M. McMeekin, B.J. Miles, A. Moretti, K. Mori, D.C. Morris, K. Mukerjee, J.P. Osborne, A.D.T. Short, G. Tagliaferri, F. Tamburelli, D.J. Watson, R. Willingale and M.E. Zugger: The Swift X-Ray Telescope. In: Proceedings of „X-Ray and Gamma-Ray Instrumentation for Astronomy XIII“, San Diego, CA (USA), 2003. (Eds.) K.A. Flanagan, O.H. Siegmund. SPIE Conference Proceeding **5165**, Bellingham, 201-216 (2004).

Burwitz, V., F. Haberl, M.J. Freyberg, K. Dennerl, E. Kendziorra and M.G.F. Kirsch: Effect of soft flares on XMM-Newton EPIC-pn timing mode data. In: X-Ray and Gamma-Ray Instrumentation for Astronomy XIII. (Eds.) K.A. Flanagan, O.H.W. Siegmund. Proceedings of SPIE **5165**, Bellingham, 123-130 (2004).

Caraveo, P., A. De Luca, A. Mereghetti, A. Pellizzoni, G. Bignami, A. Tur, R. Mignami and W. Becker: XMM-Newton and Geminga. In: Young Neutron Stars and Their Environments, IAU Symposium, (Eds.) F. Camilo et al., Vol. **218**, Astronomical Society of the Pacific, NY, 215-218 (2004).

Christian, D.J., C.M. Lisse, K. Dennerl, S.J. Wolk, D. Bodewits, M.R. Combi, R. Hoekstra, J.T.T. Makinen and H.A. Weaver: Chandra Observations of a Collisionally and Optically Thin Charge Exchange System - Comet 2P/Encke 2003. American Astronomical Society, DPS meeting **36**, 21.05 (2004).

Collmar, W.: COMPTEL MeV Observations of Unidentified Gamma-Ray Sources. In: Proceedings of The Fourth AGILE Science Workshop: X-Ray and Gamma-Ray Astrophysics of Galactic Sources, Rome, Italy, 2003. (Ed.) W. Collmar. AGILE Publication Vol. **2**, Rome, Italy, 177-182 (2004).

Davies, R., L. Tacconi and R. Genzel: Star formation and dynamics in the nuclei of AGN. In: Proceedings of IAU Symposium No. 222, The Interplay among Black Holes, Stars and ISM in Galactic Nuclei. (Eds.) T. Storchi-Bergmann, L. Ho, H. Schmitt. 133-136 (2004).

Davies, R., L. Tacconi, R. Genzel, T. Ott and S. Rabien: Using Adaptive Optics to Probe the Dynamics and Star Formation in Active Galactic Nuclei. In: Proceedings of Advancements in Adaptive Optics. (Eds.) D. Bonaccini, B. Ellerbroek, R. Ragazzoni. SPIE **5490**, 473-482 (2004).

de Avillez, M.A. and D. Breitschwerdt: 3D HD and MHD Adaptive Mesh Refinement Simulations of the global and local ISM. In: Proceedings of Conference: ``How the Galaxy Works - Galactic Tertulia: A Tribute to Don Cox and Ron Reynolds", Granada (Spain), 2003. (Eds.) E.J. Alfaro, E. Perez, J. Franco. Astrophysics and space science library Vol. **315**, Kluwer Academic, Dordrecht, 331-338 (2004).

Dennerl, K., B. Aschenbach, U.G. Briel, H. Brunner, V. Burwitz, J. Englhauser, M. J. Freyberg, F. Haberl, G. Hartner, A.F. Iyudin, E. Kendziorra, N. Meidinger, E. Pfeffermann, W. Pietsch, L. Strüder and V.E. Zavlin: Improving XMM-Newton EPIC pn data at low energies: method and application to the Vela SNR. UV – Gamma-Ray Space Telescope Systems, (Eds) G. Hasinger, M.J.L. Turner, Proceedings of SPIE **5488**, Bellingham, doi:10.1117/12.551307, 61-72 (2004).

Diehl, R.: Neue Erkenntnisse der Astrophysik: Herausforderungen für unser Weltbild? Informationes Theologiae Europae **13**, 299-314 (2004).

Diehl, R.: Nucleosynthesis Studies with Cosmic Gamma-Rays. In: Proceedings of Nucl.Astrophysics XII. (Eds.) E. Müller and H.-Th. Janka. MPA Proceedings Vol. P**14**, MPA, Garching, Germany, 36-40 (2004).

D'Onghia, E. and A. Burkert: Bulgeless Galaxies and their Angular Momentum Problem. In: Proceedings of the workshop Penetrating Bars Through Masks of Cosmic Dust: The Hubble Tuning Fork Strikes a New Note, Pilansberg (South Africa), 2004. (Eds.) D. Block, I. Puerari, K. Freeman, R. Groess, E. Block. Springer, Dordrecht, 329-332 (2004).

Encrenaz, Th., E. Lellouch, P. Drossart, H. Feuchtgruber, G.S. Orton and S.K. Atreya: First detection of Carbon Monoxide in the Atmosphere of Uranus. The Messenger **115**, 35-36 (2004).

Ferrando, P., M. Arnaud, B. Cordier, A. Goldwurm, O. Limousin, J. Paul, J. Sauvageot, P. Petrucci, M. Mouchet, G. Bignami, O. Citterio, S. Campana, G.Pareschi, G. Tagliaferri, U. Briel, G. Hasinger, L. Strüder, P. Lechner, E. Kendziorra and M. Turner: SIMBOL X: a new generation hard X-ray telecope. In: Proceedings of SPIE, Optics for EUV, X-Ray and Gamma-Ray Astronomy, San Diego, CA (USA), 2003. (Eds.) O. Citterio and S. O'Dell. SPIE Conference Proceedings **5168**, Bellingham, 65-77 (2004).

Freyberg, M.J., U.G. Briel, K. Dennerl, F. Haberl, G.D. Hartner, E. Pfeffermann, E. Kendziorra, M.G.F. Kirsch and D.H. Lumb: EPIC pn-CCD detector aboard XMM-Newton: status of the background calibration. In: X-Ray and Gamma-Ray Instrumentation for Astronomy XIII. (Eds.) K.A. Flanagan, O.H.W. Siegmund. Proceedings of SPIE **5165**, Bellingham, 112-122 (2004).

Freyberg, M.J., D. Breitschwerdt and J. Alves: Observations of the darkest regions in the sky: X-ray shadowing by the Bok globule Barnard 68 . Mem. Soc. Astron. Ital. **75**, 509-512 (2004).

Friedrich, P., P. Predehl, H. Böhringer, R. Hartmann, G. Hasinger, H. Hippmann, G. Kettenring, W. Kink, N.

Meidinger, S. Müller, E. Pfeffermann and L. Strüder: The Dark Universe Observatory (DUO) - Telescope Concept. In: Proceedings of SPIE, „UV and Gamma-Ray Space Telescope Systems“, Glasgow, UK. (Eds.) G. Hasinger, M. Turner. SPIE Conference Proceedings **5488**, Bellingham, 837-848 (2004).

Gilbert, A.M. and J.R. Graham: Massive Stellar Clusters and Superwind Engines in the Antennae. In: Proceedings of International Astronomical Union Symposium no. 217, held 14-17 July, 2003 in Sydney, Australia. (Eds.) P.-A. Duc, J. Braine, E. Brinks. IAUS Proceedings Vol. **217**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 316-319 (2004).

Gleissner, T., J. Wilms, G.G. Pooley, M.A. Nowak, K. Pottschmidt, S. Markoff, M. Klein-Wolt, R.P. Fender and R. Staubert: Short-Term Radio-X-ray Correlations of Cygnus X-1. In: Proceedings of the IAU Colloquium 194: Compact Binaries in the Galaxy and Beyond, La Paz, Baja California Sur, (México), 2003 . (Eds.) G. Tovmassian, E. Sion. Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica Conference Series Vol. **20**, Instituto de Astronomía UNAM, 202 (2004).

Goldoni, P., A. Goldwurm, E. Brion, P. Ferrando, A. Decourchelle, D. Porquet, P. Predehl and B. Aschenbach: EPIC detection of SgrA* flares. Mem. Soc. Astron. Ital. **75**, 492-495 (2004).

Greiner, J., A. Iyudin, M. Jimenez-Garate, V. Burwitz, R. Schwarz, R. DiStefano and N. Schulz: Resonant Scattering and Recombination in CAL 87. In: IAU Colloquium 194, Compact Binaries in the Galaxy and Beyond, Proceedings of the conference held 17-22 November, 2003 in La Paz, Baja California Sur. (Eds.) G. Tovmassian, E. Sion. Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica (Serie de Conferencias) Vol. **20**, 18-20 (2004).

Greiner, J., S. Klose, K. Reinsch, H.M. Schmid, R. Sari, D.H. Hartmann, C. Kouveliotou, A. Rau, P. 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. Williams and O. Reimer: The Polarization Evolution of the Optical Afterglow of GRB 030329. In: Proceedings of the Gamma-ray Burst Symposium, Santa Fe, NM (USA), 2004. (Eds.) E.E. Fenimore, M. Galassi. AIP Conference Proceedings Vol. **727**, American Institute of Physics, Melville, 269-273 (2004).

Griffiths, R., R. Petre, G. Hasinger, P. Predehl, N. White, B. Aschenbach, X. Barcons, H. Böhringer, U. Briel, L. Cominsky, M. Corcoran, U. Dinger, W. Egle, P. Friedrich, Z. Haiman, R. Hartmann, J. Henry, H. Hippmann, J. Ingersoll, K. Jahoda, D. Jenstrom, S. Jordan, E. Kendziorra, G. Kettenring, W. Kink, N. Meidinger, T. Miyaji, J. Mohr, S. Müller, R. Mushotzky, E. Pfeffermann, P. Schücker, A. Schwope, M. Shannon, L. Strüder and S. Varlese: DUO - the Dark Universe Observatory. In: Proceedings of SPIE, „UV and Gamma-Ray Space Telescope Systems“, Glasgow, UK, 2004. (Eds.) G. Hasinger, M. Turner. SPIE Conference Proceedings **5488**, Bellingham, 209 - 221 (2004).

Grosso, N., T. Montmerle, E.D. Feigelson and T.G. Forbes: Chandra observation of an unusually long and intense X-ray flare from a young solar-like star. In: Proceedings of X-ray and Radio Emission of Young Stars, Rikkyo University, Tokyo (Japan), 28-29 Juillet 2003. (Ed.) S. Kitamoto. Vol., 100-107 (2003).

Haberl, F., M.J. Freyberg, U.G. Briel, K. Dennerl and V.E. Zavlin: The spectral response of the EPIC-pn camera onboard XMM-Newton. In: X-Ray and Gamma-Ray Instrumentation for Astronomy XIII. (Eds.) K.A. Flanagan, O.H.W. Siegmund. Proceedings of SPIE **5165**, Bellingham, 104-111 (2004).

Haberl, F., W. Pietsch, N. Schartel, P. Rodriguez and R. H.D. Corbet: XMM-Newton TOO observation of the SMC field around XTE J0055-727: Two transient X-ray pulsars in outburst (XMMU J005455.4-724512 and XMMU J005517.9-723853). The Astronomer's Telegram **217**, 1 (2004).

Haberl, F.: The XMM-Newton view of radio-quiet and X-ray dim isolated neutron stars. In: Proceedings of the 2003 EPIC Consortium meeting, Advances of X-ray astronomy with XMM-Newton. (Eds.) S. Sciortino, M. J. Turner. Mem. Soc. Astron. Ital. **75** , 2004, 454-457 (2004).

Harris, M.J., J. Knödlseder, P. Jean, E. Cisana, G. Lichti, R. Diehl, K. Kretschmer, A. von Kienlin, J.-P. Roques, S. Schanne, G. Weidenspointner and C. Wunderer: Preliminary results of INTEGRAL/SPI measurements of radioactive 60Fe in the Galaxy. In: Proceedings of American Astronomical Society. (Ed.). HEAD meeting, 24.10, Vol. **8**, American Astronomical Society, 24.10 (2004).

Hartmann, D.H., S. Klose, A. Henden, U. Geppert, J. Greiner, H. Guetter, C. Kouveliotou, C. Luginbuhl, B. Stecklum and F. Vrba: A near-IR VLT survey of the N49 region around SGR0526-66. AAS Head, **1812**, (2004).

Hill, J.E., D.N. Burrows, J.A. Nousek, A.F. Abbey, R.M. Ambrosi, H. Bräuninger, W. Burkert, S. Campana, C. Cheruvu, G. Cusumano, M.J. Freyberg, G.D. Hartner, R. Klar, C. Mangels, A. Moretti, K. Mori, D.C. Morris, A.D.T. Short, G. Tagliaferri, D.J. Watson, P. Wood and A.A. Wells: Readout modes and automated operation of the Swift X-ray Telescope. In: Proceedings of „X-Ray and Gamma-Ray Instrumentation for Astronomy XIII“, San Diego, CA (USA), 2003. (Eds.) K.A. Flanagan, O.H. Siegmund. SPIE Conference Proceedings **5165**, Bellingham, 217-231 (2004).

Hofmann, R., J. Richter, D. Tomono and H. Weisz: A cryogenic steering mirror for source selection in multi-integral-field spectrographs. In: Astronomical Structures and Mechanisms Technology. (Eds.) J. Antebi, D. Lemke. Proceedings of SPIE **5495**, Bellingham, 644-651 (2004).

Iserlohe, C., M. Tecza, F. Eisenhauer, R. Genzel, N.A. Thatte, R. Abuter, M.J. Horrobin, A. Schegerer, J. Schreiber and H. Bonnet: On-sky performance of SPIFFI: the integral field spectrometer for SINFONI at the VLT. In: Ground-based Instrumentation for Astronomy. (Eds.) A. Moorwood, I. Masanori. Proc. SPIE **5492**, Bellingham, 1123-1134 (2004).

Itoh, K., H. Kunieda, Y. Maeda, K. Misaki, P.J. Serlemitsos, R. Shibata, B. Budau, W. Burkert, M.J. Freyberg, G. Hartner, K.-W. Chan, Y. Haba, A.

Hayakawa, R. Iizuka, C. Inoue, H. Inoue, M. Ishida, A. Itoh, J.P. Lehan, H. Mori, M. Naitou, S. Okada, T. Okajima, T. Shimizu, Y. Soong and Y. Yokoyama: Ground-based X-ray calibration of the Astro-E2 X-ray telescope: II. With diverging beam at PANTER. In: Proceedings of „UV to Gamma-Ray Space Telescope Systems“, Glasgow, UK, 2004. (Eds.) G. Hasinger, M.J.L. Turner. SPIE Conference Proceedings **5488**, Bellingham, 85-92 (2004).

Kalemci, E., J.A. Tomsick, R.E. Rothschild, K. Pottschmidt and P. Kaaret: Transitions of black hole transients to the low/hard state under the microscope. In: Proc. X-Ray Timing 2003: Rossi and Beyond, Cambridge, MA (USA), 2003. (Eds.) P. Kaaret, F. K. Lamb, J. H. Swank. AIP Conference Proceedings Vol. **714**, American Institute of Physics, Melville, 52-55 (2004).

Kendziorra, E., J. Wilms, F. Haberl, M. Kirsch, M. Martin and M.A. Nowak: Bright source X-ray spectroscopy with XMM-Newton: A modified EPIC-pn Timing mode. In: Proceedings of SPIE, UV and Gamma-Ray Space Telescope Systems. (Eds.) G. Hasinger, M.J.L. Turner. SPIE Conference Proceedings **5488**, SPIE, Bellingham, 613-622 (2004).

Kirsch, M.G.F., B. Altieri, B. Chen, F. Haberl, L. Metcalfe, A.M.T. Pollock, A.M. Read, R.D. Saxton, S. Sembay and M.J.S. Smith: XMM-Newton (cross)-calibration. In: Proceedings of SPIE, UV and Gamma-Ray Space Telescope Systems. (Eds.) G. Hasinger, M.J.L. Turner. SPIE Conference Proceeding **5488**, Bellingham, 103-114 (2004).

Kirsch, M., W. Becker, S. Benlloch, F. Jansen, E. Kendziorra, M. Kuster, U. Lammers, A.M. Pollock, F. Possanzini, E. Serpell and A. Talavera: Timing accuracy and capabilities of XMM-Newton. SPIE **5165**, Bellingham, 85-95 (2004).

Kirsch, M.G.F., M. Breitfellner, S. Djavidnia, M.J. Freyberg, E. Kendziorra, K. Mukerjee and M.J.S. Smith: XTE J1807-294: Modulation of the pulsed flux with a refined spin period and orbit parameters. Mem. Soc. Astron. Ital. **75**, 466-469 (2004).

Klaassen, T. O., J.N. Hovenier, J. Fischer, G. Jakob, A. Poglitsch and O. Sternberg: Terahertz calorimetry: an absolute power meter for terahertz radiation and the absorptivity of the Herschel Space Observatory telescope mirror coating. In: Photonics West 2004, San Jose, CA (USA), 2004. (Ed.) R. J. Hwu. Proceedings of SPIE **5354**, Bellingham, 159-167 (2004).

Klein, R., A. Poglitsch, F. Fumi, N. Geis, M. Hamidouche, R. Hönle, L. Looney, W. Raab and W. Viehhauser: Real-time operation without a real-time operating system for instrument control and data acquisition. In: Proceedings of Advanced Software, Control, and Communication Systems for Astronomy, Glasgow, UK. (Eds.) H. Lewis, G. Raffi. SPIE Conference Proc. **5496**, Bellingham, 138-145 (2004).

Klose S., J. Greiner, A. Zeh, A. Rau, A.A. Henden, D.H. Hartmann, N. Masetti, A.J. Castro-Tirado, J. Hjorth and E. Pian: The optical afterglow of GRB 030226. AIP Conf. Proc. **727**, 483-486 (2004).

Klose, S., U. Laux and J. Greiner: GRB 040912 BVRI observations. GCN Circ, 2708, (2004).

Komossa, S., W. Yuan and D. Xu: Giant-amplitude X-ray flares as probes of the black hole region of nearby galaxies. In: Proceedings of High Energy Processes and Phenomena in Astrophysics. (Eds.) X. Li, Z. Wang, V. Trimble. IAU Symp. Series Vol. **214,** The Astronomical Society of the Pacific, Ann Arbor, Michigan, 243-245 (2003).

Komossa, S.: Roentgenflares aus nahen Galaxien. Sterne und Weltraum **4**, 14-15 (2004).

*Komossa, S.: T*he extremes of (X-ray) variability among galaxies: flares from stars tidally disrupted by supermassive black holes. In: Proceedings of The Interplay among Black Holes, Stars and ISM in Galactic Nuclei. (Eds.) T. Storchi-Bergmann, L.C. Ho, H.R. Schmitt. Proceedings of the IAU Vol. **222**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 45-48 (2004).

Kouveliotou, C., S. Klose, S. Wachter, P. Woods, S. Patel, J. Greiner, B. Stecklum and M. van der Klis: SGR 1806-20, potential NIR counterpart. GCN, **2607**, (2004).

Krautter, J., J.-U. Ness, S. Starrfield, V. Burwitz, J.J. Drake and M. Orio: X-ray observations of Nova V4743 Sagittarius in outburst. In: IAU Colloquium 194, Compact Binaries in the Galaxy and Beyond. (Eds.) G. Tovmassian, E. Sion. Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica (Serie de Conferencias) Vol. **20**, 275 (2004).

Kretschmar, P., Mereghetti S., Hermsen W., Ubertini P., Winkler C., Brandt S. and Diehl R.: Flares from a new Integral hard X-ray source, IGR J17407-2808 likely associated with the ROSAT source SBM 10. Astronomers Telegram 2004, 345 (2004).

Kuster, M., H. Bräuninger, J. Englhauser, P. Friedrich, R. Hartmann, R. Kotthaus, G. Lutz, W. Serber and L. Strüder: The X-Ray Mirror Telescope and the pn-CCD Detector of CAST. In: Proceedings of Gravitational Wave and Particle Astrophysics Detectors, SPIE, Glasgow, UK. (Eds.) J. Hough, G.H. Sanders. Proceedings of SPIE **5500**, Bellingham, 139-146 (2004).

Lehnert, M.D. and M.N. Bremer: High Redshift Galaxies and the Sources of Reionization. ESO Messenger **115**, 27-32 (2004).

Lichti, G.G., M. Briggs, R. Diehl, G. Fishman, J. Greiner, R.M. Kippen, C. Kouveliotou, C. Meegan, W. Paciesas, R. Preece, V. Schönfelder and A. von Kienlin: Measurements of Gamma-Ray Bursts with GLAST. Baltic Astronomy **13,** 311-316 (2004).

