

Innsbruck

Sektion Astrophysik des Instituts für Astro- und Teilchenphysik Leopold-Franzens-Universität Innsbruck

Technikerstraße 25, A-6020 Innsbruck
Tel. (0512) 507-60-31; Telefax (0512) 507-2923
Internet: <http://astro.uibk.ac.at/>

0 Allgemeines

Das strategisch wichtigste Ereignis im Berichtsjahr für die österreichische Astronomie war die offizielle Aufnahme der Beitrittsverhandlungen des österreichischen Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur mit ESO. Am 28.06.2006 fand das erste Treffen der Verhandlungsteams in Wien statt; auf einen Beitritt im Frühjahr 2008 wird gehofft.

Zumindest für unser Institut bedeutungsvoll war auch die Einbindung der Teilchenphysik-Gruppe des Institutes für Experimentalphysik in unser Institut, das nun seit 01.01.2006 "Institut für Astro- und Teilchenphysik" heißt. Institutsleiterin ist weiterhin Frau Prof. Schindler.

1 Personal

Dr. Marco Barden (PostDoc* (FWF) seit 01.11., Durchwahl 34), Daniel Clarke B.Sc. (Doktorand* (FWF) seit 15.03., 60), Mag. Dr. Wilfried Domainko (wiss. MA bis 20.03.), Dr. Chiara Ferrari (PostDoc* (TWF) bis 28.02. und seit 01.03. (FWF), 34), Dr. Herbert Hartl (wiss. Oberrat, 39), Dr. Eelco van Kampen (Univ.-Ass. 1/2, SenPostDoc* 1/2 (FWF), 34), Mag. Dr. Wolfgang Kapferer (PostDoc* (FWF) bis 09.02., ab 10.02. wiss. ProjMA* bis 10.06., seit 01.10. wiss. MA Kat. I, 43), Mag. Wolfgang Kausch (Doktorand* (FWF) bis 31.01.), A. Univ.-Prof. Dr. Stefan Kimeswenger (50), Mag. Thomas Kronberger (Doktorand* (DFG) bis 15.05., ab 16.05. wiss. ProjMA* (TWF), 43), Ass.-Prof. Dr. Manfred Leubner (54), Mag. Magdalena Mair (Doktorandin* (FWF) bis 31.01., Tutorin seit 01.10., 42), o. Univ.-Prof. Dr. Jörg Pfeleiderer (Emeritus, 60), A. Univ.-Prof. Dr. Walter Saurer (38), Univ.-Prof. Dr. Sabine Schindler (Vorstand, 30), Ao. Univ.-Prof. Dr. Ronald Weinberger (35), Mag. Julia Weratschnig (wiss. MA Kat. II seit 10.05., 32), Rainer Moll (Tutor bis 30.06.), Hildegard Egger (Sekretärin, 31), MMag. Michaela Lechner (Doktorandin, techn. ProjMA* (Austrian GRID), 36), Friedrich Vötter (Techniker, 55). (* = Drittmittel). Stipendiaten: Dr. Rocco Piffaretti (PostDoc (SNF), bis 31.07.).

Preise: Aryal (ehem. Mitarbeiter, nun in Nepal) erhielt für seine an unserem Institut erbrachten Leistungen den TWAS Award der Royal Nepal Acad. of Science and Technology.–

Grömer erhielt am 12.12. den CAST Technol.-Preis durch Trans-IT/Universität Innsbruck.– Kronberger erhielt den Diplomarbeitspreis der Österreichischen Gesellschaft für Astronomie und Astrophysik.

Schindler wurde als Korrespondierendes Mitglied in die Österreichische Akademie der Wissenschaften aufgenommen.

Vergabe des ersten Forschungsstipendiums der Forschungsplattform dank einer Stiftung von Mils Electronic an Mair.

DOC Stipendium der Österreichischen Akademie der Wissenschaften an Kronberger.

Gründung der Forschungsplattform „Informatik and Applied Computing“ unter der Leitung von Schindler.

Leubner fungierte als Associate Editor für Springer (Space Science Reviews) und als Herausgeber (zusammen mit W. Baumjohann und A. Chian) des Buches Advances in Space Environment Research, Space Science Reviews 122, Nos. 1–4, 1–337 (2006).

Weinberger beendete, nach zwei Amtsperioden von insgesamt 6 Jahren, mit 30.09. seine Tätigkeit als Vorstandsmitglied in der Astronomischen Gesellschaft.

Gäste und Gastvortragende:

Dr. Frank Lenzen (Institut f. Informatik, Univ. Innsbruck, A), Dr. Mark Thompson (Centre f. Astrophys. Res., Univ. of Hertfordshire, UK), Dr. Maurizio Salaris (John Moores Univ., Liverpool, UK), Dr. Bodo Ziegler (Institut f. Astrophysik, Univ. Göttingen), Dr. Stewart P.S. Eyres (Astron. Distance Learning & Centre f. Astrophys., Univ. of Central Lancashire, UK), Dr. Marco Barden (Max-Planck-Institut f. Astronomie, Heidelberg, D), Dr. James H. Beall (E.O. Hulbert Center f. Space Res., Naval Res. Lab., Washington DC, USA), Dr. Antonio del Popolo (State Univ. of Bergamo, I), Dr. Ricardo Demarco (John Hopkins Univ., Dept. of Physics & Astronomy, Baltimore, USA), Mag. Manfred Kitzbichler (Max-Planck-Institut f. Astrophysik, Garching, D), Dr. Etienne Pointecouteau (Service d'Astrophysique, CEA, Saclay, F), Dr. Christian Kaiser (School of Physics & Astronomy, Univ. of Southampton, UK)

2 Tagungen, Forschungsaufenthalte, Lehre

Tagungen (Vorträge = V, Poster = P):