Matsushita, K., Y. Ikebe, A. Finoguenov and H. Böhringer: XMM Observations of Abundances in the Intracluster Medium. In: Proceedings of IAU Symposium Australia. (Eds.) P.-A. Duc, J. Braine, E. Brinks. IAUS Vol. **217**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 102-106 (2004).

Meidinger, N., K. Dennerl, G.D. Hartner and L. Strüder: Radiation damage effects on the EPIC PN-CCD Detector aboard XMM-Newton. Mem. Soc. Astron. Ital. **75**, 551-554 (2004).

Meidinger, N., S. Bonerz, J. Englhauser, G. Hasinger, R. Hartmann, S. Herrmann, P. Holl, G. Kettenring, N. Kimmel, G. Lutz, E. Pfeffermann, P. Predehl, H. Soltau, and L. Strüder: CCD Detector Development

for the DUO and the ROSITA Mission. in: „High-Energy Detectors in Astronomy“. (Ed.) Andrew D. Holland,. Proceedings of SPIE **5501**, 66-77 (2004).

Mewe, R., D. Porquet, A.J.J. Raassen, J.S. Kaastra, J. Dubau and J.-U. Ness: Improved Line Ratio Calculations for He-like Ions. In: Proceedings of The Future of Cool-Star Astrophysics: 12th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun; University of Colorado (USA). (Eds.) A. Brown, G.M. Harper, T.R. Ayres. Vol. **12**, 1123-1128 (2003).

Moran, L., L. Hanlon, B. McBreen, R. Preece, Y. Kaneko, O.R. Williams, K. Bennett, R.M. Kippen, A. von Kienlin, V. Beckmann, S. McBreen and J. French: INTEGRAL Spectrometer Analysis of GRB030227 & GRB030131. In: Gamma-Ray Bursts: 30 Years of Discovery, Santa Fe, NM (USA), 8 - 12 September 2003. (Eds.) E.E. Fenimore, M. Galassi. AIP Conference Proceedings Vol. **727**, American Institute of Physics, Melville, 225-228 (2004).

Moretti, A., S. Campana, G. Tagliaferri, A.F. Abbey, R.M. Ambrosi, L. Angelini, A.P. Beardmore, H.W. Bäuninger, W. Burkert, D.N. Burrows, M. Capalbi, G. Chincarini, O. Citterio, G. Cusumano, M.J. Freyberg, P. Giommi, G.D. Hartner, J.E. Hill, K. Mori, D.C. Morris, K. Mukerjee, J.A. Nousek, J.P. Osborne, A.D.T. Short, F. Tamburelli, D.J. Watson and A.A. Wells: SWIFT XRT point spread function measured at the Panter end-to-end tests. In: Proceedings of „X-Ray and Gamma-Ray Instrumentation for Astronomy XIII“, San Diego, CA (USA), 2003. (Eds.) K.A. Flanagan, O.H. Siegmund. SPIE Conference Proceedings **5165**, Bellingham, 232-240 (2004).

Paciesas, W., R.S. Miller, R. Andritschke, G. Kanbach, A. Zoglauer, P. Bloser, S. Hunter, J. Cravens, M. Cherry and T.G. Guzik: MEGA: the next generation Medium Energy Gamma-ray Telescope. In: Proceedings of American Astronomical Society, HEAD Meeting Vol. **8**, American Astronomical Society, 16.11 (2004).

Pfeffermann, E., P. Friedrich, M. Freyberg, G. Kettenring, L. Krämer, N. Meidinger, P. Predehl and L. Strüder: Shielding of cosmic ray induced background in CCD detectors for X-ray astronomy. In: Proceedings of „High-Energy Detectors in Astronomy“, Glasgow, UK, 2004. (Ed.) A. D. The Netherlands. Proceedings of SPIE **5501**, Bellingham, 304-311 (2004).

Poglitsch, A., C. Waelkens, O.H. Bauer, J. Cepa, T. Henning, C. van Hoof, R. Katterloher, F. Kerschbaum, D. Lemke, E. Renotte, L. Rodriguez, P. Royer and P. Saraceno: The photodetector array camera and spectrometer (PACS) for the Herschel Space Observatory. In: Proceedings of Optical, Infrared, and Millimeter Space Telescopes, Glasgow, UK, 2004. (Ed.) J. C. Mather. Proceedings of the SPIE **5487**, Bellingham, 425-436 (2004).

Pottelette, R., R.A. Treumann, and E. Georgescu: Crossing a narrow-in-altitude auroral acceleration layer. Nonlin. Proc. Geophys. **11**, 197-204 (2004).

Pottschmidt, K., on behalf of the ISDC team: The INTEGRAL Archive at the ISDC. In: Proceedings of the ESO/ESA/NASA/NSF Astronomy Conference „Toward an International Virtual Observatory“, Garching, Germany, 2002. (Eds.) P. J. Quinn, K. M. Górski. ESO Astrophysics Symposia, Springer, Berlin, 304-306 (2004).

Raab, W., A. Poglitsch, L.W. Looney, R. Klein, N. Geis, R. Hoenle, W. Viehhauser, R. Genzel, M. Hamidouche, T. Henning and E.E. Haller: FIFI LS: the far-infrared integral field spectrometer for SOFIA. In: Ground-based Instrumentation for Astronomy, Glasgow, United Kingdom. (Eds.) A.F.M. Moorwood, M. Iye. Proceedings of SPIE **5488**, Bellingham, 1074-1085 (2004).

Rabien, S., R. Davies, T. Ott, J. Li, R. Abuter, S. Kellner and U. Neumann: Test Performance of the PARSEC Laser System. In: Proceedings of Advancements in Adaptive Optics. (Eds.) D. Bonaccini, B. Ellerbroek, R. Ragazzoni. SPIE **5490** Bellingham, 981-988 (2004).

Rau, A., J. Greiner, S. Klose, J.M. Castro Cerón , A. Fruchter, A. Küpcü Yoldas, J. Gorosabel, A. Levan, J. Rhoads and N. Tanvir: Discovery of the Faint Near-IR Afterglow of GRB 030528. In: Proceedings of the Gamma-ray Burst Symposium, Santa Fe, NM (USA), 2003. (Eds.) E.E. Fenimore, M. Galassi. AIP Conference Proceedings Vol. **727,** American Institute of Physics, Melville, 439-442 (2004).

Rau, A., J. Greiner, S. Klose, J.M. Castro Cerón, A. Fruchter, A. Küpcü Yoldas, J. Gorosabel, A.J. Levan, J.E. Rhoads and N.R. Tanvir: Discovery of the faint near-IR afterglow of GRB 030528. AIP Conf. Proc. **727**, 439-442 (2003).

Reichertz, L.A., J.W. Beeman, B.L. Cardozo, N.M. Haegel, E.E. Haller, G. Jakob and R.O. Katterloher: GaAs BIB photodetector development for far-infrared astronomy. In: Proceedings of SPIE Infrared Spaceborne Remote Sensing XII, Denver, CO (USA), 2004. (Ed.) M. Strojnik. SPIE **5543**, Bellingham, 231-238 (2004).

Reinsch, K., V. Burwitz and R. Schwarz: On the Nature of the Binary Components of RX J0806.3+1527. In: IAU Colloquium 194, Compact Binaries in the Galaxy and Beyond, Proceedings of the conference held 17-22 November, 2003 in La Paz, Baja California Sur. (Eds.) G. Tovmassian, E. Sion. Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica (Serie de Conferencias) Vol. **20**, 122-123 (2004).

Rubio, M., F. Boulanger, C. Bot, A. Contursi and F. Rantakyro: Molecular Gas and Dust in the Magellanic Clouds. In: The Dusty and Molecular Universe: A Prelude to Herschel and ALMA. (Ed.) A. Wilson. ESA Conference Series, 27 (2004).

Ryan, J.M., R. Andritschke, P. Bloser, J. Cravens, M. Cherry , G. DiCocco, T.G. Guzik, D.H. Hartmann, S. Hunter, G. Kanbach, R.M. Kippen, J. Kurfess, J.R. Macri, M.L. McConnell, R. S. Millerj, W. Paciesas, B. Phlips, V. Reglero, J.G. Stacy, M. Strickman, W.T. Vestrand, J.P. Wefel, E. Wulf, A. Zoglauer and A.D. Zych: MEGA: the next generation Medium Energy Gamma-ray Telescope. In: Proceedings of of SPIE ‘UV and Gamma-Ray Space Telescope Systems’. (Eds.) G. Hasinger, M.J.L. Turner. Proceedings of SPIE **5488**, Bellingham, 977-988 (2004).

Samsonov, D., S. Zhdanov and G. Morfill: Shock waves and solitons in complex (dusty) plasmas. In: Shock compression of condensed matter. (Eds.) M.D.

Furnish, Y.M. Gupta, J.W. Forbes. AIP Conference Proceedings Vol. **706**, American Institute of Physics, Melville, 111-114 (2004).

Scholer, M.: Kinetic structure of the reconnection layer, in Physics of Reconnection in High-Temperature Plasmas. Research Signpost, 267-289 (2004).

Schönfelder, V.: INTEGRAL entdeckt den Gamma-Himmel. Physik in unserer Zeit **6**, 264-271 (2004).

Schönfelder, V.: Lessons Learnt from COMPTEL for future telescopes. New Astronomy **48**, 193-198 (2004).

Schönfelder, V.: Overview about first results from the Gamma-Ray Astronomy Mission INTEGRAL. In: Proceedings of SPIE, UV and Gamma-Ray Space Telescope Systems. (Eds.) G. Hasinger, M.J.L. Turner. Proceedings of SPIE **5488**, Bellingham, 40-50 (2004).

Schreiber, J., N. Thatte, F. Eisenhauer, M. Tecza, R. Abuter and M. Horrobin: Data Reduction Software for the VLT Integral Field Spectrometer SPIFFI. In: Astronomical Data Analysis Software and Systems (ADASS) XIII, 2003 Strasbourg, France. (Eds.) F. Ochsenbein et al. ASP Conference Proceedings Vol. **314,** Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 380-381 (2004).

Sidoli, L., J. Wilms, A. Paizis, S. Larsson, G. Burki, G. Bourban, M. Chernyakova, T. Courvoisier, G. di Cocco, P. Kretschmar, I. Kreykenbohm, S. Mereghetti, K. Pottschmidt, A. Santangelo, A. Segreto, R. Staubert, and N.J. Westergaard: Monitoring of persistent accreting pulsating neutron stars observed during the INTEGRAL Core Program. In: Proceedings of the 2. BeppoSAX Conference: The Restless High-Energy Universe, Amsterdam (NL), 2003. (Eds.) E. P. J. van den Heuvel, R. A. M. J. Wijers, J. J. M. in 't Zand. Nuclear Physics B. Suppl. Ser., Vol. **132**, Elsevier, Amsterdam, 648-651 (2004).

Snigula, J.M., C. Gössl, U. Hopp and H. Barwig: Variable Stars in the Local Group. In: Proceedings of the IAU Colloquium 193, Christchurch, New Zealand, 2003. (Eds.) Donald W. Kurt and Karen R. Pollard. ASP Conference Proceedings Vol. **310**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 70-73 (2004).

Streblyanska, A., J. Bergeron, H. Brunner, A. Finoguenov, G. Hasinger and V. Maynieri: XMM-Newton observation of the Chandra Deep Field-South: Statistical treatment of faint source spectra. In: Proceedings of the symposium „The Restless High-Energy Universe“, Amsterdam, The Netherlands, 2003. Nuclear Physics B (Proc. Suppl.) **132**, Elsevier, 232-235 (2004).

Strüder, L., D. Barret, E. Kendziorra, P. Lechner and C. Fiorini: Fast Timing on XEUS. In: Proceedings of „X-Ray and Gamma-Ray Instrumentation for Astronomy XIII“. (Eds.) K.A. Flanagan, O.H. Siegmund. SPIE Conference Proceedings **5165**, Bellingham, 19-26 (2004).

Strüder, L., G. Hasinger, P. Holl, P. Lechner, G. Lutz, M. Porro, R. Richter, H. Soltau and J. Treis: XEUS wide-field imager: first experimental results with the X-ray active pixel sensor DEPFET. In: Proceedings of „X-Ray and Gamma-Ray Instrumentation for Astronomy XIII“, San Diego, CA (USA), 2003. (Eds.) K.A. Flanagan and O.H. Siegmund. SPIE Conference Proceedings **5165**, Bellingham, 10-19 (2004).

Sturm, E.: AGNs in the Mid-Infrared. In: Proceedings of the Guillermo Haro Conference 2003, Multiwavelength AGN Surveys, Cozumel, Mexico, 8-12 December 2003. (Eds.) R. Mujica, R. Mayolino. Multiwavelength AGN Surveys, World Scientific Publishing (2004).

Tagliaferri, G., A. Moretti, S. Campana, A.F. Abbey, R.M. Ambrosi, L. Angelini, A.P. Beardmore, H.W. Bäuninger, W. Burkert, D.N. Burrows, M. Capalbi, G. Chincarini, O. Citterio, G. Cusumano, M.J. Freyberg, P. Giommi, G.D. Hartner, J.E. Hill, K. Mori, D.C. Morris, K. Mukerjee, J.A. Nousek, J.P. Osborne, A.D.T. Short, F. Tamburelli, D.J. Watson and A.A. Wells: Swift XRT effective area measured at the Panter end-to-end tests. In: Proceedings of „X-Ray and Gamma-Ray Instrumentation for Astronomy XIII“, San Diego, CA (USA), 2003. (Eds.) K.A. Flanagan, O.H. Siegmund. SPIE Conference Proceedings **5165**, Bellingham, 241-250 (2004).

Teegarden, B., E. Cisana, B. Cordier, R. Diehl, M. Harris, P. Jean, V. Lonjou, J. Knödlseder, K. Kretschmer, G. Lichti, J.-P. Roques, S. Schanne, V. Schönfelder, G.K. Skinner, A. Strong, M. Valsesia, P. von Ballmoos, A. von Kienlin and G. Weidenspointner: An Overview of Gamma-Ray Line Results from the INTEGRAL Spectrometer (SPI). In: Proceedings of American Astronomical Society. HEAD meeting 8, Vol. **8**, American Astronomical Society, 24.02 (2004).

Treis, J., P. Fischer, O. Hälker, M. Harter, S. Herrmann, R. Kohrs, H. Krüger, P. Lechner, G. Lutz, I. Peric, M. Porro, R. Richter, L. Strüder, M. Trimpel and N. WeRemes: First results of DEPFET based Active Pixel Sensor prototypes for the XEUS WFI. In: Proceedings of „High-Energy Detectors in Astronomy“, Glasgow, UK, 2004. Proceedings of SPIE **5501**, Bellingham, 089-100 (2004).

Trümper, J.E.: Astronomy, Astrophysics and Cosmology in the Max-Planck Society, Organizations and Strategies in Astronomy.(Ed.) A. Heck. Kluwer Academic (2004).

Trümper, J.E.: Das Schicksal der Sterne - Endzustände der Materie im Kosmos, Mensch und Kosmos - Unser Bild des Universums. (Eds.) E.P. Fischer and K. Wiegandt. Fischer Verlag, 189-208 (2004).

Trümper, J.E.: Kompakte Sternleichen. Sterne und Weltraum **2**, 64-76 (2004).

Trümper, J.E.: Röntgenstrahlen aus dem Kosmos, Jahrbuch 1995 des Physikalischen Vereins Frankfurt. Physikalischer Verein, Frankfurt, 117-134 (2004).

Trümper, J.: Unheimliche Sterne. Sitzungsberichte der Math.-naturwissenschaftlichen Klasse 2001-2003. Bayrische Akademie der Wissenschaften, 81-88 (2004).

von Kienlin, A., A. Rau, V. Beckmann and S. Deluit: Gamma-Ray Bursts observed with the spectrometer SPI onboard INTEGRAL. In: Proceedings of the Gamma-ray Burst Symposium, NM (USA), 2003. (Eds.) E.E. Fenimore, M. Galassi. AIP Conference Proceedings Vol. **727,** American Institute of Physics, Melville, 622-625 (2004).

von Kienlin, A., C.A. Meegan, G.G. Lichti, N.P. Bhat, M.S. Briggs, V. Connaughton, R. Diehl, G.J. Fishman, J.Greiner, A.S. Hoover, R.M. Kippen, C. Kouveliotou, W.S. Paciesas, R.D. Preece, V. Schönfelder, H. Steinle and R.B. Wilson: The GLAST Burst Monitor. In: Proceedings of „UV and Gamma-Ray Space Telescope Systems“, Glasgow, UK, June 2004. (Eds.) G. Hasinger, M.J.L. Turner. Proceedings of SPIE **5480**, Bellingham, 763-770 (2004).

Walter, R., A. Aubord, P. Bartholdi, M. Beck, V. Beckmann, P. Binko, J. Peachey, M. Chernyakova, T. Contessi, T.J.-L. Courvoisier, P. Dubath, K. Ebisawa, P. Favre, M. Gaber, D. Götz, T. Jaffe, D. Jennings, P. Kretschmar, D. Landriu, I. Lecoeur, L. Lerusse, T. Lock, M. Meharga, S. Mereghetti, N. Morisset, N. Mowlavi, S. Paltani, J. Peachey, K. Pottschmidt, B. O'Neel, N. Produit, R. Rohlfs, A. Sauvageon, S. Shaw, M. Türler, R. Diehl, A. Domingo, A. Goldwurm, L. Hansson, M. Schmidt, N.J. Westergaard and C. Winkler: The INTEGRAL Ground Segment. In: Astronomical Data Analysis Software and Systems (ADASS) XIII. ASP Conf. Ser. Vol. **314**, 432-435 (2004).

Wells, A.A., D.N. Burrows, J.E. Hill, J.A. Nousek, G. Chincarini, A.F. Abbey, A.P. Beardmore, J. Bosworth, H.W. Bräuninger, W. Burkert, S. Campana, M. Capalbi, W. Chang, O. Citterio, M.J. Freyberg, P. Giommi, G.D. Hartner, R. Killough, B. Kittle, R. Klar, C. Mangels, M. McMeekin, B.J. Miles, A. Moretti, K. Mori, D.C. Morris, K. Mukerjee, J.P. Osborne, G. Tagliaferri, F. Tamburelli, D.J. Watson, R. Willingale and M. Zugger: The X-ray Telescope for the SWIFT Gamma-Ray Burst Mission. In: Proceedings of „Gamma-Ray Bursts: 30 Years of Discovery: Gamma-Ray Burst Symposium“, Santa Fe, New Mexico (USA), September 2003. (Eds.) E.E. Fenimore, M. Galassi. AIP Conference Proceedings Vol. **727**, American Institute of Physics, Melville, 642-646 (2004).

Wieprecht, E., J. Bakker, J.R. Brumfit, N.Rde Candussio, S.R. Guest, R. Huygen, A. de Jonge, J.J. Matthiew, S. Osterhage, S. Ott, H. Siddiqui, B. Vandenbussche, W. de Meester, M. Wetzstein and P. Zaal: The HERSCHEL/PACS Common Software System as Data Reduction System. In: Proceedings of the Astronomical Data Analysis Software and Systems (ADASS) XIII, Strasbourg (France), 2003. (Eds.) F. Ochsenbein, M.G. Allen and D. Egret. ASP Conference Series Vol. **314**, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 376-379 (2004).

Wilms, J., E. Kendziorra, M. Martin, D. Barret, M. Novack, L. Strüder and P. Lechner: Fast Timing Instrument for XEUS: Scientific Expectations. In: Proceedings of SPIE, UV and Gamma-Ray Space Telescope Systems. (Eds.) G. Hasinger, M. Turner. SPIE Conference Proceedings **5488**, Bellingham, 341-350 (2004).

Wilms, J., K. Pottschmidt, M.A. Nowak, M. Chernyakova, 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. In: Proc. X-Ray Timing 2003: Rossi and Beyond, Cambridge, MA (USA), 2003. (Eds.) P. Kaaret, F. K. Lamb, J. H. Swank. AIP Conference Proceedings Vol. **714**, American Institute of Physics, Melville, 116-119 (2004).

Wilms, J., K. Pottschmidt, M.A. Nowak, T. Gleissner, G. G. Pooley, R. Remillard, R. Staubert, W.A. Heindl, P. Uttley and R.P. Fender: Monitoring Cygnus X-1 with RXTE. In: Proceedings of the 2. BeppoSAX Conference: The Restless High-Energy Universe, Amsterdam (NL), 2003. (Eds.) E. P. J. van den Heuvel, R. A. M. J. Wijers, J. J. M. in 't Zand. Nuclear Physics B. Suppl. Ser., Vol. **132**, Elsevier, Amsterdam, 420-423 (2004).

Wilson, C.A., M.C. Weiskopf, M.H. Finger, M.J. Coe, J. Greiner, P. Reig and G. Papamastorakis: GRO J2058+42 Observations with Chandra and Detection of a Likely Optical Counterpart. HEAD, **40.04**, (2004).

Xu, D., S. Komossa, J. Wei, Y. Qian and X.Z. Zheng: Emission-line properties of Seyfert 1 type AGN from the ROSAT all-sky survey. In: Proceedings of High Energy Processes and Phenomena in Astrophysics. (Eds.) X. Li, Z. Wang, V. Trimble. IAU Symp. Series Vol. **214**, The Astronomical Society of the Pacific, Ann Arbor, Michigan, USA, 273-274 (2003).

Xu, D., S. Komossa, V. Burwitz and P. Predehl: Absorption Components in the Nucleus of NGC 3227. In: Proceedings of Recycling intergalactic and interstellar matter, IAU Symposium 217. (Eds.) P.-A. Duc, J. Braine, E. Brinks. IAU Symp. Series Vol. **217,** Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 362-364 (2004).

Zimmermann, H.-U. and B. Aschenbach: X-rays from SN1993J in M81. Mem. Soc. Astron. Ital. **75**, 405-406 (2004).

4.4 BÜCHER / BOOKS

V. Schönfelder, G. Lichti and C. Winkler (Eds.): 5th INTEGRAL Workshop “The INTEGRAL Universe”, ESA SP-**552**, Noordwijk, 934 p, 2004.

G. Hasinger and M.J.L. Turner (Eds.): UV and Gamma-Ray Space Telecope Systems. Proceedings of SPIE, **5488**, Part 2, 988 p., 2004.

4.5 POSTER / POSTERS

Andritschke, R. et al.: Calibration of the MEGA Prototype, The 5th INTEGRAL Workshop, München, Germany, February 2004.

Annaratone, B.M. et al.: Complex-plasma manipulation by radiofrequency, 31st European Physical Society Conference on Plasma Physics, London, U. K. , June-July 2004.

Annaratone, B.M. et al.: Levitation of particles in O_2 plasma, 31st European Physical Society Conference on Plasma Physics, London, UK , June-July 2004.

Arevalo, P. et al.: X-ray/UV Correlation in MCG-6-30-15, Growing black holes: Accretion in a cosmological context, Garching, Germany, June 2004.

Aschenbach, B.: Measuring mass and angular momentum of black holes with high-frequency QPOs or A new effect of General Relativity, Growing Black Holes: Accretion in a Cosmological Context, Garching, Germany, June 2004.

Becker, W. et al.: A multi-wavelength search for a counterpart of the unidentified Gamma-ray source 3EG J2020+4017 (2CG078+2), HEAD Meeting, New Orleans, USA, September 2004.

Becker, W. et al.: Phase Resolved Spectroscopy of PSR 0656+14, HEAD Meeting, New Orleans, USA, September 2004.

Becker, W. et al.: Revealing the X-ray emission processes of old rotation-powered pulsars: XMM-Newton Observations of PSR B0950+08, PSR B0823+26 and PSR J2043+2740, HEAD Meeting, New Orleans, USA, September 2004.

Briel, U.G. et al.: EPIC-XMM-Newton observations of three nearby galaxy clusters, Astronomical Telescopes and Instrumentation: UV-Gamma Ray Space Telescope Systems, SPIE 5488, Glasgow, UK, June 2004.

Burwitz, V. et al.: New insights into accretion at the Eddington limit from a Chandra LETGS observation of the super-soft X-ray source RX J0513.9-6951. The Astrophysics of Cataclysmic Variables and Related Objects, Strasbourg, France, July 2004.

Collmar, W. et al.: Multifrequency Observations of the Gamma-Ray Blazar 3C 279 in Low-State during INTEGRAL AO-1, The 5th Integral Workshop: The INTEGRAL Universe, München, Germany, February 2004.

Collmar, W. et al.: The MeV Point-Source Sky during the COMPTEL Mission, The 5th INTEGRAL Workshop: The INTEGRAL Universe, München, Germany, February 2004.

Dasyra, K. et al.: Kinematics of Nearby Ultraluminous Mergers, The Role of Mergers and Feedback in Galaxy Evolution, Schloß Ringberg, Germany, November 2004.

Davies, R. et al.: Using Adaptive Optics to Probe the Dynamics and Star Formation in AGN, Advancements in Adaptive Optics, Glasgow, UK, June 2004.

Dennerl, K. et al.: Improving XMM-Newton EPIC pn data at low energies: method and application to the Vela SNR, Astronomical Telescopes and Instrumentation: UV - Gamma Ray Space Telescope Systems, SPIE 5488, Glasgow, UK, June 2004.

Fassbender, R. et al.: Serendipitous search for very distant galaxy clusters in XMM-Newton archive data, Japanese-German Ringberg Workshop on X-ray Studies of Galaxy Clusters and Deep X-ray Surveys, Schloß Ringberg, Germany, May 2004.

Fink, M.A. et al.: Experimental studies of dust fluids in plasmas towards the kinetic limits of jet flows, International Workshop on Chaotic Transport and Complexity in Fluids and Plasmas, Marseille, Carry Le Rouet, France, June 2004.

Fink, M.A. et al.: The influence of micro-roughness on the flow-behaviour of fluids, Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Kiel, Germany, March 2004.

Förster, M. et al.: Plasma convection in the Earth's magnetosphere and ionosphere during substorms, 35th COSPAR Scientific Assembly, Paris, France, July 2004.

Freyberg, M. et al.: Analysis of the darkness: X-ray observations of low-surface-brightness objects, SPIE Conference: UV to Gamma Ray Space Telescope Systems, Glasgow, UK, June 2004.

Friedrich, S. et al.: A NICMOS direct imaging search for giant planets around the single white dwarfs in the Hyades, 14th European Workshop on White Dwarfs, Kiel, Germany, July 2004.

Friedrich, S. et al.: Do magnetic fields prevent hydrogen from accreting onto cool metal-line white dwarf stars? 14th European Workshop on White Dwarfs, Kiel, Germany, July 2004.

Gillessen, S. et al.: Locating the TeV-Excess from the Galactic Centre Region, International Symposium on High Energy Gamma-Ray Astronomy, Heidelberg, Germany, June 2004.

Gonzalez, E.: Modeling the kinetic equation collision integral of complex plasmas., 7th Asia Pacific Conference on Plasma Science and Technology and 17th Symposium on Plasma Science for Materials, Fukuoka, Japan, June 2004.

Harayama, Y. et al.: The IMF of the Massive Star-forming Region NGC3603 from VLT Adaptive Optics observations, IMF@50: The Initial Mass Function 50 years later, Siena, Italy, May 2004.

Harayama, Y.: Study of the Massive Star-forming region W51 IRS2 from VLT Adaptive Optics observations, Centro de Astrofísica da Universidade do Porto, Porto, Portugal, October 2004.

Jakob, G. et al.: Herschel-PACS Ground Calibration: the MPE Cryogenic Test Facility, SPIE Astronomical Telescopes and Instrumentation, Glasgow, UK, June 2004.

Jessner, A. et al.: Giant Radio Pulses from the Crab Pulsar, 35th COSPAR Scientific Assembly, Paris, France, July 2004.

Kanbach, G. et al.: New optical polarization measurements of the Crab Pulsar, NATO - Advanced Study Institute (ASI): The Electromagnetic Spectrum of Neutron Stars, Marmaris, Turkey, June 2004.

Kanbach, G. et al.: New optical polarization measurements of the Crab Pulsar, X-Ray Polarimetry Workshop Jointly organized by the Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology (KIPAC), NASA/GSFC Laboratory for High Energy Astrophysics and the Smithsonian Astrophysical Observatory held at SLAC, Stanford, USA., February 2004.

Kretschmer, K. et al.: Locating ^{26}Al in the Galaxy, 5th INTEGRAL Workshop, München, Germany, February 2004.

Lutz, D. et al.: Constraints on AGN unification from infrared spectroscopy of a large sample of local AGN, The Spitzer Space Telescope: New Views of the Cosmos, Pasadena, USA, November 2004.

Monetti, R. et al.: Analysis of High Resolution MRI of the Proximal Femur Using a 3D Anisotropic Method for the Prediction of Mechanical Strength In Vitro, Annual Meeting of the American Society of Bone and Mineral Research, Seattle, USA, October 2004.

Müller, T.G.: The Asteroid Preparatory Programme for HERSCHEL, ASTRO-F and ALMA, The Dusty and Molecular Universe: A Prelude to Herschel and ALMA, Paris, France, October 2004.

Pfeffermann, E. et al.: Shielding of cosmic ray induced background in CCD detectors for X-ray astronomy, High-Energy Detectors in Astronomy, SPIE, Glasgow, UK, June 2004.

Pierini, D. et al.: The nature of the red disk-like galaxies at high redshift: dust attenuation vs. intrinsically red stellar populations, The Dusty and Molecular Universe. A prelude to HERSCHEL and ALMA, Paris, France, October 2004.

Posselt, B. et al.: Searching for X-ray dim isolated neutron stars, NATO Advanced Study Institute (ASI) The Electromagnetic Spectrum of Neutron Stars, Marmaris, Turkey, June 2004.

Pottschmidt, K. et al.: INTEGRAL-RXTE observations of Cygnus X-1, 5th INTEGRAL Workshop: „The INTEGRAL Universe“, München, Germany, February 2004.

Räth, C. et al.: Comparing nonlinear texture measures for quantifying trabecular bone structures using surrogates, SPIE Conference on Medical Imaging, San Diego, USA, February 2004.

Räth, C. et al.: Modelling Trabecular Changes using Cellular Automata, Annual Meeting of the American Society of Bone and Mineral Research, Seattle, USA, October 2004.

Ratynskaia, S. et al.: Experimental determination of dust particle charge in plasma at moderate pressures, 31st EPS Conference on Controlled Fusion and Plasma Physics, London, UK, July 2004.

Rau, A. et al.: A Survey for GRB Orphan Afterglows, Gamma-Ray Burst in the Afterglow Era: 4th Workshop, Rome, Italy, October 2004.

Rau, A. et al.:1st SPI-ACS GRB Catalogue, Gamma-Ray Burst in the Afterglow Era: 4th Workshop, Rome, Italy, October 2004.

Ryan, J.M. et al.: MEGA: the next generation Medium Energy Gamma-ray Telescope, SPIE Conference 5488 'UV-Gamma Ray Space Telescope Systems', Glasgow, UK, June 2004.

Samsonov, D.: Complex (dusty) plasmas and their applications for plasma diagnostics, International COE Forum on Plasma Science and Technology, Nagoya, Japan, April 2004.

Verma, A.: Hyperluminous Infrared Galaxies, The Spitzer Space Telescope: New Views of the Cosmos, Pasadena, California, USA, November 2004.

Volwerk, M.: Europa's Alfven wing: Shrinkage and displacement by an induced magnetic field, AGU Fall meeting 2004, San Francisco, USA, December 2004.

Volwerk, M.: Pi2 Observations by Cluster and Ground stations, AGU Fall meeting 2004, San Francisco, USA, December 2004.

von Kienlin, A. et al.: The GLAST Burst Monitor, SPIE Conference 5488, „UV and Gamma-Ray Space Telescope Systems“, Glasgow, UK, June 2004.

Wieprecht, E. et al.: JAVA based Astronomical Software - The HERSCHEL/PACS Common Software System as Example, Astronomical Data Analysis Software and Systems (ADASS) XIV, Los Angeles, USA, October 2004.

Zhang, Y.-Y. et al.: XMM-Newton observations of REFLEX-DXL clusters at z~0.3, 35th COSPAR Scientific Assembly, Paris, France, July 2004.

Zhdanov, S.: Coupled dust-lattice solitons in monolayer plasma crystal, 31-st EPS Conf. on Plasma Physics, Imperial College, London, UK, June 2004.

Zhdanov, S.: Origin of the Curved Nature of Mach Cone Wings in Complex Plasmas, 35-th COSPAR Scientific Assembly, Paris, France, July 2004.

Zhdanov, S.: Theory, Numerical Simulation and Experimental Verification of Dispersion Properties of High Ordered Complex Plasmas, Int. COE Forum on Plasma Science and Technology, Nagoya, Japan, April *2004.*

Zhdanov, S.: Wave Modes in a 2D Complex Dusty Plasma, 31-st EPS Conf. on Plasma Physics, Imperial College, London, UK, June 2004.

Zoglauer, A. et al.: Image reconstruction for the MEGA telescope, 5th INTEGRAL Workshop, München, Germany, February 2004.

Zoglauer, A. et al.: Polarization measurements with the MEGA telescope, 5th INTEGRAL Workshop, München, Germany, February 2004.

Zoglauer, A. et al.: Polarization response and calibration of the MEGA medium energy gamma-ray telescope, X-Ray Polarimetry Workshop Jointly organized by the Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology (KIPAC), NASA/GSFC Laboratory for High Energy Astrophysics and the Smithsonian Astrophysical Observatory held at SLAC, Stanford, USA, February 2004.

4.6 VORTRÄGE / TALKS

Arevalo, P.: Correlated X-ray to UV variability in MCG-6-30-15, contributed talk, Variability of Active Galactic Nuclei from X-rays to Radio, Crimea, Ukraine, June 2004.

Arevalo, P.: Some effects of strong gravity on AGN X-ray light curves, contributed talk, The 2004 Schloß Ringberg Workshop on AGN Physics, Schloß Ringberg, Germany, November 2004.

Aschenbach, B.: Mass and angular momentum of the Galactic Center black hole measured, invited talk, Topics in X-ray Astronomy, Tübingen, Germany, February 2004.

Aschenbach, B.: X-ray flares reveal mass and angular momentum of the Galactic Center black hole, contributed talk, MPE X-ray Group Meeting, Garching, Germany, February 2004.

Aschenbach, B.: A new effect of general relativity and its application to the black holes in microquasars and Sgr A*, Astronomisches Kolloqium der Universität Göttingen, Germany, July 2004.

Aschenbach, B.: A new effect of general relativity and the determination of mass and spin of black holes, contributed talk, Seminar on Accretion and High Energy Astrophysics at the Max-Planck-Institut für Astrophysik, Garching, Germany, October 2004.

Aschenbach, B.: A new effect of general relativity and its implication for the determination of mass and angular momentum of black holes, Physikalisches Kolloquium der Universität Göttingen, Germany, October 2004.

Aschenbach, B.: A new effect of general relativity and its implication for the determination of mass and angular momentum of black holes, Hauptkolloqium des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie, Bonn, Germany, October 2004.

Aschenbach, B.: An overlooked effect of general relativity and some implications concerning fast spinning black holes, invited talk, The 2004 Ringberg Workshop on AGN Physics, Schloß Ringberg, Germany, November 2004.

Baker, A.J.: An Upper Limit on the Molecular Gas Content of Westphal-MMD11, contributed talk, 203rd Meeting of the American Astronomical Society, Atlanta, Georgia, USA, January 2004.

Baker, A.J.: Galaxy Formation at High Redshift: A Millimeter View, colloquium, University of Colorado, Boulder, Colorado, USA, February 2004.

Baker, A.J.: Galaxy Formation at High Redshift: A Millimeter View, invited talk, University of California at Santa Barbara, Santa Barbara, California, USA, February 2004.

Baker, A.J.: Galaxy Formation at High Redshift: A Millimeter View, colloquium, University of Texas, Austin, Texas, USA, February 2004.

Baker, A.J.: Galaxy Formation at High Redshift: A Millimeter View, colloquium, University of Virginia, Charlottesville, Virginia, USA, February 2004.

Baker, A.J.: Galaxy Formation at High Redshift: A Millimeter View, invited talk, Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland, USA, February 2004.

*Baker, A.J.:*B Galaxy Formation at High Redshift: A Millimeter View, colloquium, Universitäts Sternwarte, Göttingen, Germany, Fenruary 2004.

Baker, A.J.: Extreme Conditions for Star Formation in Starburst Galaxies, invited talk, The Young Local Universe, La Thuile, Italy, March 2004.

Becker, W.: Astronomische Teleskope, public talk, Walter-Klingenbeck-Schule Taufkirchen, Germany, June 2004.

Becker, W.: Future optical, X-ray and Gamma-ray facilities, invited talk, NATO Advanced Study Institute (ASI), The Electromagnetic Spectrum of Neutron Stars, Marmaris, Türkei, June 2004.

Becker, W.: Future optical, X-ray and Gamma-ray Observatories for Pulsar Studies, colloquium, MPIfR, Bonn, Germany, December 2004.

Becker, W.: Raketen zu den Planetenräumen, public talk, Walter-Klingenbeck-Schule Taufkirchen, Germany, July 2004.

Becker, W.: Sonne, Mond und Sterne, public talk, Walter-Klingenbeck-Schule Taufkirchen, Germany, February 2004.

Becker, W.: Vom Leben und Sterben der Sterne, public talk, Grundschule Oberhaching, Germany, December 2004.

Bender, R.: Stellar Populations of Galaxies, University of Texas, Austin, USA, March 2004.

Bender, R.: Galaxy Evolution in the FORS Deep Field, University of Texas, Austin, USA, March 2004.

Bender, R.: Towards the Next Generation of Extremely Large Telescopes, University of Texas, Austin, USA, April 2004.

Bender, R.: Supermassive Black Holes in Nearby Galaxies, ESO/MPE/MPA/USM Joint Conference on „Growing Black Holes“, Garching, Germany, June 2004.

Bender, R.: Ages and Formation of Massive Galaxies, Workshop on “The Role of Mergers and Feedback in Galaxy Formation”, Schloß Ringberg, Germany, November 2004.

Bender, R.: Supermassive Black Holes in Nearby Galaxies, colloquium, MPI für Astronomie, Heidelberg, Germany, September 2004.

Bender, R.: Ages and Formation of Massive Galaxies, colloquium, Universität Zürich, Switzerland, December 2004.

Boese, F.G.: Binary mixture distributions: Bayesian inference, contributed talk, Jahrestagung 2004 der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik, Dresden, Germany, March 2004.

Boese, F.G.: Finite Mischungsverteilungen in Bayesscher Behandlung, contributed talk, Jahrestagung 2004 der Deutschen Mathematiker Vereinigung, Heidelberg, Germany, September 2004.

Böhringer, H.: Cosmology and Astrophysics with X-ray Galaxy Clusters, colloquium, Harvard-Smithonian CfA Seminar, Cambridge, MA, USA, January 2004.

Böhringer, H.: Experience and Results from RASS Cluster Surveys, invited talk, Studies of Dark Energy and Cosmology with X-ray Surveys, Green Belt, Maryland, USA, January 2004.

Böhringer, H.: Testing Cosmological Models with Clusters of Galaxies, Kolloquium des MPI für Physik, Freimann, München, Germany, March 2004.

Böhringer, H.: X-Ray Galaxy Clusters in the Large-Scale Structure, invited talk, The Outskirts of Galaxy Clusters: Intense Live in the Suburbs, Turin, Italy, March 2004.

Böhringer, H.: Estimates and Simulations of DUO Observations, contributed talk, Dark Universe Observatory Workshop, Greenbelt, Maryland, USA, April 2004.

Böhringer, H.: X-ray Cluster Surveys: Status and Implications, invited talk, Japanese-German Workshop on Galaxy Clusters and Deep Surveys, Schloß Ringberg, Germany, May 2004.

Böhringer, H.: X-Ray Clusters of Galaxies as Cosmological Probes, invited talk, Workshop on The Dark Universe, MPE, Garching, Germany, May 2004.

Böhringer, H.: Metal Abundances as a Diagnostics of the Cluster History, contributed talk, COSPAR Meeting, Paris, France, July 2004.

Böhringer, H.: X-ray Studies of the Intracluster Medium in Clusters of Galaxies, invited talk, International Conference on Cosmic Rays and Magnetic Fields in Large-Scale Structure, Pusan, Korea, August 2004.

Böhringer, H.: XMM Studies of Galaxy Clusters, colloquium, Osservatorio Astronomico of the University of Trieste, Trieste, Italy, December 2004.

Boller, Th.: New Frontiers in AGN Astrophysics, contributed talk, Exploring the Cosmic Frontier, Berlin, Germany, May 2004.

Boller, Th.: Eine Reise durch den Kosmos - Von Stuttgart bis ans Ende der Welt, public talk, Max-Planck Gesellschaft; Öffentliche Vorträge im Rahmen der Schulausbildung, Stuttgart, Germany, May 2004.

Boller, Th.: Supermassive Black Holes with Super-Eddington Accretion Rates, invited talk, University of Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands, June 2004.

Boller, Th.: Generalizing AGN Physics, invited talk, AGN Variability from X-rays to Radio, Simferopol, Ukraine, June 2004.

Boller, Th.: Narrow-Line Seyfert 1´s as young AGN with Super-Eddington Accretion Rates, contributed talk, Growing Black Holes, Garching, Germany, June 2004.

Boller, Th.: Eine Reise durch den Kosmos; public talk, Die Lange Nacht der Sterne; ESO, Garching, Germany, September 2004.

Boller, Th.: Observational and Theoretical Progress on AGN Physics after 4 years of dedicated service with the new generation of X-ray missions, invited talk, 6th Sino-Germany workshop on cosmology and galaxy formation, Huangshan, China, October 2004.