„International Conference on Earth-Sun System Exploration“, Hawaii, 16.–20.01.: Leubner (eingelad. V).– „Tutoriel Standards et Outils de l'Observatoire Virtuel“, Strasbourg, 30.01.–01.02.: Ferrari.– „APEX“, Paris, 03.02.: Ferrari.– „XXVth Astrophysics Moriond Meeting“, La Thuile, 12.–18.03.: Ferrari (V), Kapferer (P), Kausch (V), Kronberger (V), Schindler (eingelad. V).– „ÖGAA-Tagung“, Innsbruck, 21.–22.04.: Alle Institutsmitglieder, teils mit V und/oder P.– „SHADES Workshop“, Edinburgh, 24.04.–25.05.: Clarke, van Kampen (V).– „3rd High-End Visualization Workshop“, Obergurgl, 25.–28.04.: Kapferer (eingelad. V), Lechner (V), Schindler, van Kampen (V).– „Zukunftsplattform“, Obergurgl, 28.–30.04.: Schindler (3V).– „Galaxies in the Cosmic Web Conference“, Las Cruces, 15.–19.05.: van Kampen (V).– „The Nature of V838 Mon and its Light Echo“, La Palma, 16.–19.05.: Kimeswenger (eingelad. V).– „Studying Galaxy Evolution with Spitzer and Herschel“, Crete, 28.05.–02.06.: van Kampen (V).– „Journées de l'Astronomie Française“, Paris, 26.–30.06.: Ferrari.– „Summer School on Evolution of Galaxies and their Large-scale Environments“, Bad Honnef, 02.–07.07.: Clarke.– „CRAL Chemodynamics“, Lyon, 10.–14.07.: Schindler (eingelad. V).– „The fate of the Gas in Galaxies Workshop“, Dwingeloo, 12.–14.07.: van Kampen (V).– „Galaxy Redshift Surveys of the Future Workshop“, Portsmouth, 20.07.: van Kampen (V).– „11th Marcel Grossmann Conference on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Gravitation and Relativistic Field Theories“, Berlin, 23.–29.07.: Leubner (V).– „The Non-thermal Universe“,

Würzburg, 09.-10.08.: Schindler (V).– „Summer School on (Sub)Millimeter Observing Techniques“, Victoria, 14.-17.08.: Clarke.– „XXVI IAU General Assembly – IAU Symp. 235“, Prag, 14.-25.08.: Kapferer (2P), Kronberger (2P), Schindler (3P), Weratschnig (P).– „2nd Austrian Grid Symposium“, Innsbruck, 21.-23.09.: Lechner (V), Kausch (V), Schindler.– „Mars 2030“, Salzburg, 24.-26.09.: Grömer (2V).– „Fifth IRAM Millimeter Interferometry School“, Grenoble, 02.-06.10.: Ferrari.– „6th International Conference on Nonlinear Waves and Turbulence in Space Plasmas“, Fukuoka, 09.-13.10.: Leubner (eingelad. V).– „At the Edge of the Universe“, Sintra, 09.-13.10.: van Kampen (V).– „VST-16 Workshop“, Capodimonte, 18.-19.10.: van Kampen (V).– „European Mars Conference“, Paris, 20.-22.10.: Grömer (V).– „Atelier Imagerie Multidimensionnelle et OV“, Nice, 23.-24.10.: Ferrari (V).– „FIRI Meeting“, Obergurgl, 25.-27.10.: Clarke, van Kampen (V).– „Atelier du PNC: Cosmologie avec SKA et LOFAR“, Paris, 27.10.: Ferrari (V).– „Non-virialized X-ray Components in Clusters of Galaxies“, Bern, 30.10.-03.11.: Schindler (V).– „Science with ALMA: a New Era for Astrophysics“, Madrid, 13.-17.11.: Ferrari (P).– „Towards the European ELT“, Marseille, 27.11.-01.12.: Kimeswenger.– „STAGES/GEMS Workshop“, Heidelberg, 28.11.-01.12.: Barden (V), van Kampen (V).– „Cosmic Voids Royal Dutch Academy of Science Colloquium“, Amsterdam, 12.-15.12.: van Kampen (eingelad. V).–

Selbstveranstaltete Tagungen:

„General Assembly of the European Geoscience Union“, Co-Organisation, Wien, 02.-07.04.: Leubner.– „ÖGAA-Tagung“, Innsbruck, 21.-22.04.: Die Mitarb. unseres Instituts.– „3rd High-End Visualization Workshop“, Obergurgl, 25.-28.04.: Kapferer.– „11th Marcel Grossman Meeting“, Co-Organisation, Berlin, 23.-29.07.: Leubner.– „Arbeiten mit Physlets“, Co-Organisation, Linz, 21.11.: Schindler.– „2nd Austrian Grid Symposium“ (in Verbindung mit „6th Austrian-Hungarian Workshop on Distributed and Parallel Systems“), Co-Organisation, Innsbruck, 21.-23.09.: Kausch.

Forschungsaufenthalte (inkl. Beobachtungen):

School of Maths and Institute of Astronomy, Edinburgh, 14.-21.01, 19.-26.04., 20.-25.11.: van Kampen (Kollab. mit Ruffert, Peacock, Dunlop, Mortier /alle Edinburgh).– La Palma (2.5m Nordic Optical Telescope), 27.-28.01.: van Kampen.– HST ACS/WFC, 11.03., 16.05., 04.06., 06.06., 07.06.: Schindler (Co-I).– Institut für Astronomie, Wien, 23.-26.03.: van Kampen (Kollab. mit Kerschbaum/Wien, Theis/Wien).– Mars Desert Research Station, Hanksville/Utah, 01.-23.04.: Grömer (Kollab. mit Muscatello et al./Mars Society).– ESO und MPE, Garching, 05.4., 26.07., 28.11.: van Kampen (Kollab. mit Phleps/MPE, Liske/ESO).– Institut für Weltraumforschung, Graz, 10.04.-28.04.: Leubner.– Columbia University, New York, 20.-21.05.: van Kampen (Kollab. mit van Gorkom/Columbia).– La Palma (2.5m Nordic Optical Telescope), 22.-23.05.: Clarke.– Argelander-Institut für Astronomie, Bonn, 06.-07.08.: Weratschnig (Kollab. mit Erben/Bonn).– Department of Physics and Astronomy, University of British Columbia, Vancouver, 21.-23.08.: Clarke (Kollab. mit Halpern/Vancouver und Scott/Vancouver).– Osservatorio di Capodimonte, Napoli, 16.-20.10.: van Kampen (Kollab. mit Merluzzi, Haines, Busarello /alle Napoli).– Universitätssternwarte München, LMU München, 16.10., 21.-23.12.: Kausch (Kollab. mit Lerchster/München).– MPIA, Heidelberg, 29.11.-01.12.: van Kampen (Kollab. mit Meisenheimer/MPIA, Gray/Nottingham, Bell/MPIA).– Observatorium Wendelstein, 22.-23.12.: Kausch.