Boller, Th.: Eine Reise zum Ende von Raum und Zeit; Schwarzschildvortrag des Physikalischen Vereins Frankfurt am Mayn, invited talk, Physikalischer Verein Frankfurt am Mayn, Germany, October 2004.

Boller, Th.: Zukunft und Ende des Universums, public talk, Lions Club, Unterschleissheim, Germany, October 2004.

Boller, Th.: Dark Matter and Dark Energy, invited talk, University of Rio, Department of Theoretical Physics, Rio, Brazil, November 2004.

Boller, Th.: Results on AGN Astrophysics after 4 years of dedicated service with XMM-Newton and Chandra, invited talk, Institute of Astronomy, Rio, Brazil, November 2004.

Boller, Th.: The role of ionised accretion discs and light bending effects on the detection of relativistic Fe K lines in AGN, invited talk, The 2004 Ringberg Workshop on AGN Astrophysics, Schloß Ringberg, Germany, November 2004.

Boller, Th.: The true story of the star of Bethlehem, public talk, Frühstücks-Meeting des Rotary-Clubs München Flughafen, München, Germany, December 2004.

Boller, Th.: The true story of the star of Bethlehem, public talk, Official Meeting of the Rotary Club Munich Airport, München, Germany, December 2004.

Bouhram, M.: Plasma composition and mass density changes near the dayside magnetopause, contributed talk, EGU General Assembly, Nice, France, April 2004.

Briel, U.G.: XMM Studies of Nearby Galaxy Clusters, contributed talk, Japanese-German Ringberg Workshop on „X-ray Studies of Galaxy Clusters and Deep X-ray Surveys“, Schloß Ringberg, Germany, May 2004.

Briel, U.: X-Ray Observations of Clusters of Galaxies, invited talk, „XMM-Newton 5 year in orbit“ Symposium, Madrid/ESAC, Spain, December 2004.

Brinkmann, W.: SS433 - a historical retrospect, invited talk, AIT Tübingen, Tübingen, Germany, February 2004.

Brinkmann, W.: The unique Galactix X-ray source SS 433, invited talk, Physics Department, University of Crete, Heraklion, Greece, October 2004.

Burwitz, V.: Database of LETGS spectra for cross calibration purposes, contributed talk, Chandra Calibration Workshop 2004, Chandra X-ray Center, Cambridge, Massachussets, USA, October 2004.

Burwitz, V.: X-ray and Optical Observations of Super Soft X-Ray Binaries, colloquium, Physics and Astronomy Department, State University New York (SUNY), Stony Brook, USA, October 2004.

Burwitz, V.: Astronomia de Rayos-X: fuentes de alta energia en el universo, colloquium, Physics Department, Universidad de les Illes Balears, Palma de Mallorca, Spain, November 2004.

Burwitz, V.: XMM-Newton and Chandra high-resolution spectroscopy of Super Soft X-Ray Binaries, colloquium, Astronomy Department, The Open University, Milton-Keynes, England, December 2004.

Burwitz, V.: X-ray and Optical Observations of Super Soft X-Ray Binaries, colloquium, Universitäts-Sternwarte, Göttingen, Germany, December 2004.

Collmar, W.: COMPTEL MeV Observations of Unidentified Gamma-Ray Sources, invited talk, Topics

in X-Ray Astronomy, Tübingen, Germany, February 2004.

Collmar, W.: COMPTEL MeV Observations of Unidentified Gamma-Ray Sources, contributed talk, The Multiwavelength Approach to Unidentified Gamma-Ray Sources, Hong Kong, China, June 2004.

Davies, R.: Star Formation and Dynamics in the Nuclei of AGN, contributed talk, The interplay among Black Holes, Stars and ISM in Galactic Nuclei, Gramado, Brazil, March 2004.

Davies, R.: Star Formation in the Proximity of Type 1 AGN, invited talk, 2004 Ringberg Workshop on AGN Physics, Schloß Ringberg, Germany, November 2004.

Davies, R.: Star Formation in the Proximity of Type 1 AGN, invited talk, EARA Workshop 2004 on Black Holes, Stars and Galaxies: Simulations and Observations, München, Germany, December 2004.

Dennerl, K.: Axion constraints from the quiet solar X-rays, contributed talk, The Dark Universe, München, Garching, Germany, May 2004.

Dennerl, K.: X-ray Observations of Comets, Venus and Mars, invited talk, First annual meeting of the Asia Oceania Geoscience Society (AOGS), Singapore, July 2004.

Dennerl, K.: Röntgenstrahlung aus dem Sonnensystem, public talk, „Lüscher-Lectures“ Astronomie und Astrophysik, Dillingen/Donau, Germany, October 2004.

Diehl, R.: Entstehung der Elemente im Universum, public talk, „Urknall und Sternenstaub“, Evangelische Akademie Arnoldshain, Kronberg, Germany, January 2004.

Diehl, R.: ^{26}Al Studies with INTEGRAL's Spectrometer SPI, invited talk, 5th INTEGRAL Science Workshop, München, Germany, February 2004.

Diehl, R.: Nucleosynthesis Studies with Gamma-Ray Astronomy / INTEGRAL, colloquium, University of Notre Dame, Physics Colloquium, Notre Dame, USA, April 2004.

Diehl, R.: Gamma-Ray Line Astronomy and Cosmic Nucleosynthesis, invited talk, European Center for Theoretical Physics Workshop „Recent Advances in Nuclear Astrophysics“, Trento, Italy, May 2004.

Diehl, R.: INTEGRAL and Cosmic Nucleosynthesis, invited talk, American Physics Society Meeting, Denver, USA, May 2004.

Diehl, R.: Gamma-Ray Line Astronomy, invited talk, High-Energy Astrophysics Conference „Gamma2004“, Heidelberg, Germany, July 2004.

Diehl, R.: Gamma-Ray Line Astronomy, invited talk, Nuclei in the Cosmos VIII, Vancouver, Canada, July 2004.

D'Onghia, E.: The Angular Momentum Problem in CDM Simulations, contributed talk, Winter School on The Origin of Galaxies, Jerusalem, Israel, January 2004.

D'Onghia, E.: Bulgeless Galaxies and their Angular Momentum Problem, colloquium, Max-Planck-Institut für Astrophysik, Garching, Germany, March 2004.

D'Onghia, E.: Cold Dark Matter's Small Scale Crisis Grows Up, colloquium, SISSA, Trieste, Italy, March 2004.

D'Onghia, E.: The Angular Momentum Problem in Bulgeless Galaxies, invited talk, Ringberg Workshop on Secular Evolution in Disk Galaxies, Schloß Ringberg, Germany, May 2004.

D'Onghia, E.: Bulgeless Galaxies and their Angular Momentum Problem, contributed talk, Penetrating Bars Through Masks of Cosmic Dust: The Hubble Tuning Fork Strikes a New Note, Pilansberg, South Africa, June 2004.

D'Onghia, E.: The angular momentum problem in CDM simulations, colloquium, Observatory of Copenhagen, Copenhagen, Denmark, October 2004.

Eisenhauer, F.: SPIFFI: Infrared Integral Field Spectroscopy at the VLT, invited talk, Max-Planck-Institut für Astronomie, Heidelberg, Germany, January 2004.

Feuchtgruber, H.: SPIFFI Observations of Neptune in K-band, contributed talk, European Geosciences Union 1st General Assembly, Nice, France, April 2004.

Finoguenov, A.: XMM-Newton study of the modified entropy scaling in groups and clusters of galaxies, contributed talk, DUO science workshop, Washington, USA, January 2004.

Finoguenov, A.: XMM-Newton survey of scaling and structure of IGM of groups and clusters of galaxies, colloquium, UIUC, Urbana, USA, January 2004.

Finoguenov, A.: Scaling properties of galaxy clusters and SZ connection, colloquium, University of Chicago, USA, February 2004.

Finoguenov, A.: XMM-Newton view on cluster outskirts, contributed talk, IAU symposium: Cluster outskirts: Intense life in the suburbs, Torino, Italy, March 2004.

Finoguenov, A.: XMM-Newton results on IGM of groups, invited talk, German-Japaneese workshop, Schloß Ringberg, Germany, May 2004.

Finoguenov, A.: XMM-Newton results on galaxy groups, colloquium, Observatory of Trieste, Italy, June 2004.

Finoguenov, A.: XMM-Newton survey of gas propoerties in groups and clusters, colloquium, Bologna Observatory, Bologna, Italy, June 2004.

Finoguenov, A.: XMM-Newton results on IGM scaling and evolution, contributed talk, COSPAR, Paris, France, July 2004.

Finoguenov, A.: Role of clusters of galaxies in the evolution of the metal budget in the Universe, invited talk, Rencontres de Vietnam, Hanoi, Vietnam, August 2004.

Finoguenov, A.: Galaxy groups in the COSMOS, contributed talk, COSMOS meeting in New York Planetarium, New York, USA, September 2004.

Finoguenov, A.: XMM-Newton survey of IGM: news for the modified entropy scaling, contributed talk, Baryons in the dark matter halos, Novigrad, Croatia, October 2004.

Finoguenov, A.: XMM-Newton pilot study of the cluster appearence on the SZ sky, contributed talk, Zeldovich-90, Moscow, Russia, December 2004.

Förster Schreiber, N.M.: Starburst galaxies: an infrared perspective, invited talk, Starbursts - From 30 Doradus to Lyman-break galaxies, Cambridge, UK, September 2004.

Förster, M.: Simultaneous multi-point convection measurements by Cluster and SuperDARN within the Northern polar cap, contributed talk, EGU General Assembly, Nice, France, April 2004.

Förster, M.: Current structure diagnostics with the Cluster tetrahedron for a substorm current wedge event during a pseudo-onset period, contributed talk, Cluster Workshop, Durham, NH, USA, September 2004.

Freyberg, M.J.: Long-term monitoring of the XMM-Newton EPIC-pn background, contributed talk, SPIE Conference: UV to Gamma Ray Space Telescope Systems, Glasgow, UK, June 2004.

Friedrich, P.: Design and Fabrication of the DUO Mirror System, contributed talk, A Workshop on Studies of Dark Energy and Cosmology from X-ray Cluster Surveys, Greenbelt, MD, USA, January 2004.

Friedrich, P.: Manufacturing of glass segmented mirrors for large X-ray telescopes: status of investigation and last results, contributed talk, Astronomical Telescopes and Instrumentation: UV-Gamma Ray Space Telescope Systems (SPIE), Glasgow, UK, June 2004.

Friedrich, P.: The Dark Universe Observatory (DUO): Telescope Concept, contributed talk, Astronomical Telescopes and Instrumentation: UV-Gamma Ray Space Telescope Systems (SPIE), Glasgow, UK, June 2004.

Genzel, R.: Massive Schwarze Löcher in Galaxienkernen, colloquium, Universität Heidelberg, Germany, January 2004.

Genzel, R.: News on the Galactic Center, colloquium, University of Stanford, Stanford, USA, January 2004.

Genzel, R.: The Galactic Center Black Hole and the Central Star Cluster, invited talk, IAU Symp. #122 'The interplay among Black Holes, Stars and ISM in Galactic Nuclei', Gramado, Brazil, March 2004.

Genzel, R.: Massive Black Holes, public talk, IAU Symp. #122 'The interplay among Black Holes, Stars and ISM in Galactic Nuclei', Gramado, Brazil, March 2004.

Genzel, R.: P.G. Mezger, invited talk, P.G. Mezger 75th Birthday Symposium, MPI für Radioastronomie, Bonn, Germany, March 2004.

Genzel, R.: New Results in the Galactic Center, colloquium, IRAM, Grenoble, France, April 2004.

Genzel, R.: Massive Schwarze Löcher im Universum, colloquium, Universität Basel, Astronomisches Institut, Switzerland, April 2004.

Genzel, R.: Massive Black Holes and Galaxies, colloquium, Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY), Hamburg, Germany, April, 2004.

Genzel, R.: Galaxien und massive Schwarze Löcher, invited talk,Einstein-Vorlesungen, Universität Ulm, Ulm, Germany, May 2004.

Genzel, R.: Massive Black Holes and Galaxies, invited talk, Annual Meeting, Danish Physical Society (DFS), Nyborg, Denmark, May 2004.

Genzel, R.: Massive Schwarze Löcher in Galaxienkernen, Physikalisches Kolloquium, Universität Augsburg, Germany, June 2004.

Genzel, R.: Massive Schwarze Löcher in Galaxienkernen, invited talk, Bayerische Akademie der Wissenschaften, München, Germany, June 2004.

Genzel, R.: The Supermassive Black Hole in Our Galactic Center, invited talk, MPA/MPE/ESO/USM Conference „Growing Black Holes": Accretion in a Cosmological Context, Garching, Germany, June 2004.

Genzel, R.: Das Schwarze Loch im Zentrum der Milchstraße, invited talk, 123. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte e.V. (GDNÄ) Raum – Zeit – Materie, Passau, Germany, September 2004.

Genzel, R.: Massive Schwarze Löcher, oder ‚gravity strikes back', public talk, Summer School, Studienstiftung des deutschen Volkes, Rovinj, Croatia, September 2004.

Genzel, R.: PRIMA-VLTI Reference Missions, Invited talk, Garching, Germany, October 2004.

Genzel, R.: Schwarze Löcher im Universum, public talk, MPIfR/Astronomische Institute/Universität Bonn/Deutsches Museum, Germany, October 2004.

Genzel, R.: Das Massive Schwarze Loch im Zentrum der Milchstrasse, colloquium, Ludwig-Maximilians-Universität München, Germany, October 2004.

Genzel, R.: Extragalactic Results with the Spitzer Space Telescope, invited talk, Spitzer Space Telescope Symposium, Pasadena, USA, November 2004.

Genzel, R.: Kinematics of High Redshift Galaxies, invited talk, Ringberg Symposium 'The Roles of Mergers and Feedback in Galaxy Evolution', Schloß Ringberg, Germany, November 2004.

Genzel, R.: Massive Black Holes, colloquium, Urbana Champaign, USA, November 2004.

Genzel, R.: Massive Black Holes, or: Gravity Strikes Back, public talk, Iben Lecturer's public talk, Urbana Champaign, USA, November 2004.

Genzel, R.: Spatially Resolved Galaxy Dynamics at High Redshift, Astronomy Colloquium, Caltech, Pasadena, USA, November 2004.

Genzel, R.: The Galactic Center Black Hole and the Central Star Cluster, invited talk, The XXII Texas Symposium on Relativistic Astrophysics, Stanford, USA, December 2004.

Gilbert, A.M.: Mass Loss from Embedded Clusters, invited talk, K. Johnson, University of Wisconson, Madison, WI, USA, May 2004.

Gilbert, A.M.: Massive Star Clusters, Feedback, and Superwinds, contributed talk, Starbursts from 30 Doradus to Lyman Break Galaxies, Cambridge, UK, September 2004.

Gilbert, A.M.: Massive Stellar Clusters, Feedback, and Superwinds, invited talk, SOFIA (USRA-NASA Ames), Mountain View, CA, USA, November 2004.

Haaland, S.: Orientation and motion of a discontinuity from multi-spacecraft measurements: minimum variance of current density, contributed talk, AGU Spring meeting, Montreal, Canada, May 2004.

Haaland, S.: Orientation and motion of a discontinuity from Cluster curlometer capability, contributed talk, 35th COSPAR General Assembly, Paris, France, July 2004.

Haberl, F.: Proton cyclotron absorption features in X-ray spectra of isolated neutron stars? invited talk, Topics in X-ray Astronomy, Tübingen, Germany, February 2004.

Haberl, F.: Dim Isolated Neutron Stars, invited talk, Neutron Stars: Structure and Cooling, Trento, Italy, September 2004.

Hasinger, G.: Wide Field AGN Surveys, Studies of Dark Energy & Cosmology with X-ray Surveys, invited talk, GSFC, Washington, USA, January 2004.

Hasinger, G.: Das Schicksal des Universums - Neue Erkenntnisse der Kosmologie, public talk, Deutsches Museum, München, Germany, January 2004.

Hasinger, G.: Das Schicksal des Universums - Neue Erkenntnisse der Kosmologie, public talk, Helmholtz-Vorlesung, Humboldt-Universität Berlin, Germany, January 2004.

Hasinger, G.: How do Black Holes Grow? Physikalisches Kolloquium, Universität Wuppertal, Germany, January 2004.

Hasinger, G.: Die Erde im Kosmos, Kolloquium, TU Darmstadt, Germany, January 2004.

Hasinger, G.: Das Schicksal unseres Universums, invited talk, Vorlesung im Rahmen des Studium Generale an der Universität Hohenheim, Stuttgart, Germany, January 2004.

Hasinger, G.: The Extragalactic Diffuse X-ray Background, invited talk, Symposium in honour of Professor Johan Bleeker, Amsterdam, The Netherlands, January 2004.

Hasinger, G.: The Cosmic Evolution of Active Galactic Nuclei, Topics in X-ray Astronomy, invited talk, Workshop on the occasion of R. Staubert's 65th birthday, Tübingen, Germany, February 2004.

Hasinger, G.: Das Schicksal des Universums - Neue Erkenntnisse der Kosmologie, public talk, Helmholtz-Gymnasium Potsdam, Germany, March 2004.

Hasinger, G.: Kosmische Plasmen - Neue Erkenntnisse aus der Astrophysik und aus der Kosmologie, invited talk, DPG Frühjahrstagung, Kiel, Germany, March 2004.

Hasinger, G.: Das Schicksal des Erkenntnisse der Kosmologie, public talk, Wittheit in Bremen, Bremen, Germany, March 2004.

Hasinger, G.: Das Schicksal des Universums - Neue Erkenntnisse der Kosmologie, public talk, Rotary Club München Schwabing, München, Germany, April 2004.

Hasinger, G.: Das Schicksal des Universums - Neue Erkenntnisse der Kosmologie, invited talk, piko-Auftaktveranstaltung, Humboldt-Universität Berlin Adlershof, Germany, May 2004.

Hasinger, G.: High-Energy Astronomy Facilities - With emphasis on future X-ray Satellites, invited talk, Exploring the Cosmic Frontier, Harnackhaus Berlin, Germany, May 2004.

Hasinger, G.: The Dark Universe Observatory, contributed talk, Workshop: The Dark Universe in München, Garching, Germany, May 2004.

Hasinger, G.: New developments in cosmology – The fate of the Universe, Public Lecture, Tsinghua University, Bejing, China, May 2004.

Hasinger, G.: Plans for future European and German X-ray Observatories, contributed talk, Workshop on High-Energy Astrophysics and X-ray Detectors, Beijing, China, May 2004.

Hasinger, G.: Entstehung und Entwicklung der Schwarzen Löcher im Kosmos, Physik-Kolloquium, Universität Erlangen, Germany, May 2004.

Hasinger, G.: The evolution of the X-ray luminosity function of AGN, contributed talk, Japanese-German Ringberg Workshop: X-ray Studies of Galaxy Clusters and Deep X-ray Surveys, Schloß Ringberg, Germany, May 2004.

Hasinger, G.: Das Schicksal des Universums - Neue Erkenntnisse der Kosmologie, invited talk, NRW-Akademie der Wissenschaften, Düsseldorf, Germany, June 2004.

Hasinger, G.: Das Wachstum der Schwarzen Löcher im Universum – neue Erkenntnisse der Kosmologie, Physik-Kolloquium, Halle, Germany, June 2004.

Hasinger, G.: The distant high-energy universe, invited talk, SPIE Conference: UV-Gamma Ray Space Telescope Systems, Glasgow, UK, June 2004.

Hasinger, G.: When supermassive black holes were growing: clues from deep X-ray surveys, invited talk, Growing Black Holes Conference, Garching, Germany, June 2004.

Hasinger, G.: The Growth of Black Holes in the Universe – New results and projects in X-ray Astronomy, Colloquium Villa Bosch, EML Heidelberg, Germany, July 2004.

Hasinger, G.: The origin of the X-ray background, The Quest for a Concordance Cosmology and Beyond, invited talk, IOA Cambridge, UK, July 2004.

Hasinger, G.: Das Schicksal des Universums - Neue Erkenntnisse der Kosmologie, public talk, MPE, Garching, Germany, July 2004.

Hasinger, G.: Das Schicksal des Universums - Neue Erkenntnisse der Kosmologie, public talk, Besuch des Lions Club Berlin am MPE, Garching, Germany, July 2004.

Hasinger, G.: High-Energy (X-ray/Gamma) Missions, invited talk, Summer School Alpbach 2004 – The Birth, Life and Death of Stars, Alpbach, Austria, August 2004.

Hasinger, G.: Physics of the hot evolving Universe, invited talk, ESA Cosmic Vision 2015-2025 Workshop, UNESCO Paris, France, September 2004.

Hasinger, G.: The Formation and Growth of Black Holes in the Universe - New cosmological clues, colloquium, CERN Particle Physics Seminar, Genf, Switzerland, September 2004.

Hasinger, G.: Projects at MPE, contributed talk, Project Review of the MPI-HLL, München- Neuperlach, Germany, October 2004.

Hasinger, G.: Tapping Gravitational Energy: Accretion onto Compact Stars, invited talk, TUM Advisor Seminar Introduction, Garching, Germany, October 2004.

Hasinger, G.: X-ray Survey Science, contributed talk, XMM SSC Workshop, Garching, Germany, October 2004.

Hasinger, G.: The quest for the first massive Black Holes, invited talk, Michiel van der Klis Spinoza Prize Symposium, Amsterdam, The Netherlands, November 2004.

Hasinger, G.: Anti-hierarchical evolution of the X-ray background sources, colloquium, Space Telescope Science Institute, Baltimore, USA, November 2004.

Hasinger, G.: Dark Energy - the Next Step, invited talk, NASA Headquarter, Presentation of the DUO Mission, Washington, USA, November 2004.

Hasinger, G.: Cosmic X-ray Background, invited talk, Texas Symposium, Stanford University, USA, December 2004.

Hasinger, G.: The Growth of Black Holes in the Universe, colloquium, University Santa Barbara, USA, December 2004.

Ivlev, A.V.: Ion Drag Force in Dusty Plasmas, invited talk, 31th EPS Conference on Controlled Fusion and Plasma Physics, London, UK, June 2004.

Ivlev, A.V.: Ion Drag Force in Dusty Plasmas, contributed talk, International Conference on the Physics of Dusty and Combustion Plasmas, Odessa, Ukraine, August 2004.

Jamitzky, F.: Nonlinear Dynamics of a Micro-Cantilever in Close Proximity to a Surface, contributed talk, IEEE Nano 2004, München, Germany, August 2004.

Joergens, V.: Origin of brown dwarfs, invited talk, AG Tagung, Prague, Czech Republic, September 2004.

Kanbach, G.: Multiwavelength Searches for Counterparts in three outstanding pulsar-like Gamma-Ray Sources: 3EG J2020+40 (gamCyg), 3EG J1835+59, and 3EG J0010+73 (CTA1), contributed talk, Workshop 'Rotation-powered Pulsars and their Environment', Heidelberg, Germany, April 2004.

Kanbach, G.: Development and Calibration of the tracking Compton telescope MEGA, invited talk, Fifth International Symposium on Development and Application of Semiconductor Tracking Detectors, Hiroshima, Japan, May 2004.

Kanbach, G.: Gamma Ray Pulsars: Multiwavelength Aspects and New Theoretical Concepts, invited talk, Vulcano Workshop 2004: Frontier Objects in Astrophysics and Particle Physics, Vulcano, Italy, May 2004.

Kanbach, G.: Low to medium energy gamma-ray astronomy: Status and perspectives, invited talk, Exploring the Cosmic Frontier: Astrophysical Instruments for the 21st Century, Berlin, Germany, May 2004.

Kanbach, G.: MEGA: A Next Generation telescope for Medium-Energy Gamma-Ray Astronomy, invited talk, Vulcano Workshop 2004: Frontier Objects in Astrophysics and Particle Physics, Vulcano, Italy, May 2004.

Kanbach, G.: S2-Sat Vorstellung Missions-und Systemanforderungen, invited talk, Summer School Kleinsatellitenentwurf, EADS Astrium und Lehrstuhl für Raumfahrttechnik, TUM, Garching, München, Germany, October 2004.

Kanbach, G.: The near future of low-energy gamma-ray astronomy, invited talk, Seminar Nicolaus Copernicus Astronomical Center, Torun, Poland, November 2004.

Kanbach, G.: New Insights into the Crab Pulsar: Polarization, Giant Radio Pulses, GeV emission, invited talk, MAGIC Collaboration Meeting, München, Germany, December 2004.

Khrapak, S.: Dust diffusion across a magnetic field due to random charge fluctuations, contributed talk, Workshop „Staubige Plasmen in der der Stern- und Planetenenstehung“, Schloß Ringberg, Germany, February 2004.

Khrapak, S.: Experimental determination of dust particle charge in a dc discharge plasma (PK-4), contributed talk, Workshop „Complex plasmas“, Schloß Ringberg, Germany, March 2004.

Khrapak, S.: Phase diagrams of complex plasmas, contributed talk, Third Capri Workshop on Dusty Plasmas, Capri, Italy, June 2004.

Khrapak, S.: Classification of complex plasma states in terms of the momentum transfer, contributed talk, 31th EPS Conference on Controlled Fusion and Plasma Physics, London, UK, July 2004.

Khrapak, S.: Measurement of dust particle charge in a weakly ionized plasma of a dc discharge, contributed talk, International Conference „Dusty plasmas in applications“, Odessa, Ukraine, August 2004.

Klecker, B.: Energieabhängigkeit der mittleren Ladung energetischer Ionen in Impulsiven Solaren Ereignissen, contributed talk, Arbeitsgemeinschaft Extraterrestrische Physik, Kiel, Germany, March 2004.

Klecker, B.: Energy dependent ionic charge states in impulsive solar energetic particle events: STOF measurements at low energies, contributed talk, CELIAS / PLASTIC Workshop, College Park, MD, USA, March 2004.

Klecker, B.: Strong energy dependence of the mean ionic charge of suprathermal ions in impulsive solar events, contributed talk, EGU General Assembly, Nice, France, April 2004.

Klecker, B.: Flare material in large solar energetic particle events: what does it tell us? contributed talk, 35th COSPAR General Assembly, Paris, France, July 2004.

Klecker, B.: Observation of energy-dependent ionic charge states in impulsive solar energetic particle events, contributed talk, 35th COSPAR General Assembly, Paris, France, July 2004.

Klecker, B.: Solar energetic particle composition, invited talk, Chapman Conference on Solar Energetic Plasmas and Particles, Turku, Finland, August 2004.

Komossa, S.: The extremes of X-ray variability among galaxies, contributed talk, The Interplay among Black Holes, Stars, and ISM in Galactic Nuclei, Gramado, Brazil, March 2004.

Komossa, S.: Supermassive black holes at the centers of galaxies: dormant singles and active binaries, colloquium, Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Bonn, Germany, May 2004.

Komossa, S.: Flares in the X-ray sky: tracing supermassive black holes at the centers of galaxies, invited talk, National Astronomical Observatories, NAOC, Beijing, China, June 2004.

Komossa, S.: Growing Black Holes: observational evidence for tidal disruption events and binary black holes, contributed talk, Growing Black Holes, Garching, Germany, June 2004.

Komossa, S.: The X-ray view on supermassive black holes: singles and binaries, colloquium, Astronomisches Institut, Tübingen, Germany, June 2004.

Komossa, S.: X-ray and Gamma-ray properties of AGN: results from XMM, Chandra, and INTEGRAL, invited talk, COSPAR-Symposium, Paris, France, July 2004.

Komossa, S.: Giant outbursts from the centers of galaxies: disruption of stars by supermassive black holes, invited talk, Beijing Normal University, China, July 2004.

Komossa, S.: Observational evidence for massive single and binary black holes, invited talk, Colloquium, Beijing University, Beijing, China, July 2004.

Komossa, S.: The extremes of variability among galaxies: flares from stars tidally disrupted by SMBHs, contributed talk, 6th China-Germany Workshop on Cosmology and Galaxy Formation, Tunxi, China, October 2004.

Konopka, U.: Complex Plasmas, invited talk, Frühjahrstagung der DPG, Kiel, Germany, March 2004.

Konopka, U.: Fast Coagulation and Gelation, contributed talk, Third Capri Workshop on Dusty Plasmas, Capri, Italy, May 2004.

Konopka, U.: Complex Plasmas in Magnetic Fields, contributed talk, 7th APCPST, Fukuoka, Japan, June 2004.

Konopka, U.: Fast Coagulation and Gelation, contributed talk, PKE-Nefedov Symposium, Garching, Germany, October 2004.

Kretschmer, K.: ^{26}Al spectroscopy with SPI: the challenge to detect Galactic rotation, contributed talk, 35th COSPAR Scientific Assembly, Paris, France, July 2004.

Kuster, M.: CAST-CERN Axion Solar Telescope, Catching Axions from the Sun, contributed talk, The Dark Universe in München, MPE, Garching, München, Germany, May 2004.

Kuster, M.: CAST-CERN Axion Solar Telescope, Status and Prospects, Gravitational Waves and Particle Astrophysics Detectors, SPIE, Glasgow, UK, June 2004.

Lehmann, I.: The XMM-Newton Cosmos Survey, contributed talk, Japanese-German Ringberg Workshop: X-ray Studies of Galaxy Clusters and Deep X-ray Surveys, Schloß Ringberg, Germany, May 2004.

Lehmann, I.: The XMM/COSMOS Survey, contributed talk, HST Cosmos workshop, NYC, USA, September 2004.

Lehmann, I.: The Cosmic Evolution of AGN, AIP Colloquium, Potsdam, Germany, November 2004.

Lehmann, I.: The Cosmic Evolution of AGN, contributed talk, Ringberg Workshop on AGN Physics, Schloß Ringberg, Germany, November 2004.

Lutz, D.: Constraints on unification from spectral decomposition of a large sample of AGN, invited talk, The Structure and Composition of Active Galactic Nuclei: Optical Interferometry and Adpative Optics of NGC 1068, Leiden, The Netherlands, January 2004.

Lutz, D.: Global properties of local massive star forming galaxies: Radio to infrared, invited talk, The Role of Mergers and Feedback in Galaxy Formation, Schloß Ringberg, Germany, November 2004.

Lutz, D.: Infrared constraints on dust properties and torus, invited talk, 2004 Ringberg Workshop on AGN Physics, Schloß Ringberg, Germany, November 2004.

Marghitu, O.: Stromkonfiguration in der Nähe eines Polarlichtbogens, contributed talk, AEF Tagung, Kiel, Germany, March 2004.

Marghitu, O.: CLUSTER electric field measurements in the magnetotail, contributed talk, EGU General Assembly, Nice, France, April 2004.

Marghitu, O.: CIS/CODIF moments calculation. CCAT extension package, contributed talk, CIS Meeting, Paris, France, June 2004.

Marghitu, O.: Investigation of the energy conversion in the auroral magnetosphere with conjugated CLUSTER and FAST data, contributed talk, CIS Meeting, Paris, France, June 2004.

Marghitu, O.: The anisotropy of precipitating auroral electrons: A FAST case study, contributed talk, 35th COSPAR Scientific Assembly, Paris, France, July 2004.

Meidinger, N.: CCD Detector Development for the DUO and ROSITA Mission, contributed talk, SPIE Conference, Glasgow, UK, June 2004.

Mokler, F.: Charge-induced coagulation, contributed talk, Ringberg Workshop: „Staubige Plasmen bei der Planeten- und Sternentstehung“, MPE, Schloß Ringberg, Germany, February 2004.

Mokler, F.: Ladungsinduzierte Koagulation von Staub, invited talk, 3. Workshop Planetenbildung: Das Sonnensystem und extrasolare Planeten, Münster, Germany, October 2004.

Monetti, R.: Assessing the Biomechanical Strength of Trabecular Bone in Vitro using 3D Anisotropic Non-linear Texture Measures: The Scaling Vector Method., contributed talk, SPIE Medical Imaging, San Diego CA, USA, February 2004.

Monetti, R.: Assessing the Biomechanical Strength of Trabecular Bone in Vitro using 3D Anisotropic Non-linear Texture Measures: The Scaling Vector Method., invited talk, Magnetic Resonance Science Center, Department of Radiology, UCSF, San Francisco, CA, USA, February 2004.

Monetti, R.: Detecting non-linearities in data sets. Characterization of Fourier phase maps using the Weighting Scaling Indices., contributed talk, Jahrestagung der DPG 2004, Regensburg, Germany, March 2004.

Morfill, G.: IMPF – Science and Concept, colloquium, ESTEC, The Netherlands, February 2004.

Morfill, G.: Analyse komplexer Systeme, colloquium, BASF, Münster, Germany, March 2004.

Morfill, G.: Complex Plasmas, Int. Conf. on Plasma Science, invited talk, Capri, Italy, June 2004.

Morfill, G.: Physics of Complex Plasmas, invited talk ESA-ISS Synthesis Workshop, The Netherlands, June 2004.

Morfill, G.: Liquid and Crystalline Plasma, invited talk, Int. Conf. on Complexity in Fluids and Plasmas, Marseille, France, June 2004.

Morfill, G.: New Results in Complex Plasma Research, invited talk EPS-Conference, London, UK, June 2004.

Morfill, G.: The kinetic world of complex plasmas, invited talk, ICTCP, Trieste, Italy, July 2004.

Morfill, G.: Chaos und Medizin, Festvortrag, Bayer. Chirurgenkongress, München, Germany, July 2004.

Morfill, G.: Complex Plasmas and Plasma Crystals, invited talk, EAC Symposium, Köln, Germany, September 2004.

Morfill, G.: Complex Plasmas, colloquium, Tohoku University, Japan, October 2004.

Morfill, G.: Complex Plasma Research on the ISS, invited talk, JAXA Symposium, Japan, October 2004.

Morfill, G.: Science and Utilisation of the ISS, invited talk, ESA Symposium, The Netherlands, October 2004.

Morfill, G.: Nichtlineare Dynamik in Plasmakristallen, invited talk, Universität Potsdam, Germany, November 2004.

Müller, T.G.: Asteroiden und Kometen im Infrarotweltall, public talk, Starkenburg-Sternwarte Heppenheim, Heppenheim, Germany, January 2004.

Müller, T.G.: Kleinkörper im Infrarotweltall - Thermische Beobachtungen von Asteroiden und Kometen, public talk, 7. Tagung der VdS-Fachgruppe 'Kleine Planeten', Essen, Germany, June 2004.

Müller, T.G.: The Asteroid Preparatory Programme for HERSCHEL, ASTRO-F and ALMA, invited talk, Herschel Space Observatory Calibration Workshop: Models and observations of astronomical calibration sources, Leiden, The Netherlands, December 2004.

Ott, T.: Das schwarze Loch im Zentrum unserer Milchstrasse, public talk, Tage der Schulastronomie, Jena, Germany, July 2004.

Paumard, T.: Census of the Galactic Center early type stars using spectro-imagery, invited talk, The Young Local Universe, La Thuile, Aosta Valley, Italy, March 2004.

Paumard, T.: Sgr A West: a parsec-scale reservoir for accretion onto Sgr A*, contributed talk, Growing Black Holes: Accretion in a Cosmological Context, Garching, Germany, June 2004.

Paumard, T.: The Galactic Centre in the Infrared, contributed talk, EARA Workshop 2004: Black holes, stars and galaxies: Simulations and Observations, Garching, Germany, December 2004.

Pierini, D.: Extremely red disk-galaxies at high redshift, invited talk, Staubige Plasmen in der Stern- und Planetenentstehung, Schloß Ringberg, Germany, February 2004.

Pierini, D.: The nature of the red disk-like galaxies at high redshift: dust attenuation vs. intrinsically red stellar populations, contributed talk, The Spectral Energy Distribution of Gas Rich Galaxies: confronting Models with Data, Heidelberg, Germany, October 2004.

Pietsch, W.: X-ray observations of Nearby Galaxies, invited talk, Topics in X-ray Astronomy, Workshop on the occasion of Rüdiger Staubert's 65th birthday, Tübingen, Germany, February 2004.

Pietsch, W.: X-ray source population studies in nearby galaxies, contributed talk, SIMBOL-X workshop, Paris, France, March 2004.

Poglitsch, A.: Photoconductor Array Development for PACS and FIFI LS, invited talk, Millimeter and Submillimeter Detectors for Astronomy II, Glasgow, UK, June 2004.

Pietsch, W.: XMM-Newton surveys of the source population of M 31 and M 33, contributed talk, X-ray Survey Science, workshop of the 17th XMM-Newton SSC Consortium Meeting, Garching, Germany, October 2004.

Poglitsch, A.: The Herschel Photodetector Array Camera and Spectrometer (PACS), invited talk, The Dusty and Molecular Universe. A prelude to Herschel and ALMA, Paris, France, October 2004.

Poglitsch, A.: The Photodetector Array Camera and Spectrometer (PACS) for Herschel, contributed talk, Optical, Infrared, and Millimeter Space Telescopes, Glasgow, UK, June 2004.

Poglitsch, A.: The Photodetector Array Camera and Spectrometer (PACS) for Herschel, invited talk, From Spitzer to Herschel and Beyond: The Future of Far-IR Space Astrophysics, Pasadena, USA, June 2004.

Poglitsch, A.: The Photodetector Array Camera and Spectrometer (PACS) for the Herschel Space Observatory, contributed talk, American Astronomical Society Meeting 204, Denver, USA, June 2004.

Porquet, D.: X-ray spectroscopy with XMM-Newton: from the Galactic Center to quasars, invited talk, Strasbourg, France, January 2004.

Porquet, D.: AGN: Testing general relativity (FeK line) and high resolution plasma diagnostics (Warm Absorber), Utrecht, The Netherlands, October 2004.

Pratt, G.W.: Dark matter and entropy in clusters: insights from XMM observations, contributed talk, The 7th Birmingham Extragalactic Workshop: Constructing Clusters, Birmingham, UK, June 2004.

Pratt, G.W.: Insights into dark matter and entropy distribution in poor clusters, contributed talk, COSPAR 2004 Session E1.2 Clusters of Galaxies: New Insights from XMM-Newton, Chandra and INTEGRAL, Paris, France, July 2004.

Predehl, P.: The DUO pn-CCD Camera, contributed talk, Dark Energy and Cosmology from X-ray Cluster Surveys, Washington D.C., USA, January 2004.

Predehl, P.: Dust Scattering Haloes, invited talk, Topics in X-ray Astronomy, Workshop on the occasion of R. Staubert's 65th birthday, Tübingen, Germany, February 2004.

Predehl, P.: X-ray Scattering on Interstellar Dust, invited talk, Staubige Plasmen in Sternentstehungs-gebieten, Schloß Ringberg, Germany, April 2004.

Predehl, P.: Das Zentrum unserer Milchstrasse, public talk, „Lüscher-Lectures“ Astronomie und Astrophysik, Dillingen, Germany, October 2004.

Predehl, P.: Schwarze Löcher, invited talk, Astroteil-chenschule, Obertrubach, Germany, October 2004.

Predehl, P.: Das Dunkle Universum, public talk, Volkssternwarte München, Germany, November 2004.

Räth, C.: Comparing nonlinear texture measures for quantifying trabecular bone structures using surrogates, contributed talk, SPIE Conference on Medical Imaging, San Diego, USA, February.

Räth, C.: Comparing nonlinear texture measures for quantifying trabecular bone structures using surrogates, invited talk, University of California San Francisco (UCSF), San Francisco, USA, February 2004.

Räth, C.: Application of the Minkowski functionals in 3D to high resolution MR images of the trabecular bone for the prediction of the biomechanical strength,

invited talk, Microscopy and Microanalysis, Savannah, USA, August 2004.

Samsonov, D.: Shock waves in complex (dusty) plasmas, contributed talk, The 24th International Symposium on Shock Waves, Beijing, China, July 2004.

Samsonov, D.: Vertical wave packets observed in a crystallized hexagonal monolayer complex plasma, contributed talk, Fifty-Seventh Gaseous Electronics Conference, Bunratty, Ireland, September 2004.

Scheingraber, H.: Schwarze Löcher in Galaxien, public talk, Erwachsenenbildung Pfarrei Christi Himmelfahrt, München, Germany, June 2004.

Scheingraber, H.: Kausalität und Stabilität in gekoppelten Abbildungen, colloquium, IGPP Freiburg, Freiburg, Germany, August 2004.

Scheingraber, H.: Eliteuniversitäten in Deutschland?, public talk, Freunde des Werdenfels-Gymnasiums, Garmisch, Germany, September 2004.

Scholer, M.: Understanding collisionless shocks: why we need full particle simulations, invited talk, 3rd Intern. IGPP Conference, Riverside, CA, USA, February 2004.

Scholer, M.: Collisionless magnetic reconnection in thin current sheets: results of full particle simulations, invited talk, Intern. Workshop on Explosive Phenomena in Magnetized Plasmas, Kyoto, Japan, March 2004.

Scholer, M.: Collisionless magnetic reconnection in thin current sheets with anti-parallel and sheared magnetic fields, contributed talk, 35th Cospar Scientific Assembly, Paris, France, July 2004.

Scholer, M.: Injection and acceleration of solar wind ions at Earth's bow shock, invited talk, 35th Cospar Scientific Assembly, Paris, France, July 2004.

Scholer, M.: Kinetic structure of the reconnection layer - are there slow mode shocks? invited talk, Isaac Newton Institute Program on Magnetic Reconnection Theory, Cambridge, UK, August 2004.