Kolloquiums- und Seminarvorträge:

Domainko am Max-Planck-Inst. für Kernphysik, Heidelberg (24.04.).– Ferrari am OMP, Toulouse (02.03.); am Paris Observatory, Paris (06.03.); an der Torino University, Turin (04.05.); am Nice Observatory, Nizza (19.12.).– Kapferer am Institut für Astronomie der Universität Wien, Wien (27.11.).– Kronberger am Institut für Astrophysik der Universität Göttingen, Göttingen (14.12.).– Schindler an der Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien (16.11.).– van Kampen am Max-Planck-Inst. für Extraterrestrische Physik, Garching (03.05.).

Lehrtätigkeiten:

Es wurde die Lehre im Gebiet der Astronomie und Astrophysik, Informatik sowie Physik an der Universität durchgeführt. Im Sommersemester 2006 wurden 36 und im Wintersemester 2006/2007 42 Wochenstunden an Lehrveranstaltungen angeboten, wobei erneut auch fachübergreifende Lehrveranstaltungen forciert wurden. Die beiden im WS 2006/2007 für Hörer aller Fakultäten angebotenen Lehrveranstaltungen erfreuten sich mit im Mittel je 50 Zuhörern besonders regen Interesses. Saurer wurde in den Lehrbetrieb zur Ausbildung der Lehramtsstudierenden im Fach Theoretische Physik eingebunden.

3 Wissenschaftliche Arbeiten**3.1 Galaxienhaufen und Kosmologie**

Die Herkunft des Haufengases soll mit Hilfe der schweren Elemente geklärt werden. Schwere Elemente können im Intrahaufengas nicht direkt erzeugt werden, daher muss ein Teil des Materials aus den Galaxien stammen. Verschiedene Mechanismen von galaktischen Massenverlusten wurden hinsichtlich ihrer Effizienz, Zeitentwicklung und räumlicher Verteilung bezüglich der Anreicherung des Umgebungsmediums untersucht. Untersuchte Mechanismen beinhalten: Galaktische Winde, Ram-pressure stripping, Starbursts, AGNs and Galaxien-Galaxien-Wechselwirkungen. Auch der Einfluss von Kollisionen von Galaxienhaufen auf die Verteilung der schweren Elemente wurde evaluiert. Weiters wird die Galaxienentwicklung in Galaxienhaufen dabei betrachtet. Die Resultate werden mit optischen- und Röntgenbeobachtungen verglichen (Domainko, Ferrari, Kapferer, Kimeswenger, Kronberger, Mair, Moll, Schindler, van Kampen, Weratschnig, Breitschwerdt/Wien, Ruffert/Edinburgh).

Die Beobachtungen der Galaxienhaufen, die als Gravitationslinsen dienen, wurden mittels SUSI2/ESO-NTT vervollständigt, die daraus resultierenden Bilder der Galaxienhaufen wurden fertig reduziert, deren Auswertung fortgeführt. Insbesondere wurde der Haufen Z3146 näher beleuchtet und mittels einer kombinierten Lensing-/Röntgenanalyse untersucht (Kausch, Gitti, Schindler, Erben/Bonn, Wambsgans/Heidelberg, Schwobe/AIP).

Es wurden Röntgenanalysen von XMM Beobachtungen von Galaxienhaufen durchgeführt, um unter anderem thermische und nicht-thermische Phänomene korrelieren zu können. Insbesondere wurde Abell 514 untersucht, da in diesem Haufen mehrere Radioquellen vorhanden sind und daher das Magnetfeld des Haufens an mehreren Stellen gemessen werden kann (Schindler, Weratschnig, Feretti/Bologna, Dolag/Garching).

Die Galaxienhaufen Abell 521 und Abell 3921 wurden im Rahmen einer Multiwellenlängen-Analyse untersucht. Beide Systeme zeigen deutliche Spuren von Zusammenstößen von Subsystemen mit dem Haupthaufen. Auch zeigen sie eine komplexe Struktur in ihren Morphologien und eine komplexe Dynamik. Mittels kombinierter Radio- und Röntgenbeobachtungen konnten mehrere Belege für ein pre-merging Stadium als auch für ein post-merging Stadium gefunden werden. Damit kann gezeigt werden, dass Galaxienhaufen mittels hierarchischer Strukturentstehung gebildet werden (Ferrari, Schindler).

Ein aus zwei Listen von Röntgen-Galaxienhaufen extrahierter Satz von Galaxienhaufen wurde dazu benutzt, um als Ziel für eine Untersuchung der Haufeneinfall-Region im nahen und fernen Infrarot zu dienen, wobei die Raumobservatorien Spitzer und Herschel herangezogen werden. Fünf Haufen bei drei verschiedenen Rotverschiebungen liefern uns jeweils eine Entwicklungssequenz für die Sternbildungsaktivität von einfallenden Galaxien. Ein passender simulierter Satz von Galaxienhaufen wurde ebenfalls definiert, um das Sternbildungsmodell in das Galaxienbildungsmodell, das für diese Simulation angewendet wurde, zu integrieren (van Kampen; Oliver/Sussex, Waddington/Sussex, Nichol/Portsmouth, Romer/Sussex).

Mittels Vergleich von beobachteten optischen, Radio- und Röntgendaten des Galaxienhaufens Abell 3921 haben wir die Wirkung eines markanten Verschmelzungsprozesses zweier Unterhaufen auf die Sternbildungs- und Radioemissions-Eigenschaften von bestätigten

Haufenmitgliedern untersucht. Wir konnten zeigen, dass durch den Verschmelzungsvorgang die Sternbildungsraten von Galaxien in der Region, in der die Verschmelzung stattfindet, erhöht ist. Dieser Vorgang dürfte sowohl Wechselwirkungen zwischen dem intergalaktischen Medium und Galaxien als auch Gezeitenwechselwirkungen zwischen einzelnen Galaxien sowie dem Haufen und Galaxien gefördert haben (Ferrari, Hunstead/Sydney, Feretti/Bologna, Maurogordato/Nice, Schindler).

Die hohe Auflösung von unseren Chandra-Daten hat es uns erlaubt, unser ursprüngliches für Abell 521 vorgeschlagenes Verschmelzungs-Szenario mittels einer optischen Analyse zu verfeinern. Abell 521 ist ein spektakuläres Beispiel eines Haufens, der multiple Verschmelzungsvorgänge aufweist und aus mehreren Substrukturen besteht, die zu verschiedenen Zeiten in Richtung Zentrum des Systems streben. Der sehr gestörte dynamische Zustand dieses Haufens wird außerdem durch unsere Entdeckung eines Radio-Überrests (VLA-Daten) in dessen Südost-Region bestätigt (Ferrari, Arnaud/Saclay, Etori/Bologna, Maurogordato/Nice, Rho/Pasadena).

Temperatur-, Dichte- und Entropieprofile von einem Sample von Coolingflow Haufen, die mit XMM-Newton beobachtet wurden, wurden untersucht. Ihre Eigenschaften und Verläufe wurden mit theoretischen Modellen verglichen und es wurde getestet, ob existierende Heizmodelle für das ICM befriedigende Erklärungen für die Dynamik von Coolingflow Haufen liefern (Piffaretti, Kaastra/Utrecht, Tamura/Tokio).

Um die Bedeutung komplexer Galaxienwechselwirkungsphänomene in Galaxienhaufen zu bestimmen, untersuchten wir die interne Kinematik von simulierten und beobachteten Spiralgalaxien. Sowohl das komplette 2-dimensionale Geschwindigkeitsfeld als auch Rotationskurven wurden untersucht. Mit 30h Beobachtungszeit am VLT wurden Galaxien im inneren Teil massiver Galaxienhaufen bei einer Rotverschiebung von etwa 0.5 beobachtet. Um ein tieferes Verständnis für die Entwicklung von Galaxien in Haufen und für systematische Effekte der Beobachtung zu gewinnen, wurden numerische Simulationen durchgeführt. Wir fanden eine starke Abhängigkeit der Rotationskurvenform von Beobachtungseffekten und untersuchten die Effekte von Gezeitenwechselwirkungen und Mergern auf das Geschwindigkeitsfeld (Kapferer, Kronberger, Schindler, Ziegler/Göttingen).

3.2 Hoch-rotverschobene Galaxien

Eine detaillierte numerische Studie der Population von staubreichen Starburst-Galaxien bei hohen z (die den Hauptteil ihrer Strahlung im fernen IR und im sub-mm-Bereich abgeben) wurde mittels einer Kombination eines umfassenden Galaxienbildungsmodells und eines Staubmodells durchgeführt. Die intrinsischen Eigenschaften dieser Galaxien erwiesen sich als markant verschieden von anderen Galaxien bei hohen z , den Lyman-break Galaxien. Letztere zeigen sich als weniger kompakt und masseärmer und repräsentieren folglich eher gewöhnliche Galaxien. Die sub-mm Galaxien entwickeln sich hin zu massiven Galaxien im heutigen Universum, obwohl nicht notwendigerweise zu elliptischen Haufengalaxien (van Kampen, Crawford/Edinburgh, Peacock/Edinburgh, Granato/Padova, Silva/SISSA).

Im Rahmen des $850\mu\text{m}$ SCUBA Half Degree Extragalactic Survey (SHADES) wurden 2 voneinander getrennte Himmelsregionen, die 720 Quadratbogenminuten umfassen, mit einem RMS Rauschniveau von etwa 2 mJy abgebildet, wobei >100 sub-mm-Galaxien entdeckt wurden. Es stellte sich heraus, dass differentielle Zählungen dieser Quellen besser zu einem broken power-law oder zu einer Schechter-Funktion passen als zu einem single power-law; die SHADES-Daten alleine zeigen überdeutlich die Notwendigkeit eines breaks bei mehreren mJy. Zudem zeigte sich, dass eine Durchmusterung bei $850\mu\text{m}$ bis zu einer unteren Grenze von 2mJy 20–30% des Fern-IR-Hintergrundes in Punktquellen auflösen würde (van Kampen, Coppin/Vancouver, Dunlop/Edinburgh, sowie 76 weitere Wissenschaftler aus 21 Ländern).

Deutliche Gegenstücke im Radio- bzw. IR-Bereich, und folglich genaue Positionen, konnten für mehr als 2/3 der im SHADES Source Catalogue enthaltenen sub-mm-Galaxien identifiziert werden. Die beobachteten Trends bei der Identifikationsrate ergeben keine ausgeprägten Gründe für eine Eliminierung von Objekten des Samples. Unsicherheiten bei den

sub-mm-Positionen entsprechen den theoretischen Erwartungen. Interessanterweise fanden wir etwa 10-mal mehr sub-mm-Galaxien mit mehr als einem deutlichen Gegenstück als man das per Zufall erwarten würde und zwar zumeist bei den hellsten Quellen (van Kampen, Ivison/Edinburgh, Greve/CALTECH, Dunlop/Edinburgh, Peacock/Edinburg, sowie 15 weitere Wissenschaftler aus 5 Ländern).

Die Verteilung in der Rotverschiebung der SHADES-Galaxienpopulation wurde mittels der auf Laborwellenlänge bezogenen Radio-mm-Ferninfrarot-Farben von 120 deutlich nachgewiesenen Quellen im Lockman-Hole East (LH) und Subaru XMM-Newton Deep Field (SXDF) bestimmt. Die Rotverschiebung derjenigen Quellen, welche von zumindest 2 photometrischen Bändern abgedeckt wurden, hat ein Maximum bei $z \approx 2.4$ und weist beinahe Gauss-Verteilung auf. Die beobachtete Verteilung wurde mit sub-mm-Galaxienbildungsmodellen und mit vorhergesagten und angenommenen Rotverschiebungs-Verteilungen verglichen, was eine Einschränkung der Ballungseigenschaften der Population erlaubt (van Kampen, Clarke, Aretxaga/Mexico, Hughes/Mexico, sowie 12 weitere Wissenschaftler aus 4 Ländern).

3.3 Galaxienevolution in Superhaufen

Ein, spezifischen Einschränkungen unterworfenen, Modell des Shapley Superhaufens wurde entworfen, wobei 7 Einschränkungen bezüglich Haufen und 2 bezüglich Voids verwendet wurden. Dieses Modell enthält sämtliche Informationen für Galaxien bis $M_B < -15$, in einem Volumen von 60 Mpc^3 , mit zusätzlichen Daten über die Umgebung. Ein erster Vergleich mit einem umfangreichen vom Observatorium Capodimonte zusammengestellten Datensatz aus Beobachtungen zeigt, dass die Farb-Kartierung des Superhaufens, d. h. die räumliche Variation, dem realen Superhaufen ziemlich gut entspricht, da sie eine ausgeprägte Abhängigkeit von der Umgebung aufweist (van Kampen, Antonuccio/Catania, Merluzzi/Napoli, Busarello/Napoli, Haines/Napoli).