Scholer, M.: Bow shock science issues, invited talk, 8th Cluster Workshop, Durham, NH, USA, September 2004.

Scholer, M.: Diffuse ions upstream of the quasi-parallel Earth's bow shock, contributed talk, 8th Cluster Workshop, Durham, NH, USA, September 2004.

Scholer, M.: Cluster observations of diffuse ions upstream of the quasi-parallel Earth's bow shock, contributed talk, 6th European Workshop on Collisionless Shocks, Paris, France, November 2004.

Scholer, M.: Self-reformation and microinstabilities within the front of quasi-perpendicular collisionless shocks, invited talk, 6th European Workshop on Collisionless Shocks, Paris, France, November 2004.

Schönfelder, V.: Das Universum im Lichte von Gammastrahlung, invited talk, 5th International INTEGRAL Workshop „The INTEGRAL Universe“, München, Germany, February 2004.

Schönfelder, V.: Overview about first results from the Gamma-Ray Astronomy Mission INTEGRAL, invited talk, 5th International INTEGRAL Workshop: The INTEGRAL Universe, München, Germany, February 2004.

Schönfelder, V.: Overview about first results from the Gamma-Ray Astronomy Mission INTEGRAL, invited talk, SPIE-Conference on Astronomical Telescopes and Instrumentation, Glasgow, June 2004.

Schönfelder, V.: Overview about first results from the Gamma-Ray Astronomy Mission INTEGRAL, invited talk, ESA-Summer School, Alpbach, Austria, August 2004.

Schönfelder, V.: Gamma-Astronomie, Lehrerfortbildungsakademie, Dillingen, Germany, October 2004.

Schuecker, P.: Cosmology with Galaxy Clusters, invited talk, A Workshop on Studies of Dark Energy and Cosmology from X-ray Cluster Surveys, Greenbelt, USA, January 2004.

Schuecker, P.: New Cosmology with Galaxy Clusters, invited talk, Annual Meeting of the Astronomische Gesellschaft, Prag, Czechia, September 2004.

Schuecker, P.: Cosmology with Galaxy Clusters, invited talk, Baryons in dark matter halos, Novirad, Croatia, October 2004.

Schuecker, P.: New Cosmology with Galaxy Clusters, Grosses Physikalishes Kolloquium Köln, Germany, October 2004.

Steinle, H.: Astronomie in der Vor- und Frühgeschichte, public talk, Volkshochschule Ingolstadt, Germany, October 2004.

Strong, A.: SPI measurements of the diffuse Galactic hard X-ray continuum, contributed talk, 5th INTEGRAL Workshop, München, Germany, February 2004.

Strong, A.: What the GeV excess in diffuse Galactic gamma rays tells us about cosmic rays, contributed talk, 35th COSPAR Scientific Assembly, Paris, France, July 2004.

Strong, A.: Models for Galactic cosmic rays and gamma rays, invited talk, Cosmic-ray dynamics: from turbulent to Galactic-scale magnetic fields (NORDITA Conference), Copenhagen, Denmark, September 2004.

Strüder, L.: Hochauflösende Siliziumdetektoren für Photonen von 1 eV bis 1~MeV, invited talk, BESSY, Berlin, Germany, February 2004.

Strüder, L.: Siliziumdetektoren in der Grundlagenforschung, invited talk, Kirschhoff-Institut der Universität Heidelberg, Germany, February 2004.

Strüder, L.: The low energy detector for SIMBOL X, invited talk, Workshop im CNES, Paris, France, March 2004.

Strüder, L.: Detectors for Experiments in Space and on Earth, invited talk, Tsinghua University, Beijing, China, May 2004.

Strüder, L.: The physical limits in X-ray spectroscopy, invited talk, Chinesische Akademie der Wissenschaften, IHEP, Bejing, China, May 2004.

Strüder, L.: Instrumentation für space experiments, invited talk, Chinesische Akademie der Wissenschaften, Beijing, China, May 2004.

Strüder, L.: Imaging X-ray Spectroscopy, invited talk, EXRS Conference, Alghero, Italy, June 2004.

Strüder, L.: The DEPFET as an active pixel sensor - First measurements, contributed talk, SPIE Conference, Glasgow, UK, June 2004.

Strüder, L.: The XEUS Wide Field Imager (WFI), invited talk, SPIE Conference, Glasgow, UK, June 2004.

Strüder, L.: Wissenschaftliche Instrumente - im Himmel und auf Erden, invited talk, Forschungszentrum, Jülich, Germany, September 2004.

Strüder, L.: Semiconductor Detectors - In Heaven and on Earth, invited talk, IEEE Conference, Rome, Italy, October 2004.

Strüder, L.: High Energy Resolution X-ray Imaging at Room Temperature, invited talk, RTDS, Rome, Italy, October 2004.

Strüder, L.: Integrated electronics at cryogenic temperatures, contributed talk, Workshop „A European calorimeter for the next X-ray observatory“, Utrecht, The Netherlands, October 2004.

Strüder, L.: Pads, Strips, Pixels and Voxels, contributed talk, University Siegen, Germany, October 2004.

Strüder, L.: High speed detectors from the NIR to X-rays - in Heaven and on Earth, invited talk, MPI für Aeronomie, Lindau-Katlenburg, Germany, November 2004.

Strüder, L.: Pixel detectors for X-rays (and other ionizing radiation), contributed talk, „Newpix Workshop“, University of Bonn, Germany, November 2004.

Strüder, L.: The charge handling capacity of pnCCDs, invited talk, FRM2 of TUM, Garching, Germany, November 2004.

Szokoly, G.P.: The (Diffuse) X-Ray Background, contributed talk, CAS seminar, The Johns Hopkins University, USA, Maryland, February 2004.

Szokoly, G.P.: The (Diffuse) X-Ray Background, contributed talk, Keck Observatory, USA, Hawaii, February 2004.

Szokoly, G.P.: The (Diffuse) X-Ray Background, contributed talk, IFA, USA, Hawaii, February 2004.

Szokoly, G.P.: Optical identification of deep survey sources, contributed talk, X-ray Studies of Galaxy Clusters and Deep X-ray Surveys, Schloß Ringberg, Germany, May 2004.

Szokoly, G.P.: Cosmic evolution of AGN, contributed talk, The 2004 Ringberg Caste Workshop on AGN Physics, Schloß Ringberg, Germany, November 2004.

Tacconi, L.J.: Molecular Gas in AGN: Inward and Upward Bound, invited talk, IAU Symposium 222: The Interplay Among Black Holes, Stars and the ISM in Galaxy Nuclei, Gramado, Brazil, March 2004.

Tacconi, L.J.: CO Interferometry of Submm Galaxies, First Subarcsecond Imaging, invited talk, Theory Lunch, Astronomy Department, Berkeley, CA, USA, August 2004.

Tacconi, L.J.: Molecular Gas in Galaxy Nuclei, invited talk, ALMA Community Day 2004, ESO Garching, Garching, Germany, September 2004.

Tacconi, L.J.: Dynamics and Evolution of Ultra-luminous Mergers, invited talk, The Role of Mergers and Feedback in Galaxy Evolution, Schloß Ringberg, Germany, November 2004.

Thoma, M.H.: New Plasma States of Matter, invited talk, Frankfurt Institute for Advanced Studies, Frankfurt, Germany, March 2004.

Thomas, H.M.: PKE-Nefedov – Complex Plasma Research on the International Space Station, invited talk, 2nd International Symposium on Physical Sciences in Space, Toronto, Canada, May 2004.

Thomas, H.M.: New Results from the Microgravity Experiments, contributed talk, Third Capri Workshop on Dusty Plasmas, Capri, Italy, June 2004.

Thoma, M.H.: Ion Drag Force Measurements with PK4, invited talk, Dusty Plasmas in Application, Odessa, Ukraine, August 2004.

Treumann, R.A.: Magnetic reconnection as an energy source at extrasolar planets, invited talk, ISSI Science Team on Detection of extrasolar planets, Bern, Switzerland, March 2004.

Treumann, R.A.: The Hall-physics of reconnection, invited talk, Cospar colloquium on Critical Transition Regions in the Heliosphere, Dead Sea Resort, Israel, March 2004.

Treumann, R.A.: Reconnection, colloquium, University of Uppsala, Sweden, April 2004.

Treumann, R.A.: Microprocesses in Astroplasm-aphysics, colloquium, IRFU, University of Uppsala, Sweden, April 2004.

Treumann, R.A.: The strange physics of the magnetic mirror mode, invited talk, 4th Alfvén Conference, Beaulieu, France, April 2004.

Treumann, R.A.: The Hall-reconnection region auroral-zone connection, invited talk, International Workshop on Waves and Radiation in Geospace, Schloß Ringberg, Germany, July 2004.

Trümper, J.: Das Rätsel der Dunklen Materie, VDI/Fachhochschule Rosenheim, Germany, January 2004.

Trümper, J.E.: How X-ray Astronomy started in Germany, invited talk, International Workshop on the occasion of Prof. R. Staubert's 65th birthday „Topics in X-ray Astronomy“, University of Tübingen (IAAT), Germany, February 2004.

Trümper, J.E.: Das Rätsel der Dunklen Materie, invited talk, Physikalischer Verein, Frankfurt, Germany, May 2004.

Trümper, J.E.: Observations of Cooling Neutron Stars, invited talk, NATO ASI (Advanced Study Institute), The Electromagnetic Spectrum of Neutron Stars, Marmaris, Turkey, June 2004.

Trümper, J.E.: The Powerful New X-ray Missions, invited talk, The Twelfth UN/ESA Workshop on Basic Space Science, Beijing, China, June 2004.

Trümper, J.E.: X-ray observations of neutron stars, invited talk, Workshop on High-Energy Astrophysics and X-ray Detectors, Beijing, China, June 2004.

Trümper, J.E.: Das Rätsel der Dunklen Materie, Sternfreunde Nordenham, Germany, August 2004.

Trümper, J.E.: Freiherr Franz Xaver von Zach and the Bavarian Academy of Sciences in München, invited talk, The European Scientist, Symposium on the era and the work of Franz Xaver von Zach (1754-1832), Konkoly Observatory, Budapest, Hungary, September 2004.

Trümper, J.E.: X-ray emission from isolated neutron stars, invited talk, Neutron Stars: Structure and Cooling, International Workshop, Trento, Italy, September 2004.

Trümper, J.E.: Progress and puzzles in neutron stars physics, invited talk, Astronomy Conference Cosmology and High Energy Astrophysics (Zeldovich-90"), Space Research Institute, Moscow, Russland, December 2004.

Volwerk, M.: Bursty Flow Induced Low Frequency Waves in the Plasma Sheet, contributed talk, EGU General Assembly 2004, Nice, France, April 2004.

Volwerk, M.: Fast flows in the current sheet: Wave activity and turbulence, invited talk, Alfven Workshop 2004, Beaulieu sur Mer, France, April 2004.

Volwerk, M.: Fast flows in the current sheet: Wave activity and turbulence, contributed talk, Problems in Geocosmos 5, St. Petersburg, Russia, May 2004.

Volwerk, M.: Europa's Interaction With Jupiter's Magnetosphere: The Wake Region, contributed talk, 35th COSPAR Scientific Assembly, Paris, France, July 2004.

Volwerk, M.: Flow Burst Induced Large Scale Plasma Sheet Oscillation on August 12, 2001, contributed talk, 35th COSPAR Scientific Assembly, Paris, France, July 2004.

von Kienlin, A.: Search for ^{44}Ti gamma-ray line emission from GRO J0852-4642 with INTEGRAL/SPI, contributed talk, 5th INTEGRAL Workshop, „The INTEGRAL Universe“, München, Germany, 16 - 20 February 2004.

von Kienlin, A.: Spektrometrie im Weltraum, public talk, Schülervortrag am Theresien-Gymnasium Ansbach, Germany, March 29, 2004.

Zhdanov, S.: Inhomogeneity Effects in Complex Plasmas, invited talk, Workshop on Complex Plasmas, Schloß Ringberg, Germany, March 2004.

Zhdanov, S.: Walking through walls? Not impossible, invited talk, PKE-Nefedov Symposium, MPE-CIPS, Garching, Germany, September 2004.

4.7 DISSERTATIONEN

Barden, M.: The Evolution of the Tully-Fisher Relation at Redshift z~1. LMU München 2004.

Dannerbauer, H.: Identification of Sources in MAMBO 1.2mm Deep Fields. LMU München 2004.

Kuster, M.: Combined spectral and temporal analysis of a Her X-1 Turn-On. Institut für Astronomie und Astrophysik. Tübingen 2004.

Pahlke, A.: Strahlenhärte von Strahlendetektoren. Universität Regensburg 2004.

Rabien, S.: Atmospheric Turbulence Compensation with Laser Phase Shifting Interferometry. LMU München 2004.

Schödel, R.: High Resolution Near-Infrared Imaging Observations of the Galactic Centre. LMU München 2004.

4.8 DIPLOMARBEITEN

Trippe, S.: Der Sternhaufen im Galaktischen Zentrum. LMU 2004.

Schegerer, A.: Kalibration des abbildenden Spektrometers SPIFFI und die Auswertung der Emissionsliniengalaxie J1143-803. TUM München 2004.

4.9 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

Seminar zur Fragen der Astrophysik: Forged in Nuclear Fire: The making of the Chemical Elements, mit Greiner, Hasinger, Hillebrandt, Janka, Müller (SS 04/05)

Advisor-Seminar Astrophysik, TUM Tapping Gravitational Energy: Accretion onto Compact Stars, mit Greiner, Hasinger, Hillebrandt, Janka, Müller (WS 04/05)

Advisor-Seminar Astrophysik, TUM Observations and Physics of Gamma Ray Burst, mit Greiner, Hasinger, Hillebrandt, Janka, Müller, Schönfelder (WS 03/04)

Vorlesung „Observational High-Energy Astrophysics“, mit Greiner (SS 04)

Hasinger/Becker

Weiße Zwerge, Neutronensterne und Schwarze Löcher (WS 04/05)

Einführung in die Astrophysik (WS 04/05)

Ludwig-Maximilian-Universität München

Annaratone

Low Temperature Plasma Physics (WS 03/04)

Bender

Einführung in die Astronomie und Astrophysik I (SS 04)

Astronomisches Hauptseminar zur Astrophysik (SS 04)
Astrophysikalisches Praktikum „A“ und Übungen (SS 04).
Astronomisches Kolloquium (SS 04)
Extragalactic Group Seminar (SS 04)
Extragalactic Journal Club (SS 04)
Einführung in die Astronomie und Astrophysik II (WS 04/05)
Astronomisches Hauptseminar zur Astrophysik (WS 04/05)
Astrophysikalisches Praktikum “A” und Übungen (WS 04/05)
Astronomisches Kolloquium (WS 04/05)
Extragalactic Journal Club (WS 04/05)
Extragalactic Group Seminar (WS 04/05)

Becker
Gravitationswellen und deren Nachweis (SS 04)

Böhringer
Galaxienhaufen (SS 04)

Jamitzky
Mathematische Methoden und Rechnersimulation in den Nanowissenschaften (WS 03/04)
Mathematische Methoden und Rechnersimulation in den Nanowissenschaften (SS 04)
Datenverarbeitung in den Geowissenschaften (WS 04/05)

Scholer.
Dynamotheorie (SS 04)
Plasmaphysik I (WS 04/05)

Thoma
Flüssige und Kristalline Plasmen, mit H. Thomas (SS 04)

Treumann
Plasmaphysik I (WS 03/04)
Plasmaphysik II (WS 04/05)
Oberseminar extraterrestrische Physik (WS 03/04)
Oberseminar extraterrestrische Physik (SS 04)
Plasmaphysik II (SS 04)
Elektrodynamik für Geophysiker I (WS 03/04)
Elektrodynamik für Geophysiker II (SS 04)
Einführung in die Extraterrestrische Geophysik (SS 04)
Festkörperphysik für Geophysiker (WS 04/05)
Übungen zur Festkörperphysik für Geophysiker (WS 04/05)

Johann Wolfgang v. Goethe-Universität Frankfurt a. M.

Boller
Einführung in die Astrophysik I (WS 03/04)
Einführung in die Astrophysik II (SS 04)
Einführung in die Astrophysik I (WS 04/05)
Spezialvorlesung Astrophysik (WS 04/05)

Physikalisches Institut der Universität Münster

Schuecker
Kosmologie (WS 03/04)
Experimentelle Astrophysik (SS 04)

University of Padova

Boller
High-Energy Astrophysics (WS 03/04)

Universität Siegen

Strüder
Imaging Detectors (WS 04/05)

Universität Ulm

Boese
Wavelets in der Statistik (SS 04)
Ungleichungen in der Analysis (WS04/05)

IMPRS for Astrophysics, MPE Garching

Becker
IMPRS Studenten Seminar (WS 03/04)
IMPRS Studenten Seminar (SS 04)
IMPRS Studenten Seminar (WS 04/05)

Bender mit Saglia
Introductory Course (WS 04/05)

Böhringer
IMPRS Introduction to Cosmology (WS 03/04)
IMPRS The Inhomogeneous Universe (WS 04/05)

Boller
AGN Astrophysics (WS 03/04).

Genzel/Hasinger
Advanced Course 1: Experimental Astrophysics (WS 03/04)

Sommerakademie der Studienstiftung des deutschen Volkes

Genzel
Massive Schwarze Löcher und Galaxien: Entstehung, Entwicklung und Wechselwirkung (SS 04)

Center for Excellence of Plasma Science and Technology, Ruhr-University Bochum, European Maria Curie Training Course

Konopka
Summer School „Low Temperature Plasma Physics: Basics and Applications“: Plasma Crystalls (SS 04)

4.10 SEMINARE UND WORKSHOPS / SEMINARS AND WORKSHOPS

From Spitzer to Herschel and Beyond: The Future of Far-IR Space Astrophysics, Pasadena, USA, 7.6. - 10.6.2004, Organisation: H. Yorke, D. Benford, C. Beichman, A. Blain, J. Bock, M. Bradford, M. DiPirro, J. Dooley, M. Dragovan, J. Fischer, K. Ganga, V. Gorijian, T. de Graauw, M. Griffin, P. Harvey, M. Harwit, G. Helou, L. Hillenbrand, C. Lawrence, D. Leisawitz, D. Lester, A. Maynzer, J. Mather, T. Matsumoto, G. Melnick, R. Menzies, L. Mundy, T. Nakagawa, J. Pearson, T. Phillips, G. Pilbratt, A. Poglitsch, G. Rieke, B. Schulz, P. Shirron, G. Stacey, L. Storrie-Lombardi, M. Werner and J. Zmuidzinas.

UV and Gamma-Ray Space Telecope Systems, Glasgow, UK, 21.6.-24.6.2004, Organisation: G. Hasinger und M.J.L. Turner,.

The Dusty and Molecular Universe - A prelude to Herschel and ALMA, Paris, France, 27.9. - 29.9.2004, Organisation: P. Barthel, D. Bockelee-Morvan, J. Cernicharo, F. Combes, P. Cox, T. de Graauw, P. Encrenaz, M. Gerin, M. Griffin, P. Harvey, M. Harwit, E. Lellouch, K. Menten, G. Pilbratt, A. Poglitsch, J.-L. Puget, J. Richer, J. Tauber, P. van den Bout, E. van Dishoeck, T. Wilson and A. Wootten.

Cospar colloquium on Dynamical processes in Critical Regions in the Heliosphere, Dead Sea Resort, Israel, 3.-10.3.2004, Organisation: R.A. Treumann (convener), M.Gedalin and M. Balikhin.

International Workshop on Waves and Radiation in Geospace, Schloß Ringberg, Germany, 11.-14.7.2004, Organisation: R.A. Treumann and J. LaBelle.

Sources of Cosmic Rays in the Galaxy, 35th COSPAR Scientific Assembly, E1.6, Paris, France, 18.7-25.7.2004, Organisation: Binns W., R. Streitmatter, L. Drury, R. Mewaldt, V. Ptuskin, M. Ricci, A. Strong, S. Torii.

The Role of Mergers and Feedback in Galaxy Formation, Schloß Ringberg, Germany, 31.10.-6.11.2004, Organisation: L.J. Tacconi, D. Lutz, R. Genzel and M. Lehnert.

The 2004 Ringberg Workshop on AGN Astrophysics, Schloß Ringberg, Germany, 21.11.-25.11.2004, Organisation: Th. Boller, W.N. Brandt, A.C. Fabian, S. Kahn, Y. Tanaka, B. Peterson, P. Hall, and B. Wilkes.

35th COSPAR SCIENTIFIC ASSEMBLY PARIS, FRANCE, 18 - 25 JULY 200; E1.5 INTEGRAL: New Perspectives for Astrophysical Nucleospectroscopy, Paris, France, 18.07.-25.07. 2004, Organisation: R. Diehl, N. Prantzos and P. von Ballmoos.