Ein hochauflösendes Modell des A901/A902 Superhaufens, für das Daten von COMBO-17, ACS (HST), Spitzer, XMM und Gravitationslinsendaten existieren, wurde als Teil des STAGES-Projekts erstellt. Dieser einzigartige Multiwellenlängen-Datensatz wird dazu verwendet, diejenigen Parameter in Galaxienbildungs-Modellen zu testen, die vor allem von Umgebungscharakteristika beeinflusst sind. Dieses Superhaufen-Modell wird dazu benutzt, um den Datensatz zu interpretieren, wobei besonderes Augenmerk auf die Morphologie gerichtet ist und auch dazu, um den dynamischen Zustand des beobachteten Superhaufens zu modellieren. Der Katalog von Quellen wurde bereits generiert; die morphologische Klassifikation ist in Arbeit (Barden, van Kampen, Gray/Nottingham, sowie 15 weitere Wissenschaftler aus 3 Ländern).

3.4 Galaxienpopulationen in verschiedenen Umgebungen

Es wurde eine Methode entwickelt, um Überdichten in Mehrfachfarben-Durchmusterungen zu berechnen. Eine derartige Berechnung erleichtert einen direkten Vergleich des lokalen Dichtekontrasts, der mit Galaxiensamples gemessen wurde, die verschiedene Fehlerverteilungen in Bezug auf Rotverschiebung besitzen, das heißt, für rote und blaue bzw. helle und schwache Galaxien. - Es wurden Überdichten für 3 COMBO-17 Felder berechnet; eine Region in einem der Felder erwies sich als unterdicht um beinahe einen Faktor zwei verglichen mit den anderen 2 Feldern im selben Rotverschiebungsbereich ($0.25 < z < 0.4$). - Dieses Resultat wurde sodann verwendet, um die Änderung der typenabhängigen Leuchtkraftfunktion mit der Umgebung zu untersuchen. Die Leuchtkraftfunktion der roten Galaxien zeigt deutlich einen positiveren Gradienten am schwachen Ende im unterdichten Feld (van Kampen, Phleps/Garching, Wolf/Oxford, Meisenheimer/Heidelberg, Peacock/Edinburgh).

3.5 Galaxienentwicklung aus Morphologien und SEDs

GEMS (Galaxy Evolution from Morphologies and SEDs) befasst sich vornehmlich mit der Entwicklung von Galaxien über den Zeitraum der letzten 8 Milliarden Jahre. Das Hauptaugenmerk liegt hier auf der qualitativen und quantitativen Klassifizierung der Struktur der

mit dem HST beobachteten Galaxien. In diesem Zusammenhang wurde von uns im letzten Jahr ein Computerprogramm entwickelt, das der Charakterisierung der systematischen Fehler dient sowohl bei parametrischer Beschreibung durch automatisierte Helligkeitsprofilanalyse als auch bei der Klassifizierung mit dem bloßen Auge. Dieses Programm berechnet die Erscheinung von lokalen Galaxien, wenn man sie bei hoher Rotverschiebung in anderen Filtern und mit anderen Teleskopen beobachten würde (Barden, Jahnke/Heidelberg).

3.6 Ausrichtung von Galaxien

Fortgesetzt wurde die statistische Analyse von Galaxien-Ausrichtungen anhand von Daten über Positionswinkel und Elliptizitäten. Insbesondere im Lokalen Superhaufen wurden die Messungen auf nunmehr 5398 Galaxien ausgeweitet und diese auch hinsichtlich der Verteilung der Radialgeschwindigkeiten untersucht.- Weitere Untersuchungen wurden für Galaxien in 10 Abell-Haufen sowie in der Shapley-Region durchgeführt (Aryal/Katmandu, Saurer).

3.7 Andere wissenschaftliche Arbeiten

Plasma-Astrophysik:

Im Hinblick auf ein besseres Verständnis von Vorgängen in turbulenten astrophysikalischen Plasmaströmungen wurde das Wechselspiel zwischen Skewness und Kurtosis von Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Plasmafluktuationen in der Umgebung von Diskontinuitäten, wie interplanetaren Schocks, untersucht. Damit, sowie unter Zuhilfenahme von numerischen Simulationen, wurde bewiesen, dass Grenzflächen und das Auftreten von ausgeprägten Inhomogenitäten im interplanetaren Raum die Intermittency in der turbulenten Plasmaströmung wesentlich verstärkt. Im Vergleich mit Satellitenexperimenten konnte gezeigt werden, dass dafür die direkte Kopplung von getrennten Vortex-Skalen im turbulenten Spektrum verantwortlich ist (Leubner, Vörös/Graz, Baumjohann/Graz).

Theorie der Dunklen Materie:

Im Gegensatz zur Boltzmann-Gibbs Statistik, anwendbar auf Ensembles unkorrelierter Teilchen, berücksichtigt das fundamentale Konzept nicht-extensiver Statistik weit reichende Wechselwirkungen und Korrelationen zwischen den Partnern von gravitativ gekoppelten Systemen und elektromagnetisch wechselwirkenden Plasmen. Die 2005 von M. Leubner veröffentlichte nicht-extensive Theorie zur Beschreibung der Dichteprofile Dunkler Materie sowie des Plasmas von Galaxien und Galaxienhaufen wurde 2006 weiter entwickelt, wodurch gezeigt werden konnte, dass die gewonnenen theoretischen Resultate präzise die aus N-Teilchen Simulationen sowie aus der Beobachtung bekannten Dichteprofile astrophysikalisch gebundener Strukturen wiedergeben. Damit steht, anstelle herkömmlicher empirischer Modelle, zum ersten Mal eine physikalisch begründete Theorie für die radiale Verteilung der Dunklen Materie sowie des Plasmas in Galaxien und Galaxienhaufen zur Verfügung (Leubner, Kronberger, van Kampen).

SNR-ISM Wechselwirkungen:

Die im Vorjahr mittels des 2m Tautenburg Schmidt Teleskops aufgefundene bogenförmige mögliche Außenstruktur beim Criss-Cross-Nebel (letzterer dürfte das Resultat einer Wechselwirkung der Orion-Eridanus-Blase mit einem kleinen interstellaren Wölkchen sein) wurde nun auch aufgrund von Radialgeschwindigkeitsmessungen als dem CC-Nebel zugehörig erkannt. Ein Vergleich mit neuen theoretischen Modellen eines amerikanischen Teams, das Wechselwirkungen von SNRs mit dem ISM untersuchte, zeigt, dass die Gesamtheit unseres Objekts (Nebel + Bogen) geradezu ein idealer Präzedenzfall für eine derartige Wechselwirkung mit niedriger Machzahl (~ 10) darstellen dürfte (Weinberger, Temporin/Milano, Stecklum/Tautenburg).

Planetarische Nebel:

Die hydrodynamische Modellierung der „born-again“ PNe V605 Aql und V4334 Sgr wurden um neue physikalische Prozessbeschreibungen erweitert. Zur Zeit werden verschiedene Anfangsbedingungen studiert. Die Radiobeobachtungen (VLA/VLBI) von V434 Sgr und CK Vul und die daraus resultierenden Modelle der Hülle wurden in internationaler Zusammenarbeit weiter fortgeführt. Auch für nächstes Jahr wurde wieder Beobachtungszeit genehmigt. Weitere optische Beobachtungen am ESO VLT wurden soeben gestartet (Kimeswenger).

Novae:

Hydrodynamische und Strahlungstransportrechnungen von Novae wurden begonnen. Zielsetzung ist eine vollständige 3D-Beschreibung des Hüllenverhaltens ohne die Berechnung des thermonuclear runaway. Derzeit ist vor allem eine numerisch stabile Ausgangskonfiguration der Hauptarbeitsbereich (Kimeswenger, Eyres/Preston).

Umfangreiche spektroskopische Beobachtungen der pekuliären Nova V2362 Cyg während und nach dem zweiten Anstieg der Lichtkurve, welche am eigenen 60cm Teleskop gewonnen worden waren, werden derzeit analysiert (Kimeswenger mit Studenten des Praktikums).

V838 Mon und V4332 Sgr:

Die beiden ungewöhnlichen eruptiven Variablen wurden mittels eigener Beobachtungen der Jahre 2002/2003 und mittels Archivdaten weiter untersucht. Dabei wurde das Hauptaugenmerk auf die Vorgänger und auf die Kalibrierung der Photometrien der Umgebung zwecks genaueren Bestimmungen der Extinktion und der Leuchtkraft der Ausbrüche gelegt (Kimeswenger, Eyres/Preston).

AustroMars:

Im April 2006 wurde in der Wüste von Utah an der Mars Desert Research Station eine bemannte Landung auf dem Roten Planeten in einem Isolationsversuch simuliert. Eine sechsköpfige österreichische Crew führte – in Kooperation mit der US-amerikanischen Mars Society und mit Unterstützung eines über Satellitenleitung verbundenen Missionskontrollzentrums in Salzburg – in einer Mars-analogen Umgebung zwei Wochen Experimente durch, wie sie auch bei einer realen zukünftigen Marsexpedition zu erwarten sind: Dazu zählten geophysikalische Versuche, mikrobiologische Untersuchungen und Experimente aus den Disziplinen Psychologie, Medizin und Astrophysik. AustroMars war eine „high-fidelity“-Simulation einer Marsexpedition, um die technologischen, wissenschaftlichen und logistischen Anforderungen für einen zukünftigen Marsflug zu definieren (Grömer, sowie 145 Mitarbeiter aus 20 österreichischen Forschungseinrichtungen).

Rechnersystem:

Der Beowulf Cluster wurde weiter erweitert und mit einem umfangreichen mehrstufigen Archivierungssystem ausgestattet (Kimeswenger).

Der eigenständige Cluster für das Austrian Grid wurde voll in dessen Struktur integriert (Lechner).

Zusätzlich wurde das System des HPC Consortiums von 152 auf 206 Cores erweitert (Kimeswenger, Thaler/ZID, Niederwieser/ZID).

4 Öffentlichkeitsarbeit

Wie in den vergangenen Jahren waren etliche Mitarbeiter unseres Instituts im Rahmen vielfältiger Aktivitäten in der Öffentlichkeitsarbeit involviert, etwa in Bezug auf diverse Auskünfte, aber auch Interviews, die sich teilweise in Form von Zeitungs und Radio-Beiträgen niederschlugen. Der Großteil der sonstigen, nicht selten zeitaufwendigen, Aktivitäten wird im folgenden präsentiert.

Girl's Day: Am 27.04. fand in Tirol diese Veranstaltung statt, bei der Mädchen in technische Betriebe und Berufe schnuppern konnten. Auch unser Institut nahm teil - mit einer Führung durch das Institut inkl. Teleskopbesichtigung und der Möglichkeit zu Gesprächen mit Studenten und Mitarbeitern des Instituts (Weratschnig).

Besuch von Schülerinnen des Ursulinen-Gymnasiums: Je eine Klasse dieser Schule besuchte am 28. und 29.06. die Physik Institute, darunter auch unser Institut. Programmpunkte waren: Institutsführung, Teleskopbesichtigung, Studium von Sternkarten, sowie Vortrag (Weratschnig, Hartl).

Aktionstage der „Jungen Uni“ in Innsbruck, Technik: 10.11. Schülertag und 11.11. Familientag. Mehrfachvorträge (Kronberger, Weinberger, Kapferer). Vorstellung eines ferngesteuerten Marsrover-Modells, welches die Kinder auch selbst über eine Art Marslandschaft manövrieren konnten, sowie Tests von Reaktionsfähigkeit am Computer (Grömer; Clarke, Jais, Kausch, Lechner, Schindler, Unterguggenberger, Weratschnig). Organisation durch Mair.

Mars-Vortragsreihe und Medienarbeit: Im Rahmen der AustroMars-Mission wurden neben zahlreichen öffentlichen Vorträgen eine 45-minütige Dokumentation über die Simulation sowie diverse Beiträge in Massenmedien gestaltet (darunter 3x Hauptabendnachrichten (ORF/ZiB 2), alle nationalen bundesweiten Tageszeitungen, diverse Magazine und Monatszeitschriften). Weiters wurden im Zuge der Mission im Bundesland Salzburg zahlreiche Einzelaktionen (Forscherstation für Kinder im Wissenschaftsmuseum Haus der Natur, Mars-Parcours mit Weltraum-Rätselrally in der Landeshauptstadt, Mars-Frühstück für die Öffentlichkeit im Missions-Kontrollzentrum,...) durchgeführt.