The 5th INTEGRAL Workshop „The INTEGRAL Universe“, München, 16.2.-20.2.2004, Organisation: G. Lichti, V. Schönfelder and C. Winkler.

CIPS Low Temperature Plasma Seminars, Garching, Germany, CIPS seminar room D2, 10.45-11.45, Organisation: W. Jacob and B.M. Annaratone.

Japanese-German Ringberg Workshop „X-ray Studies of Galaxy Clusters and Deep X-ray Surveys“, Schloß Ringberg, Germany, 2.5.-5.5.2004, Organisation: H. Böhringer and G. Hasinger.

Project review of the MPU Semiconductor Laboratory, HLL München, Germany, 11-10.2004, Organisation: L. Strüder.

PhDnet Meeting 2004, MPE, Garching, 27.10.-29.10.2004, Organisation: F.M. Mokler, B.P. Posselt and PhD representatives of other MPIs in München.

Staubige Plasmen in der Stern- und Planetenentstehung, Schloß Ringberg, Germany, 25.02.-27.02.2004, Organisation: F.M. Mokler, R.N. Neuhäuser, G.W. Wuchterl and G.E.M. Morfill

4.11 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 2004 fanden zwölf 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.

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 2004, 12 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).

5 PERSONAL, PROJEKTE, KOLLABORATIONEN / PERSONNEL, PROJECTS, COLLABORATIONS

5.1 PERSONAL / PERSONNEL

Direktoren / Directors

Prof. Dr. R. 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 (Geschäftsführung)
Prof. Dr. G. Hasinger, Röntgen- und Gamma-Astronomie
Prof. Dr. G. Morfill, Theorie, Nichtlineare Dynamik, komplexe Plasmen
Prof. Dr. G. Haerendel (emeritiertes wiss. Mitglied)
Prof. Dr. R. Lüst (emeritiertes wiss. Mitglied)
Prof. Dr. J. Trümper (emeritiertes wiss. Mitglied)

Direktionsassistent / Manager's Assistant

Dr. H. Scheingraber

Wissenschaftlicher Sekretär / Scientific Secretary

Dr. W. Collmar bis 31.10.04
Dr. W. Brinkmann seit 1.11.04

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, Staatssekretät im BMBF, Berlin
H.-J. Dürrmeier, Vorsitzender der Gesellschafterversammlung 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. Davies, Oxford University (UK)
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. P. Henry, University of Hawaii (USA)
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. F. Martins, Observatoire Midi-Pyrénées (France)/ Geneva Observatory (Switzerland)
Dr. V. Yaroschenko, Universiteit Gent (Belgium)

MPE Senior Research Fellow

Dr. D. Porquet

Wissenschaftliche Auszeichnungen, Berufungen / Scientific Honours, Appointments

Treumann, R.: Prix Gay-Lussac-Humboldt, French Government, Paris, March 2004.
Paschmann, G.: Ehrendoktor (Dr.h.c.) der Fakultät für Geowissenschaften der Ludwig-Maximilians-Univer sität München, November 2004.
Genzel, R.: Iben Lecturer 2004, University of Illinois, Champaign, USA, November 2004.
Hasinger, G.: Gottfried Wilhelm Leibniz Preis 2005, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Dezember 2004.
Boller, T.: Ruf als APL Professor an die Universität Padova, Dezember 2004.

5.1.1 Wissenschaftliche Arbeitsgruppen / Science Groups

Physik des Erdnahen Weltraums

Bouhram, Dr. M. bis 31.8.04 (Plasmaphysik)
Förster, Dr. M. (Plasmaphysik)
Georgescu, Dipl.-Phys. E. (Plasmaphysik)
Haaland, Dr. S.[3] (Plasmaphysik)
Hasegawa, Dr. H.[3] 1.6.-6.8.04 (Plasmaphysik)
Höfner, Dipl.-Phys. H. bis 30.6.04 (Plasmaphysik)
Ilie, D. seit 15.10.04 (Plasmaphysik)
Klecker, Dr. B. (Plasmaphysik)
Kletzing, Prof. Dr. C. 5.7.-6.8.04 (Plasmaphysik)
La Belle, Prof. J. 1.-31.7.04 (Plasmaphysik)
Leistner, Dipl.-Phys. G. (DV, Plasmaphysik)
Marghitu, Dr. O. bis 15.6.04, seit 4.11.04 (Plasmaphysik)
Mishin, Prof. V. 15.7.-5.8.04 (Plasmaphysik)
Onishchenko, Dr. O. 19.11.-23.12.04 (Plasmaphysik)
Paschmann, Dr. G.[2] bis 30.6.04 (Plasmaphysik)
Pokhotelov, Prof. O. 19.11.-23.12.04 (Plasmaphysik)
Snekvik, C. 4.-15.10.04 (Plasmaphysik)
Volwerk, Dr. M.[1] (Plasmaphysik)
Zanker-Smith, J. (Teamassistentin, Plasmaphysik)

Doktoranden / Diplomanden
(Bereich und Betreuer in Klammern)

Blagau, A.[7] seit 1.11.04(Plasmaphysik; Klecker)
Kis, A.[7] (Plasmaphysik; Scholer)

Infrarot- und Sub-mm-Astronomie

Abuter, Dr. R. (SPIFFI, PARSEC)
Alvarez, Prof. Dr. J.L.[10] bis 25.9.04 (PARSEC)
Baker, Dr. A.[3] bis 3.9.04 (extragalaktische Beobachtungen)
Bauer, Dipl.-Phys. O.H. (Herschel, ISO)
Berg von, Dr. M. (Herschel)
Bickert, Dipl.-Phys. K. (Herschel)
Casey, M.[11] 21.6.-20.8.04 (SOFIA)
Cesarsky, Dr. D.[10] (Herschel)
Contursi, Dr. A. (Herschel)
Davies, Dr. R. (PARSEC)
Eisenhauer, Dr. F. (SPIFFI)
Feuchtgruber, Dipl.-Phys. H. (Herschel, ISO)
Förster-Schreiber, Dr. N. seit 1.3.04 (extragalaktische Beobachtungen)
Geis, Dr. N. (Herschel, SOFIA)
Gemperlein, H. (LUCIFER)
Gilbert, Dr. A. (extragalaktische Beobachtungen, SPIFFI)
Gillessen, Dr. S. seit 1.10.04 (LUCIFER, Galakt. Zentrum)
Harai-Ströbl, S. (Sekretariat Direktorium)
Hofmann, Dr. R. (NIR)
Horrobin, Dr. M. (SPIFFI)
Igl, Dipl-Phys. G. (Herschel)
Jaffe, Prof. Dr. D.[10] 1.-30.6.04 (Sternentstehung)
Katterloher, Dr. R. (Herschel)
Kleiser, A.[2] (Herschel)
Klein, Dr. R. (SOFIA)
Krombach, H. (Sekretariat Herschel-PACS)
Kornberg, Dr. M. (Herschel)
Lehnert, Dr. M. (extragalaktische Beobachtungen)
Li, Dr. J.[3] bis 31.1.04 (PARSEC)
Lutz, Dr. D. (Herschel)
Martins, Dr. F. seit 9.10.04 (Galakt. Zentrum)
McClinton, B.[11] 21.6.-20.8.04 (Galaxyiendynamik)
Müller, Dr. T. (Herschel)
Netzer, Prof. Dr. H.[10] 23.6.-23.7.04 (Galakt. Kerne)
Osterhage, S. (Herschel)
Paumard, Dr. T. (Galakt. Zentrum)
Poglitsch, Dr. A. (Herschel, SOFIA)
Raab, Dipl.-Phys. W. (SOFIA)
Rabien, Dipl.-Phys. S (PARSEC, adaptive Optik)
Saykally, Prof. Dr. R.[4] 1.-31.7.04 (Interstellare Chemie, Sternentstehung)
Schubert, Dr. J. (Herschel)
Seidenschwang, K.[2] (Herschel)
Smylie, Dr. M. bis 30.6.04 (GaAs)
Sternberg, Prof. Dr. A.[10] 16.6-14.7.04 (Galakt.Zentrum)
Sturm, Dr. E. (ISO, Herschel)
Tacconi, Dr. L. J. (Sub-mm/mm, Galakt. Kerne)
Tomono, Dr. D.[3] bis 22.1.04 (KMOS)
Verma, Dr. A. (ISO)
von Karsa, C.F.[11] 14.6.-30.7.04 (Herschel)
Wetzstein, Dr. M. (Herschel)
Wildgruber, G. (Herschel)
Zeh, A.[11] bis 15.9.04 (LUCIFER)

Doktoranden / Diplomanden
(Bereich und Betreuer in Klammern)

Cresci, G.[Uni Firenzc] seit 1.7.04 (adapt. Optik; Davies)
Dasyra, Dipl.-Phys. K.[13/7] (Galaxiendynamik; Tacconi)
Harayama, Dipl.-Phys. Y.[13/7] (KMOS; Hofmann)
Hönle, Dipl.-Phys. R.[7] (FIFI-LS; Poglitsch)
Iserlohe, Dipl.-Phys. C.[7] bis 31.1.04 (SPIFFI; Eisen hauer/Tacconi)
Müller-Sanchez, F. [13/7] seit 1.9.04 (NIR-Instrumentierung; Eisenhauer)
Nesvadba, Dipl.-Phys. N.[7] (Galaxiendynamik; Lehnert)
Schegerer, A.[8] bis 20.1.04 (SPIFFI; Eisenhauer)
Schweitzer, Dipl.-Phys. M. [7] seit 1.5.04 (FIFI-LS; Poglitsch/Sturm)
Trippe, S.[7] (Galakt. Zentrum; Genzel)
Valiante, Dipl.-Phys. E.[13/7] seit 1.9.04 (IR-Galaxien; Lutz/Sturm)
Viehhauser, Dipl.-Phys. W.[7] (FIFI-LS; 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, XMM-Newton, IMPRS)
Blenniger, T.[9] 2.-31.8.04 (Datenzentrum)
Boese, Dr. G. (ROSAT)
Boller, Dr. T. (ROSAT, XMM-Newton, XEUS)
Bräuninger, Dr. H.[1] (XEUS, CAST)
Briel, Dr. U.G. (ROSAT, XMM-Newton, ROSITA)
Brunner, Dr. H. (XMM-Newton)
Brusa, Dr. M. seit 1.8.04 (XMM-Newton)
Budau, B. (PANTER)

Burkert, Dr. W. (PANTER, Chandra, XEUS, ROSITA, SWIFT)
Burwitz, Dr. V. (Chandra, ROSAT, XMM-Newton)
Dennerl, Dr. K. (ROSAT, XMM-Newton)
Donnert, J.[9] 15.2.-15.4. und 20.9.-19.10.04 (PUMA)
Englhauser, Dr. J. bis 30.6.04 (HLL, XMM-Newton, ROSITA)
Falke, L.[2] (ROSAT, XMM-Newton)
Frankenhuizen, W. (Sekretariat Trümper)
Freyberg, Dr. M. (PANTER, ROSAT, ROSITA, XMM-Newton)
Friedrich, Dr. P. (ROSITA, XEUS)
Gallo, Dr. L. seit 1.10.04 (XMM-Newton)
Geppert, Dr. U. seit 1.12.04 (XMM-Newton)
Gruber, Dr. R. (ROSAT, 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] 13.5.-10.9.04 (ROSAT, XMM-Newton)
Herrmann, S. (HLL, XEUS, DUO)
Hirschinger, M.[2] (XMM-Newton, PUMA, ROSITA)
Ihle, S.[11] seit 4.11.04 (PUMA)
Klotz, R. 15.3.-23.4. und 23.7.-24.9.04 (HLL)
Komossa, Dr. S. (ROSAT, Chandra, XMM-Newton)
Kraus, M.[9] 1.-31.8.04 (PUMA)
Kruber, S.[11] 13.4-31.12.04 (Staubstreu-Halos)
Kuster, Dr. M. (HLL, CAST)
Lange, R.[2] (ROSAT, XMM-Newton, ROSITA)
Lehmann, Dr. I. (XMM-Newton)
Lemson, Dr. G. (GAVO)
Mainieri, Dr. V. (XMM-Newton, Chandra)
Matute, Dr. I. (XMM-Newton)
Meidinger, Dr. N. (HLL, XMM-Newton, XEUS, ROSITA)
Meyne, B. (Sekretariat Direktorium)
Miessner, D. (HLL)
Miyaji, T.[11] 20.6.-17.7.04 (XMM-Newton, Chandra)
Pfeffermann, Dipl.-Phys. E. (ROSAT, XMM-Newton, ROSITA)
Pietsch, Dr. W. (ROSAT, XMM-Newton)
Porquet, Dr. D.[3] (XMM-Newton, Chandra)
Predehl, K.[11] bis 13.2.04, 19.4-31.8.04 (HLL)
Predehl, Dr. P. (ROSAT, Chandra, XMM-Newton, PUMA, ROSITA)
Schaller, G. (HLL, XEUS)
Schopper, Dr. F. (HLL, XEUS, ROSITA)
Shen, Dr. S.[3] (SDSS, ROSAT)
Silverman, Dr. J. seit 6.9.04 (XMM-Newton)
Strüder, Prof. Dr. L. (HLL, XMM-Newton, ROSITA, DUO, XEUS)
Szokoly, Dr. G.[3] (XMM-Newton, Chandra)
Tanaka, Prof. Dr. Y.[10] (ROSAT)
Treis, Dr. J. (HLL, XEUS)
Trill, M.[11] 3.3.-30.4. und 10.5.-31.7. 04 (Chandra)
Trinchieri, Dr. G. 19.-30.7.04 (XMM-Newton, Chandra)
Ueda, Y.[11] 4.-17.7.04 (XMM-Newton, Chandra)
Voges, Dr. W. (ROSAT, SWIFT, GAVO)
Xu, Dr. D.[11] 2.9.-29.11.04 (ROSAT, Chandra)
Zavlin, Dr. V. bis 31.3.04 (ROSAT, XMM-Newton)
Zimmermann, Dr. H.-U. bis 31.7.04 (ROSAT, XMM-Newton)

Doktoranden / Diplomanden
(Bereich und Betreuer in Klammern)

Balestra, Dipl.-Phys. I.[13/8] seit 1.9.04 (XMM-Newton; Boller)
Bauer, Dipl.-Phys. M.[8] seit 1.9.04 (XMM-Newton; Pietsch)
Braig, Dipl.-Phys. C.[7] (höchstauflösende Abbildungen im Röntgenbereich; Predehl)
Cappeluti, Dipl.-Phys. N.[13/8] seit 1.9.04 (XMM-Newton; Hasinger)
Costantini, Dipl.-Phys. E.[13/7] bis 17.2.04 (Chandra; Predehl)
Fan, Dipl.-Phys. Y.[7/13] (Chandra; Komossa)
Gallo, Dipl.-Phys. L.[7/13] bis 30.9.04 (ROSAT/SLOAN; Boller)
Guglielmetti, Dipl.-Phys. F.[7/13] (ROSAT; Voges/Boese)
Heß, S.[Uni Frankfurt] bis 5.11.04 (XMM-Newton; Boller)
Howaldt, C.[7] seit 24.11.04 (XMM-Newton; Becker)
Hui, D.[13/7] seit 1.9.04 (XMM-Newton, Chandra; Becker)
Keil, Dipl.-Phys. R. [Uni. Hamburg] bis 31.10.04 (XMM-Newton; Boller)
Kimmel, Dipl.-Phys. N.[Uni Siegen] (XEUS, Mesh-Exp.; Strüder)
Mendes, P.[7] (XMM-Newton; Freyberg)
Misanovic, Dipl.-Phys. Z.[7/13] (XMM-Newton; Pietsch)
Öztürk, C.[Uni Siegen] seit 1.04.04 (Siliziumdriftdetektoren; Strüder)
Pfefferkorn, Dipl.-Phys. F.[7] (wechselwirkende Galaxien; Boller)
Pittroff, L.[13/7] (Supernova-Überreste; Aschenbach)
Porro, M.[Politecnico di Milano] (Rotor-Elektronik; Strüder)
Posselt, Dipl.-Phys. B.[Uni Jena] (ROSAT, XMM-Newton, SLOAN; Haberl/Voges)
Stadlbauer, Dipl-Phys. T.[7] bis 30.9.04 (Supernovaüberreste; Aschenbach)
Streblyanskaya, Dipl.-Phys. A.[13/7] (XMM-Newton; Hasinger)
Vongehr, M. [Rheinahr-Campus Remagen] seit 1.9.04 (EUV-Kollektor; Predehl)
Wölfel, Dipl.-Phys. S.[Uni Siegen] seit 1.06.04 (XEUS; Strüder)
Zhang, C.[Tsinghua Uni. Peking] seit 1.9.04 (Makropixel, Strüder)

Gamma-Astronomie

Atreya, P.[11] 14.6-30.6.04 (COMPTEL)
Diehl, Dr. R. (INTEGRAL, GLAST-BM, COMPTEL)
Dörfel, M.[9] 1.3.-15.4.04 (INTEGRAL)
Greiner, Dr. J. (GROND, SWIFT, GLAST-BM)
Halloin, H.[11] seit 1.1.04 (INTEGRAL)
Hartmann, D.[11] 28.5.-11.6.04 (INTEGRAL/MEGA)
Iyudin, Dr. A. bis 31.8.04 (COMPTEL)
Kanbach, Dr. G. (MEGA, OPTIMA, EGRET)
Kienlin von, Dr. A. (GLAST-BM, INTEGRAL)
Kretschmar, Dr. P. (INTEGRAL Science Data Center)
Kretschmer, K.[11] bis 31.3.04 (INTEGRAL)
Lamprecht, M.[9] bis 10.9.04 (Sekretariat)
Lang, M.[11] seit 2.11.04 (INTEGRAL)
Lerusse, L. (INTEGRAL)
Lichti, Dr. G.G. (GLAST-BM, INTEGRAL)

Mayer-Haßelwander, Dr. H.A. (GROND, GLAST, EGRET)
Moskalenko, Dr. I.[3] (Theorie)
Nedyalkov, S.[11] 15.6.-15.8.04 (GROND)
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)

Doktoranden / Diplomanden
(Bereich und Betreuer in Klammern)

Ajello, Dipl.-Phys. M.[8/13] (MEGA; Kanbach)
Andritschke, Dipl.-Phys. R.[8] (MEGA; Kanbach)
Ciemniak, C.[8] seit 8.11.04 (INTEGRAL; Diehl)
Clemens, Chr.[8] bis 30.11.04 (GROND; Greiner)
Kretschmer, Dipl.-Phys. K.[8] (INTEGRAL; Diehl)
Küpcü Yoldas, Dipl.-Phys. A.[8/13] seit 1.8.04 (GROND; Greiner)
Rau, Dipl.-Phys. A.[13/8] (INTEGRAL, GROND; Lichti/Greiner)
Rodriguez, Dipl.-Phys. D.[10] (INTEGRAL; Diehl)
Stefanescu, Dipl-Phys. A.[8] seit 17.5.04 (OPTIMA; Kanbach)
Steiner, I.[Uni Dortmund] seit 1.6.04 (GROND; Greiner)
Thöne, C.[8] seit 1.5.05 (GROND; Greiner)
Wang, W.[13/8] seit 8.9.04 (INTEGRAL; Diehl)
Zoglauer, Dipl-Phys. A.[8] (MEGA; Kanbach)