Österreichisches Weltraumforum: Die ÖWF-Arbeitsgruppe am Institut beteiligte sich am Raketenfestival Donauinsel (Wasser-Raketenbasteln für Kinder beim größten europäischen Freiluftfestival) und der Yuris Night 2006 anlässlich des Jahrestages von Yuri Gagarins erstem Weltraumflug. In Kooperation mit der Arbeitsgruppe für Astronomie am Haus der Natur wurde ein Sonnensystem-Modell am Voggenberg bei Salzburg errichtet. In Kooperation mit der Universität Wien richtete das ÖWF einen öffentlichen Vortragsabend zum Thema „Mars Analogforschung“ aus.

Öffentliche Vorträge:

Domainko in Dornbirn. Grömer in Schwaz, Hallein, Salzburg (4), Wien (2) Saalfelden, St. Pölten (2), Werfen, Innsbruck (3). Lechner in Salzburg, Innsbruck (2). Kapferer in Innsbruck (4). Kronberger in Innsbruck (2). Mair in Innsbruck. Saurer in Außervillgraten (2), Hall. Schindler in Obergurgl, Rosenheim. Weinberger in Innsbruck (4), Bozen, Stuttgart, Linz, Außervillgraten (2). Weratschnig in Außervillgraten.

5 Diplomarbeiten und Dissertationen

Abgeschlossen:

Marco Jesacher (Diplomarbeit): Spectroscopic Investigations of the Recurrent Nova CI Aql. April 2006.

Michael Lerchster (Diplomarbeit): Dark Matter Distribution in Clusters of Galaxies. März 2006.

Rainer Moll (Diplomarbeit): Numerical Simulations of Active Galactic Nuclei in Clusters of Galaxies. September 2006.

Wolfgang Kausch (Dissertation): Lensing Survey of a Sample of X-ray Luminous, Medium Redshift Galaxy Clusters. Dezember 2006.

*Laufend:**Diplomarbeiten:*

Markus Werthmann: Astronomische Navigation.

Doktorarbeiten:

Michaela Lechner: Hydro Code Simulations of Stellar Winds.

Cornelia Lederle: Science with Small Telescopes – The 60cm Telescope of the New Observatory of the Institute of Astro- and Particle Physics of the LFU of Innsbruck and the Projects CI Aquilae and V838 Monocerotis.

Andreas Knapp: Sensitivitäts-Analyse in astrophysikalischen Problemstellungen. Katrin Denzinger: Begriffsentwicklung im physikalischen Aspekt des Sachunterrichts der Grundschule.

Magdalena Mair: Metal Enrichment and Mergers in Clusters of Galaxies. Thomas Kronberger: Interactions of Galaxies with their Environment in Multi-scale Numerical Simulations.

Julia Weratschnig: Auswertung und Analyse von Röntgen-Beobachtungen von Galaxienhaufen.

Daniel Clarke: The Origin of Galaxies: Simulations and Observations in the High Infra-red and Sub-mm Regimes.

6 Veröffentlichungen

6.1 In Zeitschriften und Büchern

Aryal, B., Kandel, S.M., Saurer, W.: Spatial orientations of galaxies in the core of the Shapley concentration – the cluster Abell 3558. *Astron. Astrophys.* **458**, 357–367

Aryal, B., Saurer, W.: Spatial orientations of galaxies in 10 Abell clusters of BM type II-III. *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **366**, 438–448

Aryal, B., Weinberger, R.: A new large high latitude cone-like far-IR nebula. *Astron. Astrophys.* **448**, 213–219

Beall, J.H., Guilloroy, J., Rose, D.R., Schindler, S., Colafrancesco, S.: Energetics of jet interactions with the intracluster medium. *Chin. J. Astron. Astrophys.* **6**, Suppl. 1, 283–288

Coppin, K., Chapin, E.L., Mortier, A.M.J., ... , van Kampen, E., ... et al.: The SCUBA half-degree extragalactic survey – II. Submillimetre maps, catalogue and number counts. *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **376**, 1621–1652

Domainko, W., Mair, M., Kapferer, W., van Kampen, E., Kronberger, T., Schindler, S., Kimeswenger, S., Ruffert, M., Mangete, O.E.: Enrichment of the ICM of galaxy clusters due to ram-pressure stripping. *Astron. Astrophys.* **452**, 795–802

Ferrari, C., Arnaud, M., Ettori, S., Maurogordato, S., Rho, J.: Chandra observations of the multiple merger cluster Abell 521, *Astron. Astrophys.* **446**, 417–428

Ferrari, C., Hunstead, R.W., Feretti, L., Maurogordato, S., Schindler, S.: ATCA observations of the galaxy cluster Abell 3921 – I. Radio emission from the central merging sub-clusters. *Astron. Astrophys.* **457**, 21–34

Gitti, M., Feretti, L., Schindler, S.: Multifrequency VLA radio observations of the X-ray cavity cluster of galaxies RBS797: evidence for differently oriented jets. *Astron. Astrophys.* **448**, 853–860

- Kapferer, W., Ferrari, C., Domainko, W., Mair, M., Kronberger, T., Schindler, S., Kimeswenger, S., van Kampen, E., Breitschwerdt, D., Ruffert, M.: Simulations of galactic winds and starbursts in galaxy clusters. *Astron. Astrophys.* **447**, 827–842
- Kapferer, W., Kronberger, T., Schindler, S., Böhm, A., Ziegler, B.L.: Internal kinematics of isolated modelled disc galaxies. *Astron. Astrophys.* **446**, 847–854
- Kimeswenger, S.: V4332 Sgr in ‘quiescence’. *Astron. Nachr.* **327**, 44–52
- Kimeswenger, S., Eyres, S.P.S.: Variability of V838 Mon before its outburst. *Inf. Bull. Var. Stars* **5708**, 1–4
- Kronberger, M., Teutsch, P., Alessi, B., Steine, M., Ferrero, L., Graczyński, K., Juchert, M., Patchick, D., Riddle, D., Saloranta, J., Schoenball, M., Watson, C.: New galactic open cluster candidates from DSS and 2MASS imagery. *Astron. Astrophys.* **447**, 921–928
- Kronberger, T., Kapferer, W., Schindler, S., Böhm, A., Kutdemir, E., Ziegler, B.L.: Internal kinematics of modelled interacting disc galaxies. *Astron. Astrophys.* **458**, 69–78
- Kronberger, T., Leubner, M.P., van Kampen, E.: Dark matter density profiles: a comparison of non-extensive theory with N-body simulations. *Astron. Astrophys.* **453**, 21–25
- Leubner, M.P., Vörös, Z., Baumjohann, W.: Nonextensive entropy approach to space plasma fluctuations and turbulence. *Adv. Geosci.* **2**, 43–64
- Piffaretti, R., Kaastra, J.S.: Effervescent heating: constraints from nearby cooling flow clusters observed with XMM-Newton. *Astron. Astrophys.* **453**, 423–431
- Schindler, S.: The current state of Austrian astronomy. In: *Organizations and Strategies in Astronomy*, Vol. 6, Heck, A. (ed.). *Astrophys. Space Science Libr.* **335**, 87–95
- Vörös, Z., Leubner, M.P., Baumjohann, W.: Cross-scale coupling induced intermittency near interplanetary shocks. *J. Geophys. Res.* **111**, A02102, 7 pages
- Weinberger, R., Temporin, S., Stecklum, B.: Detection of an optical thin filament in the Monogem Ring. *Astron. Astrophys.* **448**, 1095–1100

6.2 Konferenzbeiträge

- Aryal, B., Weinberger, R.: Existence of cold plasma in the newly discovered far-infrared nebula. *Annual proceed. of the Nepal Phys. Soc.* **22**, No. 1, 1–3
- Ferrari, C., Hunstead, R.W., Feretti, L., Maurogordato, S., Benoist, C., Cappi, A., Schindler, S., Slezak, E.: Star formation in the merging galaxy cluster Abell 3921. *Proceed. of the XL1st Recontres de Moriond, XXVIth Astrophys. Moriond Meeting.* Paper on CD.
- Gitti, M., Kausch, W., Erben, T., Schindler, S.: Mass discrepancy in the galaxy cluster RBS 864 derived from X-rays and gravitational lensing. *EAS Publ. Ser.* **20**, 281–282
- Grömer, G., Soucek, A., Frischauf, N.: The AustroMars project. *Abstr. Mars 2030 Workshop*, 4–5
- Kapferer, W., Domainko, W., Mair, M., Kronberger, T., Schindler, S., van Kampen, E., Breitschwerdt, D.: Simulations of galactic winds and starbursts in galaxy clusters. *Proceed. of the XL1st Recontres de Moriond, XXVIth Astrophys. Moriond Meeting.* Paper on CD.
- Kapferer, W., Domainko, W., Kronberger, T., Mair, M., Schindler, S., van Kampen, E., Kimeswenger, S., Breitschwerdt, D., Ruffert, M.: Metal enrichment and energetics of galactic winds and galaxy interactions in galaxy clusters. *IAU Symp.* **235**, 37
- Kausch, W., Gitti, M., Erben, T., Schindler, S.: Z3146: a relaxed lensing cluster. *Proceed. of the XL1st Recontres de Moriond, XXVIth Astrophys. Moriond Meeting.* Paper on CD.

- Kronberger, T., Kapferer, W., Schindler, S., Böhm, A., Kutdemir, E., Ziegler, B.L.: Internal kinematics of modelled isolated and interacting disc galaxies. *IAU Symp.* **235**, 39
- Leubner, M.P.: Fundamental gravitational entropy constraints as source of global cosmic inhomogeneity scales. *Proceed. 10th Marcel Grossmann Conf. on recent developments in theoretical and experimental general relativity, gravitation and relativistic field theories.* World Scientific, Part C, 1755–1757
- Leubner, M.P.: Dark matter and gas density profiles - a consequence of entropy bifurcation. *Albert Einstein Century Internat. Conf., Paris. American Inst. of Physics Conf. Proceed.* **861**, 928–937
- Piffaretti, R., Kaastra, J.S., Jetzer, P., Tamura, T.: Temperature and entropy profiles of nearby cooling flow clusters observed with XMM-Newton and the effervescent heating model. *Proceed. of The X-ray Universe 2005, ESA SP-604*, 699
- van Kampen, E., Barden, M.: Galaxy evolution in supercluster environments. *IAU Symp.* **235**, 36
- Weratschnig, J., Schindler, S., Gitti, M.: XMM-Observations of the Galaxy Cluster Abell 514. *IAU Symp.* **235**, 75
- ### 6.3 Populärwissenschaftliche und sonstige Veröffentlichungen
- Aryal, B., Saurer, W.: A study of radial velocity dependence in the spatial orientation of 5398 galaxies in the Local Supercluster. *Ministry of Environment, Sci. & Tech. Nepal. Scientific World* **4**, 8–12
- Frischauf, N., Grömer, G., Soucek, A.: A(u)stronauten-Alltag auf dem Mars. *Raumfahrt Concret* **3**, 30–39
- Kimeswenger, S., Dalnodar, S., Knapp, A., Schafer, J., Unterguggenberger, S., Weiss, S.: Nova V2362 Cygni rapidly changes spectrum. *The Astronomer's Telegr.* **963**, 1
- Leubner, M., Baumjohann, W., Chian, A.: *Advances in Space Environment Research; Preface.* *Space Sci. Rev.* **122**, i
- Mair, M.: Metal enrichment and mergers in clusters of galaxies. In: Alberigo, P., Erbacci, G., Garofalo, F. (eds.): *Science and Supercomputing in Europe. HPC-Europa Report 2005*, 733–736
- Weinberger, R.: Bewegte Vergangenheit unseres Planetensystems. *Naturwiss. Rundschau* **2**, 84–85
- Weinberger, R.: Sternexplosion am kosmischen Horizont. *Naturwiss. Rundschau* **6**, 314–315
- Weinberger, R.: Der Saturnmond beherbergt zahlreiche Mini-Monde. *Naturwiss. Rundschau* **10**, 547–548
- Weinberger, R.: Sterne sind meist Einzelgänger. *Naturwiss. Rundschau* **10**, 548–549
- Weinberger, R.: Gravitativer Einfang des Mondes Triton. *Naturwiss. Rundschau* **11**, 607–608
- Weinberger, R.: Präzise Bestimmung der Rotation des Saturn. *Naturwiss. Rundschau* **12**, 664–665

Sabine Schindler