Theorie

Annaratone, Dr. B. (komplexe Plasmen)
Aschenbrenner, Dr. T. (Komplexitätsanalyse)
Böhringer, Dr. H. (extragalaktische Astrophysik)
Bouy, H.[11] 1.1.-1.11.04 (komplexe Plasmen)
Brinkmann, Dr. W. (extragalaktische Astrophysik)
Bryant, Dr. P.[3] bis 31.8.04 (komplexe Plasmen)
Bunk, Dr. W. (Med. Forschung, Komplexitätsanalyse)
Collmar, E.[2] (Sekretariat Projekte)
Dum, Dr. C. bis 30.6.04 (Plasmaphysik)
Finoguenov, Dr. A.[3] (extragalaktische Astrophysik)
Goldbeck, D.-D.[9] bis 31.3.04 (CIPS)
Höfner, Dipl.-Phys.H. ab 1.7.04 (komplexe Plasmen)
Huber, P.[11] seit 10.5.04 (komplexe Plasmen)
Ivlev, Dr. A.[3] (komplexe Plasmen)
Jamitzky, Dr. F. (Komplexitätsanalyse)
Javanovich, Dr. D.[11] 1.9.-31.11.04 (CIPS)
Khrapak, Dr. S.[3] (komplexe Plasmen)
Klumov, Dr. B.[3] (komplexe Plasmen)
König, Dipl.-Phys. B. bis 31.8.04 (Sternentstehung)
Konopka, Dr. U. (komplexe Plasmen)
Koutepov, Dr. A. bis 31.10.04 (komplexe Plasmen)
Kretschmer, Dr. M. (komplexe Plasmen)
Langer, A. (Sekretariat Direktorium)
Mamun, Prof. Dr. A. 1.1.-31.3. und 10.-25.6.04 (CIPS)
Marcotte, O.[9] seit 18.11.04 (komplexe Plasmen)
Matsukiyo, Dr.S. bis 18.6.04 (Plasmaphysik)
Mikova, A.-B.[9] 12.1-31.3.04 (komplexe Plasmen)
Mokler, Dr. F. (Plasma-Astrophysik)
Monetti, Dr. R. (Komplexitätsanalyse, Tandem Projekt)
Peçnik, Dipl.-Phys. B.[11] bis 30.11.04 (Sternentstehung)
Pilipp, Dr. W. bis 30.6.04 (komplexe Plasmen)
Pompl, Dr. R. (Komplexitätsanalyse)
Pratt, Dr. G. (extragal. Astrophysik)
Quinn, Dr. R.[3] bis 29.2.04 (komplexe Plasmen)
Räth, Dr. Ch. (Komplexitätsanalyse)
Ratynskaia, Dr. S. (komplexe Plasmen)
Rubin-Zuzic, Dr. M. (komplexe Plasmen)
Samsonov, Dr. D.[3] (komplexe Plasmen)
Schächner, G.[9] 1.-31.3.04 (CIPS)
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)
Tsytovitch, Prof. Dr. V. bis 24.4.04, 30.5.-3.8.04 (komplexe Plasmen)
Uchida, Dr. G. (komplexe Plasmen)
Vladimirov, Dr. S.[14] 1.7.-30.9.04 (komplexe Plasmen)
Wang, Prof. T.[11] 1.8.-31.10.04 (extragal. Astrophysik)
Wiekenberg, M.[9] seit 1.9.04 (CIPS)
Wuchterl, Dr. G.[3] bis 30.5.04 (Stern-u. Planetenentstehung)
Xue, Dr. Y.-J. bis 31.3.04 (extragal. Astrophysik)
Yaroschenko, Dr. V. (komplexe Plasmen)
Zhdanov, Dr. S. (komplexe Plasmen)

Doktoranden / Diplomanden
(Bereich und Betreuer in Klammern)

Antonova, Dipl.-Phys. T.[7] seit 4.3.04 (komplexe Plasmen; Annaratone)
Arevalo, P.[7/13] (AGN; Brinkmann)
Faßbender, Dipl.-Phys. R.[13/8] seit 1.1.04 (extragalaktische Astrophysik; Böhringer)
Ferrero, Dipl.-Phys. E.[7/13] bis 31.10.04 (AGN; Brinkmann)
Fink, Dipl.-Phys. M.[7] (komplexe Plasmen; Morfill)
Gonzales, Dipl.-Phys. E.[7] (komplexe Plasmen; Morfill)
Huber, Dipl.-Phys. M.[7] bis 29.2.04 (extragal. Astrophysik; Schuecker)
Huber, Dipl.-Phys, P.[7] seit 10.5.04 (komplexe Plasmen; Morfill)
Jaroschek, Dipl.-Phys. C.[7/13] bis 30.4.04 (Plasma-Astrophysik; Treumann)
Johnson, Dipl.-Phys. L.[Auburn University] seit 1.10.04 (komplexe Plasmen; Morfill)
Knapek, Dipl.-Phys. Ch.[8] seit 26.5.04 (komplexe Plasmen; Morfill)
Kompaneets, Dipl.-Phys. R.[8] seit 1.9.04 (komplexe Plasmen; Morfill)
Mimica, Dipl.-Phys. P.[7/13] bis 30.8.04 (Plasma-Astrophysik; Brinkmann)
Nodes, Dipl.-Phys. Ch.[7/13] bis 31.8.04 (Plasma-Astrophysik; Morfill)
Popesso, P.[13] bis 31.8.04, (extragalaktische Astrophysik; Böhringer)
Sütterlin, Dipl.-Phys. R.[7] (komplexe Plasmen; Morfill)
Zhang, Y.[7/13] (extragal. Astrophysik; Böhringer)
Zimer, M. [7/13] (extragal. Astrophysik; Böhringer)

Optische und Interpretative Astronomie

D'Onghia, E. (Galaxienentwicklung)

Gabasch, A. (Galaxiensurveys)
Hopp, Dr. U. (Galaxiensurveys)
Maraston, Dr. C. (stellare Populationen)
Mendes de Oliveira, Prof. Dr. C.[10] bis 31.8.04 (stellare Populationen)
Milvang-Jensen, Dr. B. (Galaxienentwicklung)
Muschielok, B. seit 1.3.04 (Instrumentierung)
Noll, Dr. S.[11] seit 1.5.04 (Galaxienentwicklung)
Pierini, Dr. D. (staubige stellare Populationen)
Rieperdinger, M. (Sekretariat, Direktorium)
Salvato, Dr. M. (Galaxiensurveys)
Saglia, Dr. R. (Galaxiendynamik)
Schuecker, Dr. P. seit 1.7.04 (Kosmologie)
Thomas, Dr. D. (stellare Populationen)
Wilman, Dr. D. seit 1.10.04 (Galaxiensurveys)
Zibetti, Dr. S. seit 1.9.04 (Galaxiensurveys)

Doktoranden / Diplomanden

Brimioulle, F.[7] seit 1.5.04 (stellare Populationen; Thomas)
Hultzsch, P.[13/7] seit 1.1.04 (Supernovae; Pauldrach)
Goranova, Y.[7/13] (Galaxiensurveys; Bender)
Köhler, R.[7] seit 1.9.04 (Kosmologie; Schuecker)
Nieves, L.[7/13] (stellare Populationen; Maraston)
Nowak, N.[7/13] seit 1.4.04 (schwarze Löcher; Saglia)
Panella, M.[7/13] (Galaxiensurveys; Bender)
Riffeser, A.[7] (Pixellensing; Bender)
Snigula, J.[7] (ASTRO-WISE-Software; Bender)
Walch, S.[13/7] seit 1.9.04 (Planeten; Burkert)

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. (Elektrowerkstatt)
Deutsch, R. bis 30.4.04 (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)
Lederer, R. seit 1.7.04 (Infrarot)
Lieb, W. (Elektronik)
Müller, Dipl.-Ing. (FH) S. (Röntgen)
Nägerl, J. (Infrarot, Elektronik)
Oberauer, F. (Elektrowerkstatt)
Reiss, P. (Leitung Elektrowerkstatt und Haustechnik)
Rothermel, Dr. H. (komplexe Plasmen)
Rupprecht, T. (Elektrowerkstatt)
Schneider, M. (Haustechnik)
Schrey, F. (Leitung Bereich Elektronik, Gamma)
Steffes, B. (Laborphysik, komplexe Plasmen)
Stigler, P. bis 30.4.04 (Infrarot)
Tarantik, Dipl.-Ing. K. (komplexe Plasmen)
Yaroshenko, V. (Infrarot)
Waldleben, H. (Sicherheits-Fachkraft)Mechanik

Mechanik

Bayer, R. (Schreinerei)
Brara, A. (Werkstatt)
Brandstetter, J. (Werkstatt)
Budau, B. (Werkstatt)
Czempiel, S. (Leitung mechan. Werkstatt und Schreinerei)
Deuschle, G. (Kunststofflabor)
Deysenroth, C. (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)
Kastelic, E. bis 30.6.04 (Konstruktion)
Kestler, H.J. (Schreinerei)
Kettenring, Dipl.-Ing. G. (Leitung Bereich Mechanik)
Mayr, R. (Leitung Ausbildungswerkstatt)
Mayr-Ihbe, R. (Sekretariatsunterstützung)
Pichl, L. bis 30.9.04 (Leitung Kunststofflabor)
Plangger, M. (Konstruktion)
Rohé, C. (Konstruktion)
Sandmair, R. (Werkstatt)
Schnell, P. (Werkstatt)
Schunn, W. (Werkstatt)
Soller, F. seit 1.10.04 (Kunststofflabor)
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.; Blasi, T.; El-Masry, J.; Hartwig, J. seit 1.9.04; Heidelberg, T.; Liebhardt, J.; Schneider, A. seit 1.9.04; Soller, F.bis 30.9.04

Schülerpraktikum (Haupt- und Realschulen)

Biberacher, M. (5.-8.4.04); Emin Oglu, S. (24.-28.5.04); Großhardt, J. (16.-20.2.04); Huber, M. (29.3.-2.4.04); Kaltenberger, S., (26.-30.4.04); Nasser, W. (19.-23.7.04); Thiess, H. (22.-26.3.04)

Hochschulpraktikum

Behl, T. (19.4.-25.5.04); Duscha, S. (25.5.-27.8.04); Füger, S. (bis 13.2.04); Kordsmayer, V. (21.6.-30.7.04); Linke, M. (5.7.-13.8.04); Pfeffer, S.

(1.-30.9.04); Pfaffenzeller, M. (13.-23.4.04); Randlkofer, H. (10.-31.8.04); Ritter, C. (12.7.-20.8.04); Stein, P. (seit 13.9.04); Thiedemann, S. (4.-8.10.04); Wehrle, A. (seit 18.10.04); Ziegeleder, J. (9.2.-5.3.04)

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.
Jamitzky, Dr. F.
Lutz, Dr. D.
Müller, Dipl.-Ing. (FH) S.
Ott, Dr. T.
Vaith, Dipl-Phys. H.
Zimmermann, Dr. H.-U.bis 31.7.04

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. (Druckerbetreuung)
Klose, L. (Netzwerk, Systemsupport)
Oberauer, A.[2] (Software, PC Betreuung)
Ott, Dr. 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)
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)
Gleixner, W. (Pforte)
Goldbrunner, S. (Personal)
Grasemann, M. (Einkauf)
Gschnell, H.-P. (SGL Personal)
Günter, C.[2] bis 31.8.04 (Erziehungsurlaub)
Heimerl, H.[2] (Reinigungsdienst)
Hübner, R.[2] bis 28.2.04 (Reinigungsdienst)
Ihle, M. (Leitung VAD)
Inhofer, I.[2] (Reinigungsdienst)
Jäkel, T. (Haushalt/Drittmittel)
Keil, M.[2] (Einkauf)
Kestler, L.[2] (Personal)
Kliem, V. (Sekretariat Verwaltung)
Kürzinger, T. (Einkauf)
Kus, H.[2] (Reinigungddienst)
Linneweh, T. (Auszubildender)
Nagy, A. (Reinigungsdienst)
Neun, A.[2] (Sekretatiat Betriebsrat)
Peischl, M. (Reisekosten)
Preda, A. bis 30.6.04 (Personal)
Preisler, C.[2] (Reisekosten)
Reiß, U.[2] bis 28.2.04 (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)
Stuiber, A.[2] (Reinigungsdienst)
Thiess, L.[2] (Reinigungsdienst)
Troll, P. (Haushalt/Drittmittel)
Vogt, J. (Pforte)

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 Zeithilfe
10 Sonstige Gäste
11 Wissenschaftlicher Nachwuchs
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, Scholer.

CLUSTER / Datenzentrum
Georgescu, Klecker, Leistner, Volwerk.

CLUSTER / EDI
Förster, Haaland, Paschmann, Vaith.

Double Star
Georgescu, Klecker, Paschmann.

ROSETTA-Lander
Haerendel (IUB), Thiel.

SAMPEX / HILT
Klecker, Scholer.

SOHO / CELIAS
Klecker, Scholer, Zanker-Smith.

STEREO / PLASTIC
Klecker, Zanker-Smith.

Infrarot- und Sub-mm-Astronomie

Deputies to the Director of the Group
Lutz, Tacconi.

Extragalaktische Beobachtungen
Baker, Cresci, Dasyra, Förster-Schreiber, Gilbert, Lehnert, Nesvadba, Tacconi, Valiante.

GaAs-Detektoren
Jakob, Katterloher, Smylie.

Herschel-PACS
Barl, Bauer, Berg v., Bickert, Cesarsky, Contursi, Feuchtgruber, Geis, Igl, Jakob, Katterloher, Kaiser, Kleiser, Kornberg, Krombach, Lutz, Müller T., Osterhage, Poglitsch, Schubert, Seidenschwang, Sturm, Thiel, Wetzstein, Wieprecht, Wiezorrek, Wildgruber, Willnhammer, Yaroshenko.

ISO Spektrometer
Bauer, Feuchtgruber, Lutz, Osterhage, Raab, Rigopoulou, Sturm, Verma, Wieprecht.

KMOS
Davies, Förster-Schreiber, Hofmann, Lehnert, Müller-Sanchez, Tomono, Harayama.

LBT, LUCIFER
Eisenhauer, Gemperlein, Gillessen, Hofmann, Lehnert, Tomono.

PARSEC
Alvarez, Davies, Kellner, Li, Ott, Rabien, Zaglauer.

SOFIA
Fumi, Geis, Hönle, Klein, Poglitsch, Raab, Schweitzer, Viehhauser.

SPIFFI
Abuter, Eisenhauer, Gilbert, Horrobin, Iserlohe, Schegerer, Schreiber.

Röntgen-Astronomie

CAST
Bräuninger, Kuster, Strüder.

Chandra (früher AXAF)
Aschenbach, Burkert, Burwitz, 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, Haberl, 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.

SIMBOL_X
Briel, Hälker, Hasinger, Herrmann, Strüder, Treis, Zhang.

Skinakas Observatorium
Bauer, Hasinger, Lieb.

SWIFT
Freyberg, Greiner, Hartner, Hasinger, Strong, Voges.

XEUS
Aschenbach, Boller, Bräuninger, Burkert, Friedrich, Hasinger, Meidinger, Schaller, Strüder, Trümper.

XEUS-WFI
Hälker, Herrmann, Meidinger, Mießner, Schopper, Strüder, Treis.

XMM-Newton
Aschenbach, Bohnet, Boller, Bornemann, Briel, Brunner, Burkert, Dennerl, Englhauser, Freyberg, Gallo, Gruber, Haberl, Hartner, Hengmith, Heuschmann,

Hippmann, Hirschinger, Huber, Kettenring, Kink, Lange, Lehmann, Meidinger, Müller, Pfeffermann, Pietsch, Predehl, Strüder, Trümper, Voges, 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, Shimizu, Thomas.

Extragalaktische Astrophysik, Kosmologie, Supernovae, kompakte Objekte:
Arevalo, Böhringer, Brinkmann, Ferrero, Finoguenov, Nowak, Popesso, Pratt, Schuecker, Xue, Zhang, Zimer.

GEC-Labor
Ivlev, Konopka, Morfill, Quinn, Samsonov, Sütterlin, Thomas, Rubin-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, Rubin-Zuzic.

Nichtlineare Dynamik, Komplexitätsanalyse
Aschenbrenner, Böhm, Bunk, Jamitzky, Monetti, Müller, Pompl, Räth, 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, Rubin-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, Rubin-Zuzic.

Plasmaphysik
Dum, Jaroscheck, Matsukiyo, Scholer, Sidorenko, 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 (OAFA), Universität San Juan, and Instituto de Astronomia y Fisica del Espacio (IAFE), CONICET, Buenos Aires: H-alpha Solar Telescope for Argentina (HASTA).

Australien

Australian National University: Galaxienentstehung

Melbourne University: Astro-Plasmaphysik.

Swinburne University of Technology, Victoria: Millisecond Pulsars.

Belgien

CSL Liège, Katholieke Universiteit Leuven: Herschel-PACS.

Europäische Kommission, Joint Research Centre (JRC-IRMM), Geel: Entwicklung von großflächigen Röntgenfilter für ROSITA.

Universitè Catholique Louvain: INTEGRAL-Spektrometer SPI; Herschel-PACS.

Brasilien

Universidad 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; ASTRO-WISE; 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; ASTRO-WISE.

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 Astrophysik, Garching: GAVO; SDSS; OPTIMA.

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.

Ruhr-Universität, Bochum: CIPS.

Technische Universität Braunschweig, Institut für Geophysik und Meteorologie: Hybridcode-Simulationen; Mirror-Moden; CIPS.

Technische Universität Darmstadt: CAST.

Technische Universität München: CIPS.

Universität Bochum: komplexe Plasmen.

Universität Bonn: Test von Pixeldetektoren für XEUS; OmegaCAM; ASTRO-WISE.

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.

Universität Siegen; Compton Camera

Frankreich

CEA, Saclay: INTEGRAL-Spektrometer SPI; Herschel-PACS; CAST; SIMBOL_X.

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-Auroraphysik; 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: ASTRO-WISE.

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

BRUNEL University: XEUS.

Imperial College London: POE.

John Moores University, Liverpool: Himmelsdurchmusterung Galaxienhaufen.

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.

University of Leicester: Kalibration von JET-X; XMM-Newton-Datenanalyse, XEUS.

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.

INFR Frascati: SIDDHARTA

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; ASTRO-WISE.

Politecnico di Milano: rauscharme Elektronik; Röntgendetektorentwicklung.

Universität Neapel: komplexe Plasmen.

Japan

Tokio Institute of Technology (TITECH) Ookayama: ASCA/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.

Tohuko 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; ASTRO-WISE; OmegaCAM.

TU Delft: Reflexionsmessungen an schwarzen Farben.

University Eindhoven: komplexe Plasmen; IMPF.

University of Groningen, Kapteyn Institute: Rekonstruktion der Dichteverteilung im Universum; OmegaCAM; ASTRO-WISE.

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-Spektromerter SPI; ACE; MEGA; STEREO; DUO.

Naval Postgraduated 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, Seatle: 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.

ASTRO-WISE: ESO Garching, LMU München, Universität Bonn, Germany; Sterrewacht Leiden, Universitty 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, Cro-

atia; CEA/Sacklay 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; Instituto 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.

DOUBLE STAR: MPAe Lindau, Germany; IFSI-CRR Frascati, Italy; CESR Toulouse, France; Space Science Lab., University of Califfornia Berkeley, University of New Hampshire, Durham NH, 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 Nacionale 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; MPIA 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 Sauverny, Switzerland; Service d'Astrophysique Centre d'Etudes de Saclay, France; Rutherford Appleton Laboratory Oxon Dept. of Physics University Southhampton, UK; Institut für Astronomie und Astrophysik Tübingen, Germany; Danish Space

Research Institute Lyngby, Denmark; University College Dublin, Ireland; Istituto di Fisica Milano, Istituto die Astrofisica Spatiale Frascati, Italy; N. Copernikus 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 Villafranca Spain.

JET-X Spectrum-X/SWIFT: Rutherford Appleton Laboratory, University of Leicester, University Birmingham, Mullard Space Science Laboratory London, British National Space Centre London, UK; Observatorio Astronomico di Brera, Istituto Fisica Cosmica e Informatica del CNR Palermo, Istituto Fisica Cosmica del CNR Milano, Universita 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.

SIMBOL_X: Osservatorio Astronomico di Brera, CEA Saclay.

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, Inst. 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.

Bonerz engineering, Weiler-Simmerberg: Platinumentwicklung, Elektronikentwicklung.

Buchberger GmbH, Tuchenbach: Fertigung Strukturteile für PANTER-Manipulatore 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 Vakuumpumpsystem; Fertigung von elektrischen Ansteuerungen für die Testanlagen PANTER, CALIFA und PUMA.

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 Himmelsspinne 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: Ferigung 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 Koinizidenzplatine 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;Entwicklung einer Metrologie zur Qualifizierung von EUV-Kollektoren bei Einsatzwellenlänge

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 Forschungskooperationen 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 Forschungskooperationen / 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 Epidemilogie, 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.

Melanomerkennung (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 *)

Referierte Zeitschriften / refereed journals	361 (152)
Referierte Proceedings / refereed proc.	69 (36))
Bücher / books	2 (2)
Sonstige Publikationen / other publications	125 (66)
Vorträge / talks	358
Poster	57

Personal /Personnel

Stammpersonal / staff total		198
davon Wissenschaftler / staff scientists	68	
Drittmittelbeschäftigte / project funding		72
davon Wissenschaftler / project scientists	59	
Wissenschaftlicher Nachwuchs / scientific assistant (incl. Doktoranden)		58
International Max-Planck-Research School (IMPRS)		10
Studenten / students (Diplom / diploma)		11
Auszubildende / apprentices		9
MPE Mitarbeiter / MPE employees (gesamt / total)		358
Gastwissenschaftler und Stipendiaten / guest scientists and fellows		24
Insgesamt / total		***382***

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	49 (17)	2 (2)	0	1 (1)	17	2
Infrarot / infrared	52 (15)	0	0	22 (10)	56	12
Röntgen / X-ray	111 (35)	14 (9)	1	66 (38)	142	10
Gamma / gamma	35(17)	35 (16)	1	29 (13)	30	15
Theorie / theory	90 (53)	18 (9)	0	4 (3)	93	18
Astronomie / astronomy	22 (13)	0	0	3 (2)	20	0
UV-Spektrosk. / UV-Spectr.	2 (2)	0	0	0	0	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.